INDICAZIONI E PROPOSTE PER LA PROTEZIONE DEGLI EDIFICI DAL RADON

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia

Provincia di Udine

Assessorato all'Ambiente

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

La presente pubblicazione è stata realizzata con il contributo e la collaborazione di
Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Udine
Azienda per i Servizi Sanitari n°6 "Friuli Occidentale"
Federazione regionale degli Ordini degli Ingegneri del Friuli Venezia Giulia
Ordine dei Geologi del Friuli Venezia Giulia
ASPIN - Associazione di Servizi per i Periti Industriali

redazione testi
[3]Mauro Bertagnin, [2]Massimo Garavaglia, [2]Concettina Giovani, [3]Gaetano Russo, [1]Renato Villalta

[1] Arpa Fvg - Settore Tutela Qualità dell'Aria, Prevenzione dell'Inquinamento Acustico e Fisica Ambientale
[2] Arpa Fvg - Sezione di Fisica Ambientale del Dipartimento Provinciale di Udine
[3] Università degli Studi di Udine - Dipartimento di Ingegneria Civile

disegni
Andrea Dini

redazione e layout
Daniele Della Toffola - LaREA ARPA FVG

Il manuale è disponibile nel sito www.arpa.fvg.it

PRESENTAZIONE

Non esiste scelta senza conoscenza, non è possibile agire in maniera corretta, efficace e responsabile senza aver preliminarmente svolto un appropriato studio ed una conseguente progettazione.
Possono sembrare affermazioni banali, ma contestualizzate e agganciate al fenomeno radon rendono evidente lo sforzo, la determinazione, la serietà e la maturità della Provincia di Udine e dell'ARPA, a favore di una moderna politica ambientale.
Abbiamo deciso di vincere le nostre paure e quindi quelle dell'opinione pubblica, iniziando appunto un percorso verso la comprensione, lo studio e le varie proposte di soluzione.
Mi sembra importante sottolineare come questa iniziativa non sola assuma un valore per i suoi contenuti peculiari, a difesa della salute pubblica, ma abbia il merito di tracciare ed indicare una nuova filosofia di politica ambientale, quindi un indubbio significato propedeutico, dove l'Amministrazione pubblica non rifiuta e non fugge di fronte ad argomenti così importanti, ma che contemporaneamente segnano negativamente l'opinione pubblica.
Dopo aver sostenuto lo studio sul radon, con questa pubblicazione l'Assessorato all'Ambiente della Provincia di Udine in collaborazione con l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia, indica concretamente le possibili soluzioni e rimedi al fenomeno.

Dott. Loreto Mestroni
Assessore all'Ambiente Provincia di Udine

PREMESSA

L'ARPA FVG, fin dall'inizio della propria attività, ha attivato campagne di indagine sistematiche per la determinazione delle concentrazioni del radon in tutte le scuole di ogni ordine e grado delle quattro province.
La ricerca, oggi in fase di ultimazione, consente di delineare un quadro sufficientemente completo circa la presenza di questo gas in concentrazioni che pongono la nostra regione ai primi posti in campo nazionale, suggeriscono di adottare adeguati interventi di risanamento per gli edifici più esposti e di ricorrere a tecniche costruttive idonee a contenere le concentrazioni del radon entro i limiti previsti dalla normativa italiana.
Allo scopo di fornire accorgimenti tecnici utili al rispetto dei predetti limiti, l'ARPA FVG, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Udine, l'Azienda per i Servizi Sanitari n° 6 "Friuli Occidentale", gli Ordini Professionali degli Ingegneri, degli Architetti, dei Geologi e dei Collegi dei Periti e dei Geometri, ha predisposto il presente manuale contenente "Indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal radon".

Il manuale viene messo a disposizione delle Pubbliche Amministrazioni e dei professionisti. I cittadini interessati lo potranno richiedere direttamente all'ARPA FVG - Sede Centrale di Palmanova o al Dipartimento Provinciale di Udine.

Ing. Gastone Novelli
Direttore Generale
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia

Presentazione 1

1. **INTRODUZIONE** **3**
1.1 Il radon
- Propagazione
- Misurazione
- Danni alla salute 4
1.2 La situazione in regione
1.3 Riferimenti legislativi

2. **IL RADON NEGLI EDIFICI** **5**
2.1 Modalità di risalita del radon negli edifici
- Depressione
- Infiltrazione 6
2.2 Strategie di intervento

3. **Protezione dei nuovi edifici** **7**
3.1 Generalità
3.2 Canna d'aspirazione 8
3.3 Fondazione con solaio controterra
3.3.1 Soluzione con vespaio e prelievo concentrato 9
3.3.2 Soluzione con anello di tubi perforati 10
3.3.3 Soluzione con anello di stuoie drenanti
3.3.4 Accorgimenti
- Soletta controterra 11
- Murature 12
- Giunti, fessurazioni e passaggio di tubi
- Pozzetti
3.4 Fondazioni con intercapedine
- Canna d'aspirazione e tubi di prelievo 13
- Membrana in polietilene
3.5 Fondazioni miste
3.6 Installazione e caratteristiche dell'aspiratore 14
3.7 Suggerimenti
3.8 Tavole riassuntive 15

4. **RISANAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI** **20**
4.1 Eliminazione della depressione nei locali abitativi
- con creazione di aperture per l'apporto di aria fresca
- con l'isolamento di pozzi e camini negli scantinati
- con l'apporto d'aria esterna per stufe e caldaie 21
- con aspirazione dell'aria
4.2 Depressurizzazione dell'aria sottostante l'edificio
4.2.1 Depressurizzazione del sottosuolo in presenza di
- Intercapedini
- Vuoto sanitario 22
4.2.2 Depressurizzazione diretta del sottosuolo
- con pozzo di raccolta centrale
- in più punti
- con impianti di drenaggio esistenti 23
- con pozzo esterno all'edificio
- con fori passanti
- con un canale di raccolta 24
4.3 Sovrappressione artificiale
4.4 Ventilazione degli scantinati
4.5 Ventilazione dei locali abitativi e filtrazione dell'aria 25
4.6 Isolamenti e sigillatura
- Malte isolanti, pitture ecc.
- Sigillatura dei solai sotto i locali abitativi
- Isolamento di condutture buchi e crepe
- Passaggi di condotte attraverso tubi 26
- Isolamento di porte, sportelli, coperchi di pozzetti ecc.

5. **ALCUNI ESEMPI DI RISANAMENTO EFFETTUATI IN AMBITO REGIONALE**
5.1 Depressurizzazione diretta del sottosuolo con pozzo di raccolta centrale
5.2 Depressurizzazione del sottosuolo con fori passanti 27
5.3 Depressurizzazione forzata del sottosuolo in presenza di vuoto sanitario 28
5.4 Depressurizzazione naturale del sottosuolo in presenza di vuoto sanitario

BIBLIOGRAFIA **29**

APPENDICE I **30**

APPENDICE I I

1.1 Il radon

Il Radon è un gas radioattivo naturale inodore ed incolore prodotto dal decadimento dell'uranio. Il periodo di dimezzamento del radon (ossia il tempo in cui dimezza la sua concentrazione per decadimento naturale) è di 3,8 giorni. L'unità di misura della concentrazione è il Becquerel al metro cubo (Bq/m^3) (1 Bq corrisponde ad una transizione nucleare al secondo).
L'uranio è uno dei più antichi elementi naturali esistenti sulla terra ed è distribuito ubiquitariamente, ossia ovunque sulla crosta terrestre, benché la sua concentrazione vari da luogo a luogo. Poiché, come già detto, il radon deriva dall'uranio, esso si trova praticamente dappertutto nel suolo. Il radon si diffonde nell'aria del suolo e a volte nell'acqua delle falde acquifere.
Viene generato in alcune rocce ed, in misura maggiore, in lave, tufi, pozzolane, in alcuni graniti e talvolta in alcune rocce sedimentarie come marmi, marne, flysh ecc. In spazi aperti, il gas è diluito dall'aria e raggiunge solo basse concentrazioni. Al contrario, in ambienti chiusi, come gli edifici, esso può accumularsi e raggiungere alte concentrazioni. Fattori quali l'utilizzo di alcune delle rocce sopraccitate nella costruzione o nei rivestimenti interni degli edifici o la presenza di acque ad alto contenuto di radon possono contribuire alla presenza di alte concentrazioni.

Propagazione

Il radon viene generato dall'uranio presente nel terreno e poi si diffonde nell'aria presente nel sottosuolo che è in costante scambio con l'aria dell'atmosfera. Da un sottosuolo poroso o fratturato diffonde facilmente in superficie raggiungendo anche distanze considerevoli dal punto in cui è stato generato. Viceversa, un terreno compatto, per esempio con un'alta percentuale di limi o argille, può costituire una forte barriera alla sua diffusione.
La potenziale emanazione di radon dal terreno, quindi, dipende dalla tipologia delle rocce che lo compongono, dal loro grado di fratturazione e dalla permeabilità del terreno stesso. Ognuno di questi fattori può giocare un ruolo importante: ad esempio, una piccola quantità di radon in un terreno molto permeabile può portare a concentrazioni di radon indoor più alte che una grande concentrazione di radon in un terreno impermeabile. Questa situazione si verifica nella regione Friuli Venezia Giulia dove la permeabilità del terreno è in genere elevata e diventa il fattore principale di emanazione dal suolo. Tale emanazione é influenzata anche dalle variazioni di temperatura e di pressione dell'aria che ne provocano oscillazioni stagionali e giornaliere. Nella dinamica degli spostamenti del radon dal suolo alla superficie, gli edifici svolgono un ruolo attivo: talvolta essi funzionano come una pompa aspirante risucchiando l'aria dal terreno circostante.

Misurazione

Si é dimostrato che edifici adiacenti costruiti in modo identico possono presentare concentrazioni di radon totalmente diverse. La propagazione del radon nel terreno e la sua penetrazione negli edifici avvengono in base a dinamiche estremamente complesse. Infatti il tipo di contatto tra edificio e suolo, l'uso di particolari materiali da costruzione e la tipologia edilizia sono elementi variabili e per questo motivo rendono alquanto difficile una valutazione teorica della concentrazione del radon. L'unico metodo sicuro per accertarne la presenza e la quantità è effettuare la misura, tramite appositi rivelatori Gli strumenti di misura vanno posizionati preferibilmente nei locali dove si soggiorna più a lungo (per le abitazioni tipicamente la camera da letto). Poiché la concentrazione di radon nei locali abitati, in genere, diminuisce con l'aumentare della distanza dal suolo, le abitazioni ai piani superiori al primo raramente presentano concentrazioni elevate.
La concentrazione di radon nelle abitazioni varia durante la giornata (i valori sono più elevati di notte rispetto al giorno) e nel corso dell'anno. Per questo motivo sono preferibili misure con rivelatori passivi (Fig. 1) che forniscono valori mediati su un periodo di tempo sufficientemente lungo (da 3 a 6 mesi). Inoltre è consigliabile effettuare la misura nel periodo invernale poiché in questa stagione,

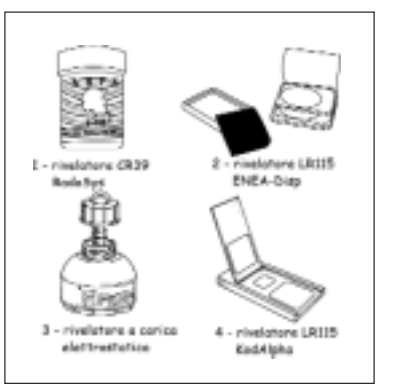


Fig.1 Vari tipi di rivelatori passivi (1,2,3,4)

anche a causa della minor aerazione dei locali, le concentrazioni di radon in ambienti chiusi sono più elevate.

Danni alla salute

Una parte dei prodotti di decadimento del radon, anch'essi radioattivi, si attaccano a polvere, fumo e vapore e possono essere inalati. Si fissano, così, all'interno dell'apparato respiratorio (bronchi e polmoni) danneggiandone le cellule ed aumentando il rischio di possibili processi cancerogeni. Tale rischio è proporzionale alla concentrazione di radon ed al tempo trascorso in ambienti ove esso è presente. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (O.M.S.) ha stimato che, dopo il fumo, il radon è la causa principale del tumore polmonare. Ad esso sono attribuibili tra il 5 ed il 20% di tutti i casi di tumore polmonare, che in Italia sono 30000 l'anno. Sulla base di questi dati molti Stati hanno adottato normative e raccomandazioni che prevedono la realizzazione di interventi per ridurre la concentrazione di radon nei casi in cui questa superi determinati livelli di azione.

1.2 La situazione in regione

Negli anni 1989-90 l'Istituto Superiore di Sanità e l'ENEA hanno promosso una campagna nazionale per la determinazione della concentrazione media di radon indoor in Italia, effettuata nella nostra regione dal Centro di Riferimento Regionale per la Radioattività Ambientale (oggi ARPA) di Udine. L'indagine ha evidenziato un valore medio nazionale di concentrazione pari a 75 Bq/m^3 e soprattutto una situazione molto variabile da regione a regione. Il Friuli Venezia Giulia, con 96 Bq/m^3, si situa tra le regioni dove sono state misurate le più alte concentrazioni medie di radon. Anche all'interno della nostra regione la distribuzione della concentrazione non è uniforme. Una prima valutazione delle aree a maggior rischio potrà essere fatta al termine della campagna di misura di radon, effettuata dall'ARPA FVG, in tutti gli edifici scolastici della regione, che interessa oltre 1200 scuole ed è in fase di completamento. Nella tabella 1. sono riassunti i risultati delle varie indagini effettuate in regione per la determinazione della concentrazione di radon indoor. L'analisi dei dati condotta sui risultati delle indagini effettuate sul territorio della regione Friuli Venezia Giulia, ha permesso di stabilire che la fonte principale di presenza di radon negli edifici è costituita dal suolo, mentre fattori quali i materiali da costruzione e l'acqua risultano, in genere, ininfluenti.

Tipologia di Indagine	Anni	N. Abitazioni o Scuole Esaminante	N. di Comuni	Media [Bq/m^3]	Percentuale di Abitazioni o Scuole con Concentrazione di Radon		
					>200 Bq/m^3	>400 Bq/m^3	>500 Bq/m^3
Indagine nazionale sull'esposizione alla radioattività nelle abitazioni	1989/90	229	10	96		4	
Integrazione dell'indagine nazionale in regione FVG	1991/94	645	18	127		5	
Indagine Estensiva per l'Individuazione di abitazioni effette da elevate Concentrazioni di Radon	1996/98	475	1	138		8	
Indagine regionale sulla presenza del Radon nelle Acque Potabili e nei Pozzi Artesiani	1997/98	150 fonti e 15 pozzi	52	5,1*			
Indagine regionale sull'esposizione alla radioattività nelle scuole materne	1992/93	166	101	156		8	
Misure di Concentrazione di Radon nelle Scuole della Provincia di Pordenone	2000/01	290	50	123	16	5	3
Misure di Concentrazione di Radon nelle Scuole della Provincia di Trieste	2001	271	6	83	10	3	1
Misure di Concentrazione di Radon nelle Scuole della Provincia di Udine	2001/02	599	129	98	12	2	1
Misure di Concentrazione di Radon nelle Scuole della Provincia di Gorizia	2002	160	23	91	6	3	1

Note: *Il valore della concentrazione di radon in acqua é espresso in bequerel per litro (Bq/l)

Fonte: Azienda Ospedaliera Santa Maria della Misericordia di Udine "Attività del Centro di Riferimento Regionale per il Controllo della Radioattività ambientale (CRR)*, Dati ARPA Friuli Venezia Giulia

Tabella 1 Riassunto delle indagini per la misura di radon effettuate in Friuli Venezia Giulia

1.3 Riferimenti legislativi

In Italia, nel campo della protezione dalle radiazioni ionizzanti, la normativa di riferimento è costituita dal Dl.vo 230 del 17/03/1995 "Attuazione delle Direttive Euratom 80/836, 84/466, 89/618, 90/614 e 93/3 in materia di radiazioni ionizzanti" modificato dal Dl.vo 241 del 26/05/2000 e dal Dl.vo 257 del 09/05/2001. L'allegato 1-Bis del Dl.vo n. 241 fissa, per gli ambienti di lavoro, il valore di 500 Bq/m^3 come "livello di azione" ossia il "Valore di concentrazione di attività di radon in aria...il cui superamento richiede l'adozione di azioni di rimedio che riducano tale grandezza a livelli più bassi del valore fissato". Lo stesso allegato 1-bis del Dl.vo 241 stabilisce che tale livello deve essere calcolato come "concentrazione di attività radon media in un anno". All'art. 10-sexies, il Dl.vo n. 241 prevede l'individuazione di aree ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività dovuta al radon. Tali aree dovranno essere definite dalle Regioni sulla base dei dati disponibili, di valutazioni

tecnico-scientifiche e, qualora fosse necessario, effettuando apposite campagne di indagini nei rispettivi territori. Il limite di 500 Bq/m^3 è da applicarsi per gli ambienti di lavoro interrati e, dopo la definizione tramite decreto delle aree a rischio radon (vedi art 10-sexies), in tutti i luoghi di lavoro presenti in tali aree. È prevista inoltre la pubblicazione di apposite linee guida contenenti indicazioni sulle metodologie di misura e sull'identificazione del campo di applicazione. Entro 18 mesi dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale (o entro 24 mesi dall'inizio di una attività), e quindi entro il 1 marzo 2002, è necessario eseguire una campagna di misure. Se la concentrazione risulta inferiore all'80% del livello di azione (400 Bq/m^3) l'obbligo è assolto e bisognerà ripetere la misura solo se variano le condizioni di lavoro. Se la misura risulta compresa tra l'80% ed il 100% del livello di azione (400-500 Bq/m^3) l'obbligo si risolve con la ripetizione della misura annualmente. Se la misura risulta superiore al livello di azione "l'esercente pone in essere azioni di rimedio idonee a ridurre le grandezze misurate al disotto del predetto livello". Tali azioni di rimedio devono essere completate entro tre anni dalla data della misura stessa. L'allegato 1-Bis del D.lgs n. 241 stabilisce inoltre che il datore di lavoro non è tenuto a porre in essere azioni di rimedio ove la dose a cui sono sottoposti i lavoratori non superi i 3 mSv/anno di dose efficace. Questa disposizione però non si applica agli esercenti di asili nido, di scuola materna o di scuola dell'obbligo (comma 5 dell'art. 10-quinquies). Per quanto riguarda le abitazioni, non esiste in Italia una normativa specifica. L'Unione Europea, con la Raccomandazione 143/90 sulla "Tutela della Popolazione contro l'esposizione da radon in ambienti chiusi indica i valori di 200 Bq/m^3, per le nuove abitazioni, e di 400 Bq/m^3 , per quelle esistenti, oltre i quali è opportuno intraprendere azioni di rimedio.

2. IL RADON NEGLI EDIFICI

2.1 Modalità di risalita del radon negli edifici

Depressione

La causa principale della presenza del radon all'interno degli edifici è la depressione che si viene a creare tra i locali abitati ed il suolo. Questa depressione è indotta, in primo luogo, dalla differenza di temperatura tra l'edificio ed il suolo che, alle nostre latitudini, in particolare in inverno quando gli edifici vengono riscaldati, può essere significativa. La differenza di pressione è influenzata anche da aperture come camini, finestre, lucernari, nonché da impianti di aspirazione delle cucine, bagni ecc.. che provocano un tiraggio aggiuntivo a quello dovuto alla semplice differenza di temperatura. Gli effetti di questa depressione si traducono nell'aspirazione dell'aria dal suolo e con essa del radon contenuto.

Vediamo ora in dettaglio quali sono e come agiscono i fattori che producono la differenza di pressione tra suolo ed edificio (Fig.2):

- la differenza di temperatura produce un dislivello di pressione dal basso verso l'alto. In inverno tale differenza aumenta all'interno di ogni piano o tra diversi piani e può venire accentuata da elementi come il vano dell'ascensore o le prese d'aria;
- il vento può aggravare notevolmente il problema del ra-don. Gli effetti del vento hanno un ruolo importante soprattutto nelle regioni dove i venti sono forti e costantemente presenti. In tali situazioni infatti i venti possono determinare forti depressioni anche in funzione della posizione e dell'isolamento dell'edificio;

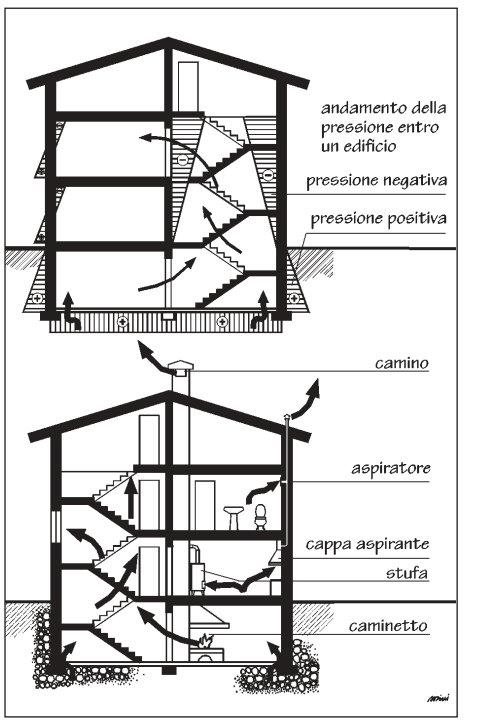


Fig.2 Andamento della pressione in un edificio ed elementi che producono depressione

- la presenza di ventilatori elettrici aspiranti nei bagni, cappe d'aspirazione in cucina, ventilazione degli asciugabiancheria ecc., può aumentare la depressione se l'approvvigionamento d'aria dall'esterno risulta insufficiente;
- il tiraggio delle canne fumarie di stufe e caminetti non dotati di una presa d'aria esterna aumenta la differenza di pressione. Questo avviene, in genere, anche a fuoco spento, per la mancanza di valvole a tenuta da chiudere quando il fuoco non è acceso;
- la differenza di pressione può essere accentuata anche dal deflusso di aria attraverso gli impianti di scarico domestici di lavelli, lavandini, ecc...

Infiltrazione

L'infiltrazione costituisce il secondo fattore importante nel determinare l'ingresso del radon negli edifici (Fig. 3).

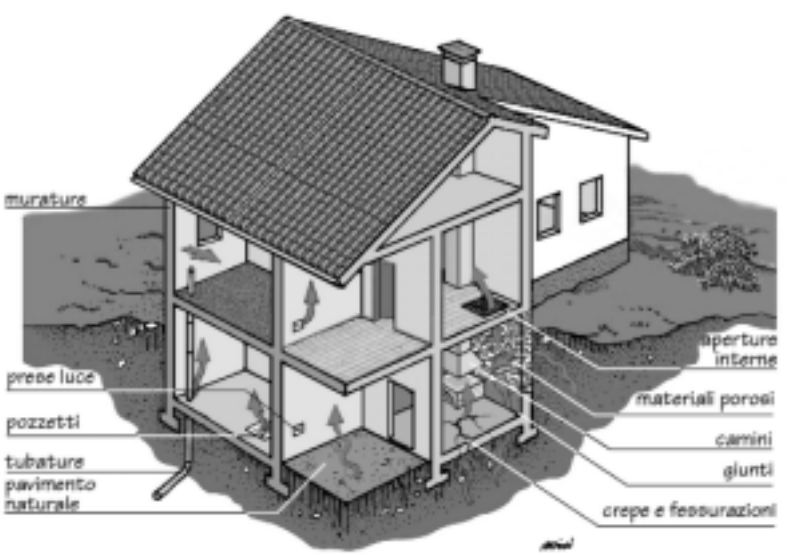


Fig.3 Tipiche vie d 'accesso al radon nelle abitazioni

Essa può verificarsi in corrispondenza di:

- crepe e giunti in pavimenti e pareti, fori di passaggio cavi (soprattutto in tubi vuoti), tubazioni e fognature;
- pozzetti ed aperture di controllo;
- prese di luce e altre aperture nelle pareti della cantina, camini, montacarichi ecc.;
- zone critiche di grande estensione come pavimenti naturali in terra battuta, in ghiaia, in lastre di pietra o ciottoli;
- componenti costruttivi permeabili (solai in legno, a laterizi forati, muri in pietra e simili).

2.2 Strategie d'intervento

Per diminuire la concentrazione di radon negli edifici è dunque necessario intervenire riducendo il più possibile la depressione dell'interno della costruzione rispetto al suolo e limitando i punti di infiltrazione. La scelta del metodo più adatto al 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 dell'abbattimento del radon, costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, facilità di manutenzione, incidenza sulle abitudini di vita e durata nel tempo.
Vi sono diversi metodi per impedire o limitare l'ingresso del radon in un ambiente chiuso:

- depressurizzazione del suolo;
- ventilazione del vespaio;
- sigillatura delle vie d'ingresso;
- pressurizzazione dell'edificio.

È possibile, inoltre, ridurre la concentrazione di radon dopo il suo ingresso all'interno dell'edificio:

- attraverso la diluizione per mezzo della ventilazione forzata o naturale;
- attraverso la filtrazione dell'aria.

I criteri di progetto dovrebbero essere tali da garantire una reale diminuzione della concentrazione. Gli interventi devono essere fatti in maniera tale da risultare durevoli, affidabili e da garantire

la segnalazione di malfunzionamenti. Inoltre vanno valutati i costi di installazione, esercizio e manutenzione. Spesso i risultati migliori si ottengono con l'applicazione contemporanea di più di uno dei metodi sopra citati. Le esperienze finora condotte hanno mostrato che i risultati degli interventi effettuati per sigillare le vie di ingresso sono spesso estremamente incerti e, da soli, non sono sufficienti a ridurre sensibilmente ed in maniera stabile la concentrazione di radon. In linea di massima i metodi menzionati possono essere utilizzati sia per la protezione preventiva dei nuovi edifici sia per il risanamento di quelli esistenti. Tuttavia, mentre nel caso di nuove costruzioni le necessarie misure preventive possono essere coordinate in modo chiaro, nel caso dei risanamenti spesso è necessario valutare attentamente le diverse possibilità di intervento. Per le nuove costruzioni, le misure di prevenzione sono calcolabili e comportano costi supplementari relativamente modesti anche nel caso di progetti impegnativi. Lo stesso tipo di interventi, se applicati a costruzioni esistenti, non in fase di ristrutturazione, può comportare costi e disagi inaccettabili. Ad esempio, la stesura di membrane isolanti al fine di sigillare le vie d'ingresso del radon all'interno dell'edificio ha, in genere, un costo trascurabile nel caso di nuove costruzioni, modesto in fase di ristrutturazione di edifici esistenti e proibitivo nel caso in cui l'intervento avvenga per la sola mitigazione del radon. Nella presentazione dei metodi di protezione dal radon, illustrati nei capitoli successivi, si farà distinzione tra nuove costruzioni ed edifici esistenti. In entrambi i casi le indicazioni contenute in questo opuscolo saranno utili qualora la fonte principale della presenza del radon negli edifici sia l'emanazione dal suolo.

3. PROTEZIONE DEI NUOVI EDIFICI

3.1 Generalità

Le indicazioni di seguito illustrate saranno utili per la costruzione di nuovi edifici in zone ove si presuma che le concentrazioni di radon possano essere elevate.

I sistemi principali per la riduzione del radon nei nuovi edifici sono:

1) sistema di depressurizzazione passiva sub-soletta controterra (Fig.4) o sub-membrana (Fig. 5)

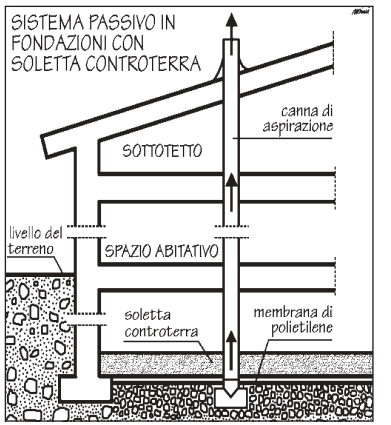


Fig.4 Sistema passivo in fondazioni con soletta controterra

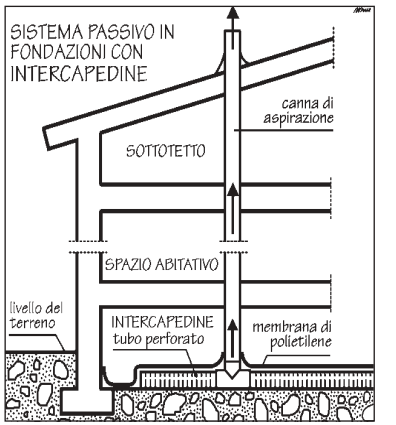


Fig.5 Sistema passivo in fondazioni con intercapedine

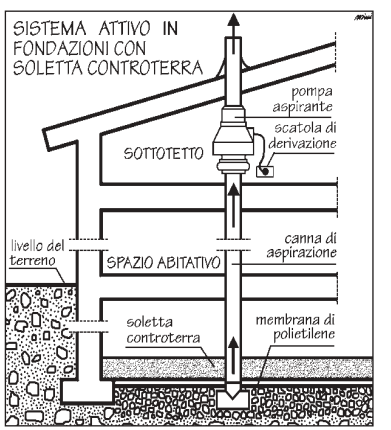


Fig.6 Sistema attivo

2) sistema di depressurizzazione attiva (Fig. 6) sub-soletta controterra o sub-membrana.

Il primo sistema é di costo limitato e spesso è sufficiente ad impedire l'ingresso del radon. L'edificio, una volta abitato, può essere sottoposto a misurazioni ed il sistema può essere trasformato in "attivo" se queste rivelassero un livello di radon ancora elevato. È quindi consigliabile adottare, già nella prima fase, quegli accorgimenti che facilitino la successiva installazione di un aspiratore.

Il secondo sistema è di sicura efficacia, va tuttavia considerato che i sistemi attivi consumano energia elettrica (un ventilatore da 90W consuma circa 780 kWh l'anno per un esercizio continuo), hanno bisogno di manutenzione ed hanno una durata sensibilmente inferiore a quella dell'edificio.

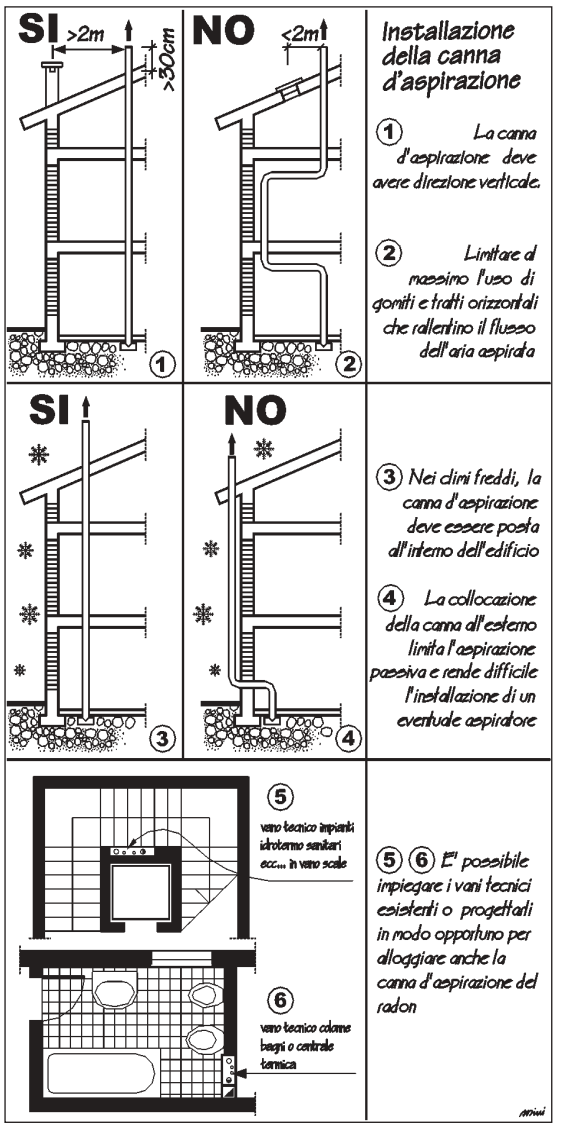


Fig.7 -Collocazione della canna d 'aspirazione

3.2 Canna d'aspirazione

Dell'installazione dell'aspiratore e delle sue caratteristiche verrà trattato nel paragrafo 3.6.

Tutti i sistemi di protezione devono essere dotati di almeno una canna di aspirazione con il compito di convogliare all'esterno il gas proveniente dal sottosuolo. Considerando che ogni curvatura o tratto non verticale della tubazione influisce sull'efficienza del flusso, si cercherà il percorso più rettilineo possibile, senza inclinazioni e gomiti: in questo caso sarà più probabile che non sia necessario l'uso di un aspiratore. Nel caso in cui la deviazione non fosse evitabile, per ridurre l'attrito si useranno giunti a 45°. Si sceglierà una zona calda della casa e si farà salire la tubazione oltre il tetto. Il condotto si potrà collocare accanto alla canna fumaria o alla conduttura dell'acqua calda, lasciando tra questi uno spazio adeguato.

Nel progetto si potrà prevedere un vano tecnico sufficiente ad ospitare le tubature idro-termo-sanitarie e per l'espulsione del radon (Fig. 7).

Nelle zone a clima freddo si farà salire la canna lungo un muro interno scartando la collocazione esterna che produrrebbe calo del rendimento per riduzione dell'effetto termico.

L'effetto di aspirazione passiva è in relazione alla ventosità, alla temperatura del sottotetto, al riscaldamento solare della tubazione ed all'eventuale presenza, in particolare nelle zone a clima caldo, di impianti di condizionamento dell'aria.

Per prevenire il rientro del radon nell'edificio o nelle abitazioni adiacenti, è necessario che la canna (Fig. 7):

- sporga di almeno 30 cm oltre il livello del tetto;
- disti almeno 2 m dalle finestre o altre aperture (compreso il comignolo) dell'edificio interessato o dei fabbricati adiacenti.

Si raccomanda, inoltre, di:

- impiegare tubi in PVC od ABS (non misti) di largo diametro (10 cm) in quanto questi migliorano la resa dei sistemi passivi e riducono la rumorosità di quelli attivi, assicurandosi altresì della perfetta saldatura dei loro giunti;
- evitare l'uso di tubi metallici per la loro facilità di rottura o di perdite nei giunti;
- ridurre al minimo la lunghezza del-la canna e dei raccordi;
- non creare sifoni che blocchino il flusso del gas (Fig. 8). L'acqua di condensa deve liberamente fluire verso il sottosuolo. Per limitare la condensa, isolare termicamente i tratti della

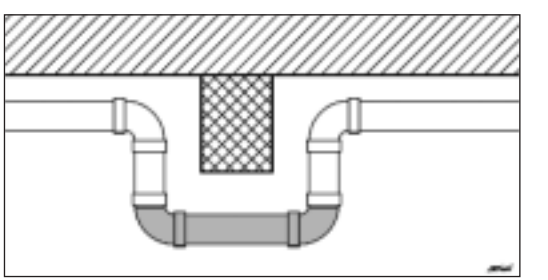


Fig.8 Sifone creato intorno ad un ostacolo

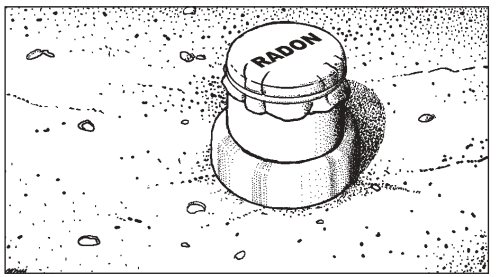


Fig.9 Tubo di raccordo sporgente dalla soletta

canna passanti per locali non riscaldati.
La tubazione verrà sorretta da apposite staffe ogni 1,8 m nei tratti orizzontali e ogni 2,5 m in quelli verticali. L'estremità della canna d'aspirazione verrà schermata da una griglia. A protezione dalla pioggia, si potrà usare un cappuccio apposito o di tipo anulare. L'estremità della canna di aspirazione verrà inserita in uno spezzone di tubo proveniente dal terreno, ove viene convogliata tutta l'aria con radon. È opportuno applicare a questo tubo una scritta per non scambiarlo con tubi di altri impianti tecnici (Fig. 9).
Il tipo di protezione da installare dipende dalla posizione della prima soletta (in fondazione) rispetto al terreno. Le possibili tipologie sono rappresentate in Fig. 10.

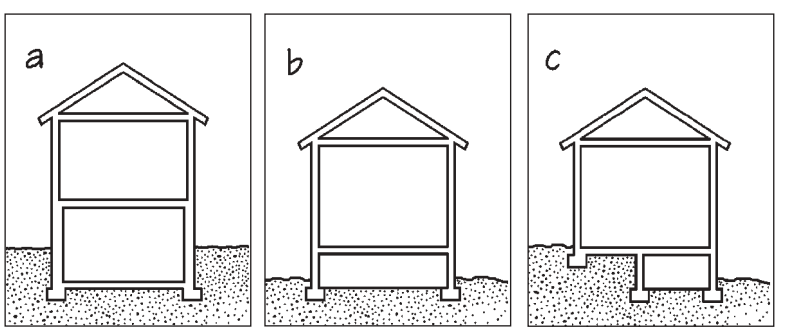


Fig. 10 a) fondazione con solaio controterra; b) fondazione con intercapedine; c) fondazione mista

3.3 Fondazione con solaio controterra

Se per l'edificio si prevede una soletta controterra (Fig. 10a), il radon deve potersi muovere liberamente sotto questa verso il suo punto di raccolta costituito dalla canna d'aspirazione. Le soluzioni di base da adottare per questo tipo di fondazione dipendono dalla natura del terreno di fondazione e sono, sostanzialmente, quelle di seguito descritte.

3.3.1 Soluzione con vespaio e prelievo concentrato

In terreni morbidi e poco permeabili, al di sotto della prima soletta del piano terra, seminterrato o scantinato, é consuetudine realizzare un vespaio per preservare l'edificio dall'umidità. I vespai sono molto permeabili all'aria e quindi, mettendo in comunicazione il vespaio con un ambiente esterno a pressione inferiore tramite la canna d'aspirazione, si permette il deflusso dell'aria contenente radon.
Il vespaio deve essere realizzato distribuendo in modo uniforme uno strato di ghiaia al di sotto della soletta di pavimentazione. Lo spessore del vespaio deve essere di almeno 15 cm, con dimensioni dei ciottoli comprese tra 1,5 e 4 cm.
Nel caso in cui il vespaio sia suddiviso in più porzioni chiuse, in quanto delimitate lungo tutto il perimetro da travi o muri di fondazione, occorre realizzare un punto di raccolta per ogni porzione oppure mettere in comunicazione le varie zone del vespaio con quella dove è presente il tubo di raccolta.
Nel caso di punto di raccolta unico, sicuramente preferibile in quanto evita la realizzazione di diverse canne di aspirazione, sarà sufficiente creare dei fori passanti attraverso le travi o i muri di fondazione, del diametro minimo di 10 cm distanti tra loro non più di 3 m e in numero non minore di 2 (Fig. 11).
Per garantire una migliore circolazione dell'aria, i fori andranno realizzati su tutti i lati intermedi tra le diver-

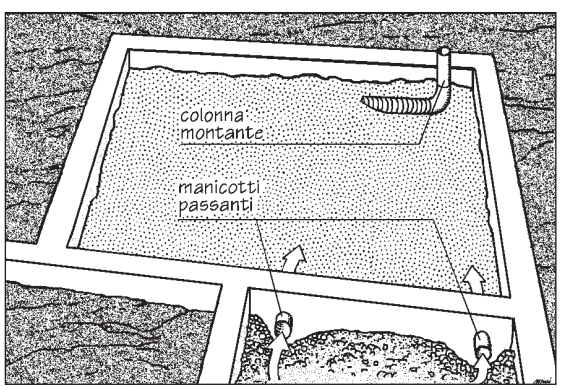


Fig.11 Creazione di passaggi nelle fondazioni

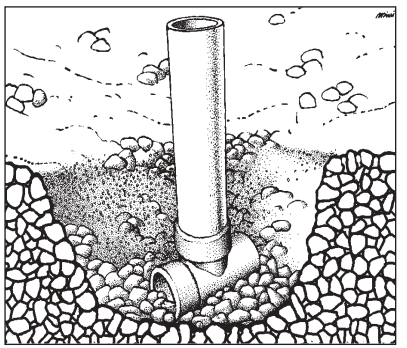


Fig.12 Giunto a T e primo tratto della canna

se aree di vespaio.
La canna di aspirazione deve avere diametro non minore di 10 cm e terminare all'interno del ve-spaio con un giunto a gomito o, preferibilmente, a T (Fig. 12). In ciascuna delle due estremità del giunto a T non collegate alla canna potranno essere inseriti degli spezzoni di tubo corrugato e perforato lunghi 1,5 m, atti ad assorbire il radon dal suolo.

3.3.2 Soluzione con anello di tubi perforati

Nel caso in cui il terreno di fondazione sia abbastanza permeabile, al fine di prelevare l'aria contenente radon, si possono scavare canali nel terreno e disporre al loro interno tubi corrugati e perforati di diametro minimo pari a 10 cm (Fig. 13). Questi tubi, uniti tra loro, dovranno formare un singolo anello chiuso, collegato alla canna d'aspirazione se l'area del terreno da drenare è inferiore a 360 m^2, mentre, in presenza di aree con dimensioni maggiori, andranno realizzati più anelli separati. La distanza tra il tubo e il perimetro interno della fondazione sarà di 30 cm.
Nel caso che il solaio sia gettato direttamente sul terreno, i tubi dovranno essere ricoperti da uno strato di ghiaia di almeno 2,5 cm per evitare che il calcestruzzo ne ostruisca i fori.

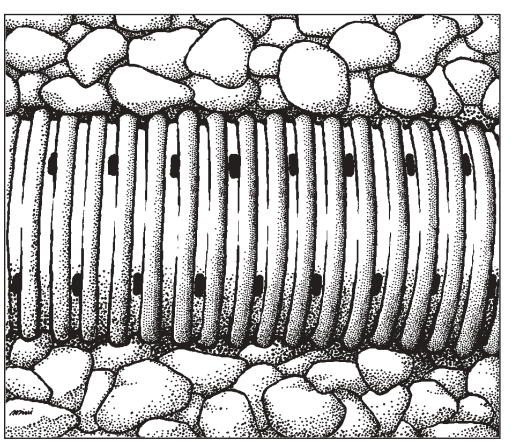


Fig.13 Tubo corrugato e perforato

3.3.3 Soluzione con anello di stuoie drenanti

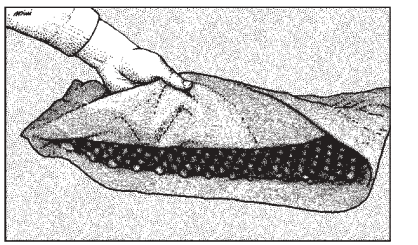


Fig.14 Stuoia "drenante "

Se il terreno, pur essendo abbastanza permeabile, risulta tanto compatto o gelato da rendere difficoltoso o troppo oneroso lo scavo, quest'ultimo può essere evitato utilizzando "stuoie drenanti". Queste stuoie sono realizzate in materiale plastico a sezione alveolare, avvolte da tessuto geotessile filtrante che permette il passaggio dell'aria ma non quello del calcestruzzo fresco (Fig. 14).
Tra le stuoie ed il terreno va disteso uno strato di sabbia di 10 cm (Fig. 15). Il calcestruzzo della soletta viene gettato direttamente sopra le strisce predisposte sul terreno (Fig. 16).
La sezione minima delle stuoie è di 2,5 x 30 cm. Nel caso si utilizzino stuoie di minore spessore (1,5 cm), ricoperte di tessuto solo dal lato del calcestruzzo, la larghezza totale della striscia deve essere di almeno 60 cm. Le stuoie dovranno formare un singolo anello chiuso se l'area del terreno da drenare è inferiore a 180 m^2, mentre occorrerà disporre una striscia drenante intermedia per superfici fino a 360 m^2. Per estensioni superiori, andranno realizzati

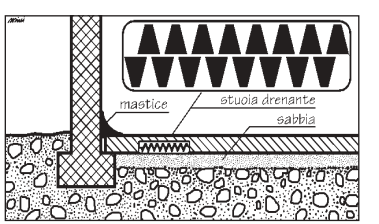


Fig.15 Schema di inserimento nel sistema

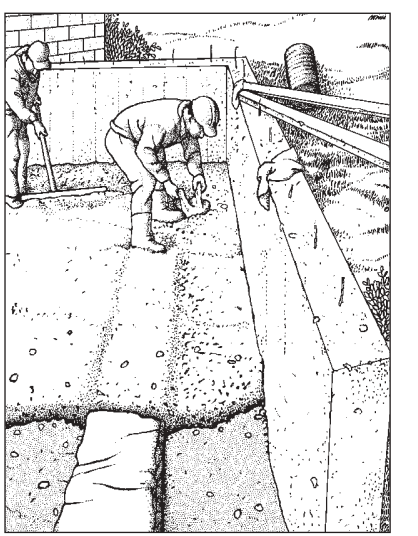


Fig.16 Getto della soletta controterra

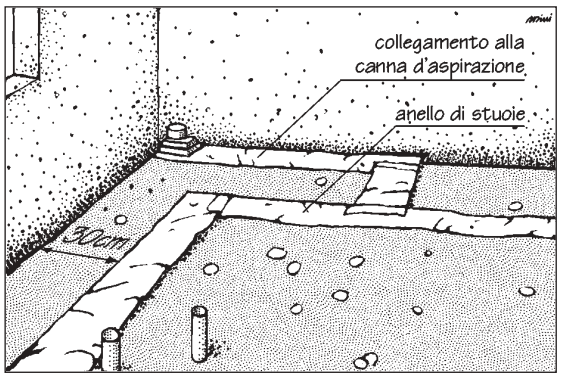


Fig.17 Disposizione delle stuoie

più anelli ciascuno con un proprio tubo di risalita.
Analogamente al caso della soluzione con anello di tubi forati, la distanza tra la striscia di materiale drenante e il perimetro interno della fondazione deve essere di 30 cm (Fig. 17). Per evitare che l'anello di stuoie venga spostato dal getto di calcestruzzo, si possono usare graffe da 20 cm ogni 2 m circa. Per collegare le stuoie alla canna aspirante, si userà uno speciale elemento di raccordo a T con due aperture rettangolari inferiori in cui si inseriscono le estremità delle stuoie e un'apertura circolare superiore in cui si incolla il tubo di aspirazione (Fig. 18).
Le giunzioni vanno eseguite tagliando il tessuto alle due estremità delle stuoie, sovrapponendole per circa 8 cm, riposizionando il tessuto ed infine sigillando i tagli con nastro adesivo per idraulica.
La giunzione verrà fissata con almeno due graffe metalliche da 20 cm che attraversino i canali sul tratto di giuntura.

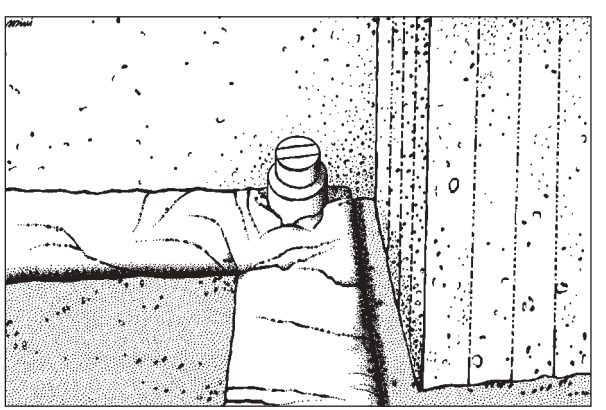


Fig.18 Connessione alla canna aspirante

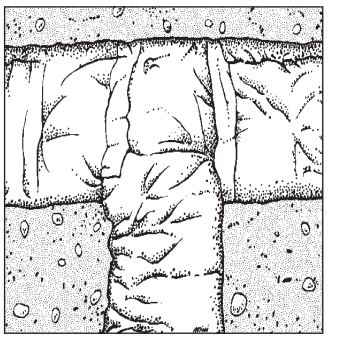


Fig.19 Giunti a T

Quando sia necessario collegare un tratto di stuoia in un punto intermedio di un'altra, si procede con la rimozione del tessuto geotessile nei tratti interessati, con la sovrapposizione su quella esistente dell'estremità della stuoia da collegare, con il riposizionamento del tessuto e la sua sigillatura ed, infine, con il fissaggio al suolo con graffe metalliche. (Fig.19 e Fig. 20)

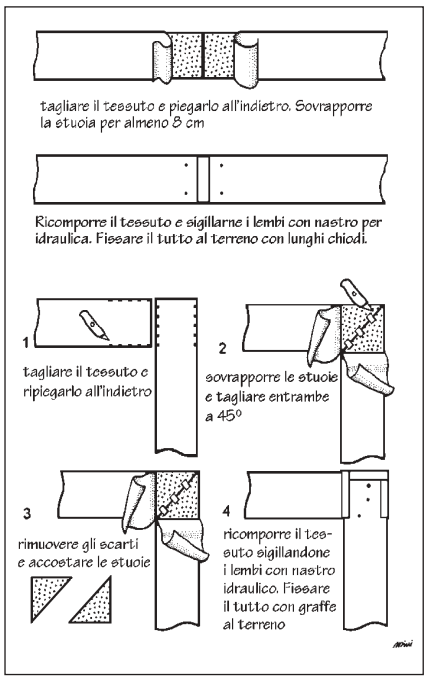


Fig.20 Esecuzione delle giunzioni

3.3.4 Accorgimenti

Soletta controterra

Per il getto della soletta é preferibile usare del calcestruzzo a basso tenore d'acqua per ridurre l'ampiezza d'apertura delle inevitabili crepe.
Disponendo alcuni giunti nella soletta, le crepe si formeranno in punti prefissati che saranno riempiti con sigillante poliuretanico.
Per rendere minima l'infiltrazione del radon é consigliabile disporre sul terreno, prima del getto della soletta, una membrana costituita da fogli di polietilene dello spessore di 0,15 mm.

Murature

Nel caso che le murature a contatto con il terreno siano previste in blocchi forati di laterizio o di calcestruzzo sarà necessario, per bloccare la risalita del radon, realizzare in blocchi pieni il corso di mattoni a contatto con la soletta di piano terra oppure, in alternativa, quello a contatto con la soletta di fondazione.

Giunti, fessurazioni e passaggio di tubi

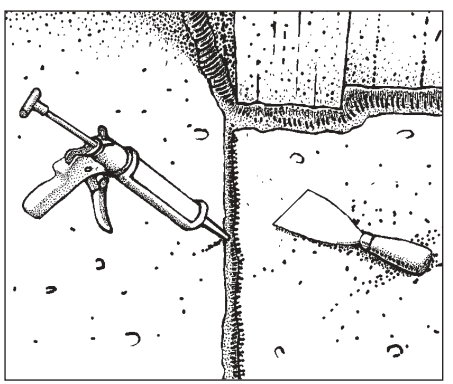


Fig.21 Sigillatura dei giunti

I giunti pavimento-pareti costituiscono punti critici. Si asporteranno dapprima i detriti lungo il giunto e vi si applicherà poi un sigillante poliuretanico in quantità tale da lasciare, dopo la lisciatura con la spatola, un bordo su entrambe le superfici di almeno 1 cm (Fig. 21). Anche i giunti di dilatazione sulla soletta, prima della posa della pavimentazione, andranno puliti e riempiti con sigillante in quanto probabile sede di future fessurazioni. Si devono altresì sigillare tutti i passaggi di tubi e cavi attraverso la soletta controterra ed i muri a contatto con il terreno. Per la sigillatura è consigliabile l'utilizzo di mastice poliuretanico che assicura un'ottima presa sul calcestruzzo. In alternativa, si potranno usare malte antiritiro o schiume ad espansione.

Pozzetti

I normali pozzetti permettono il passaggio del radon proveniente dal terreno sotto la fondazione. Quindi dovranno essere dotati di coperchi sigillati ai bordi della soletta o sul labbro superiore del pozzetto ovvero, quando sia richiesta frequente manutenzione, avere coperchi rimovibili forniti di guarnizioni a tenuta stagna. I tombini per lo smaltimento dell'acqua dal pavimento saranno muniti di sifone. Esiste la possibilità di collegare il pozzetto al sistema d'espulsione del radon facendo confluire in esso i tubi perforati drenanti. Si userà un coperchio apposito munito di fori per il passaggio della canna d'aspirazione, della tubazione di scarico e del cavo elettrico (nel caso sia presente anche una pompa ad immersione) nonché di una finestrella vetrata per ispezione (Fig. 22).

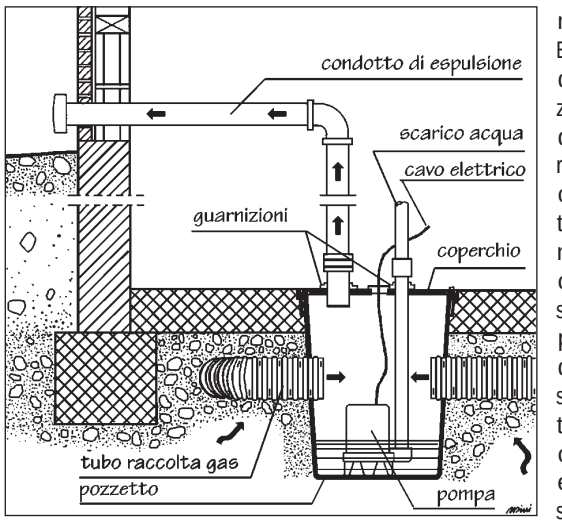


Fig.22 Pozzetto per drenaggio dell'acqua e raccolta radon

3.4 Fondazioni con intercapedine

Nel caso che, tra il terreno ed il primo solaio dell'edificio, sia prevista un'intercapedine (Fig. 10 b), per evitare che l'aria carica di radon proveniente dal terreno vi si accumuli e possa poi penetrare nei locali abitati, occorre ventilare adeguatamente l'intercapedine, oppure impedire che il radon penetri al suo interno.
Nel caso ci si affidi alla ventilazione naturale (con un'opportuna disposizione delle aperture, ad esempio nord-sud), i risultati non sono sempre soddisfacenti.
Utilizzando, invece, la ventilazione meccanica, i risultati sono buoni. La seconda soluzione si attua isolando completamente il terreno dal vano intercapedine, disponendo sulla superficie del terreno stesso una membrana isolante costituita da una serie contigua di fogli di polietilene.
Occorre consentire la fuoriuscita dell'aria proveniente dal terreno e che viene a contatto con la membrana tramite una canna di aspirazione che penetra nel terreno.

Canna di aspirazione e tubi di prelievo

La canna di aspirazione potrà essere posizionata ovunque e non necessariamente in posizione centrale. L'aria verrà prelevata dal terreno attraverso uno o più spezzoni di tubo corrugato e forato,

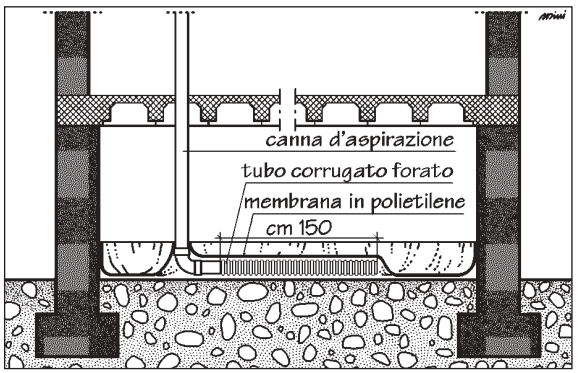


Fig.23 Sistema d'aspirazione sub-membrana

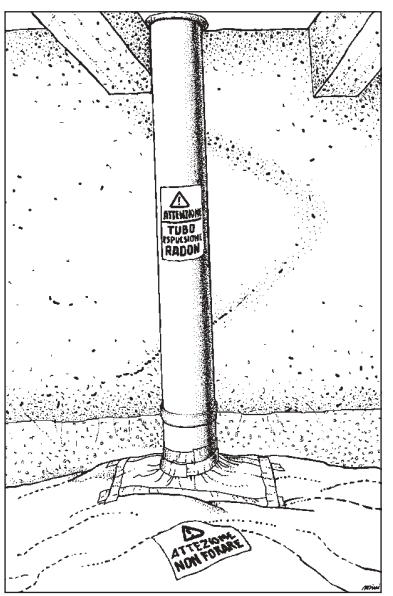


Fig.24 Raccordo membrana-canna d'aspirazione

di circa 1,5 m di lunghezza e di almeno 10 cm di diametro, disposti al di sotto della membrana (Fig. 23).
Tali spezzoni saranno collegati alla canna di aspirazione mediante un giunto a gomito od a T. Nel giunto dovrà inserirsi un tratto di tubo verticale che costituirà l'innesto della canna di aspirazione. Si dovrà forare con cura la membrana per il passaggio del suddetto spezzone e quindi fissare perfettamente con nastro adesivo il foglio di plastica al tubo (Fig. 24) utilizzando collari adatti realizzati con ritagli di plastica.

Membrana in polietilene

Tutta la superficie del terreno all'interno dell'intercapedine andrà ricoperta con una membrana costituita da fogli di polietilene dello spessore minimo di 0,15 mm o di 0,075 mm se del tipo rinforzato. Qualora sia previsto un frequente accesso all'intercapedine é consigliabile scegliere uno spessore maggiore (0,20-0,25 mm). La membrana dovrà adattarsi alla conformazione del terreno e dovrà prevedersi una sovrapposizione di 30 cm tra un foglio ed il successivo e così pure un rialzo dei fogli di 30 cm lungo i muri di fondazione (Fig. 25).

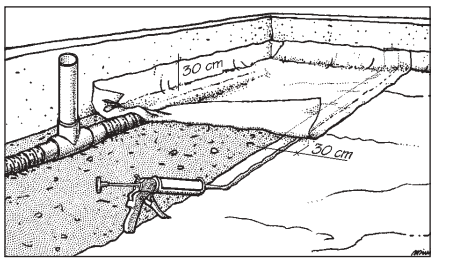


Fig.25 Posa e fissaggio dei teli di polietilene

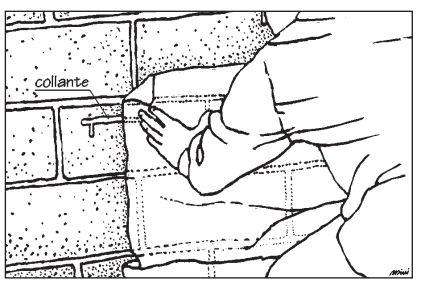


Fig.26 Fissaggio della membrana alle pareti

Per garantire un'adeguata tenuta tra le sovrapposizioni dei fogli è consigliabile l'uso di gomma butilica o collanti butil acrilici. Per fissare la plastica sui muri è consigliabile collante butilico (Fig. 26). In corrispondenza dei pilastri e dei tubi, si realizzeranno collari con ritagli di polietilene. Se si prevede la periodica ispezione dell'intercapedine sarà opportuno disporre corsie di moquette o di gomma lungo i percorsi prevedibili. Si applicheranno, inoltre, cartelli di avvertimento sulla membrana (Fig. 24) per invitare a provvedere nel caso di rotture accidentali.

3.5 Fondazioni miste

In questo caso (Fig. 10 c) si useranno tecniche distinte per la fondazione con intercapedine e quella con soletta controterra. Occorre dedicare particolare attenzione ai punti di contatto che costituiscono altrettante vie d'accesso al radon. Risulta economicamente conveniente collegare ad un'unica canna d'aspirazione i sistemi di prelievo del gas utilizzati nelle diverse fondazioni. Per il collegamento si userà un tubo forato (per evitare accumulo

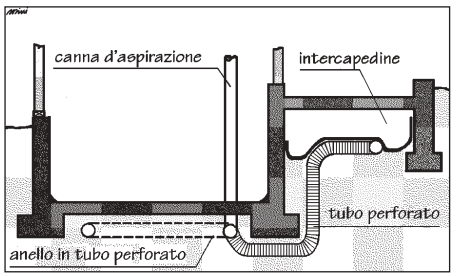


Fig.27 Soluzione per fondazioni miste

d'acqua che impedisca il flusso d'aria) passante sotto la fondazione del muro che separa le parti di edificio con diversa fondazione (Fig. 27).

3.6 Installazione e caratteristiche dell'aspiratore

Qualora si renda necessaria l'installazione di un aspiratore, si deve tener conto che (Fig. 28):

- l'aspiratore non deve trovarsi in locali abitati o nell'intercapedine dell'edificio;
- l'aspiratore trova adatta collocazione al coperto: nel sottotetto o nel garage adiacente l'edificio (quando sopra questo non vi siano locali abitati). Si può collocare anche all'esterno purchè sia del tipo adatto allo scopo;
- sulla canna d'aspirazione é richiesto un tratto verticale libero di almeno 80 cm per l'installazione del ventilatore;
- si deve disporre un allacciamento alla rete elettrica entro 2 m dal ventilatore.

Per quanto sul mercato siano disponibili svariati tipi di aspiratori, il più comunemente usato é quello centrifugo, altrimenti chiamato "in linea" o "tubolare" (Fig. 29). Le sue dimensioni e potenza devono essere sufficienti a mantenere, sotto la soletta controterra o la membrana isolante, un campo di pressione inferiore a quello esistente sopra di queste. Nella maggioranza dei casi, é adeguata una potenza di 90 W che consente d'aspirare circa 3 m^3/min d'aria alla pressione di 2,5 cm di colonna d'acqua. L'aspiratore va sistemato in un tratto verticale della canna d'aspirazione collegandolo con raccordi d'accoppiamento ermetici e flessibili per annullare le vibrazioni. È opportuna l'installazione di un sistema di allarme ottico/acustico collegato alla ventola per segnalare eventuali anomalie.

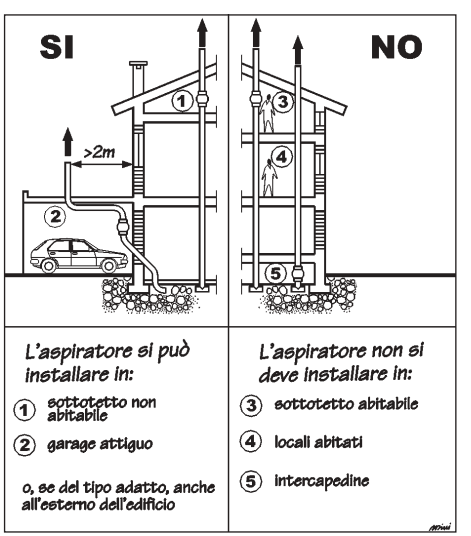


Fig.28 Posizionamento dell'aspiratore

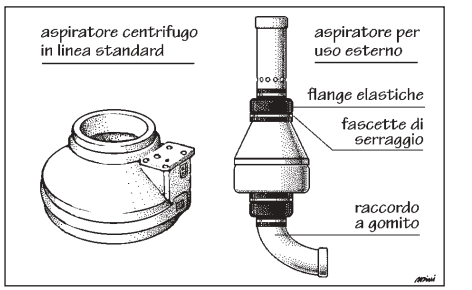


Fig.29 Aspiratori usati comunemente

3.7 Suggerimenti

Per non aspirare e diffondere radon dal sottosuolo nell'edificio, é opportuno evitare la posa, sotto la soletta controterra o sotto il livello del terreno, di condutture che trasportino aria, a meno che queste non siano mantenute a una pressione positiva continua o siano prive di giunti. Quando questi siano inevitabili, si dovrà provvedere per la loro tenuta ermetica.
Non é raccomandabile installare apparecchi per il trattamento dell'aria nei vespai o in altri spazi sotto il livello del terreno ed esposti al radon. Quando ciò non sia possibile, ci si assicurerà della loro impenetrabilità al gas. Impianti di deumidificazione, singoli od associati ai condizionatori d'aria, dovranno scaricare l'acqua all'esterno od essere muniti di sifone.

3.8 Tavole riassuntive

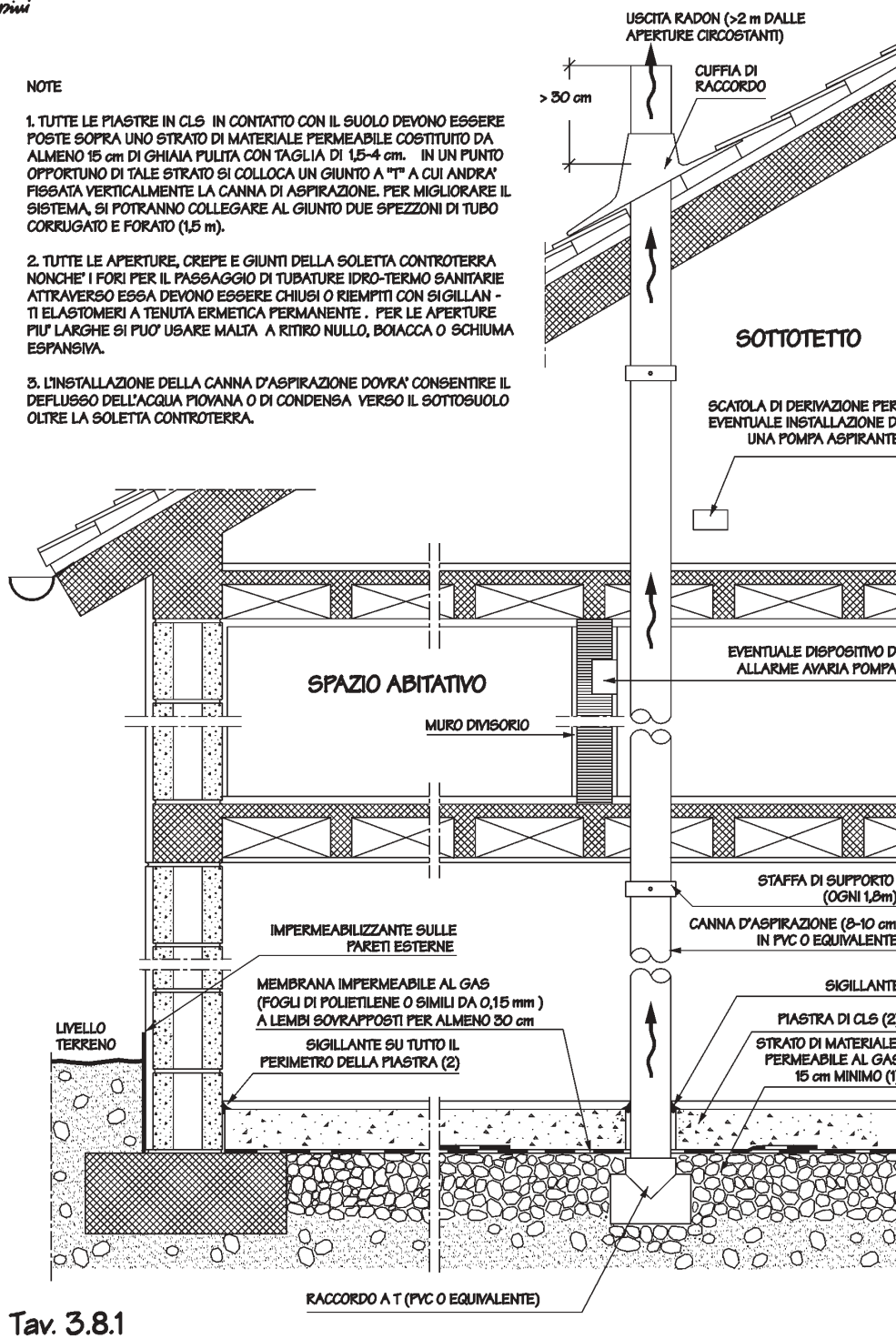
Nelle Fig. 30, 31, 32 si riportano le caratteristiche principali delle tre soluzioni relative al caso che si realizzi il solaio controterra, già illustrato nel paragrafo 3.3, mentre nella Fig. 33, si riporta la soluzione relativa al caso che si realizzi una intercapedine (paragrafo 3.4). Infine, nella Fig. 34, si riportano le modifiche necessarie per trasformare un impianto da passivo in attivo.

NOTE

1. TUTTE LE PIASTRE IN CLS IN CONTATTO CON IL SUOLO DEVONO ESSERE POSTE SOPRA UNO STRATO DI MATERIALE PERMEABILE COSTITUITO DA ALMENO 15 cm DI GHIAIA PULITA CON TAGLIA DI 1,5-4 cm. IN UN PUNTO OPPORTUNO DI TALE STRATO SI COLLOCA UN GIUNTO A "T" A CUI ANDRA' FISSATA VERTICALMENTE LA CANNA DI ASPIRAZIONE. PER MIGLIORARE IL SISTEMA, SI POTRANNO COLLEGARE AL GIUNTO DUE SPEZZONI DI TUBO CORRUGATO E FORATO (1,5 m).

2. TUTTE LE APERTURE, CREPE E GIUNTI DELLA SOLETTA CONTROTERRA NONCHE' I FORI PER IL PASSAGGIO DI TUBATURE IDRO-TERMO SANITARIE ATTRAVERSO ESSA DEVONO ESSERE CHIUSI O RIEMPITI CON SIGILLANTI ELASTOMERI A TENUTA ERMETICA PERMANENTE . PER LE APERTURE PIU' LARGHE SI PUO' USARE MALTA A RITIRO NULLO, BOIACCA O SCHIUMA ESPANSIVA.

3. L'INSTALLAZIONE DELLA CANNA D'ASPIRAZIONE DOVRA' CONSENTIRE IL DEFLUSSO DELL'ACQUA PIOVANA O DI CONDENSA VERSO IL SOTTOSUOLO OLTRE LA SOLETTA CONTROTERRA.



Tav. 3.8.1

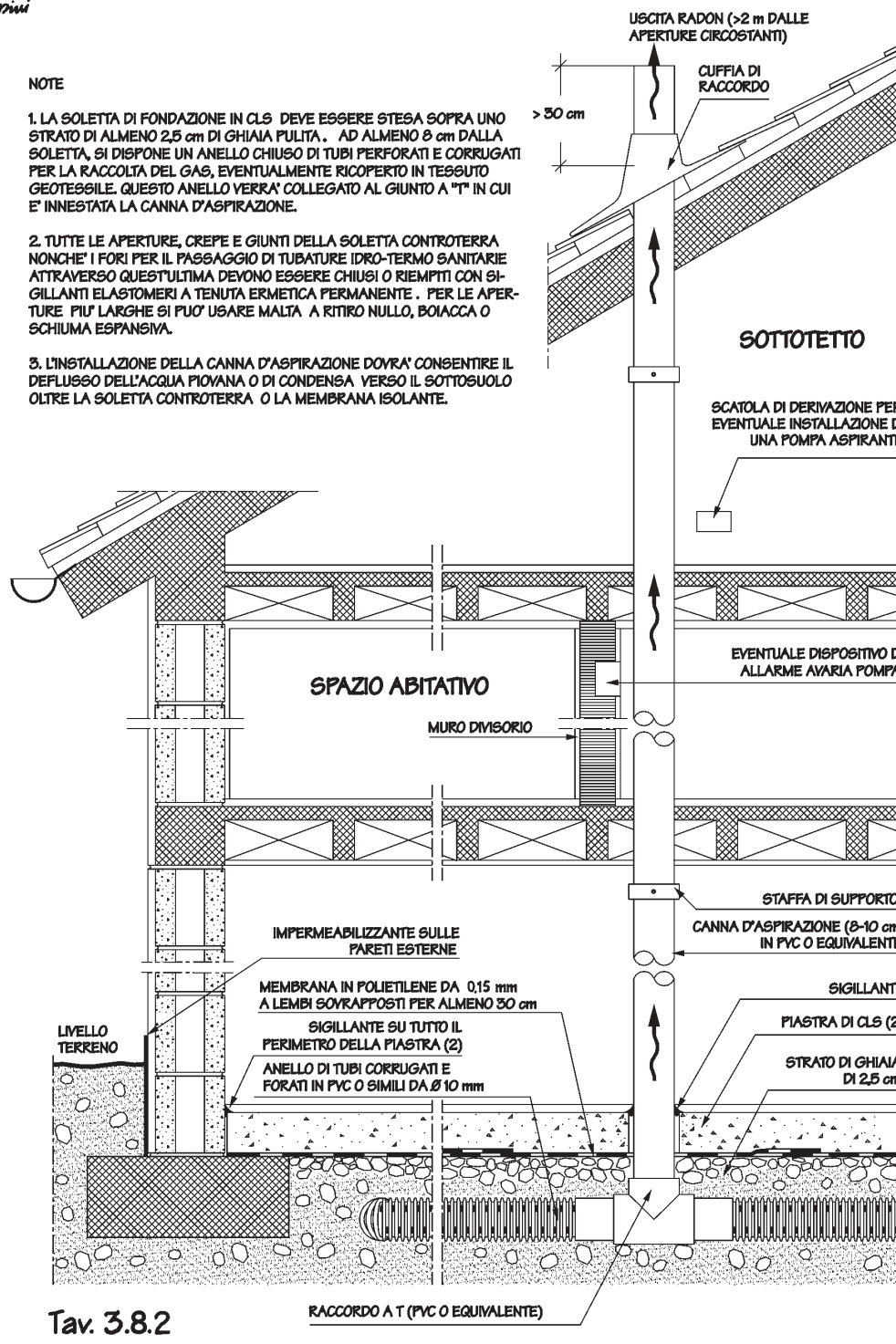
SISTEMA PASSIVO DI DEPRESSURIZZAZIONE CON STRATO DI GHIAIA SUB-SOLETTA CONTROTERRA (terreno morbido poco permeabile)

NOTE

1. LA SOLETTA DI FONDAZIONE IN CLS DEVE ESSERE STESA SOPRA UNO STRATO DI ALMENO 2,5 cm DI GHIAIA PULITA. AD ALMENO 8 cm DALLA SOLETTA, SI DISPONE UN ANELLO CHIUSO DI TUBI PERFORATI E CORRUGATI PER LA RACCOLTA DEL GAS, EVENTUALMENTE RICOPERTO IN TESSUTO GEOTESSILE. QUESTO ANELLO VERRA' COLLEGATO AL GIUNTO A "T" IN CUI E' INNESTATA LA CANNA D'ASPIRAZIONE.

2. TUTTE LE APERTURE, CREPE E GIUNTI DELLA SOLETTA CONTROTERRA NONCHE' I FORI PER IL PASSAGGIO DI TUBATURE IDRO-TERMO SANITARIE ATTRAVERSO QUEST'ULTIMA DEVONO ESSERE CHIUSI O RIEMPITI CON SIGILLANTI ELASTOMERI A TENUTA ERMETICA PERMANENTE. PER LE APERTURE PIU' LARGHE SI PUO' USARE MALTA A RITIRO NULLO, BOIACCA O SCHIUMA ESPANSIVA.

3. L'INSTALLAZIONE DELLA CANNA D'ASPIRAZIONE DOVRA' CONSENTIRE IL DEFLUSSO DELL'ACQUA PIOVANA O DI CONDENSA VERSO IL SOTTOSUOLO OLTRE LA SOLETTA CONTROTERRA O LA MEMBRANA ISOLANTE.



Tav. 3.8.2

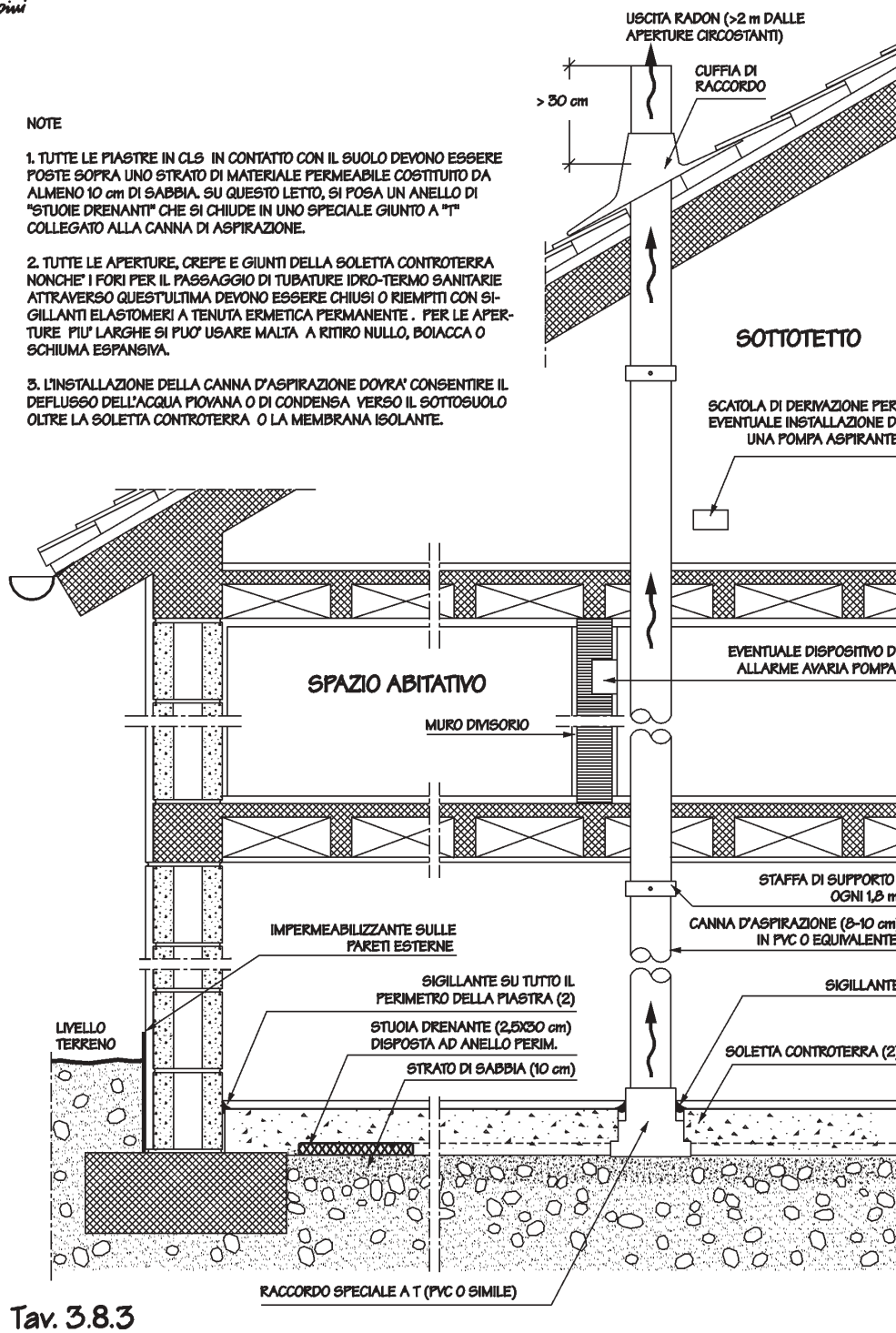
SISTEMA PASSIVO DI DEPRESSURIZZAZIONE CON ANELLO DI TUBI DRENANTI SUB-SOLETTA CONTROTERRA (in terreno permeabile)

NOTE

1. TUTTE LE PIASTRE IN CLS IN CONTATTO CON IL SUOLO DEVONO ESSERE POSTE SOPRA UNO STRATO DI MATERIALE PERMEABILE COSTITUITO DA ALMENO 10 cm DI SABBIA. SU QUESTO LETTO, SI POSA UN ANELLO DI "STUOIE DRENANTI" CHE SI CHIUDE IN UNO SPECIALE GIUNTO A "T" COLLEGATO ALLA CANNA DI ASPIRAZIONE.

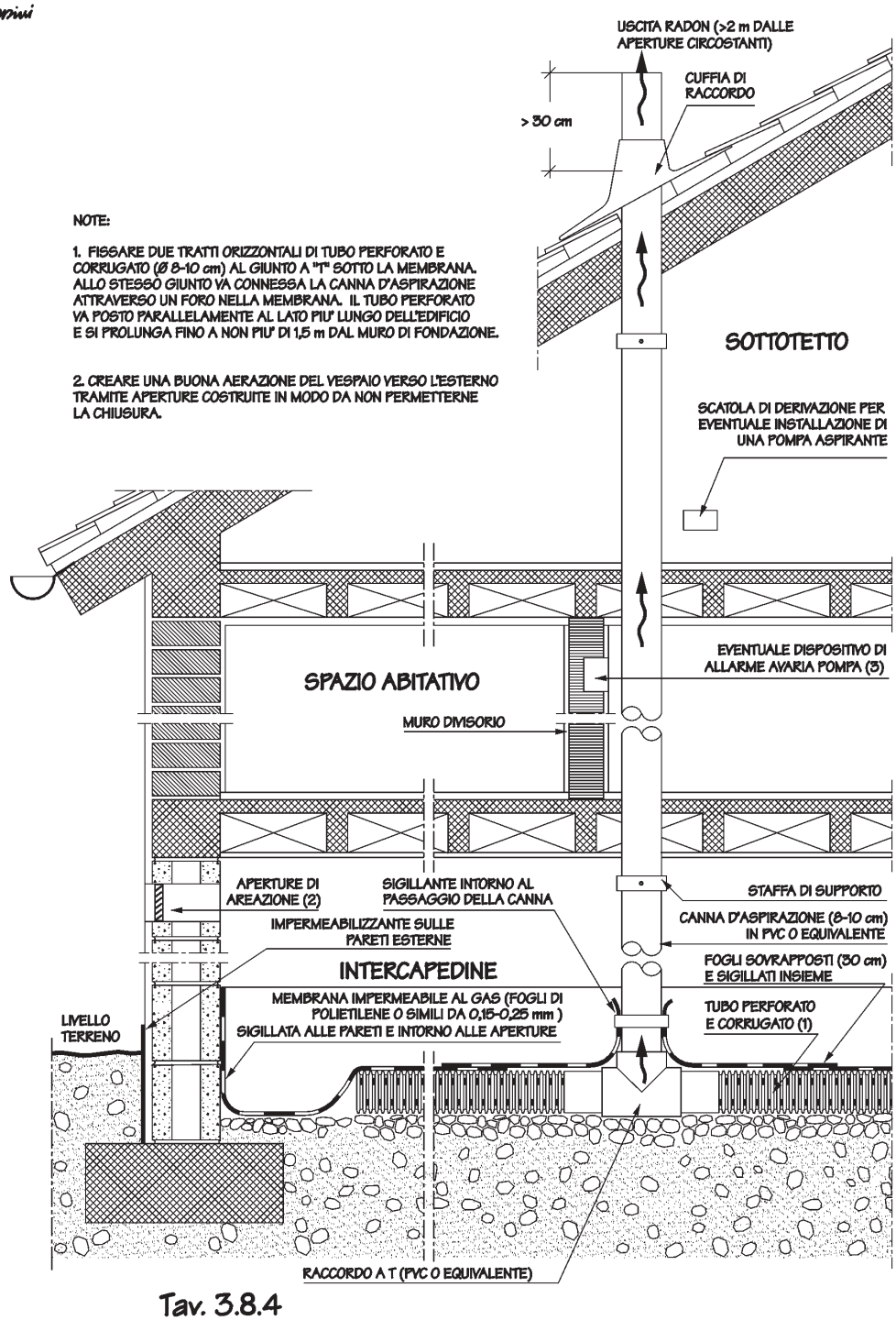
2. TUTTE LE APERTURE, CREPE E GIUNTI DELLA SOLETTA CONTROTERRA NONCHE' I FORI PER IL PASSAGGIO DI TUBATURE IDRO-TERMO SANITARIE ATTRAVERSO QUEST'ULTIMA DEVONO ESSERE CHIUSI O RIEMPITI CON SIGILLANTI ELASTOMERI A TENUTA ERMETICA PERMANENTE . PER LE APERTURE PIU' LARGHE SI PUO' USARE MALTA A RITIRO NULLO, BOIACCA O SCHIUMA ESPANSIVA.

3. L'INSTALLAZIONE DELLA CANNA D'ASPIRAZIONE DOVRA' CONSENTIRE IL DEFLUSSO DELL'ACQUA PIOVANA O DI CONDENSA VERSO IL SOTTOSUOLO OLTRE LA SOLETTA CONTROTERRA O LA MEMBRANA ISOLANTE.



Tav. 3.8.3

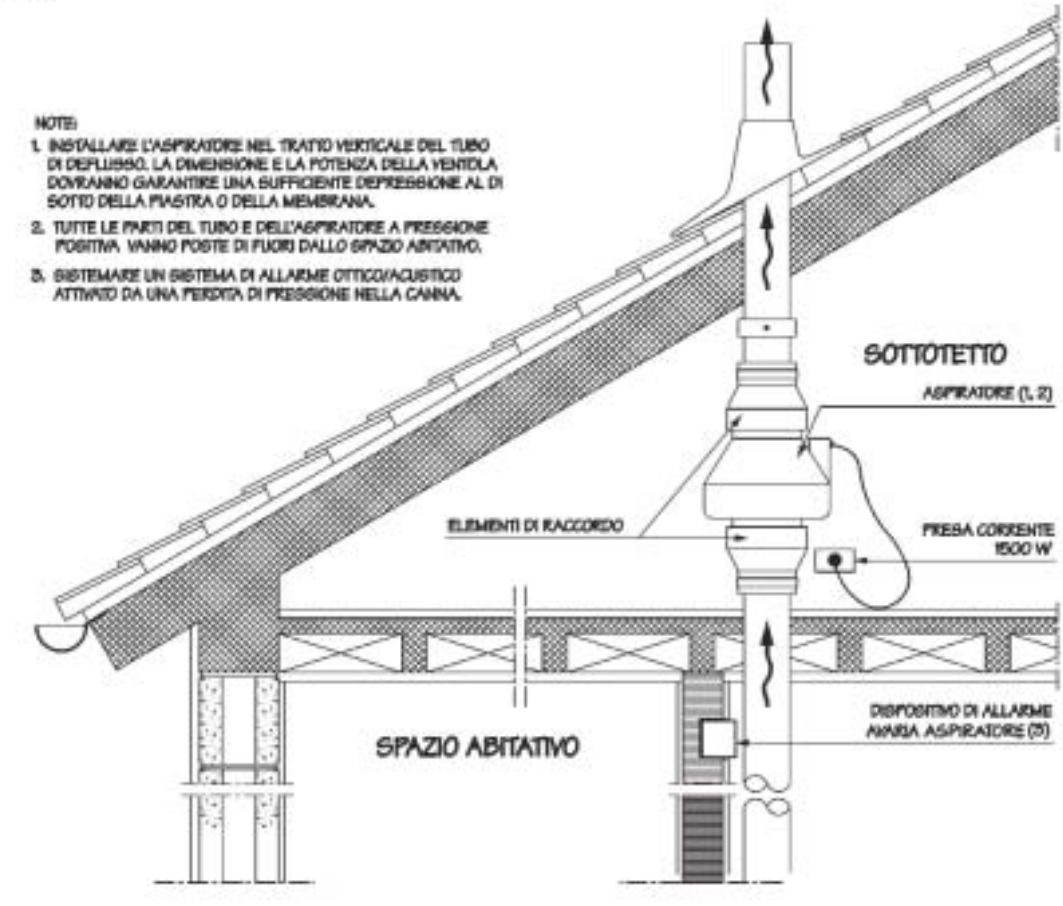
SISTEMA PASSIVO DI DEPRESSURIZZAZIONE CON "STUOIE DRENANTI" SUB-SOLETTA CONTROTERRA (in terreno duro)



Tav. 3.8.4

SISTEMA PASSIVO DI DEPRESSURIZZAZIONE

SUB MEMBRANA (con intercapedine praticabile)



Tav. 3.8.5

ELEMENTI AGGIUNTIVI RICHIESTI PER LA CONVERSIONE IN ATTIVO DI UN SISTEMA DI DEPRESSURIZZAZIONE PASSIVO

4. RISANAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI

L'opera di risanamento di edifici esistenti con elevate concentrazioni di radon, può essere estremamente più difficile, incerta e costosa della prevenzione effettuata correttamente in nuove costruzioni. Nel caso possano essere intraprese azioni nell'ambito di interventi di ristrutturazione o manutenzione straordinaria degli edifici, esse potranno essere simili in metodologie, costi ed efficacia a quelle già illustrate per la protezione preventiva dei nuovi edifici.
In caso ciò non sia possibile, può essere opportuno procedere gradualmente, attuando per primi quegli interventi che sono meno costosi ed invasivi e che, a volte, potrebbero da soli risolvere il problema.
L'applicazione di qualunque tipo di risanamento, dal più semplice al più complesso, richiede la raccolta preventiva di informazioni puntuali sulla costruzione, i materiali, il sottosuolo, le condutture, ecc. Sulla base delle informazioni raccolte e dei diversi fattori già citati quali efficienza di abbattimento del radon, costi di installazione ed esercizio, accettabilità da parte degli occupanti, ecc., sarà possibile scegliere i tipi di intervento più adatti al singolo edificio e l'eventuale gradualità con cui eseguirli.

Per quanto riguarda le strategie da adottare in caso di ristrutturazione dell'edificio si rimanda al capitolo precedente mentre, per quanto riguarda gli interventi semplici fra cui scegliere quello o quelli più adatti per il risanamento di edifici già esistenti che non compromettano il normale uso dell'edificio, se ne presenta di seguito una rassegna.
Le azioni di risanamento, analogamente alle azioni che possono essere intraprese per la protezione preventiva dei nuovi edifici, devono essere concepite in maniera da eliminare o almeno ridurre in modo significativo la risalita di radon negli edifici dovuta alla depressione dei locali abitati rispetto al suolo e/o all'infiltrazione.
Gli interventi che sono descritti nei paragrafi successivi, si possono generalmente suddividere in:

- eliminazione dei fattori che generano depressione nei locali abitativi;
- depressurizzazione dell'area sottostante l'edificio;
- generazione di una sovrappressione artificiale nell'edificio;
- espulsione mediante ventilazione dell'aria ricca di radon dalla cantina;
- espulsione mediante ventilazione dell'aria ricca di radon dai locali abitativi e/o filtrazione dell'aria;
- isolamenti e sigillatura.

Alcuni esempi concreti di interventi effettuati con successo nella nostra regione sono riportati nel capitolo 5.

4.1 Eliminazione della depressione nei locali abitativi...

La differenza di pressione tra l'aria del sottosuolo e quella dei locali a contatto con il suolo è la causa dell'infiltrazione del radon. E' essenziale, quindi, identificare i fattori responsabili di questa depressione ed eliminarli per quanto possibile. Nel caso di edifici esistenti, queste misure possono andare da semplici accorgimenti a grossi interventi costruttivi.

con creazione di aperture per l'apporto d'aria fresca

Negli edifici dotati di impianti di aspirazione in bagno, in cucina o in altri locali, e privi di aperture verso l'esterno, si può creare una depressione maggiore di 20 Pa. Essa si può trasmettere alle parti della costruzione a contatto col suolo con l'effetto di aspirare il radon. Nell'ambito del risanamento, occorre creare aperture di dimensioni sufficienti a bilanciare l'effetto dell'aspiratore.

con l'isolamento di pozzi e camini negli scantinati

Per ridurre l'effetto del gradiente termico di pozzi e camini che attraversano diversi piani e finiscono in cantina, bastano due interventi, attuabili singolarmente o congiuntamente:

- i pozzi e i camini che si trovano in cantina vanno il più possibile isolati;
- occorre dotare i pozzi e i camini di una presa d'aria esterna (con sifone).

Se ciò non fosse possibile si praticheranno in cantina aperture verso l'esterno sufficienti a controbilanciare la depressione rispetto al suolo. Anche queste prese d'aria verranno dotate di sifone per evitare un'eccessiva dispersione di calore.

con apporto d'aria esterna per stufe e caldaie

Le stufe, i caminetti e le caldaie che si trovano in locali di soggiorno, per motivi energetici ed igienici, dovrebbero possedere prese dirette d'aria esterna (Fig. 35). L'apporto controllato di aria esterna nelle camere di combustione degli impianti di riscaldamento diminuisce la depressione creata dai bruciatori a iniezione e dal tiraggio del camino.

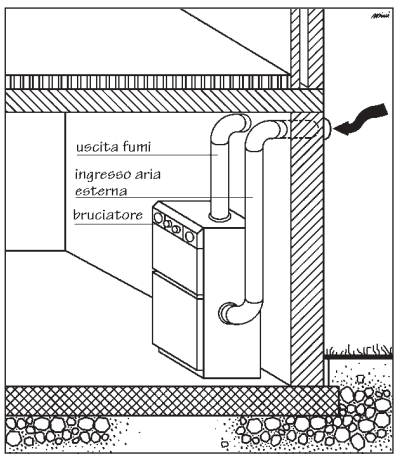


Fig.35 Bruciatore con presa d 'aria esterna

con aspirazione dell'aria

Quando il soffitto delle cantine é realizzato con materiali o elementi molto porosi, l'aria di questi ambienti è aspirata verso i piani superiori. La depressione può essere equilibrata con un ventilatore che aspiri l'aria della cantina (Fig. 36). Le cantine devono essere il più possibile impermeabili per usare un ventilatore piccolo e diminuire le perdite termiche. In presenza di generatori di calore nella cantina, tale sistema può essere usato solamente se i generatori sono dotati di camere stagne di combustione. Questo tipo di intervento infatti può indurre una depressione che può provocare un ritorno di fumo con rischi di intossicazione (CO). Per lo stesso motivo non è da usarsi in presenza di caminetti o apparati simili a fiamma libera.

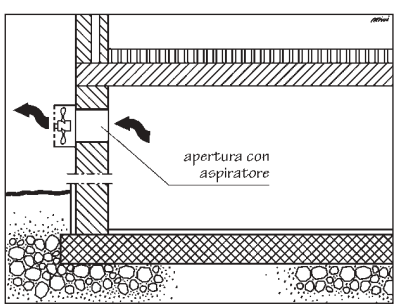


Fig.36 Aspirazione dell 'aria in cantina

4.2 Depressurizzazione dell'area sottostante l'edificio

Nei due paragrafi seguenti si illustreranno alcune delle possibili strategie d'intervento per la depressurizzazione dell'area sottostante l'edificio, rispettivamente nel caso in cui siano presenti intercapedini e nel caso di contatto diretto tra suolo ed edificio.

4.2.1 Depressurizzazione del sottosuolo in presenza di...

La depressurizzazione del terreno situato sotto l'edificio consente l'asportazione passiva o attiva (con ventilatore) del radon. Si possono impiegare due tecniche molto diverse l'una dall'altra:

- aspirazione dell'aria dalle intercapedini o dai vespai. L'aria fresca che rimpiazza l'aria estratta diluisce sufficientemente le piccole quantità di radon provenienti dal sottosuolo. È necessario che le aperture per la ventilazione siano di dimensioni sufficienti;
- nelle intercapedini o negli strati di terra sotto l'edificio viene generata una depressione (rispetto alla pressione atmosferica del locale immediatamente superiore all'intercapedine). In questo caso il sottosuolo deve essere compatto ed impermeabile in modo da impiegare flussi d'aria ridotti e potenze minime per ottenere una depressione sufficiente ad ostacolare l'infiltrazione del radon.

Se il suolo o il riempimento si rivela così poroso da impedire la generazione della depressione desiderata con mezzi ragionevoli, si possono ottenere risultati equivalenti tramite la ventilazione. Secondo il caso, si sceglierà una soluzione o l'altra. In molti casi, queste due misure possono anche combinarsi. Come nel caso degli interventi di isolamento, occorrerà fare attenzione che la messa in depressione del suolo sottostante l'edificio abbia effetto su tutto l'edificio e non solo su singoli locali. Dal punto di vista tecnico, occorre distinguere le seguenti situazioni.

intercapedini

In genere gli edifici privi di cantine sono dotati di una intercapedine più o meno ampia per la protezione dall'umidità, normalmente provvista di aperture di aerazione. L'allargamento e la disposizione ottimale (per esempio nord-sud o facendo attenzione alla direzione prevalente del vento dominante) di queste aper-

ture possono essere sufficienti per l'espulsione del radon. In alternativa, si può installare un piccolo ventilatore rinunciando all'apertura di ulteriori prese d'aria (Fig. 37). Il ventilatore deve avere un buon rendimento energetico e funzionare silenziosamente in depressione (fino a -40 Pa).
Un'applicazione pratica di tale metodo è riportata ai paragrafi 5.3 e 5.4.

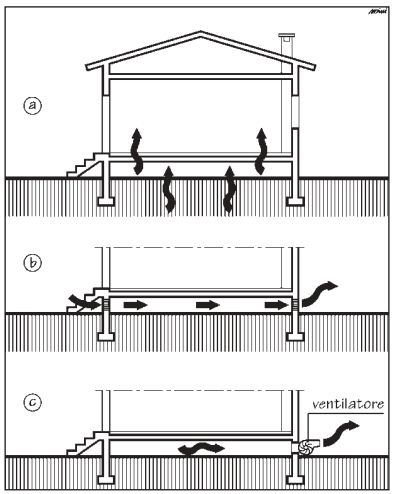


Fig.37 Ventilazione naturale o forzata della intercapedine

vuoto sanitario

I pavimenti con vuoto sanitario possono essere di vario tipo: sul mercato esistono diversi prodotti prefabbricati che, normalmente, vengono impiegati nell'allestimento di uffici per creare un vano tecnico al di sotto del pavimento. Il radon che penetra attraverso il suolo si accumula nel vuoto sanitario e, per espellerlo, basterà provvedere al solo inserimento di una canna d'aspirazione e di un ventilatore (Fig. 38). Ove si debbano pavimentare locali di soggiorno con soletta di pavimentazione a contatto col terreno può risultare conveniente risolvere il problema del radon costruendo un pavimento con vuoto sanitario sottostante. In tal caso, é opportuno disporre, subito sopra gli elementi che sorreggono la pavimentazione, una membrana di polietilene (Fig. 38) per impedire l'aspirazione dell'aria dall'ambiente sovrastante.

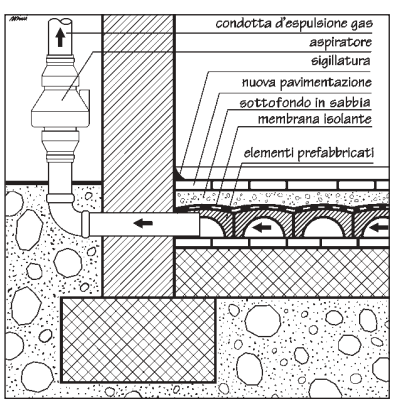


Fig.38 Aspirazione del radon dal vuoto sanitario

4.2.2 Depressurizzazione diretta del sottosuolo...

con pozzo di raccolta centrale

L'aria del sottosuolo viene raccolta in un semplice pozzo sotto il pavimento esistente (Fig. 39) e dispersa mediante aspirazione. Il procedimento è più efficace se il suolo è molto permeabile (p.e. strato di ghiaia o di materiale di riporto sotto l'edificio). Il sistema migliora se il pozzo viene costruito fino allo strato meno permeabile del sottosuolo. In condizioni sfavorevoli (p.e. elevata superficie da risanare, particolari situazioni geopedologiche, ecc), sarà necessario costruire diversi pozzi di raccolta. Un'applicazione pratica di tale metodo è riportata al paragrafo 5.1.

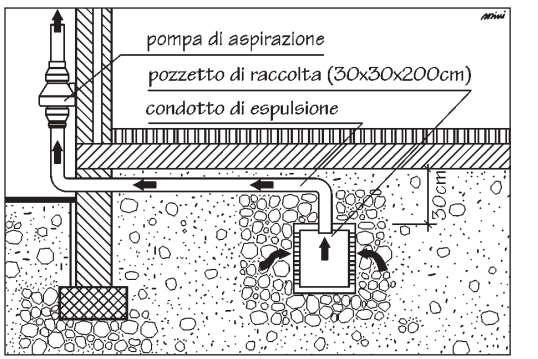


Fig.39 Pozzo di raccolta centrale sotto la soletta

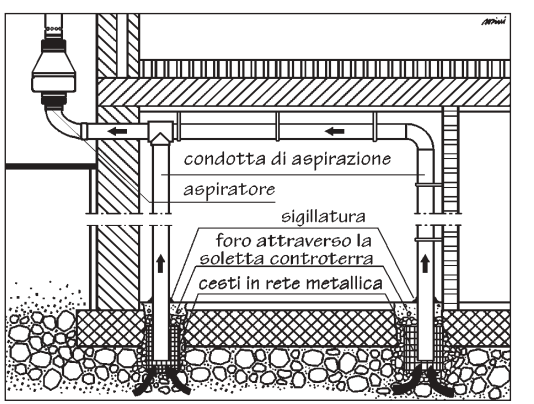


Fig.40 Aspirazione del radon in più punti

in più punti

A volte, può risultare più semplice aspirare l'aria del sottosuolo per mezzo di più tubi che vengono fatti passare nel pavimento della cantina (Figg. 40, 41, 42).
Il radon che si trova nel suolo è aspirato da sotto il pavimento.

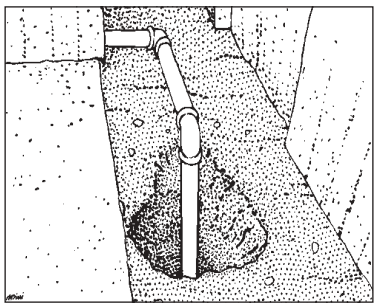


Fig.41 Foratura pavimento e canalizzazione

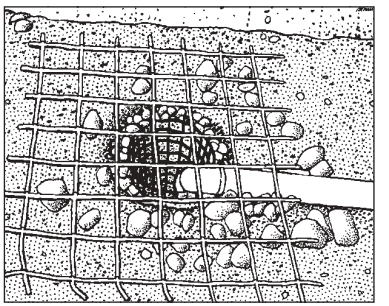


Fig.42 Preparazione al getto della nuova soletta

Il passaggio dei tubi attraverso la lastra di pavimentazione deve essere a tenuta.
In relazione alle caratteristiche del terreno ed alle dimensioni dell'edificio, saranno necessari uno o più punti di raccolta.

con impianti di drenaggio esistenti

Sono stati effettuati risanamenti in cui, per mezzo di un ventilatore, si è aspirata l'aria del sottosuolo dalle condutture di drenaggio esistenti, riuscendo ad abbassare notevolmente la concentrazione del radon (Fig. 43). Tuttavia, il comportamento dell'aria nelle condutture di drenaggio è variabile da caso a caso. Inoltre, occorre montare sifoni per impedire il risucchio d'aria dalla rete di canalizzazione pubblica e dal condotto dell'acqua piovana. In funzione della permeabilità del terreno, questo metodo permette di incanalare e raccogliere il radon attorno e sotto l'edificio. É opportuno installare una valvola a tenuta ad ogni uscita del sistema di drenaggio. Se si effettuano risanamenti, questo tipo di soluzione (con isolamento provvisorio del collegamento con le fognature) é consigliabile poiché, nel complesso, risulta piuttosto economico.

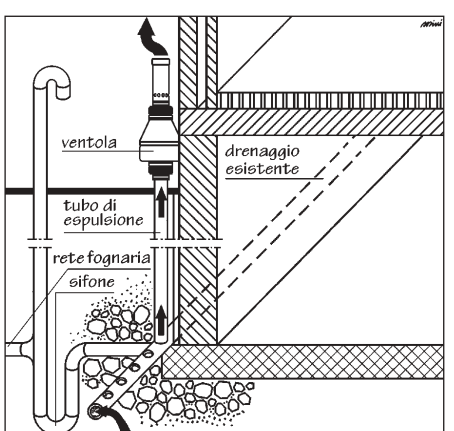


Fig.43 Utilizzo di impianti di drenaggio esistenti

con pozzo esterno all'edificio

In funzione delle caratteristiche del terreno e soprattutto in presenza di un ampio vespaio, la costruzione di pozzi di raccolta del radon esterni all'edificio offre buoni risultati e rappresenta una soluzione molto economica e poco disagevole per gli occupanti, poiché si evitano interventi sull'edificio (Fig. 44). Grazie alla relativa compattezza dello strato di humus, attorno al pozzo di raccolta si genera un'area estesa di depressione nel sottosuolo e quindi anche sotto l'edificio.

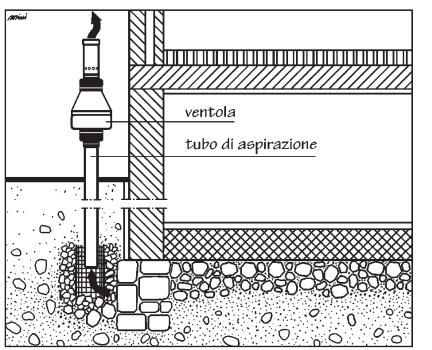


Fig.44 Pozzo di raccolta esterno all'edificio

con fori passanti

Ancora nell'ipotesi della presenza di un vespaio o comunque di uno strato poroso di materiale di riporto sotto la soletta controterra, si può ottenere una riduzione del radon mettendo in comunicazione con l'esterno detto strato attraverso l'esecuzione di alcuni fori (Ø 10-12 cm) sui muri esterni. Si avrà un deciso miglioramento collegando, ove possibile, i fori sui lati opposti con tubo forato passante di largo diametro (Fig. 45). In alternativa, i fori potranno costi-

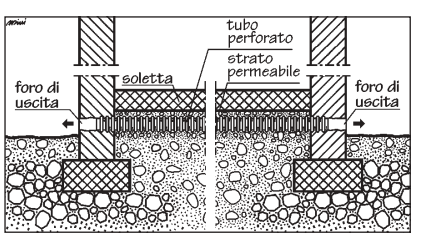


Fig.45 Fori e tubo perforato passante

tuire sbocchi esterni di altrettanti spezzoni di tubo forato inseriti in profondità nello strato di materiale poroso. Un'applicazione pratica di tale metodo è riportata al paragrafo 5.2.

con un canale di raccolta

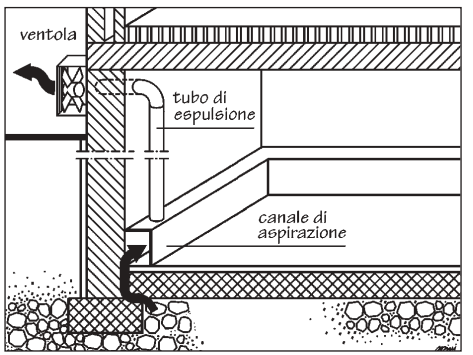


Fig.46 Canale di raccolta lungo le pareti

Lungo le pareti interne dell'edificio, si di-spone un canale che raccoglie l'aria contenente radon proveniente da fessure lineari come i giunti. Un ventilatore genera nel canale una leggera depressione e spinge all'aperto l'aria aspirata tramite un tubo di scarico (Fig. 46). Questa tecnica è applicabile per punti d'infiltrazione ben localizzati, in particolare, per i giunti tra le pareti e la soletta di fondazione.

4.3 Sovrappressione artificiale

Per impedire infiltrazioni di radon dal sottosuolo, anziché creare una depressione sotto la fondazione dell'edificio, si può anche provocare una leggera sovrappressione al suo interno. Allo scopo, può essere utile installare un impianto di ventilazione nei locali di soggiorno. Nelle case a basso consumo energetico, sono stati impiegati con successo semplici sistemi meccanici di ventilazione con recupero del calore o pompe di calore aria/aria, ottenendo risparmio d'energia ed aria fresca (Fig. 47). Nell'edilizia abitativa si impiegano sempre più spesso impianti di ventilazione con canali di immissione e di asporto dell'aria. Generalmente la quantità di aria asportata é pari, o leggermente superiore, a quella immessa in modo da ottenere una debole depressione nelle abitazioni o negli uffici. Nel caso d'infiltrazioni di radon, la quantità di aria immessa deve invece superare quella dell'aria asportata. La sovrappressione negli ambienti dove viene immessa l'aria, ovvero la depressione negli ambienti dove viene asportata, non dovrebbe oltrepassare il valore di 2 Pa. Per impianti con pompe per il recupero del calore, valgono le indicazioni concernenti le aperture per l'apporto di aria fresca nell'edificio. In presenza di impianti meccanici di immissione e di asporto dell'aria, l'edificio dovrebbe essere il più possibile isolato.

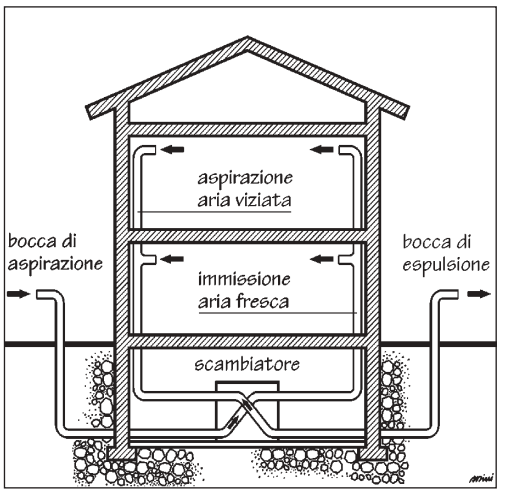


Fig.47 Ricambio d 'aria con scambiatore di calore

4.4 Ventilazione degli scantinati

Poiché il radon si infiltra dagli scantinati, operare un loro abbondante ricambio di aria può diminuirne la concentrazione al punto da rendere innocua l'aria della cantina e non avere più un trasporto rilevante di radon da questa ai locali di soggiorno. Se si usa un ventilatore di aspirazione in cantina, si genera una depressione che fa aumentare l'aspirazione d'aria dal sottosuolo, ma agendo questo anche nei confronti dei locali di soggiorno, impedisce al radon di penetrarvi e lo espelle all'aperto. L'intensa ventilazione della cantina in inverno ne abbassa però la temperatura, perciò occorre isolare bene le parti della costruzione a contatto coi locali di soggiorno riscaldati (soffitto della cantina, pareti del vano scala, lato inferiore delle scale ecc.) e le condutture dell'impianto di riscaldamento. Tuttavia, in genere, nei periodi invernali la ventilazione delle cantine viene comunque ridotta. Questo tipo di intervento diventa quindi spesso poco efficace proprio nei periodi in cui l'emanzione di radon è maggiore. È evidente, quindi, il motivo per cui questa metodologia venga in genere considerata provvisoria in attesa della realizzazione di altre opere di risanamento.

4.5 Ventilazione dei locali abitativi e filtrazione dell'aria

In presenza di infiltrazione di radon dalla cantina, è possibile diminuirne la concentrazione nella zona abitata intensificando il ricambio d'aria. Si produce così una riduzione temporanea della concentrazione di radon. Nei periodi freddi questa strategia presenta evidenti controindicazioni: se si aprono spesso le finestre per garantire un forte ricambio d'aria diminuisce la temperatura degli ambienti e di conseguenza anche il comfort abitativo. Una soluzione migliore è costituita dall'installazione di un impianto di ventilazione con recupero del calore. Prima dell'espulsione, tramite uno scambiatore o una pompa di calore, si estraggono il calore e l'umidità dall'aria raccolta e si trasmette il calore all'aria fresca. Gli impianti di ventilazione con recupero del calore consentono un intenso ricambio d'aria (necessario per ridurre la concentrazione di radon) anche durante l'inverno, senza eccessive perdite energetiche. Inoltre, il ricambio d'aria è garantito ininterrottamente e non dipende dalle abitudini degli abitanti. In alternativa esistono impianti di filtrazione dell'aria muniti di filtri a carboni attivi in grado di catturare il radon presente in un ambiente.

4.6 Isolamenti e sigillatura

Per il risanamento dal radon di edifici esistenti, l'isolamento delle superfici a contatto col terreno, nella maggioranza dei casi, può essere attuato solo dalla parte interna dell'edificio. Questo tipo d'intervento, eseguito con membrane e materiali sigillanti liquidi o spatolabili, comporta però un numero molto alto di raccordi e connessioni con il rischio di tenuta non perfetta. In questo caso, senza dover necessariamente ispirarvisi, vale il principio per cui le tecniche impiegate contro l'umidità sono efficaci anche contro il radon. Si tenga conto che le malte di isolamento fragili non sono efficaci per sigillare crepe dovute agli assestamenti e le membrane isolanti sono valide solo se vengono incollate o saldate bene e senza fessure. In presenza di isolamento termico tra gli elementi della costruzione ed il terreno, la barriera impermeabile al vapore d'acqua può proteggere efficacemente anche dal radon.

Malte isolanti, pitture, ecc.

Contro l'infiltrazione di umidità si usano spesso rivestimenti (pitture o malte) liquidi o spatolabili. Questi rivestimenti costituiscono un buon isolamento dal radon (Tabella 2) purché non presentino crepe o forature. Occorre un controllo accurato perché, se i punti di perdita non vengono chiusi, lasciano penetrare il radon nell'ambiente. Inoltre si richiede un fondo stabile, privo di crepe di assestamento e giunti di dilatazione. Lo stesso vale per l'applicazione di rivestimenti interni relativamente ermetici come piastrelle, tappezzerie isolanti (fibre rustiche su fogli di alluminio) o sistemi di rivestimento liquidi parzialmente impermeabili al gas (vernice al clorocaucciù). Queste tecniche servono comunque come misura complementare. Le iniezioni di materiale, così come vengono impiegate per problemi di umidità nelle vecchie opere in muratura, finora non hanno permesso di ottenere risultati soddisfacenti nella protezione dal radon.

Materiale	Spessore (mm)	Impermeabilità al radon
Membrane impermeabilizzanti		
PEHD	0,15	si
PVC armato	0,1	si
Polimeri bituminosi	3,8	si
Pitture e rivestimenti		
Pitture sintetiche	0,2	no
Resina epossidica	3	si
Materiali da costruzione		
Cemento armato	100	parziale
Pietra arenaria calcarea	150	no
Gesso	100	no
Laterizio	150	no

Tabella 2 Impermeabilità al radon di alcuni materiali

Sigillatura dei solai sotto i locali abitativi

Le solette in cemento armato si possono considerare sufficientemente impermeabili al radon. Nel caso di vecchi solai pieni, può rendersi necessaria la stuccatura delle crepe o delle fessure; lo stesso vale per le pareti. Invece, nel caso dei solai leggeri (solai in legno), occorre analizzare la costruzione in modo da scoprire quale sia lo strato che garantisce la tenuta all'aria e al radon e se la tenuta sia perfetta in tutti i punti di raccordo.

Isolamento di condutture, buchi e crepe

L'isolamento ermetico di pavimenti, soffitti e pareti è efficace solo se tutte le aperture, intenzionali e non, vengono isolate a regola d'arte. I materiali di isolamento disponibili sono numerosissimi e occorre scegliere bene in base alla qualità e alla durata.

I mastici ad elasticità permanente sono adatti per la stuccatura di fessure, raccordi (ad esempio intorno ai passaggi delle condotte) e piccoli fori anche se le parti sono soggette a piccoli movimenti come dilatazioni termiche. Esistono diversi materiali ad elasticità permanente: mastici siliconici, acrilici, polisolforati ecc. Prima dell'applicazione, devono essere puliti i bordi delle fessure che vanno eventualmente allargate per garantire un'aderenza ottimale del mastice e, se necessario, deve essere colmato il fondo delle fessure stesse. In relazione alla situazione di partenza e ai materiali, si renderà necessaria un'ulteriore preparazione della fessura (sagomatura dei bordi, applicazione di una mano di fondo ecc.).

I nastri adesivi e da assemblaggio elastici sono particolarmente indicati nell'isolamento dei raccordi tra elementi costruttivi, come la ricopertura di giunti di dilatazione tra il pavimento ed i muri o per l'incollaggio di membrane isolanti al soffitto. I nastri monoadesivi, in genere, non garantiscono una tenuta all'aria duratura. I nastri biadesivi (p.e. il nastro in butile), se possibile, andrebbero tenuti sotto pressione meccanica. Col nastro in butile si può effettuare, ad esempio, la giunzione di due fogli di membrana isolante di polietilene situati sotto listelli che tengono costantemente sotto pressione l'incollatura. I nastri adesivi non devono essere mai sottoposti a trazione, neppure a quella derivante dal peso della guaina stessa. In commercio si trovano nastri di copertura che possono essere incollati sugli elementi da congiungere con collanti liquidi o spatolabili. Questi nastri possono essere di materiale e di qualità diversi e sono molto efficaci.

Passaggi di condotte attraverso tubi

Le condotte ed i cavi si possono far passare in tubi che vengono incollati o saldati con le membrane isolanti. Naturalmente, nel tubo contenente i cavi o le condotte, le parti rimaste vuote vanno colmate con materiale di tenuta a elasticità permanente.

Isolamento di porte, sportelli, coperchi di pozzetti, ecc...

Se non si è riusciti a ridurre la concentrazione di radon in cantina perché, ad esempio, non si vuole rinunciare alla pavimentazione esistente o se le misure di isolamento non hanno dato i risultati sperati, occorre isolare le porte di accesso alla cantina e quelle che mettono in comunicazione i locali di soggiorno con il vano delle scale che portano in cantina. Le finestre e le porte ad alto isolamento acustico sono anche ben adatte ad arginare l'infiltrazione di aria e di radon. Come nel caso dell'isolamento acustico, anche per la protezione dal radon è necessario che il montaggio avvenga con estrema cura. Al contrario, le porte tagliafuoco non forniscono una buona tenuta all'aria: infatti i profilati di tenuta elastici, a causa della loro scarsa resistenza al fuoco, non vengono impiegati nella costruzione di queste porte. Altri elementi da sigillare sono i coperchi dei pozzetti sistemati nei pavimenti delle cantine per i controlli periodici delle condotte.

5. ALCUNI ESEMPI DI RISANAMENTO EFFETTUATI IN AMBITO REGIONALE

Nel presente paragrafo verranno illustrati gli interventi e le misure effettuate da privati cittadini o amministrazioni comunali con la consulenza dell'ARPA FVG. Le opere di risanamento sono state effettuate presso due abitazioni private, un asilo nido e una scuola materna in Friuli Venezia Giulia.

5.1 Depressurizzazione diretta del sottosuolo con pozzo di raccolta centrale

L'unità abitativa oggetto di questo intervento, è costituita da un vecchio edificio confinante con altri e disposto su due piani. Il piano terra dell'edificio appoggia direttamente sul suolo sottostante. La casa è costruita nei pressi di un antico letto fluviale non più attivo. Inoltre l'abitazione è stata di recente ristrutturata. Poiché tale abitazione non è provvista di vespaio o vuoto sanitario si è deciso di creare una depressione nel terreno sottostante tramite l'aspirazione forzata da un cavità artificiale. Tale cavità, scavata in posizione centrale rispetto alla planimetria della casa, ha le dimensioni di un parallelepipedo di 30 x 30 x 200 cm e si trova a 30 cm al di sotto del piano calpestabile. Essa è messa in comunicazione con l'esterno tramite un tubo di PVC del diametro di 10 cm in cui è inserita una ventola di aspirazione (simile a quelle utilizzate nelle cucine) con doppia potenza. È stato possibile effettuare tale scavo in modo semplice e non disagevole per gli abitanti, lavorando nel locale caldaia. L'intervento descritto è analogo a quello illustrato in Fig. 39.
Nel periodo immediatamente precedente la verifica dell'effica-

cia dell'intervento si è proceduto a una nuova determinazione della concentrazione di radon senza azionare la ventola.
Si è proceduto quindi all'accensione della ventola per verificare l'efficacia dell'azione di rimedio utilizzata: una prima settimana alla velocità massima (potenza = 60 W) e una seconda alla velocità inferiore (potenza = 30 W). Successivamente si è spenta la ventola per una settimana per un'ulteriore verifica dell'intervento. Da ultimo è stata riaccesa la ventola a velocità massima. La figura 48 riporta i valori della concentrazione di radon misurata nell'abitazione sia a ventola accesa che a ventola spenta.
La riduzione della concentrazione a ventola accesa (sia ad alta che bassa velocità) è risultata essere di circa il 90%.

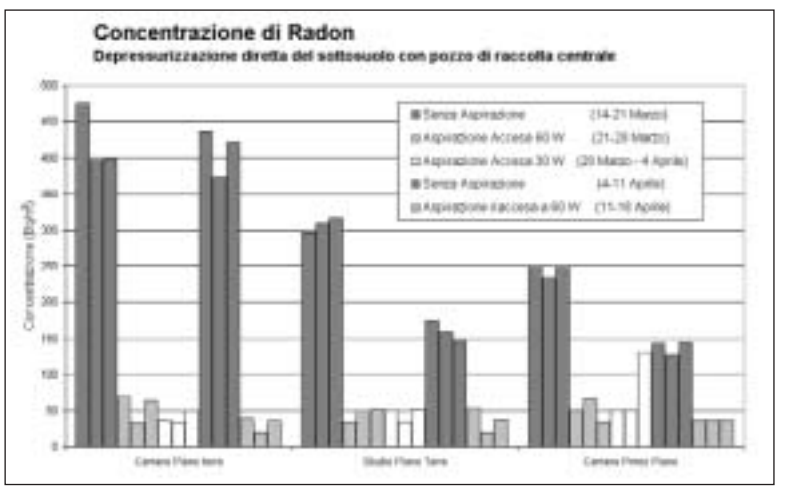


Fig. 48 Depressurizzazione diretta del sottosuolo con pozzo di raccolta centrale: concentrazione di gas radon nei diversi ambienti dell'abitazione, durante le varie fasi della sperimentazione

5.2 Depressurizzazione del sottosuolo con fori passanti

L'abitazione in questione è parte di una vecchia casa colonica su due piani, recentemente ristrutturata. Il piano terreno appoggia su uno strato di circa 20 cm di materiale di riporto. Non sono presenti né locali interrati né vespaio o vuoto sanitario.
Anche in questo caso si è deciso di diminuire la concentrazione di radon negli ambienti cercando di limitare il suo ingresso nell'edificio. Un primo intervento è consistito nel praticare alcuni fori del diametro di 12 cm sui muri esterni dell'abitazione in corrispondenza del materiale di riporto su cui appoggia la soletta del piano terreno. Tale intervento si è dimostrato poco efficace in quanto si è ottenuta una riduzione della concentrazione di radon all'interno dell'abitazione del solo 20-25%.
Si è deciso allora di scavare al di sotto della soletta del piano terreno un canale in cui è stato seppellito un tubo forato del diametro di 12 cm che mette in comunicazione i fori che erano stati praticati sui muri esterni. Terminati i lavori, prima di procedere alla misura della concentrazione di radon si sono chiusi i fori presenti sui muri esterni e sono stati aperti dopo alcuni giorni. Nella figura 49 sono riportati i valori di concentrazione di radon in due locali posti al piano terreno a fori chiusi e a fori aperti, dopo l'istallazione dei tubi passanti. La riduzione della concentrazione, dovuta a questo secondo intervento è di circa il 75%.

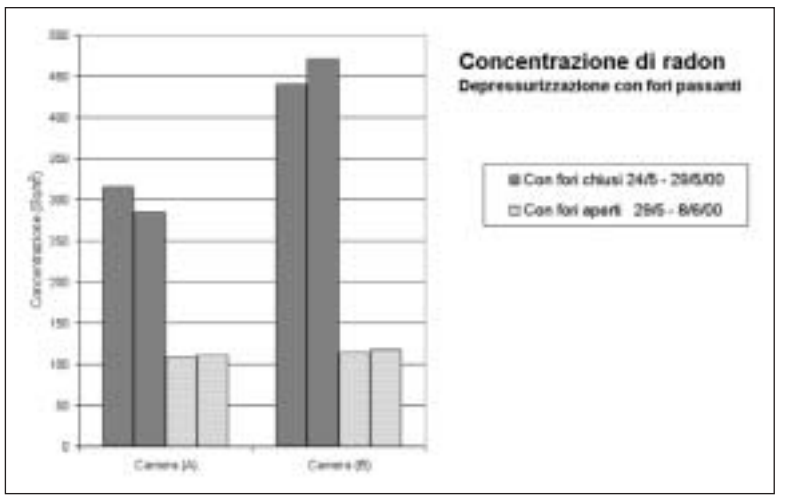


Fig. 49 Intervento con fori passanti: misure di concentrazione di gas radon nel periodo 24/5 - 8/6/00, misure effettuate a fori chiusi ed aperti.

L'intervento è analogo a quello riportato in figura 45.

5.3 Depressurizzazione forzata del sottosuolo in presenza di intercapedine

L'intervento di seguito descritto è stato effettuato presso un asilo nido pubblico. L'edificio, la cui superficie coperta è di circa 750 m^2, è stato costruito negli anni '80 e si trova all'interno di un centro abitato. L'altezza media della costruzione, su un unico piano, é di circa 3 m. Il 20% della superficie coperta ha un sotterraneo mentre la restante parte poggia su di una intercapedinele cui bocche di aerazione sono state quasi completamente ostruite dalla costruzione del marciapiede esterno.
Nella prima fase dello studio si è cercato di ridurre la concentrazione di radon modificando lo stato di aerazione dei locali. Durante questa fase si sono distribuite alcune schede (una per ciascun locale) in cui il personale poteva segnare gli orari di apertura e di chiusura delle finestre e delle porte, per poter valutare con precisione lo stato di aerazione dei diversi locali. I dati raccolti non hanno permesso di proseguire lungo questa direzione in quanto gli ambienti erano già sufficientemente aerati e un'apertura notturna delle finestre, per evitare l'accumulo del radon, non è stata possibile per problemi di sicurezza.
Si è deciso allora di ridurre la concentrazione di radon impedendone l'ingresso nell'edificio. A tale scopo si sono liberate 2 bocche di aerazione del vespaio, parzialmente ostruite, e si sono istallate due ventole che possono essere comandate dall'interno dell'edificio tramite un interruttore a tempo.
Nella figura 50 è riportato l'andamento della concentrazione di radon in due settimane consecutive, una con le ventole accese e una con le ventole spente. In questo caso si è ottenuta una riduzione della concentrazione del 60% che risulterebbe anche più alta se si considerassero solamente i picchi di accumulo notturni.
L'intervento è analogo a quello riportato in figura 37c.

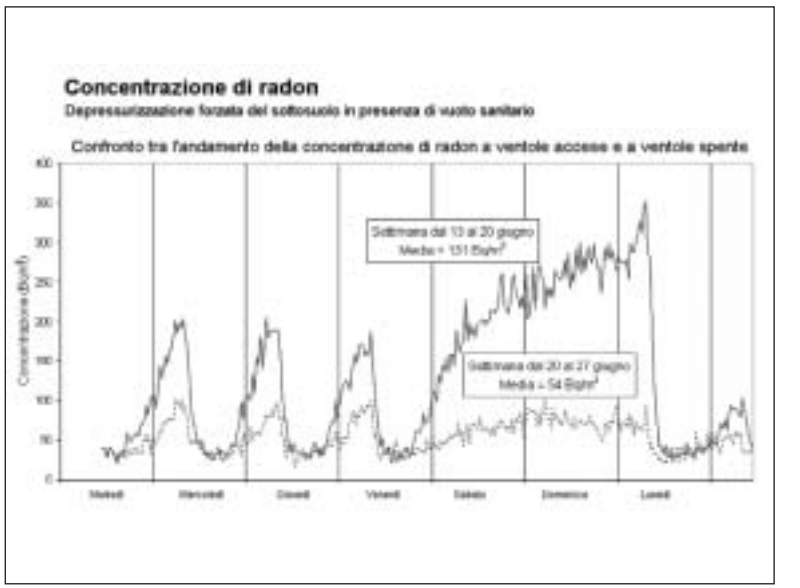


Fig. 50 Depressurizzazione forzata del sottosuolo in presenza di vuoto sanitario: andamento della concentrazione di radon presso l'asilo nido oggetto dell'intervento in presenza di ventole di aerazione accese e a ventole spente.

5.4 Depressurizzazione naturale del sottosuolo in presenza di intercapedine

Il presente intervento, è stato effettuato presso una scuola materna. L'edificio, la cui superficie coperta è di circa 250 m^2, è stato costruito negli anni '30 e si trova all'interno di un centro abitato. L'altezza media della costruzione, su un unico piano, é di circa 5 m. L'edificio poggia su una intercapedine alta 70 cm in cui sono presenti solamente poche bocche di aerazione di dimensione ridotta.
Tale intervento è consistito nell'apertura in corrispondenza del vuoto sanitario di una decina di nuove bocche di aerazione.
Il periodo preso in esame va dal 22 dicembre 2000 al 20 Febbraio 2001. Per verificare l'efficacia dei fori praticati sono state effettuate misure in settimane contigue (per ridurre al minimo le oscillazioni dovute alle variazioni dei parametri ambientali) sia a riscaldamento acceso che a riscaldamento spento. Durante l'ultima settimana di misura il personale di servizio della scuola ha provveduto alla normale aerazione dell'edificio con due ricambi d'aria giornalieri uno al primo mattino e uno nel pomeriggio.

Nella tabella 3 sono contenuti i risultati di tutte le misure effettua-

te e la descrizione delle varie situazioni in cui si trovava l'edificio al momento della misura.

Periodo	Situazione	Concentrazione (Bq/m³)		
		Aula 1	Aula 2	Refettorio
Dal 22/12/00 al 02/01/01	Prima serie di misure a fori chiusi e riscaldamento spento	690	670	890
Dal 02/01/01 al 09/01/01	Seconda serie di misure a **fori aperti** e riscaldamento spento	310	340	370
Dal 16/01/01 al 23/01/01	Quarta serie di misure a fori chiusi e riscaldamento acceso	1550	1650	1900
Dal 23/01/01 al 30/01/01	Quinta serie di misure a **fori aperti** e riscaldamento acceso	400	450	500
Dal 30/01/01 al 06/02/01	Sesta serie di misure a **fori aperti**, riscaldamento acceso e ventilazione	190	210	200

Tabella 3 Riassunto dei risultati delle misure effettuate presso la scuola materna

A riscaldamento spento la presenza delle nuove aperture nel vespaio porta ad una riduzione media del 54% portando la concentrazione media dell'edificio da 750 a 340 Bq/m³. A riscaldamento acceso la concentrazione di radon aumenta sia a fori chiusi che aperti e la riduzione della concentrazione media dovuta ai fori risulta essere del 73% (fori chiusi = 1700 Bq/m³; fori aperti = 450 Bq/m³). Una ulteriore diminuzione dovuta alla ventilazione dei locali porta la concentrazione media di radon nelle due settimane successive ad un valore di 200 Bq/m³.
L'intervento è analogo a quello riportato in figura 37 b.

BIBLIOGRAFIA

- ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente), Il Sistema Informativo Territoriale per la valutazione del Potenziale di Esalazione di radon dal Suolo, Marzo 2000.
- ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli-Venezia Giulia), Studio sulla radioattività ambientale dovuta alla presenza di radon negli edifici scolastici e negli asili nido della provincia di Pordenone, Rapporto Finale, Pordenone 22 Gennaio 2002.
- CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation), Radon: a Guide for Canadian Homeowners, 1997.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), Consumer's Guide to Radon Reduction, August 1992.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), Radon Reduction Techniques for Existing Detached Houses, October 1993.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), Model Standards and Techniques for Control of Radon in New Residential Buildings, March 1994.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), Radon Mitigation Standards (RMS), April 1994.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), Buying a New Home? How to Protect Your Family From Radon, April 1998.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), A Guide for Installing Affordable Radon Control Systems in New Homes, October 1999.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), Home Buyer's and Seller's Guide to Radon, July 2000.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), Building Radon Out, April 2001.
- Gaidolfi L., Malisan M. R., Bucci S., Cappai M., Bonomi M., Verdi L., Bochicchio F., Radon Measurements in Kindergartens and Schools of Six Italian Regions, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 78, N.1, pp. 73-76, 1998.
- Garavaglia M., Giovani C., Cappelletto C., Efficacia di semplici azioni di rimedio in edifici con elevate concentrazioni di radon, Atti del Congresso Nazionale AIRP, pp. 609-616, Ancona, 20-22 Settembre 2000.
- Giovani C., Cappelletto C., Garavaglia M., Scruzzi E., Peressini

G., Villalta R., Radon Survey in Schools in North-East Italy, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 97, N.4, pp. 341-344, 1998.
- GEOEX s.a.s, Il Radon: Tecniche di Misura e di Risanamento, http://www.radon.it .
- IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire- France), Le radon dans les bâtiments, 1998.
- Malisan M.R., Padovani R., Foti C., The Regional Survey of Indoor Radon in Friuli Venezia Giulia (Italy), Proceedings of the Second Workshop on Radon Monitoring in Radioprotection, Environmental and/or Earth Sciences, G. Furlan and L. Tommasino edts., pp. 68-77, 1991.
- Padovani R., Giovani C., Di Marco P., Torri G., Cecotti A., Lucca F., Indagine estensiva per l'individuazione di abitazioni affette da elevate concentrazioni di radon in un comune del Friuli Venezia Giulia, Atti del Convegno "Radon tra natura e ambiente costruito" , pp. 269-274, Venezia 24/26 Novembre 1997.
- UFSP (Ufficio Federale della Sanità Pubblica- Svizzera), Radon: Guida tecnica destinata ai professionisti dell'edilizia, a Comuni e Cantoni, nonché ai proprietari di immobili, Berna, Gennaio 2000.

APPENDICE I

LEGGE REGIONALE 23/08/1985, N. 044
Altezze minime e principali requisiti igienico - sanitari dei locali adibiti ad abitazione, uffici pubblici e privati ed alberghi.
... Art. 4
Isolamento dei vani
Il piano di calpestio dei vani abitabili deve trovarsi ad un livello di almeno 15 centimetri superiore alla quota del terreno, il quale deve essere sistemato e impermeabilizzato per una larghezza non minore di 80 centimetri; fuori dei casi di cui al comma successivo, sotto il solaio deve essere realizzata un' intercapedine d'aria di altezza non inferiore a centimetri 20 adeguatamente aerata.
Sotto il livello di cui al comma precedente possono essere ricavati i vani accessori di cui al secondo comma del precedente articolo 2 nonché locali adibiti ad altri usi, diversi da abitazione, purché adeguatamente isolati ed aerati in conformità alle prescrizioni stabilite dai regolamenti edilizi comunali; possono altresì essere realizzati autorimesse, cantine e depositi.

Per quanto riguarda gli edifici non contenuti all'oggetto di questa legge (p.es scuole o altri edifici ad uso collettivo) si rimanda ai Regolamenti Edilizi e di Igiene dei singoli Comuni.

APPENDICE II

Si è ritenuto opportuno riportare di seguito alcune considerazioni riguardanti le possibili sinergie tra i vari tipi di intervento che si effettuano sugli edifici e le misure di protezione dal radon.

(tratto da Radon: Guida Tecnica, UFSP Ufficio federale della Sanità Pubblica, Berna, Gennaio 2000)

Strategie e conflitti di interesse

Le misure di prevenzione e di risanamento da radon nelle nuove costruzioni e in edifici esistenti sono considerate solo da qualche anno compiti da integrare seriamente nella progettazione di un edificio. Le esperienze fatte finora mostrano che una protezione soddisfacente, in genere, non implica costi supplementari considerevoli, se è concepita in modo coerente e competente. Si è anche potuto constatare che le misure di protezione dal radon normalmente non entrano in conflitto con altre finalità progettuali, e che, al contrario, spesso si possono sfruttare delle sinergie, come illustrano i seguenti esempi.

Isolamento Termico

Un isolamento termico ottimale richiede (obbligatoriamente, in base alle ordinanze federali in materia) la definizione e la messa in opera di una netta separazione tra i locali riscaldati e quelli non riscaldati (in Italia non esiste l'obbligatorietà ma è comunque una prassi comune, n.d.r.). *In genere questa separazione coincide con il livello di isolamento primario e secondario contro il radon. Gli isolanti termici non isolano automaticamente dal radon. Ma i diversi requisiti si possono combinare facilmente.*

Impermeabilità all'aria

Nelle nuove costruzioni e negli edifici restaurati il ricambio d'aria non dovrebbe più essere lasciato a infiltrazioni casuali nell'involucro dell'edificio. L'immissione di aria fresca deve avvenire per mezzo di apposite aperture o di impianti di ventilazione e il luogo di provenienza dell'aria fresca dovrebbe essere ben definito, così come anche quello di immissione nell'ambiente dell'aria evacuata. Perciò i locali riscaldati devono essere isolati ermeticamente. Gli stessi requisiti sono necessari per una protezione efficace dal radon.

Protezione dall'umidità e dall'acqua di falda

Le misure atte a proteggere l'edificio sono esattamente parallele alle esigenze della protezione dal radon. La differenza sta solo nel fatto che, nel caso della protezione dall'umidità, si riesce facilmente a localizzare i punti non a tenuta e a porvi rimedio. I punti di infiltrazione del radon invece sono molto più difficili da trovare. É quindi assolutamente necessario, come misura profilattica, eseguire i lavori con estrema precisione.
(per la situazione in Friuli Venezia Giulia vedi art. 4 della Legge Regionale 23/08/1985, N. 044 riportata nell'appendice I, n.d.r.)

Isolamento acustico

Per la propagazione del rumore i ponti di misura acustica hanno effetti simili a quelli dei punti di infiltrazione per la diffusione del radon: bastano piccoli fori e aperture per ridurre sensibilmente l'effetto protettivo di una misura. Perciò gli elementi dotati di isolamento acustico, come per esempio le porte di isolamento acustico tra la cantina e i locali di soggiorno, isolano anche dal radon.

Odori, igiene e salute

L'odore di stantio è una conseguenza dell'umidità, di un ricambio dell'aria insufficiente o di entrambe le cose. In un ambiente che puzza di stantio potrebbe benissimo esserci un'elevata concentrazione di radon. Viceversa, un risanamento dal radon eseguito a regola d'arte risolve anche i problemi di umidità e di insufficiente ricambio dell'aria, fa diminuire tendenzialmente gli odori malsani e riduce la presenza di microbi dovuti all'umidità dell'aria.

Protezione contro gli incendi

Anche le misure di protezione contro gli incendi sono basate sui principi dell'isolamento. Tuttavia per rischi di incendio normale non sono richieste porte a tenuta di gas. Le guarnizioni elastiche necessarie per un buon isolamento dal radon sono spesso addirittura contrarie ai principi della protezione contro gli incendi poiché

sono infiammabili. Ma non si tratta di veri e propri conflitti di interessi. É invece più delicata la situazione per quanto riguarda le valvole per i camini e canne fumarie, che possono essere a tenuta stagna solo in impianti di combustione usati per breve tempo e sotto sorveglianza continua (comunicazione dell'Associazione degli Istituti cantonali di assicurazione antincendio, AICAA). Perciò per controbilanciare la depressione causata da stufe e caminetti non rimane altra soluzione che l'apporto di aria fresca, che però spesso non si può realizzare nel caso di istallazioni esistenti.
(analoghe prescrizioni esistono anche nella normativa italiana, n.d.r.)

Questa lista potrebbe continuare ed includere tutti gli altri settori della progettazione – dall'architettura alla protezione civile – per i quali però i requisiti per la protezione dal radon non costituiscono alcuna limitazione.

EMPRO GRAFICO

per informazioni:

ARPA Direzione Centrale - Piazza Grande, 1 - 33057 Palmanova (Udine)

Settore Tutela Qualità dell'Aria, Prevenzione dell'Inquinamento Acustico e Fisica Ambientale
tel. 0432 922607 fax 0432 922626
www.arpa.fvg.it
e-mail aria@arpa.fvg.it

Dipartimento Provinciale di Udine - Via Colugna, 42 - 33100 Udine
Sezione di Fisica Ambientale
tel. 0432 479291 fax 0432 480857
e-mail fisamb@arpa.fvg.it

EDITORE ARPA FVG
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
ISBN 88-88735-00-3