

faktor

Architektur Technik Energie

Radon

Manuale operativo



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFA
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP
Unità di direzione Protezione della salute

Note sul manuale operativo radon

Il manuale operativo radon fornisce una guida per le misure strutturali, tecniche e organizzative-operative per ridurre l'esposizione al radon. Oltre agli aspetti teorici, vengono presentati e descritti in dettaglio esempi di misure preventive di protezione dal radon e di risanamento del radon dalla pratica. Il pubblico di riferimento comprende esperti di edilizia nella consultazione, pianificazione e implementazione, così come gestori di proprietà e proprietari di edifici.

Il manuale operativo radon è un supplemento approfondito alle istruzioni radon e alle raccomandazioni per nuovi edifici. **Va notato che in caso di informazioni contraddittorie, le linee guida sul radon e le raccomandazioni dell'UFSP hanno sempre la precedenza.**

Il manuale operativo radon è disponibile in forma stampata in tre lingue (tedesco, francese, italiano) e può essere ordinato al seguente link:

https://faktor.ch/de_CH



Radon
Manuale operativo

Serie tecnica ■ Faktor Verlag

Impressum

Radon – Manuale operativo

1. Edizione, gennaio 2018

Editore: Ufficio federale della sanità pubblica UFSP, Berna

Coeditore: Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA e Società svizzera degli ingegneri nella tecnica impiantistica SITC
ISBN: 978-3-905711-45-5

Gruppo di supporto

Sezione rischi radiologici (UFSP), Franco Fregnan e Falk Dorusch (Centro competenze radon Svizzera tedesca, FHNW).

Autori

Othmar Humm, Morris Breunig, Jutta Glanzmann, Leonid Leiva, Tünde Kirstein, Christine Sidler

Lettorato

Franco Fregnan, Falk Dorusch e Antoine Geiser, Centro competenze radon Svizzera tedesca, FHNW; Luca Pampuri, Centro competenze radon Svizzera italiana, SUPSI; Stefan Schafflützel, BauBioLogo GmbH; Marco Ghielmetti, Ingenieur- und Planungsbüro Marco Ghielmetti; Milton Generelli, SUPSI.

Fonti delle immagini

■ «Radonschutzmassnahmen – Planungshilfe für Neu- und Bestandsbauten», Editore: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), Progettazione: Michael Reiter, 2016

■ «Radon: Misure di prevenzione negli edifici nuovi». Editore: Pubblicazione comune dei servizi specializzati radon di Austria, Svizzera, Germania del Sud, Alto Adige, 2012

Fonti casi studio

■ Centro competenze radon Svizzera tedesca, Scuola universitaria professionale della Svizzera Nord occidentale, Istituto Energie am Bau, Franco Fregnan, Falk Dorusch, Antoine Geiser

■ Centro competenze radon, SUPSI, Scuola Universitaria della Svizzera Italiana, Marcus Hoffmann e Luca Pampuri

■ Joëlle Goyette Pernot, Professore presso la Scuola superiore d'ingegneria e architettura di Friborgo, istituto Transform e delegato radon dell'UFSP per la Svizzera romanda

■ Laboratorio Cantonale Basilea Città, Dr. Markus Zehringer

■ Canton Grigioni, Ufficio per la sicurezza delle derrate alimentari e la salute degli animali, Roland Fiechter

■ Canton Soletta, Ufficio per l'ambiente, Centro competenze sostanze pericolose, Werner Friedli

■ Bauart Architekten und Planer AG, Yorick Ringeisen

■ Binker Materialschutz GmbH,

■ Dr. Gerhard Binker

■ Dr. Baumer SA

■ Fürst Laffranchi Bauingenieure GmbH, Jürg Vögeli

■ Hynatec, Dr. Daniel Oldenziel

■ Miller & Maranta AG, Harald Schmidt

■ Stop-Radon, Dr. Robert Gaisch

■ Truffer Ingenieurberatung AG, Philipp Truffer

■ Rolf Wild, Ingegnere civile

Riferimenti

Faktor Verlag, 8005 Zurigo

info@faktor.ch, www.faktor.ch

Contenuto

Basi	7
1.1 Cos'è il radon?	7
1.2 Effetti del radon sull'uomo	8
1.3 Valori legali della concentrazione del radon	9
1.4 La misurazione del radon	10
1.5 La presenza di radon in Svizzera	11
1.6 Il radon negli edifici	12
1.7 Referenti	13
1.8 Protezione dal radon: le dieci lacune più frequenti	14
Protezione radon quale elemento del processo pianificatorio	17
2.1 Approccio integrale	17
2.2 La prevenzione nelle nuove costruzioni	18
2.3 Protezione radon in edifici esistenti	20
Concetto di protezione radon	21
3.1 In generale	21
3.2 Localizzazione	22
3.3 Pianificazione della destinazione d'uso dei locali	22
3.4 Progettazione dell'involucro e della struttura dell'edificio	22
Implementazione di barriere	25
4.1 In generale	25
4.2 Posa di barriere superficiali contro terra	27
4.3 Isolamento di passaggi di condotte, fessure e giunti degli elementi costruttivi a contatto con il terreno	33
4.4 Isolamento di porte, sportelli, coperchi di pozzetti e simili	36
4.5 Isolamento interno delle superfici	37
La protezione radon grazie al direzionamento dei flussi d'aria	39
5.1 Panoramica delle misure da intraprendere	39
5.2 Evitare la messa in depressione dell'edificio	42
5.3 Favorire la messa in sovrapressione dell'edificio	44
5.4 Favorire il ricambio dell'aria	45
5.5 Ventilazione sotto l'edificio	46
Casi studio	51
6.1 Panoramica	51
6.2 Edifici esistenti	53
6.3 Nuove costruzioni	103
Allegati	113

La salute come criterio di pianificazione

In Svizzera, e per la sua popolazione, il radon è la principale fonte di radiazioni ionizzanti (radioattività). Secondo studi epidemiologici, questo gas è, dopo il fumo, la principale causa di cancro ai polmoni. L'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) stima che in Svizzera il radon causi da 200 a 300 decessi ogni anno.

L'Ordinanza in materia di radioprotezione del 1994 ha introdotto per la prima volta la protezione radon nella legislazione nazionale. In essa vengono definiti valori limite e valori operativi per le concentrazioni radon negli spazi abitativi e di lavoro. Nell'ambito della revisione dell'Ordinanza in materia di radioprotezione, sulla base di nuove scoperte scientifiche e delle raccomandazioni internazionali, il valore di riferimento del radon in Svizzera viene ora abbassato a 300 Bq/m³. Per luoghi di lavoro esposti al radon si applica invece un valore di soglia di 1000 Bq/m³. Secondo i nuovi regolamenti, l'intera Svizzera è considerata un'area a rischio radon.

Con il piano d'azione radon 2012–2020 il Consiglio Federale propone una strategia per affrontare la nuova situazione. Importanti sfide si prospettano per i professionisti dell'edilizia e per i proprietari immobiliari. In futuro la protezione radon deve essere presa maggiormente in considerazione nel corso della fase di pianificazione di nuovi edifici.

**Sezione rischi radiologici
Ufficio federale della sanità pubblica**

Ampia varietà di soluzioni tecniche

La maggior parte del nostro parco immobiliare non presenta la qualità richiesta alle nuove costruzioni. Il rischio di contaminazione di radon dell'aria interna è, di conseguenza, elevato. Questo vale soprattutto per luoghi con elevato contenuto di radon all'interno del terreno, situazione non rara in Svizzera. Per molte costruzioni la resa ermetica, sia essa esterna o interna, del pavimento e delle pareti a diretto contatto con il terreno non è possibile. A complemento delle misure di protezione costruttive, la tecnica dell'edificio offre soluzioni per il ricambio dell'aria così come per l'espulsione rispettivamente per l'estrazione dell'aria contaminata.

Le misure di protezione convettive inserite nelle strutture contaminate da radon non solo sono più economiche rispetto a complessi interventi di risanamento delle superfici, ma presentano anche vantaggi operativi grazie alla possibilità di variarne la potenza. Il funzionamento degli strumenti si adatta in questi casi alla concentrazione di radon, caso per caso, sulla base dei valori rilevati. Gli impianti possono inoltre essere adattati ed integrati in modo semplice e modulare. Queste soluzioni hanno un importante potenziale aggiuntivo in considerazione della forte domanda di risanamento. Siamo pronti!

Elmar Fischer
Presidente della Società svizzera degli ingegneri nella tecnica impiantistica SITC

Un approccio globale è economicamente efficiente

Una protezione radon coerente richiede un approccio globale. Le misure puramente integrative sono giustificabili, nel migliore dei casi, per ristrutturazioni urgenti di vecchi edifici. Per edifici nuovi e per i risanamenti globali, invece, la protezione contro la contaminazione radioattiva dell'aria interna è parte integrante delle normali misure costruttive generali. Per questo approccio la Norma SIA 180 «Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici» rappresenta un esempio pratico comprovato: la qualità fisico-costruttiva di un involucro edilizio, conforme agli standard, garantisce infatti un clima interno confortevole e salubre e protegge la costruzione dai danni strutturali. Le infiltrazioni di aria contaminata dal radon possono essere prevenute, o ridotte fino a raggiungere valori non critici, grazie all'ermeticità richiesta dalla Norma SIA 180.

La protezione contro il radon è tecnicamente fattibile. Il focus dei progettisti, degli architetti così come dei tecnici della costruzione dovrebbe quindi concentrarsi maggiormente sull'efficienza dei costi e dei materiali. Tali requisiti possono essere soddisfatti in pacchetti. Ciò è per esempio il caso di misure strutturali e tecniche che risparmiano energia e migliorano la protezione del radon. Le soluzioni sono sul tavolo, ora dobbiamo solo implementarle.

Stefan Cadosch
**Presidente Società svizzera degli ingegneri
e degli architetti SIA**

Hunziker Areal a Zurigo
(Niklaus Spoerri per
pool Architekten)



Capitolo 1

Basi

1.1 Cos'è il radon?

Il radon è un gas nobile radioattivo presente naturalmente nell'ambiente che, passando per gli strati permeabili del terreno, si concentra nell'aria presente all'interno degli edifici. Esso è, anche ad elevate concentrazioni, incolore, insapore ed inodore. Il gas radon è generato dal decadimento del radio, che a sua volta è un prodotto di decadimento dell'uranio.

Poiché l'uranio presente nelle rocce e nel terreno decade molto lentamente (nel corso di miliardi di anni), il sottosuolo contenente uranio risulta essere una fonte praticamente inesauribile di radon che, essendo un gas nobile, difficilmente si lega agli elementi circostanti. In funzione della composizione del suolo così come di altri fattori, come per esempio le condizioni meteorologiche, il gas può risalire più o meno facilmente verso la superficie della terra. Con l'aria presente nel suolo esso penetra all'interno degli edifici, prevalentemente attraverso passaggi non ermetici presenti nell'involucro dell'edificio. All'interno di ambienti chiusi le concentrazioni di radon possono crescere a tal punto da mettere in pericolo la salute degli utenti. Il radon ha un impatto (prevalentemente) indiretto sull'uomo: la quantità di gas che viene inalata è pressoché identica a quella espirata. I prodotti radioattivi (polonio, bismuto, piombo), che possono essere stati generati durante la fase di decadimento del radon invece, si depositano all'interno delle vie respiratorie, nei bronchi e nei polmoni, dove emettono radiazioni ionizzanti alfa che possono danneggiare il tessuto polmonare circostante. I possibili danni compaiono general-

mente solo dopo anni o addirittura decenni (sotto forma di cancro ai polmoni). La dose di radiazione assorbita dipende fortemente dal cosiddetto fattore di equilibrio. Quest'ultimo è un valore che descrive i prodotti di decadimento presenti nell'aria. Se il fattore di equilibrio è piccolo, gran parte dei prodotti radioattivi si sono depositati su soffitti e pareti (Plate-out) e, di conseguenza, non possono più essere inspirati. Se invece questo fattore è grande, la maggior parte dei prodotti derivati si è attaccata alle particelle presenti nell'aria (aerosol, particelle di polvere, ecc.) e possono quindi arrivare nei polmoni attraverso la respirazione. Migliore è la qualità dell'aria interna (p.es. riducendo le particelle in sospensione grazie ad un ricambio costante dell'aria) minore è il fattore di equilibrio e di conseguenza la dose ai polmoni.

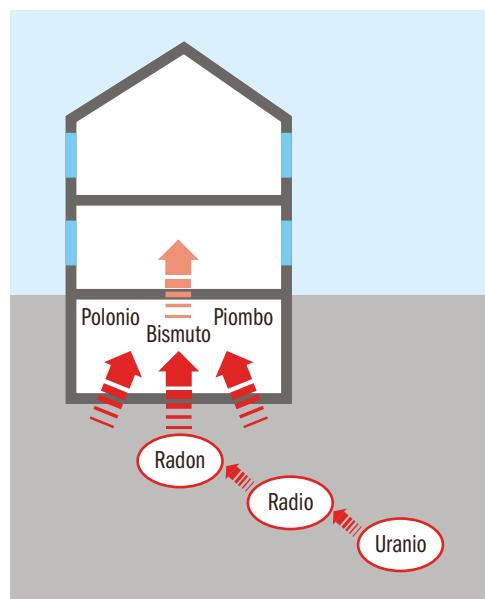
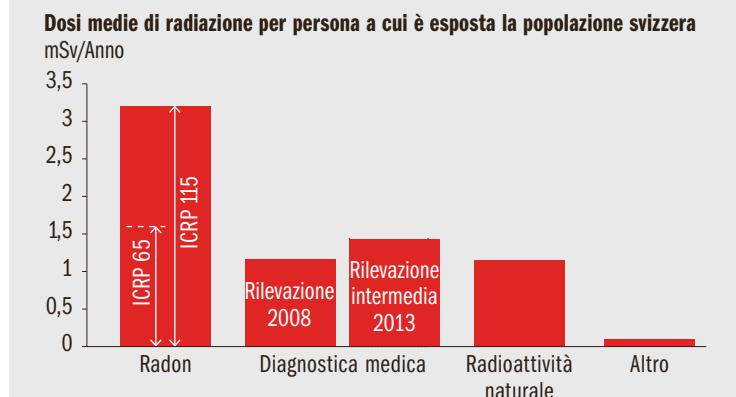


Figura 1.1: Il gas radon è generato dal decadimento del radio, che a sua volta è un prodotto di decadimento dell'uranio presente nel sottosuolo. L'ulteriore disintegrazione del radon in piombo, polonio e bismuto libera radioattività, che può irradiare il tessuto polmonare e provocare tumori maligni (Fonte: UFSP).

1.2 Effetti del radon sull'uomo

All'interno degli edifici dovrebbero essere raggiunte concentrazioni il più contenute possibili, visto e considerato che il rischio di sviluppare un cancro ai polmoni a causa dell'esposizione al radon esiste anche in presenza di concentrazioni basse.

Figura 1.2: Dosi medie di radiazione per persona a cui è esposta la popolazione svizzera: Secondo la nuova valutazione della commissione internazionale per la protezione radiologica ICRP (ICRP 115, 2010) va stimata un'esposizione al radon nettamente superiore rispetto al passato (ICRP 65). Il valore indotto dalla diagnostica medica è stato leggermente aumentato nella rilevazione intermedia del 2013 (Fonte: Jahresbericht Strahlenschutz UFSP, 2016).



Il radon e i suoi prodotti di decadimento forniscono il principale contributo all'esposizione dovuta alla radiazione ionizzante (radioattività) sulla popolazione in Svizzera (Figura 1.2). Studi epidemiologici svolti in Europa, in Nord America e in Cina hanno dimostrato che il radon, dopo il fumo, è una delle maggiori cause di cancro ai polmoni. Secondo l'organizzazione mondiale della sanità OMS il radon causa, in funzione del paese considerato, tra il 3 % e il 14 % di tutti i casi di cancro ai polmoni. L'Ufficio Federale della Sanità Pubblica (UFSP) ritiene che, dei 3000 casi di morte per cancro ai polmoni registrati annualmente in Svizzera, tra i 200 ed i 300 sono da ricondurre al radon. Il rischio di cancro ai polmoni è tanto più grande quanto più le concentrazioni di radon nell'aria sono elevate e quanto più a lungo quest'aria viene respirata. Il rischio cresce linearmente con l'aumento dell'esposizione al radon (concentrazione per durata). Studi epidemiologici hanno mostrato come il rischio di sviluppare un cancro al polmone cresce del 16 % per ogni aumento delle concentrazioni di radon pari a 100 Bq/m³. In presenza di una concentrazione radon di 300 Bq/m³, che corrisponde al livello di riferimento attuale, vi è dunque un aumento del rischio di sviluppare un cancro al polmone del 48 %. Ciò significa un aumento del numero di decessi tra i non fumatori da circa 4 unità per mille a circa 6 unità. Per i fumatori

(1 pacchetto di sigarette al giorno) i casi di decesso passano invece da circa 100 unità per mille a circa 150.

Un valore soglia al di sotto della quale le concentrazioni risultano essere innocue non è conosciuto. Per questa ragione all'interno degli edifici dovrebbero essere raggiunte concentrazioni il più contenute possibili, visto e considerato che il rischio di sviluppare un cancro ai polmoni a causa dell'esposizione al radon esiste anche in presenza di concentrazioni basse.

In ambito abitativo il radon risulta dunque essere una delle sostanze cancerogene più pericolose. Il gas non causa, neanche in presenza di elevate concentrazioni, sintomi immediati come per esempio nausea, problemi respiratori o sudorazione accresciuta. Anche una possibile relazione tra esposizione al radon e altre malattie (come ad esempio la leucemia infantile) non ha finora potuto essere dimostrata. Il radon non causa inoltre alcuna malattia ereditaria.

Il pericolo generato dal radon presente nell'aria esterna è molto contenuto in quanto le concentrazioni sono molto basse. Anche le indagini condotte sui materiali da costruzione hanno finora mostrato come questi ultimi rimangono una fonte di radon non rilevante. Esistono tuttavia casi singoli per i quali i materiali o l'arredamento presenti negli edifici rilasciano radon, ad esempio superfici di lavoro in granito, pavimentazioni e pareti in pietra naturale, riempimenti tra le travi delle solette contenti residui radioattivi oppure collezioni di minerali.

Malgrado il gas radon possa dissolversi anche nell'acqua e di conseguenza penetrare all'interno dell'edificio attraverso la rete di approvvigionamento, il consumo di acqua per cucinare e per l'igiene personale non genera normalmente un aumento sostanziale delle concentrazioni di radon nell'aria presente all'interno degli edifici. L'assunzione (ingestione) di radon attraverso l'acqua o tramite prodotti alimentari depositati in cantina non ha alcun effetto sulla salute.

1.3 Valori legali della concentrazione del radon

Nel 1994 l'Ordinanza federale sulla Radio-protezione (ORaP) ha definito dei valori di riferimento relativi alla concentrazione del gas radon. Sulla base di studi epidemiologici svolti da più paesi e considerando le nuove conoscenze acquisite in ambito scientifico, l'organizzazione mondiale della sanità OMS raccomanda l'implementazione di un valore di riferimento che si situa tra i 100 e i 300 Bq/m³. Pertanto, il valore limite per la concentrazione media del radon nell'aria di 1000 Bq/m³ nella vecchia ORaP è stato sostituito da un livello di riferimento di 300 Bq/m³ nella nuova ordinanza in vigore dal 1° gennaio 2018. Il livello di riferimento è applicabile a locali in cui si trattengono regolarmente persone per più ore al giorno. **In futuro, in Svizzera, la presenza di radon all'interno degli edifici dovrà quindi essere considerata con attenzione.** Circa il 12 % dei 150 000 edifici monitorati in Svizzera presentano infatti delle concentrazioni superiori al nuovo limite di riferimento di 300 Bq/m³. Considerando l'intero parco immobiliare presente sul territorio nazionale si stima quindi che gli edifici che necessitano di un risanamento si situano tra le 50 000 e le 100 000 unità.

Secondo l'ORaP revisionata, il Cantone o il Comune deve segnalare al proprietario o al costruttore, già nel corso del processo legato alla domanda di costruzione di una nuova edificazione o di un risanamento, i requisiti dell'ORaP per la protezione dal radon. In caso di superamento del livello di riferimento il proprietario dell'edificio implementa le misure di risanamento a suo costo atte a ridurre le concentrazioni. Riceve inoltre raccomandazioni dall'UFSP e dai Cantoni per quanto riguarda l'urgenza di un risanamento. Se il proprietario dell'edificio rimane inattivo, il Cantone può ordinare il risanamento dal radon. Nel caso di presenza di valori superiori a 300 Bq/m³ all'interno di scuole e scuole dell'infanzia il Cantone ordina il risanamento dal radon entro tre anni dall'avvenuta constatazione.

Come parte della revisione dell'ORaP, il valore limite di 3000 Bq/m³ sui posti di lavoro è stato sostituito da un valore di soglia di 1000 Bq/m³. Se il valore soglia è superato l'azienda deve accettare la dose efficace annua relativa alle persone professionalmente esposte alla radiazione. La dose efficace, espressa in Millisievert (mSv) per anno civile, è calcolata partendo dalla concentrazione radon in aria presente considerando il tempo trascorso sul posto di lavoro. Se la dose efficace di un impiegato sul posto di lavoro è superiore a 10 mSv per anno civile, l'azienda deve prendere al più presto provvedimenti organizzativi o tecnici per ridurla. Se, nonostante i provvedimenti, la dose efficace è superiore a 10 mSv per anno civile, questa persona è considerata professionalmente esposta a radiazioni, e l'azienda è quindi soggetta ad autorizzazione.

Livello di riferimento del radon

Il livello di riferimento fissato a 300 Bq/m³ è valido per locali all'interno dei quali le persone soggiornano per più ore al giorno.

Valore soglia

Sono considerati esposti al radon i posti di lavoro in cui il valore soglia di 1000 Bq/m³ è sicuramente o presumibilmente superato (p. es edifici sotterranei, miniere, cantine, acquedotti).

Minergie-Eco

I requisiti legati allo standard costruttivo Minergie-Eco sono ancora più stringenti. In questo caso si vogliono raggiungere concentrazioni inferiori a 100 Bq/m³ per le nuove costruzioni e a 300 Bq/m³ per gli ammodernamenti. In quest'ultimo caso il rispetto del valore deve essere certificato con una misurazione, mentre nel caso di nuove edificazioni la misurazione rimane facoltativa. Le misure da implementare devono sempre essere concordate con uno specialista in materia di radon.

Tabella 1.1: Confronto dei valori legali del radon.

Ordinanza 2018		
Tipi di locali	Livello di riferimento	Valore soglia
Locali in cui si trattengono regolarmente persone per più ore al giorno	300 Bq/m ³	–
Posti di lavoro esposti al radon	–	1000 Bq/m ³
Ordinanza 1994		
Tipi di locali	Valore operativo	Valore limite
Locali di soggiorno	400 Bq/m ³	1000 Bq/m ³
Scuole, scuole dell'infanzia	400 Bq/m ³	1000 Bq/m ³
Posti di lavoro	400 Bq/m ³	3000 Bq/m ³

1.4 La misurazione del radon

La concentrazione di radon nell'aria viene misurata in Becquerel per metro cubo (Bq/m³). L'intensità del radon contenuto nell'aria può essere determinata facilmente e a costo contenuto (tra 70 e 100 franchi) grazie ad un dosimetro passivo.

I dosimetri passivi possono essere richiesti presso i servizi di misurazione riconosciuti. Per la valutazione del risultato i dosimetri sono da rispedire dopo un'esposizione di una durata minima di 90 giorni al servizio di misurazione competente.

La variante più costosa è la misurazione mediante dosimetri elettronici, queste costano tra i 300 e i 400 franchi e mostrano la concentrazione radon in tempo reale. Ciò permette un monitoraggio continuo delle concentrazioni. Gli apparecchi che permettono una misurazione temporale sono sovente utilizzati per il controllo o per l'ottimizzazione dell'efficacia di una misura di risanamento.

La concentrazione radon in un locale può variare notevolmente nel corso del tempo. Per questa ragione, quale base decisionale affidabile, possono essere utilizzate unicamente misurazioni eseguite su un lungo periodo, di minimo 90 giorni. Ciò risulta essere valido sia per misurazioni passive che per misurazioni con apparecchi elettronici. Più lungo è il periodo di misurazione maggiore è infatti la significatività del risultato ottenuto.

Figura 1.3: I dosimetri per il radon sono più piccoli di un vasetto di yogurt
(Fonte: UFSP).



Tutte le misurazioni eseguite in Svizzera dai servizi riconosciuti sono effettuate secondo un protocollo di misurazione prestabilito e inserite nella banca dati federale sul radon. Una misurazione riconosciuta deve avere una durata minima di 90 giorni e deve essere eseguita nel corso del periodo di riscaldamento dell'edificio. All'interno delle abitazioni monofamiliari le misurazioni devono essere eseguite preferibilmente nei locali abitati a contatto con il terreno; per gli edifici plurifamiliari invece negli appartamenti situati ai piani più bassi. Per unità abitativa (o abitazione unifamiliare) dovrebbero essere misurate le concentrazioni presenti in due locali separati e con lunghi tempi di permanenza (p. es. soggiorno, camera da letto). Luoghi con un elevato ricambio d'aria o con un'umidità importante (p. es. cucina, stanza da bagno) non risultano essere idonei. Si consiglia inoltre l'esecuzione di una misurazione supplementare nel piano inferiore o in un locale avente potenzialmente elevate concentrazioni di radon (p. es. uno scantinato con suolo naturale). Il luogo di posa deve soddisfare le seguenti condizioni:

- essere preferibilmente all'altezza dell'aria che si respira (p. es. su un mobile) ed esposto all'aria presente nel locale (non in un armadio o in un cassetto);
- trovarsi ad una distanza minima di un metro da finestre, porte di casa e del giardino;
- non essere direttamente esposto ai raggi solari e non essere vicino a fonti di calore (p. es. termosifoni, caminetti, televisioni);
- la rilevazione dovrebbe essere eseguita durante il consueto utilizzo del locale. Il numero di giorni consecutivi durante i quali il luogo di misurazione non è abitato non dovrebbe superare il 20 % dell'intera durata della misurazione;
- le condizioni di rilevamento non devono essere modificate durante la misurazione e gli strumenti non devono essere spostati.

1.5 La presenza di radon in Svizzera

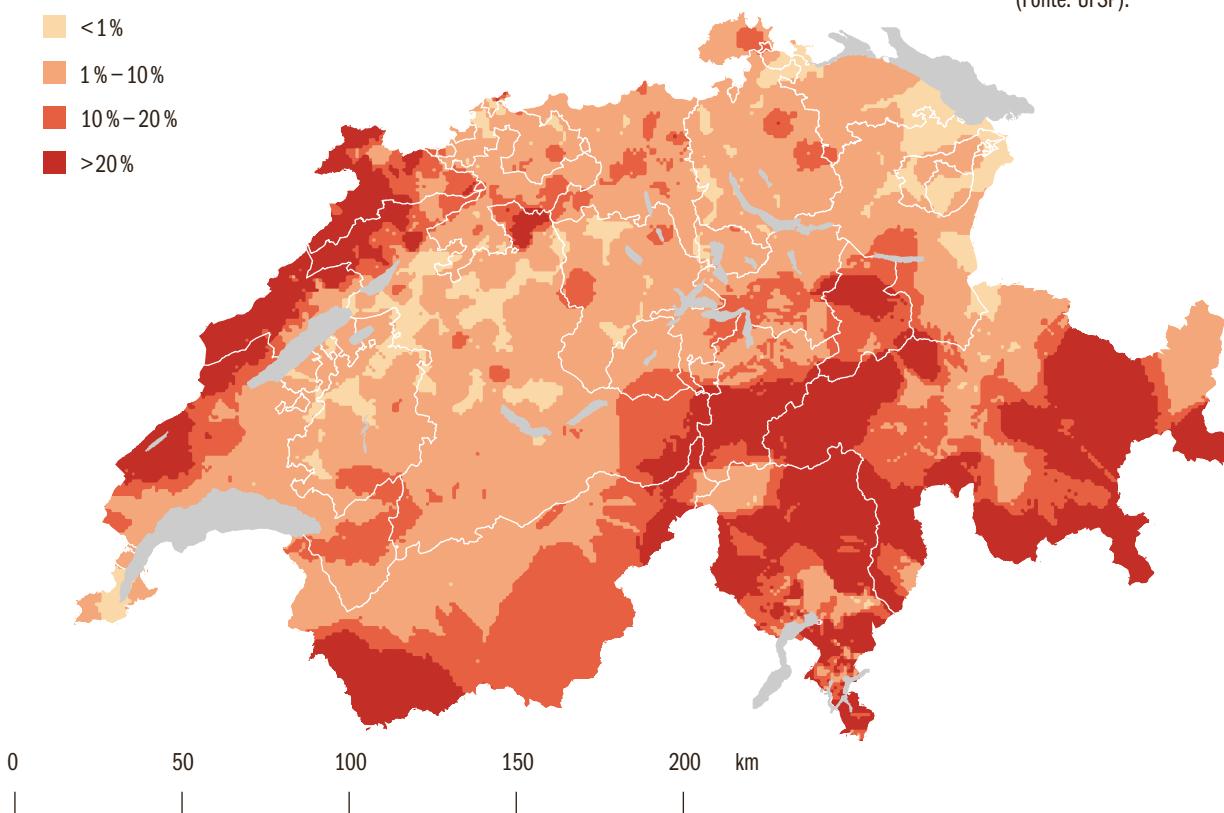
In Svizzera la concentrazione media presente negli edifici abitati si situa attorno ai 75 Bq/m^3 . Sono tuttavia stati riscontrati casi isolati con valori anche superiori a $10\,000 \text{ Bq/m}^3$. Tali concentrazioni sono state rilevate principalmente in ambito alpino o nel Giura. Anche sull'altopiano esistono però alcuni edifici fortemente contaminati in quanto le **concentrazioni radon possono variare notevolmente e possono aumentare considerevolmente in determinati luoghi**. La mappa del radon Svizzera (map.geo.admin.ch) fornisce una prima indicazione sulla possibilità che le concentrazioni rilevate nell'aria presente all'interno degli edifici siano superiori a 300 Bq/m^3 . Se in una determinata ubicazione la probabilità è superiore al 10 %, ciò può indicare un elevato potenziale radon.

Con la nuova valutazione del rischio l'impatto del radon sulla salute risulta essere almeno raddoppiato rispetto a quanto valutato precedentemente. Inoltre esso risulta essere il maggior componente relativo all'esposizione media alla radiazione della popolazione svizzera.

Con il nuovo livello di riferimento implementato nel 2018, la differenziazione precedentemente utilizzata per distinguere le regioni a rischio radon da quelle non a rischio è diventata obsoleta, in quanto in tutti gli edifici localizzati in tutti i comuni svizzeri è possibile riscontrare dei superamenti del livello di riferimento di 300 Bq/m^3 . Tutta la Svizzera è quindi interessata dalla problematica e, per questa ragione, occorre una maggiore sensibilità da parte di proprietari di edifici, professionisti del settore edile, architetti e pianificatori.

Tutta la Svizzera è oggi interessata dalla problematica. Per questa ragione occorre maggiore sensibilità sulla tematica da parte di proprietari di edifici, professionisti del settore edile, architetti e pianificatori.

Figura 1.4: La mappa radon descrive la probabilità che le concentrazioni rilevate nell'aria all'interno di un edificio ubicato in un determinato luogo siano superiori a 300 Bq/m^3 (Fonte: UFSP).



1.6 Il radon negli edifici

Il suolo sotto la costruzione è la principale fonte di radon all'interno delle abitazioni. Il gas giunge in superficie partendo dalle rocce presenti nel sottosuolo e migrando attraverso il terreno. Più il sottosuolo risulta essere permeabile più il radon può risalire in superficie e da qui penetrare all'interno degli edifici. Un'elevata permeabilità del terreno è possibile in presenza di sottosuoli porosi, fratturati o ghiaiosi. In presenza di strati argillosi il terreno risulta invece essere difficilmente penetrabile. Anche localmente possono quindi manifestarsi delle considerevoli differenze.

Una casa costruita su uno spesso strato di argilla può quindi essere prevalentemente protetta dal radon, anche in presenza di concentrazioni relativamente elevate nel sottosuolo. D'altro canto, la presenza, nel sottosuolo, di concentrazioni contenute in combinazione con uno terreno permeabile al gas può generare condizioni critiche che

possono causare concentrazioni importanti negli edifici.

Il radon può penetrare all'interno degli edifici attraverso due vie principali: **infiltrandosi attraverso punti non ermetici** o aperture presenti nell'involucro dell'edificio, oppure penetrando per diffusione attraverso i diversi elementi costruttivi dell'edificio direttamente a contatto con il terreno. Il fenomeno di diffusione attraverso gli elementi costruttivi risulta tuttavia essere secondario in quanto le quantità che si infiltrano attraverso questa via di penetrazione non sono molto elevate. I punti non ermetici dell'involucro rimangono quindi generalmente il principale passaggio d'entrata del radon all'interno dell'edificio. I possibili punti deboli sono pavimenti in terra o in ghiaia (scantinati con terreno naturale), pavimenti in beton gettati a posteriori con un sistema a banchine di fondazione (tecnica molto diffusa nelle case unifamiliari edificate negli

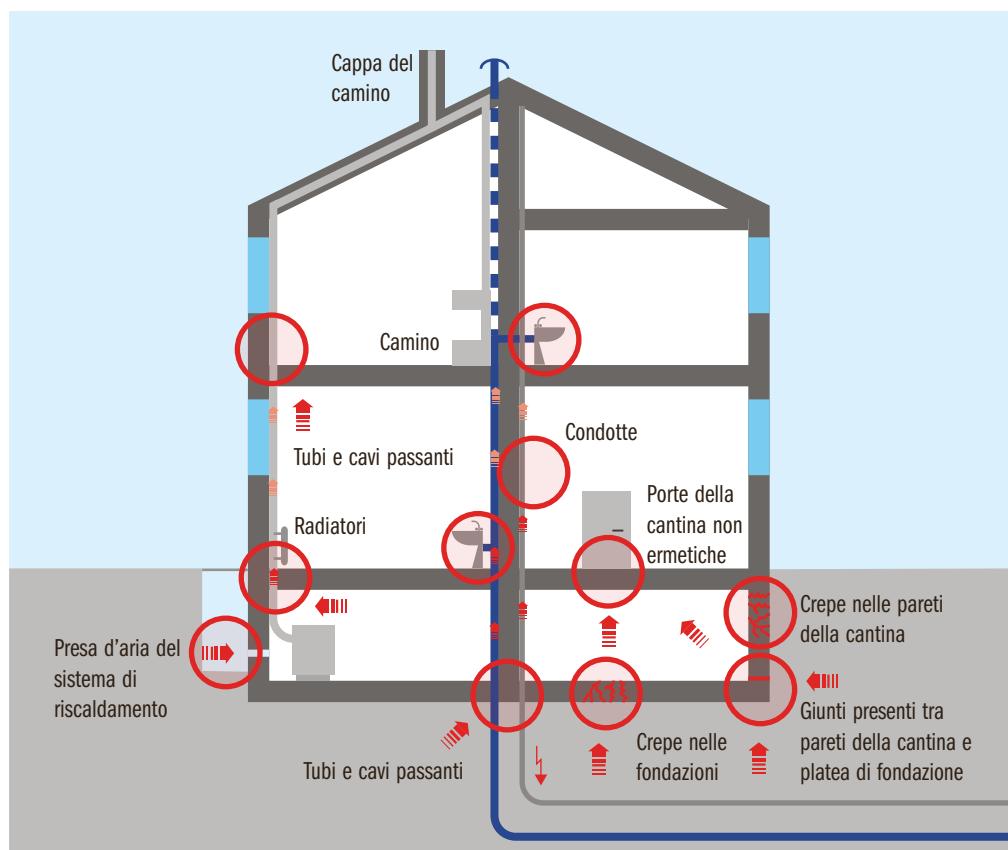


Figura 1.5: Vie di penetrazione del radon all'interno dell'edificio.

anni 60 e 70), sottili crepe o giunti nei pavimenti o nelle pareti contro terra così come cavi e tubi passanti.

Bisogna inoltre prestare particolare attenzione alla presenza di importanti differenze di pressione che, per convenzione, favoriscono la penetrazione del gas all'interno dell'edificio. In particolare si segnala il cosiddetto «effetto camino», fenomeno generato della risalita di aria calda all'interno dell'edificio e vero e proprio «motore» che causa l'infiltrazione del radon all'interno dell'edificio. La risalita di aria calda causa una leggera depressione in cantina e nei piani inferiori. Ciò genera un effetto «risucchio» dell'aria contaminata presente nel suolo sottostante. Questo fenomeno risulta essere più importante nel corso del periodo di riscaldamento rispetto al resto dell'anno e può ulteriormente rafforzarsi in caso di presenza di camini o ventilatori.

Anche i sistemi di ventilazione controllata possono favorire la penetrazione del radon all'interno dell'edificio, ad esempio in caso di mancato bilanciamento tra l'aspirazione dell'aria esterna e l'espulsione (creazione di una depressione all'interno dell'edificio) o in presenza di scambiatori geotermici non ermetici o di un posizionamento inappropriato, troppo vicino al terreno, della presa d'aria del sistema di ventilazione.

Il gas arriva, con l'aria presente nel terreno, dapprima nello scantinato e negli spazi più bassi dell'edificio e da qui può diffondersi nei locali soprastanti. La concentrazione tuttavia si riduce risalendo i piani dell'edificio. Generalmente non ci si aspetta elevate concentrazioni a partire dal secondo piano dell'edificio. Per quanto riguarda l'esposizione al gas radon, ogni edificio risulta essere un caso a sé stante. Le misurazioni eseguite in Svizzera hanno dimostrato che abitazioni aventi caratteristiche costruttive simili e posizionate una accanto all'altra possono avere concentrazioni radon molto diverse. Pertanto, un'accurata previsione delle concentrazioni radon all'interno di un edificio esistente o in un nuovo edificio pianificato, sulla base di informazioni

legate alle loro caratteristiche costruttive o di ricerche eseguite sul terreno sottostante, non è quindi possibile. Anche un valido sistema di localizzazione di edifici fortemente contaminati non è purtroppo disponibile. Solamente una misurazione può fornire indicazioni sicure in merito. Sia per le nuove edificazioni che per gli edifici esistenti la contaminazione da radon può generalmente essere ridotta grazie a semplici misure edilizie. Numerosi risanamenti eseguiti in Svizzera e all'esterno ed i relativi approcci adottati sono descritti in modo dettagliato all'interno del Capitolo 6.

1.7 Referenti

In Svizzera, ogni regione linguistica dispone di un servizio regionale radon. Questi servizi sono ospitati all'interno delle scuole universitarie professionali e sono gestiti da un delegato radon. I tre servizi regionali supportano i consulenti in materia di radon e ne organizzano la loro formazione. (Indirizzi in allegato, pagina 113). Essi mettono inoltre a disposizione le loro competenze in caso di risanamenti radon e di implementazione di misure preventive.

I responsabili cantonali del radon sono competenti per l'esecuzione di misure di protezione del radon in locali in cui si traggono regolarmente persone per più ore al giorno. Possono inoltre fornire informazioni sulla situazione a livello regionale. Un riassunto delle persone di contatto così come una lista di tutti i consulenti in materia di radon e dei servizi di misurazione riconosciuti dall'UFSP è disponibile all'indirizzo www.ch-radon.ch.

1.8 Protezione dal radon: le dieci lacune più frequenti

1. I pavimenti e le pareti dei piani interrati non sono ermetici: presenza di cavi o tubi passanti, crepe dovute ad assestamenti del terreno o a movimenti strutturali

Misure appropriate: resa ermetica dei punti deboli; installazione di passaggi ermetici al radon; arieggiamento o ventilazione del piano interrato grazie ad un ventilatore. Pagina 27



Principalmente nel caso di risanamenti

2. Le strutture dell'edificio presenti tra il piano interrato e il piano terreno non sono ermetiche: presenza di una porta non ermetica, crepe e giunti, passaggi vari, cavi o tubi passanti

Misure appropriate: resa ermetica dei punti deboli (porta non ermetica); resa ermetica dei passaggi; arieggiamento del piano interrato grazie ad un ventilatore. Pagina 33



Principalmente nel caso di risanamenti

3. Assenza di una barriera anti-radon o di un'impermeabilizzazione tra la massicciata / il magrone e la platea di fondazione o tra la platea di fondazione e il betoncino

Misure appropriate: lacuna difficilmente colmabile; posa a posteriori di una barriera anti-radon nel piano cantina (pavimento e pareti); aerazione del piano inferiore grazie alla posa di un ventilatore; se possibile: messa in depressione del terreno situato sotto la platea. Pagina 37



Principalmente in caso di nuove costruzioni

4. Scantinato con pavimento in terra o in ghiaia

Misure appropriate: installazione di una porta a tenuta stagna o costruzione di una pavimentazione ermetica all'interno dello scantinato; se del caso combinare l'intervento con la posa di una barriera anti-radon contro terra; prestare attenzione all'ermeticità delle pareti della cantina. Combinare, se possibile, l'implementazione delle misure di risanamento con la posa di un sistema di drenaggio sotto il nuovo pavimento; se necessario: generare una depressione nel terreno situato sotto la platea (e la possibile membrana). Pagina 27



Principalmente nel caso di risanamenti

5. Presenza di sonde geotermiche nel terreno o di scambiatori geotermici sotto l'edificio

Misure appropriate: posizionare la sonda geotermica all'esterno dell'edificio e quindi portarla orizzontalmente all'interno del locale tecnico; sigillatura dei punti d'entrata; aerazione rispettivamente ventilazione del piano inferiore grazie alla posa di un ventilatore.

Pagina 33



Principalmente in caso di nuove costruzioni

6. Il sistema di estrazione dell'aria della cucina e del bagno così come il camino generano una depressione che risucchia aria contenente radon dal sottosuolo all'interno dell'edificio

Misure appropriate: installazione di aperture di approvvigionamento d'aria esterna; installazione di un impianto di ventilazione con condotte di immissione ed estrazione, rispettivamente un impianto di sola immissione; per il sistema di riscaldamento installare un sistema di apporto di aria comburente esterna. Pagina 42



Nel caso di risanamenti e di nuove costruzioni

7. I volumi d'aria d'aspirazione più importanti rispetto a quelli d'immissione generano una depressione all'interno dei locali di soggiorno, favorendo il risucchio di aria contenete radon dal sottosuolo

Misure appropriate: bilanciamento dei volumi grazie all'impostazione del flusso d'aria sull'apparecchio di ventilazione; il flusso d'aria in entrata dovrebbe essere superiore del 5 % rispetto a quello in uscita; sensato un controllo a posteriori tramite misurazione delle portate. Pagina 42



Principalmente in caso di nuove costruzioni

8. Aspirazione dell'aria esterna posizionata in un punto non corretto (p. es. aspirazione di aria esterna contaminata da un pozzo luce di una cantina)

Misure appropriate: spostamento del punto di presa dell'aria esterna grazie al prolungamento del condotto; modifica secondo il quaderno tecnico SIA 2023 rispettivamente secondo la Norma SIA 382/5 (2018); posizionamento della presa d'aria ad almeno 1,5 m al di sopra della superficie del suolo (case unifamiliari: 0,7 m).

Pagina 45



Principalmente in caso di nuove costruzioni

9. Presenza di vani montanti, vecchie canne fumarie o condotte aperti che favoriscono la risalita di aria proveniente dalla cantina

Misure appropriate: localizzazione e chiusura ermetica dei punti di ingresso e di uscita dell'aria nell'edificio dalle condotte di passaggio dell'aria. Pagina 33 e pagina 36



Principalmente nel caso di risanamenti

10. Convezione di aria contente radon attraverso cavità presenti all'interno dei muri

Misure appropriate: chiusura ermetica dei punti di entrata ed uscita dell'aria dall'edificio verso cavità di passaggio dell'aria grazie alla posa di fogli protettivi, se del caso combinare l'intervento con la posa di una barriera anti-radon. Pagina 36



Principalmente nel caso di risanamenti

Capitolo 2

Protezione radon quale elemento del processo pianificatorio

2.1 Approccio integrale

La protezione radon viene considerata all'interno della Norma SIA 180 «Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici» un componente della qualità dell'aria interna. La norma stabilisce che i locali dove le persone soggiornano regolarmente per diverse ore al giorno devono essere sufficientemente ermetiche all'acqua, al vapore acqueo e al radon. **Le misure preventive per la protezione dal radon nelle nuove costruzioni sono, di regola, più economiche rispetto a interventi eseguiti in edifici esistenti.** Un approccio integrale è da ritenersi altrettanto importante: la pianificazione, la progettazione e anche la pro-

grammazione esecutiva di un nuovo edificio dovrebbero essere implementate da subito tenendo in considerazione anche gli aspetti di protezione radon, così come viene fatto per l'isolamento termico, la protezione antincendio e l'isolamento acustico. Interventi successivi su elementi costruttivi finiti sono da evitare. Visto e considerato che i provvedimenti integrali possono essere implementati in maniera più coerente, essi risultano generalmente molto più efficaci e, generalmente, economicamente meno onerosi.

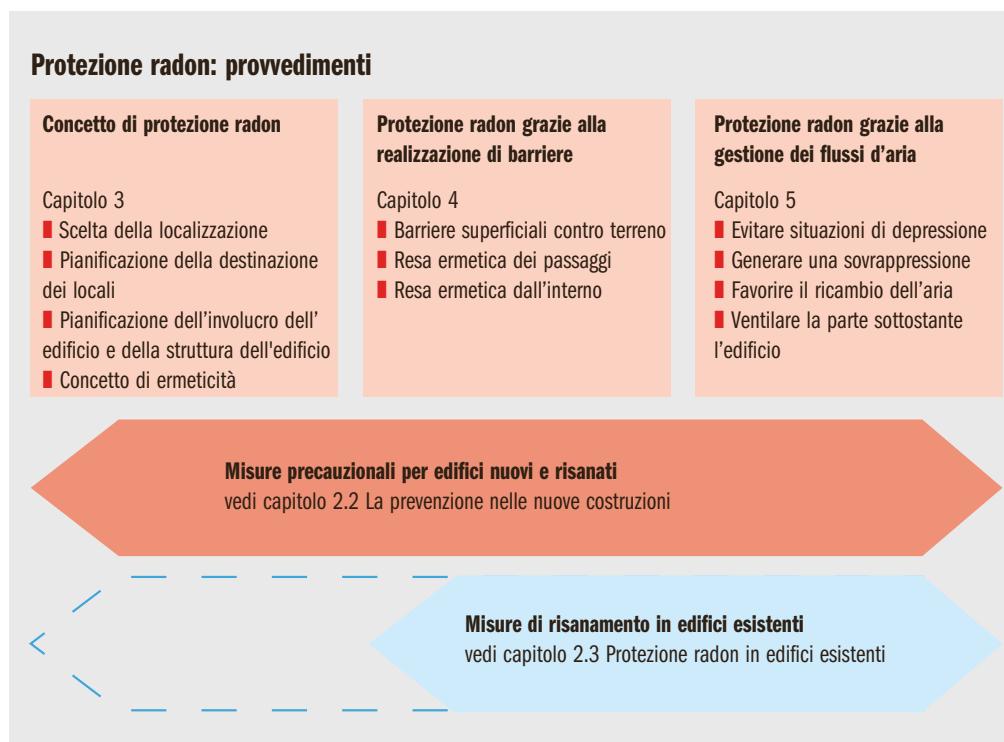


Figura 2.1: Interventi che proteggono dal radon.

2.2 La prevenzione nelle nuove costruzioni

Al fine di evitare elevate concentrazioni radon all'interno degli edifici, le misure preventive devono essere definite sulla base della contaminazione potenzialmente presente. Grazie ad una semplice valutazione è possibile determinare l'idoneità dei vari provvedimenti (Tabella 2.1). Il fattore determinante è la potenziale esposizione determinata in funzione della connessione dell'edificio con il terreno. Il fattore d'influenza più importante risulta essere la natura del sottosuolo ed in particolare quella del terreno sottostante l'edificio.

Risulta quindi essere di primaria importanza l'introduzione di barriere anti-radon (Capitolo 4). Quanto più ermetico è l'involucro dell'edificio a contatto con il terreno, tanto più è ridotto il rischio radon. Nel capitolo 3.5 della Norma SIA 180 «Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici» sono contenuti i valori limite e i valori mirati relativi alla permeabilità all'aria della superficie dell'involucro. Il criterio rilevante in questo caso è determinato osservando le perdite volumetriche orarie attraverso la superficie dell'involucro del locale, o dei locali, in una situazione di differenza di pressione tra interno ed esterno pari a 50 Pa (Tabella 2.2).

Spesso per i locali presenti nel seminterrato tale requisito non può essere soddisfatto. I punti non ermetici presenti in corrispondenza dell'accesso allo scantinato così come della soletta possono tuttavia essere individuati.

Misure di base – Involucro dell'edificio e bilanciamento dei volumi d'aria

I seguenti provvedimenti mirano a implementare coerentemente i requisiti imposti dalla Norma SIA 180 in relazione all'ermeticità dell'involucro dell'edificio e a ridurre le depressioni presenti all'interno dello stesso. La scelta dei provvedimenti da adottare è subordinata alla struttura dell'edificio e al rischio radon. Spesso una combinazione di interventi permette di raggiungere l'obiettivo desiderato.

- Prestare particolare attenzione agli elementi costruttivi dell'involucro dell'edificio a contatto con il terreno.
- Eseguire una platea di fondazione continua in calcestruzzo di tipo A secondo SN EN 206 (Classe di esposizione XC2).
- Rendere ermetici i fori di passaggio delle condotte che attraversano gli elementi costruttivi dell'edificio a contatto con il terreno: tubi passanti, scarichi, sonde nel terreno, ecc.
- Non posare le sonde geotermiche nel terreno direttamente sotto la platea di fondazione ma posizionarle accanto all'edificio.
- Rendere ermetici eventuali punti sensibili (p. es. pozzetti di ispezione).
- Rendere ermetici al passaggio dell'aria i tubi, anche in presenza di pozzi luce.
- Nel caso di edifici aventi impianti d'estrazione dell'aria: installazione di prese d'aria di compenso al fine di ridurre la depressione nei locali abitativi e nei bagni.
- Installazione di un sistema indipendente per l'apporto di aria comburente al sistema di riscaldamento presente all'interno dell'e-

Valutazione del rischio radon in un determinato luogo

Attraverso la consultazione della carta radon (map.geo.admin.ch) oppure contattando i responsabili cantonali radon. La lista è disponibile sul sito www.ch-radon.ch

Rischio radon geologico*	da debole a moderato	da moderato ad elevato
Senza locali di soggiorno a contatto con il terreno	Misure di base	Misure di base e misure complementari
Con locali di soggiorno a contatto con il terreno	Misure di base e misure complementari	Misure di base, misure complementari e misure supplementari

*La carta radon descrive la probabilità che, in un determinato luogo, sia riscontrabile all'interno di un edificio una concentrazione radon superiore ai 300 Bq/m³. Una probabilità superiore al 10% può indicare un rischio radon da moderato ad elevato.

Tabella 2.1: Pacchetti di interventi in funzione della posizione dei locali.

difico. Se vi è una cappa di aspirazione della cucina che espelle l'aria viziata: installare una presa d'aria esterna di compensazione.

■ Drenaggio radon: l'inserimento di un drenaggio radon sotto la platea di fondazione, risulta essere un provvedimento molto efficace. Gli interventi di sigillatura, siano essi puntuali o eseguiti su superfici più estese, non sempre garantiscono un'ermeticità sul lungo periodo. La problematica radon può quindi ripresentarsi in futuro. Per questa ragione occorre valutare attentamente l'installazione preventiva di drenaggi radon. Secondo la Norma SIA 180, in caso di nuove edificazioni aventi locali abitativi a contatto con il terreno o in caso di presenza di cantine con suolo naturale occorre introdurre provvedimenti preventivi, quali ad esempio la posa di tubi drenanti.

Misure complementari – Invólucro dell'edificio

Nel caso in cui, dal punto di vista geologico, esista un comprovato rischio radon, e qualora la struttura dell'edificio, rispettivamente la destinazione dei locali aumentino tale rischio, sono indicate le seguenti misure complementari:

- Compartimentazione tra locali non abitati, locali a contatto con il terreno e locali con lunghi tempi di permanenza, per esempio attraverso la resa ermetica della porta della cantina, dei passaggi di cavi dedicati alle telecomunicazioni e di condotte varie;
- Platea di fondazione continua e pareti a contatto con il terreno costruite utilizzando calcestruzzo impermeabile all'acqua e con classe d'impermeabilità 1 secondo Norma SIA 272 (p. es. vasca bianca);
- Installazione di barriere anti-radon sotto la platea di fondazione e sulla superficie esterna delle pareti a contatto con il terreno.

Misure supplementari – Gestione dei flussi d'aria

Per luoghi con un rischio radon da medio a elevato e nel caso di costruzioni con locali a contatto con il terreno dov'è prevista una presenza regolare di persone per più ore al

giorno dovrebbero essere considerate delle misure supplementari, se possibile permettendo una differenziazione tra un locale e l'altro:

- Aspirazione dal terreno: drenaggio radon o rispettivamente pozzo radon;
- Aspirazione da cavità e intercapedini presenti in prossimità del terreno;
- Ricambio d'aria costante all'interno dei locali abitativi e di lavoro.

Nota sulla Tabella 2.2: I valori limite e i valori mirati dell'ermeticità all'aria della superficie dell'invólucro dell'edificio secondo la Norma SIA 180 hanno una rilevanza limitata in quanto, benché il valore limite sia soddisfatto, perdite puntuali possono causare danni all'edificio e favorire l'infiltrazione del radon. Per questi cosiddetti elementi costruttivi critici i requisiti sull'ermeticità all'aria sono da stabilire specificatamente.

Tabella 2.2: Valore limite e valore mirato in relazione al volume del flusso delle perdite in m^3 per ora e per m^2 di superficie dell'invólucro dell'edificio in caso di una differenza di pressione tra interno ed esterno pari a 50 Pa (Fonte: Norma SIA 180).

Valore in $\text{m}^3/\text{h m}^2$	Valore limite		Valore mirato
	Ventilazione naturale	meccanica	
Edifici nuovi	2,4	1,6	0,6
Edifici ammodernati, risanati	3,6	2,4	1,5

Strutture in calcestruzzo impermeabili all'acqua

I requisiti relativi all'impermeabilità di una costruzione o dei singoli elementi costruttivi sono descritti nella Norma SIA 272 «Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau» attraverso quattro classi di impermeabilità, da 1 (completamente asciutto) a 4 (da umido a bagnato). La classe di impermeabilità viene concordata tra committente e progettista nell'ambito del contratto di utilizzo. In Svizzera, al fine di massimizzare la flessibilità di utilizzo nelle nuove costruzioni viene prevalentemente scelta la classe 1. In questo caso la Norma SIA 272 consiglia l'utilizzo di calcestruzzo con bassa resistenza alla compressione ed elevata impermeabilità intrinseca, ad esempio calcestruzzo con classe d'esposizione XC2 secondo la Norma SIA 262, ma con una profondità di penetrazione dell'acqua $e_w \leq 50 \text{ mm}$. Per raggiungere questo obiettivo, lo spazio capillare deve essere inferiore al 20% del volume, ciò che si realizza in caso di un rapporto acqua-cemento di almeno 0,5. La dimensione di un elemento costruttivo dovrebbe inoltre essere omogenea e raggiungere almeno 250 mm di spessore. Ciò favorisce anche la protezione dal radon, in quanto in caso di una relazione acqua-cemento pari a 0,5, rispettivamente in presenza di una densità del calcestruzzo superiore a $2\,350 \text{ kg/m}^3$, la diffusione del radon attraverso il materiale diminuisce diventando praticamente nulla (D. P. Georgescu, TU Bucarest, 2012). Oltre alla qualità del calcestruzzo, risultano essere rilevanti per la tenuta stagna dell'intera costruzione anche l'armatura, le crepe, le fughe, i raccordi e i vari passaggi.

2.3 Protezione radon in edifici esistenti

Asili e scuole

Qualora il superamento del valore di riferimento di 300 Bq/m³ venisse riscontrato negli asili e nelle scuole, il Cantone impone un risanamento radon entro 3 anni dall'avvenuta constatazione.

Misure immediate

L'urgenza e l'entità di un risanamento dipendono dalla concentrazione radon misurata nei locali di soggiorno. In caso di valori superiori ai 300 Bq/m³ è necessario prendere provvedimenti immediati quali:

- Un incremento del ricambio d'aria nei locali di soggiorno, soprattutto prima del loro utilizzo, ad esempio tramite una ventilazione;
- Dove possibile, conversione dell'utilizzo dei locali contaminati, con conseguente riduzione dei tempi di soggiorno;
- Se necessario implementazione di misure edili semplici;
- Si suggerisce generalmente di procedere con interventi a tappe supportate da misurazioni regolari che permettano il controllo dell'efficacia delle misure implementate.

Misure di base

La realizzazione di barriere e la riduzione della depressione all'interno dell'edificio sono gli obiettivi principali delle misure di base:

- Chiusura, rispettivamente sigillatura, delle aperture e delle crepe presenti negli elementi costruttivi dell'involucro dell'edificio a contatto con il terreno, in particolar modo dei passaggi attraverso gli elementi costruttivi direttamente a contatto con il terreno (pavimenti e pareti);
- Sigillatura, rispettivamente chiusura delle aperture presenti tra la cantina, il vespaio e i locali abitativi e di lavoro;
- Equilibratura della pressione tra interno ed esterno, quando possibile attraverso prese d'aria che impediscono la creazione di una depressione all'interno dell'edificio;
- Installazione di un sistema indipendente per l'apporto di aria comburente al sistema di riscaldamento presente all'interno dell'edificio.

Misure complementari – involucro dell'edificio

- Costruzione di una pavimentazione continua in calcestruzzo con guarnizioni in corrispondenza dei giunti con le pareti.
- Installazione di una barriera anti-radon sulla superficie interna dei pavimenti e delle pareti perimetrali. Questo provvedimento risulta tuttavia essere oneroso e soggetto a rischi inerenti la fisica della costruzione. Le membrane utilizzate sono inoltre fortemente soggette ad invecchiamento. Conclusione: applicazione su scala ridotta!

Misure supplementari – Gestione dei flussi d'aria

Le seguenti misure sono utili alla riduzione della concentrazione di radon quando le misure di base e complementari non risultano essere sufficientemente efficaci:

- Installazione di un sistema di ventilazione controllata con immissione di aria esterna e aspirazione;
- Installazione di impianti di ventilazione meccanica utili a creare una leggera sovrappressione nei locali abitativi e nei locali di lavoro;
- Areazione dello scantinato, rispettivamente generazione di una depressione nel vespaio;
- Aspirazione da un'intercapedine o da una dietro una parete dei locali particolarmente contaminati;
- Aspirazione dell'aria dal terreno (pozzo radon);
- Nel caso in cui il completo risanamento della sottostruzione del pavimento sia possibile ed economicamente sostenibile, può essere presa in considerazione la possibilità di installare un sistema di aspirazione dell'aria dal terreno (drenaggio radon).

	Edifici con concentrazioni radon elevate (superiori a 300 Bq/m ³)	Edifici con concentrazioni radon contenute (inferiori a 300 Bq/m ³)
Fase 1	Misure immediate	–
Fase 2	Misure di base	Misure di base
Fase 3, se necessaria	Misure complementari e supplementari	Misure complementari

Tabella 2.3: Scelta degli interventi nei risanamenti.

Capitolo 3

Concetto di protezione radon

3.1 In generale

Per i nuovi edifici è possibile già in fase di progettazione concepire provvedimenti atti a ridurre il rischio derivante dal radon.

Le seguenti decisioni influenzano la presenza di gas radon negli edifici:

- Localizzazione dell'edificio;
- Destinazione dei locali;
- Involturo e struttura dell'edificio.

Attraverso un'attenta pianificazione è possibile mitigare preventivamente il problema del radon, evitando così onerosi risanamenti successivi. La Figura 3.1 illustra come il concetto di protezione radon possa essere integrato nel modello di prestazione relativo al processo di pianificazione secondo la Norma SIA 112 e allestito conformemente alla Norma SIA 180.

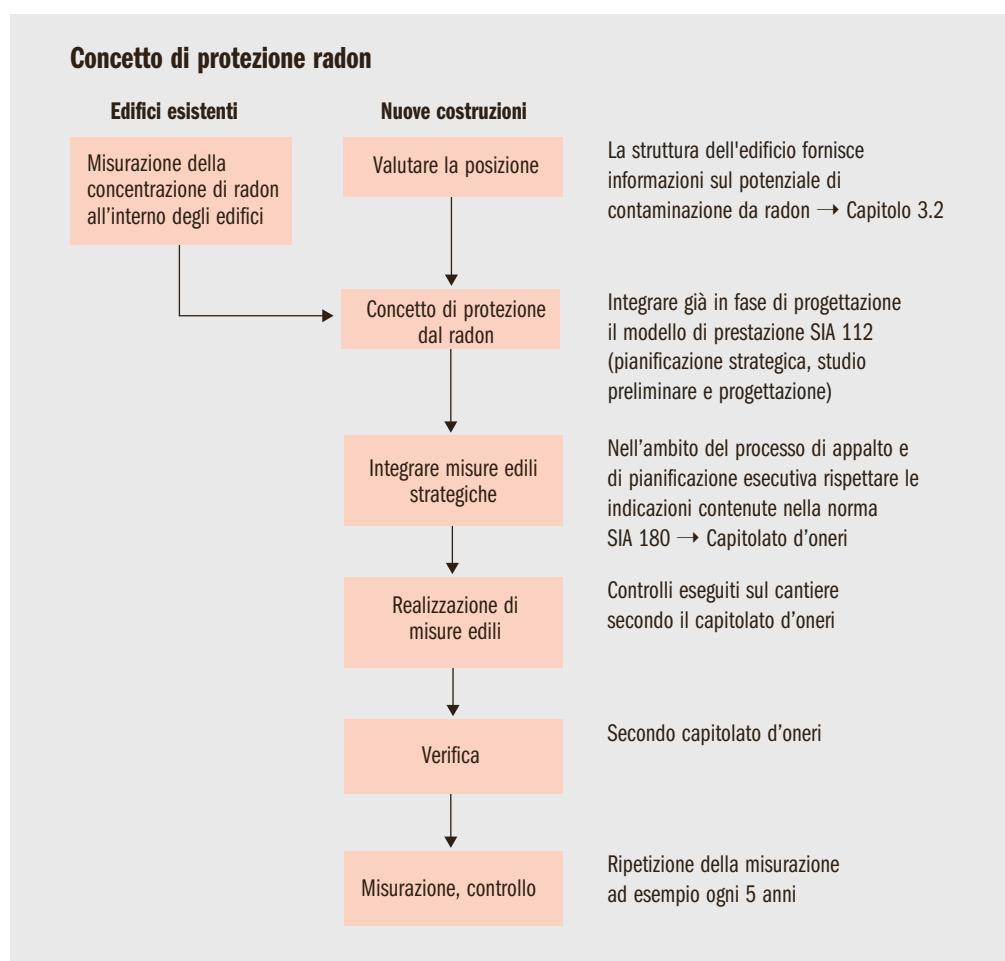


Figura 3.1: Organizzazione di un concetto di protezione radon.

3.2 Localizzazione

La concentrazione radon in un determinato luogo dipende dalle caratteristiche geologiche del sottosuolo. Ciò nonostante non è possibile fornire informazioni regionali generali in quanto la presenza del gas radon può essere localmente molto variabile. Anche all'interno di un singolo appezzamento la geologia locale può essere strutturalmente molto diversa. Ciò può causare localmente importanti contaminazioni da radon, per esempio a causa della penetrazione del gas attraverso strati di ghiaia, riempimenti o zone di scavo dove è stato utilizzato dell'esplosivo.

È consigliato informarsi in merito alle caratteristiche geologiche e alla situazione radon negli edifici limitrofi. La carta radon svizzera fornisce una prima indicazione sul potenziale radon di un determinato luogo (pagina 11). Se in un determinato luogo la probabilità di riscontrare concentrazioni superiori a 300 Bq/m³ è maggiore al 10 %, ciò può indicare un elevato potenziale radon. Si raccomanda quindi di prestare particolare attenzione alle misure di protezione dal radon nelle successive fasi di progettazione.

3.3 Pianificazione della destinazione d'uso dei locali

I locali di soggiorno più vicini al terreno sono i più problematici in termini di esposizione al gas radon. Ogni strategia volta a distanziare tali locali dal terreno riduce le problematiche dovute al radon. Una possibilità è quella di non utilizzare scantinati e altri spazi a contatto con il terreno come zone abitative con tempi di permanenza lunghi. Per le nuove costruzioni si consiglia comunque di considerare che questi locali possano essere, in un secondo momento, ampliati e

utilizzati come locali caratterizzati da lunghi tempi di permanenza. In ogni caso l'intensità di occupazione e il rischio radon devono essere coerenti tra loro. Rispetto ai normali locali di soggiorno, le camere per gli ospiti, i magazzini e i locali hobby hanno tempi di permanenza significativamente inferiori. La problematica radon può quindi essere ridotta o addirittura aggirata grazie ad un'attenta organizzazione dei locali.

3.4 Progettazione dell'involucro e della struttura dell'edificio

L'ermeticità dell'involucro dell'edificio ha un ruolo fondamentale nella protezione dal radon. Nel corso della fase di progettazione, si pone la questione relativa alla funzione di barriera che svolgono i diversi elementi costruttivi. Dove e come l'edificio è protetto termicamente, dall'aria e dall'umidità? Osservando la questione dal punto di vista della problematica radon risulta fondamentale un'ermeticità continua tra gli

elementi costruttivi a contatto con il terreno. Vale la seguente regola generale: «chi costruisce ermeticamente all'acqua lo fa generalmente anche per il radon». Parallelamente all'implementazione di un involucro rivestito da una barriera vapore, si dovrebbe inserire anche un perimetro dedicato alla protezione dal radon. Negli scantinati non è tuttavia evidente mettere in pratica questo concetto. La barriera protettiva deve es-

sere inserita sotto la platea di fondazione o sul soffitto dello scantinato? Come devono essere concepite le scale dell'edificio?

Valutando attentamente questi interrogativi si possono al contempo approfondire le problematiche legate alla protezione termica, alla ventilazione, all'umidità e al radon. All'interno del capitolo 4 viene descritta la procedura di implementazione del concetto di ermeticità all'interno della costruzione. Generalmente si suggerisce di seguire le seguenti raccomandazioni:

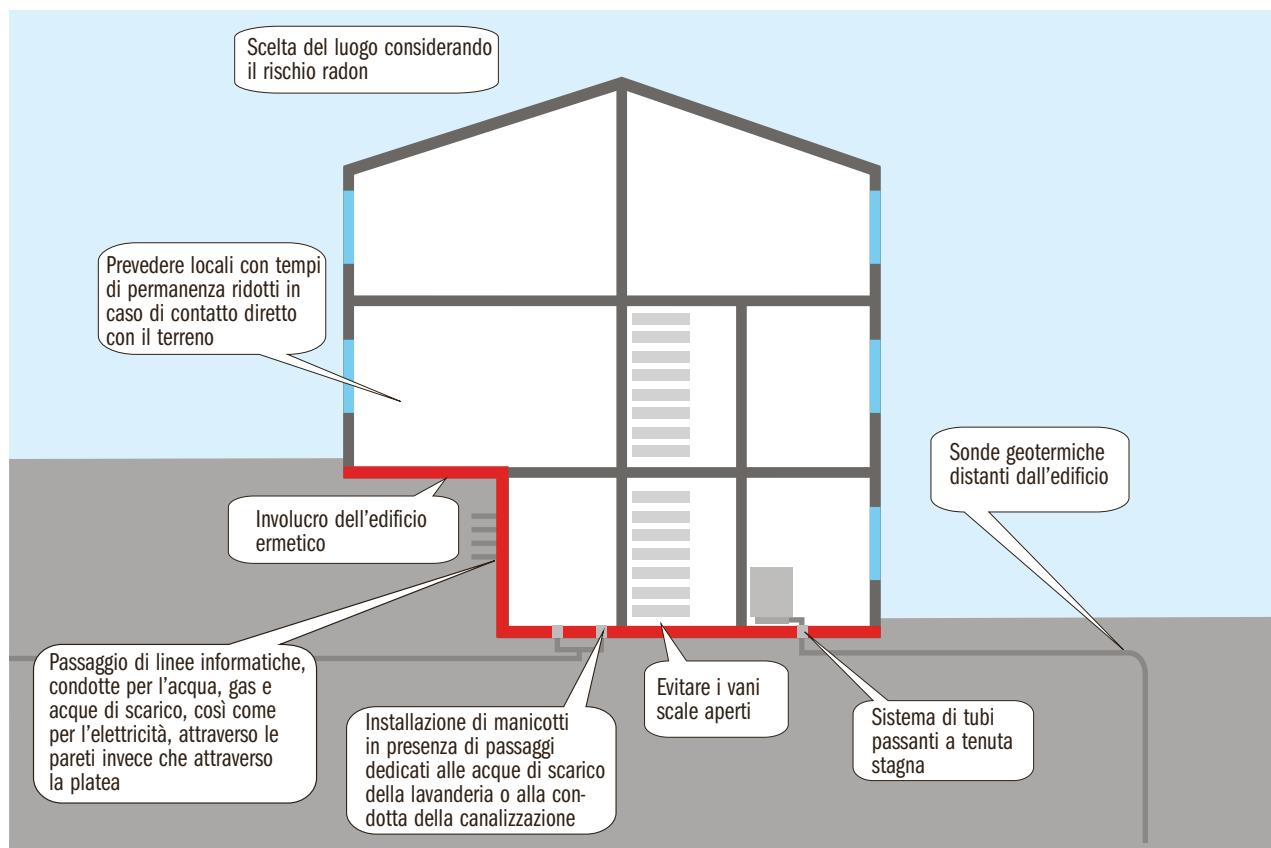
- costruzione di una platea di fonazione continua;
- evitare la costruzione di scale aperte (installazione di una porta interna ermetica di accesso al piano inferiore o realizzazione di un accesso allo scantinato dall'esterno).

Nel corso della fase di pianificazione è importante evitare l'interruzione della continuità della platea con tubi e cavi passanti. Le condotte di acqua, gas e olio combustibile, così come i cavi dovrebbero, dove possibile, immettersi nell'edificio attraverso le

pareti e non attraverso la platea dell'edificio. Questi passaggi dovrebbero interrompere la continuità della platea in meno punti possibili. Ciò va considerato al momento dell'organizzazione degli spazi interni all'edificio, in particolare per quanto riguarda il posizionamento dei bagni e delle relative condotte. La presenza di condotte non ramificate sotto l'edificio è da limitare il più possibile. Al momento dell'installazione della condotta passante della canalizzazione, così come del passaggio dedicato alle acque di scarico della lavanderia, deve essere utilizzato uno speciale manicotto. Questa considerazione risulta essere valida anche per tutti i passaggi presenti all'interno delle pareti contro terra.

Inoltre, in determinati casi è possibile favorire il ricambio dell'aria nel terreno presente sotto l'edificio. Porzioni di terreno permeabile presenti sotto l'edificio possono essere collegati con riempimenti altrettanto permeabili.

Figura 3.2: Concetto di protezione radon.



Capitolo 4

Implementazione di barriere

4.1 In generale

Nuove costruzioni

La protezione dal radon negli edifici viene generalmente implementata grazie alla posa, sugli elementi costruttivi a contatto con il terreno, di uno strato ermetico protettivo. Nella maggior parte dei casi, per limitare l'infiltrazione del radon all'interno dell'edificio, è sufficiente la presenza di un involucro ermetico all'aria. A completamento della protezione convettiva può essere considerata anche l'installazione di una barriera anti-radon a tenuta stagna che ne impedisca la diffusione. Le caratteristiche degli elementi costruttivi direttamente a contatto con il terreno influenzano in modo importante le concentrazioni radon all'interno dei locali abitativi.

In Svizzera è abbastanza raro che il pavimento di un piano terreno sia a contatto diretto con il terreno sottostante. Eccezioni sono rappresentate da costruzioni edificate su pendii o in regioni di montagna.

Risanamenti

Un risanamento radon è indicato nel caso in cui vengano riscontrate concentrazioni radon elevate all'interno dei locali abitativi. Può essere vantaggioso combinare un risanamento radon con interventi a livello energetico o con l'esecuzione di lavori contro l'umidità. Ciò è particolarmente il caso per quanto riguarda la generazione di una depressione sotto la platea di fondazione dell'edificio. L'esperienza acquisita dai professionisti nel corso degli anni mostra come interventi di resa ermetica delle parti contro terreno sono, soprattutto nel caso di risanamenti, di difficile realizzazione. Que-

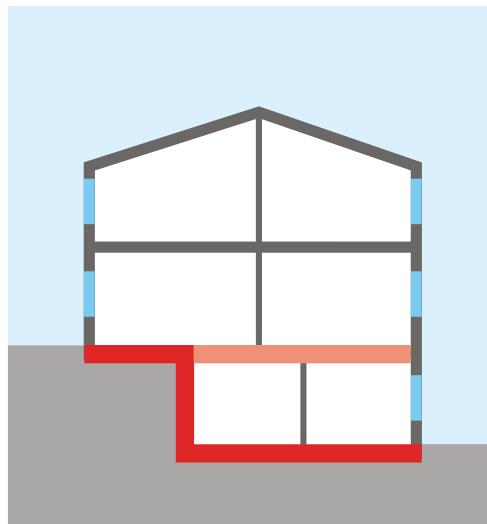


Figura 4.1: L'isolamento perimetrale primario (rosso scuro) viene applicato sugli elementi costruttivi contro terra, il secondo isolamento perimetrale (rosso chiaro) lungo gli elementi costruttivi tra i locali abitati e non abitati.

sti ultimi devono pertanto essere concepiti ed eseguiti con molta attenzione. Un intervento di questo tipo risulta spesso essere adeguato unicamente in combinazione con l'implementazione di un sistema di ventilazione controllata.

In edifici esistenti con un'elevata concentrazione radon è sensato definire, oltre ad un primo intervento di sigillatura in corrispondenza degli elementi costruttivi direttamente a contatto con il terreno, anche un secondo intervento di sigillatura tra lo scantinato e i locali di soggiorno (Figura 4.1).

Il radon negli edifici

Le vie di penetrazione dell'aria contaminata all'interno dell'edificio sono molteplici. Particolarmente importanti risultano essere le correnti ascensionali presenti all'interno dell'edificio, specialmente se nelle fondazioni non è stata inserita una barriera anti-radon.

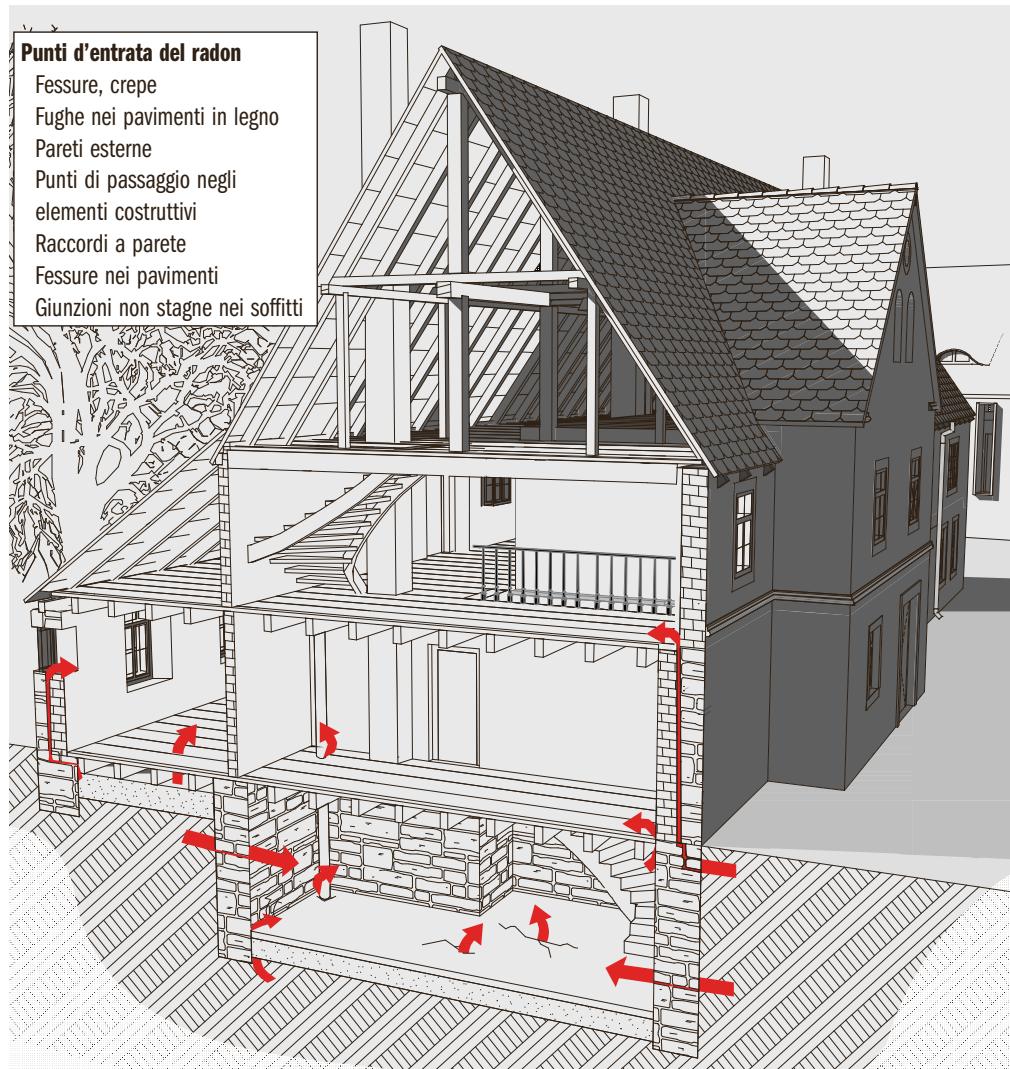


Figura 4.2: Percorso tipico del radon – dal terreno ai locali abitati (Fonte: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft SMUL).

Tabella 4.1: Panoramica delle misure per la resa ermetica dei punti deboli.

Elementi costruttivi a contatto con il terreno e elementi costruttivi di separazione: resa ermetica dei punti deboli

Misure	Resa ermetica delle superfici grazie alla posa di barriere anti-radon (membrane) o grazie alla posa di una platea di fondazione continua.	Sigillatura di fessure e giunti tramite iniezione di materiale isolante.	Sigillatura di elementi costruttivi apribili quali porte, botole e pozzi.	Resa ermetica di passaggi di cavi, tubi e condotte.
Implementazione	Utilizzo di membrane certificate, preferibilmente con strati metallici (alluminio). Posa in corrispondenza delle zone problematiche della platea di fondazione o su pavimenti naturali.	Utilizzo di materiale isolante ad elasticità permanente come ad esempio poliuretano (PUR), resina epossidica o sospensione di cemento.	Inserimento di profili isolanti ad elasticità permanente tra porte e pareti rispettivamente tra porte e pavimenti, installazione di battiscopa in corrispondenza di porte e di un chiusino dove ci sono pozzi.	Disponibili come pezzi finiti nell'industria edilizia (qualità certificata).
Effetti	Per risanamenti di edifici già esistenti, di regola molto efficace ma anche molto oneroso.	Di regola effetto limitato, a seconda del numero e della geometria delle fessure e dei giunti. Fortemente soggetti all'invecchiamento.	Molto efficace. Buon rapporto costi-benefici.	Molto efficace se correttamente implementato.

Modalità di diffusione (all'interno dell'edificio)

- Canalizzazioni e aperture di controllo;
- Passaggi di cavi, condotte, tubi di canalizzazione, camini, pozzi luce e altre aperture;
- Solette con travi in legno o con travi e pignatte;
- All'interno di un doppio muro, in particolare nello strato d'aria lungo l'isolamento;
- Nei doppi muri non isolati termicamente;
- Nelle costruzioni prefabbricate, anche e soprattutto in quelle in legno;
- Nelle murature a secco con fessure o cavità;
- Lungo le crepe e le fessure delle installazioni tecniche dell'edificio (cavi, tubi);
- Vani scala;
- Porte delle cantine non ermetiche.

Punti di infiltrazione (involucro dell'edificio)

- Pavimenti a contatto con il terreno (pavimenti in cotto, in mattoni, pavimenti con terreno naturale o in legno);
- Fessure e giunti nei pavimenti e nelle pareti;

■ Passaggi di cavi e condotte (linee elettriche, di comunicazione, per l'acqua potabile, per le acque di scarico, per la fornitura di gas e olio combustibile così come per il passaggio della ventilazione);

■ Aperture come porte, finestre, sportelli, coperchi, ecc.

Ponderazione dei fattori di diffusione e convezione

I moti convettivi presenti all'interno dell'involucro dell'edificio sono determinanti per quanto riguarda la concentrazione di radon nei locali. Sebbene la diffusione del radon può avvenire anche attraverso gli elementi costruttivi, questi punti di entrata hanno un'importanza secondaria. Il ruolo relativo al fenomeno di convezione dipende sostanzialmente dall'ermeticità dell'involucro costruttivo. Questa argomentazione relativizza pertanto la raccomandazione relativa alla posa di una barriera anti-radon, in quanto spesso sono sufficienti delle semplici barriere che bloccano il fenomeno convettivo.

4.2 Posa di barriere superficiali contro terreno

Resa ermetica grazie alla posa di un isolamento perimetrale (nuove costruzioni)

Nel caso di nuove edificazioni la posa di un isolamento termico contro terra è una soluzione di comprovata efficacia che garantisce ottimi risultati. In questo modo i locali situati ai piani inferiori possono essere riscaldati oppure essere utilizzati quali cuscinetto «termico» tra il terreno e i locali riscaldati.

Per la protezione radon è consigliata la costruzione di una platea di fondazione continua in calcestruzzo di tipo A secondo SE EN 206 (classe di esposizione XC2). La platea deve essere gettata su materiali isolanti resistenti alla pressione, come vetro cellulare o polistirene espanso. Altri materiali raramente forniscono una sufficiente protezione contro il radon. Per questa ragione nelle regioni con elevato rischio radon si consiglia di posare una membrana anti-radon supplementare sotto l'isolamento agganciandola alle pareti perimetrali.

Platea di fondazione costruita a posteriori (risanamento)

La costruzione di una platea di fondazione nelle cantine con suolo naturale rende più difficile l'infiltrazione del gas radon. Contemporaneamente possono anche essere implementate misure d'accompagnamento come la posa di un sistema di tubi per la messa in depressione del sottosuolo (drenaggi).

Seminterrati con suolo naturale devono essere adeguatamente isolati e realizzati di modo da renderne possibile l'accesso solo dall'esterno.

La posa di barriere anti-radon nei risanamenti è tuttavia difficile da realizzare e, in molti casi, efficace solo se accoppiata con interventi di ventilazione. Una platea di fondazione continua in calcestruzzo, impermeabile all'acqua (classe 1 secondo la Norma SIA 272) oppure con inserimento

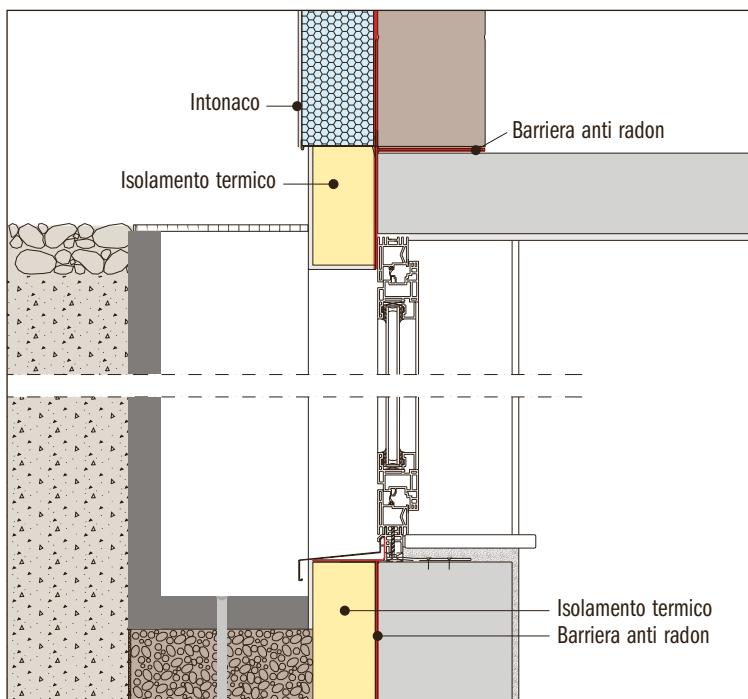
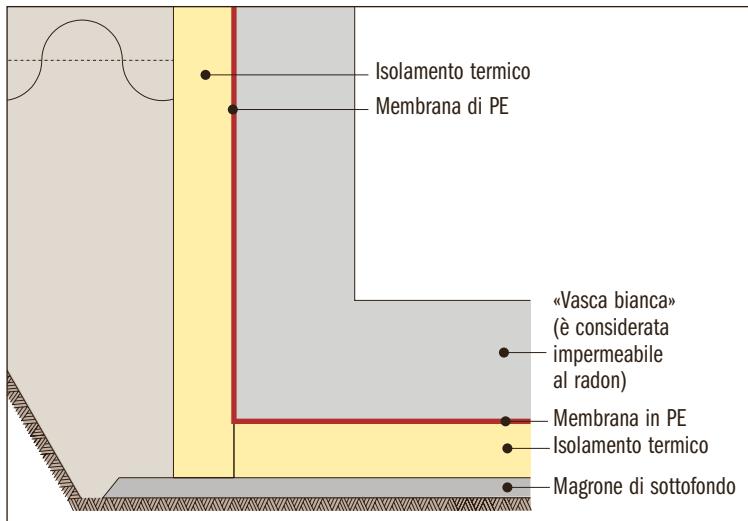


Figura 4.3 (sopra): «Vasca bianca» in una nuova costruzione (Fonte: Dow Building Solutions).

Figura 4.4 (sotto): Pozzo luce in una parete esterna della cantina (Fonte: Dow Building Solutions).

di una barriera vapore, deve essere attentamente valutata anche in caso di nuove edificazioni (si veda anche il riquadro «costruzioni in calcestruzzo ermetiche all'acqua» a pagina 19).

Bianco, nero, marrone

La realizzazione dei piani intinti in calcestruzzo impermeabile di classe 1 secondo la Norma SIA 272 è un'efficace protezione contro il radon e, in caso di nuove costruzioni, semplice da realizzare e senza costi aggiuntivi elevati.

Le cosiddette **vasche bianche** sono quelle costruzioni in calcestruzzo che non necessitano di ulteriori impermeabilizzazioni, anche quando sono sottoposte a pressioni. Al fine di garantire nel tempo il mantenimento di tali proprietà, il calcestruzzo deve essere impermeabile anche al vapore acqueo e di conseguenza ai gas come il radon.

Le **vasche nere** sono costituite da strutture primarie, ad esempio in calcestruzzo, sulle quali viene applicato uno strato impermeabilizzante. L'impermeabilizzazione può essere costituita da manti bituminosi o sintetici. Nel caso di posa di una membrana con uno strato metallico, la vasca nera è anche considerata ermetica al radon.

Vasche marroni: sono costituite da impermeabilizzazioni a base di bentonite.

Pozzi luce

I pozzi luce possono rappresentare un pericolo se vengono utilizzati come punto di immissione di aria fresca o come prese d'aria per l'aria comburente. Il rischio viene notevolmente ridimensionato se il pozzetto è reso ermetico all'acqua verso il terreno (fondo e pareti del pozzetto), per esempio grazie ad una struttura realizzata in calcestruzzo o in mattoni. È di primaria importanza che il perimetro che si rende ermetico (da acqua, aria o radon) non presenti passaggi o punti deboli.

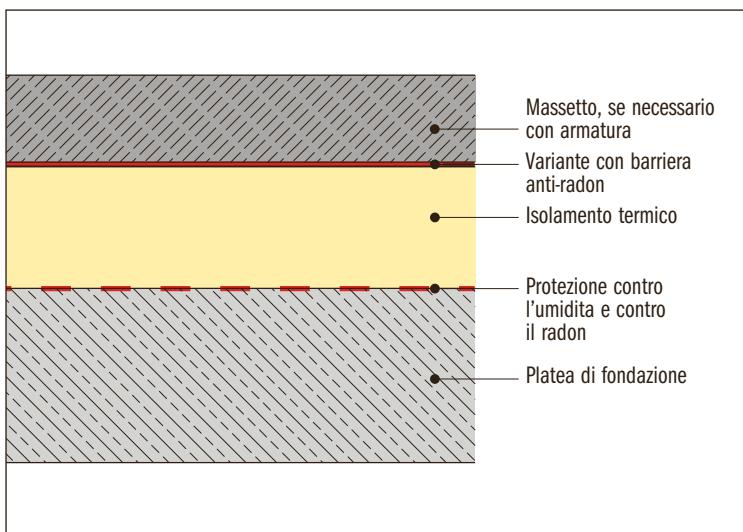


Figura 4.5: Stratigrafia pavimento classica (Fonte: Dow Building Solutions).

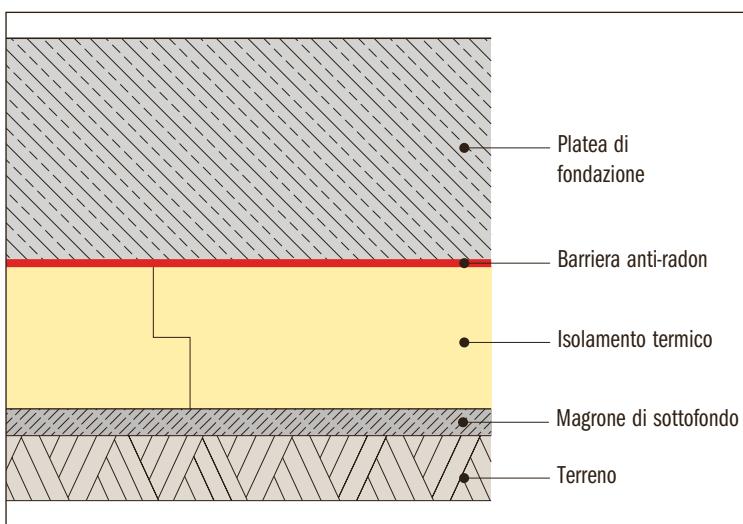


Figura 4.6: Protezione radon e isolamento termico sotto la platea di fondazione (Fonte: Dow Building Solutions).

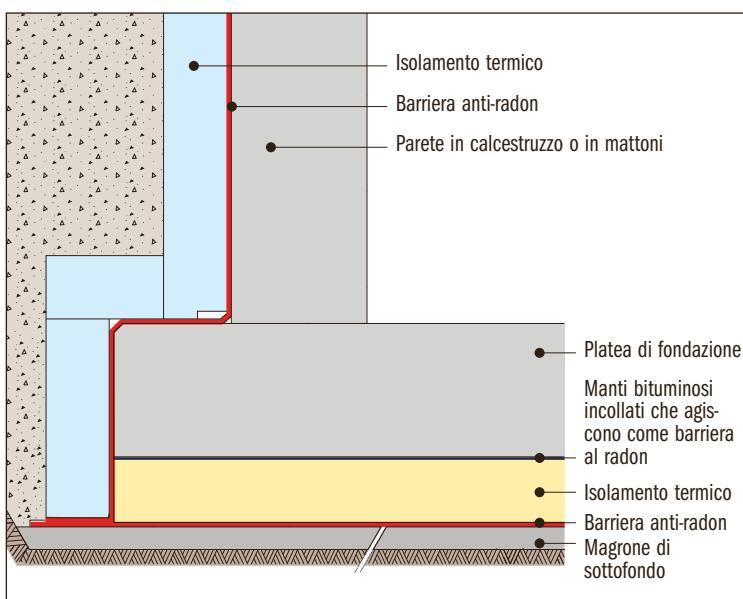


Figura 4.7: Nuova costruzione con isolamento perimetrale e platea di fondazione con scantinato (Fonte: Dow Building Solutions).

Isolamento dal terreno tramite membrane impermeabilizzanti

Il radon è incolore e inodore. Rispetto alle barriere contro l'umidità i danni o la cattiva tenuta non sono immediatamente visibili. Nell'ampia offerta presente sul mercato occorre dunque porre particolare attenzione alla scelta di prodotti durevoli di buona qualità così come ad una buona esecuzione dei lavori. La posa di membrane impermeabilizzanti sotto le fondamenta negli scavi di fondazione è una tecnica nota per la prevenzione dei danni dovuti all'umidità. Questa tecnica può essere impiegata anche contro l'infiltrazione del gas radon.

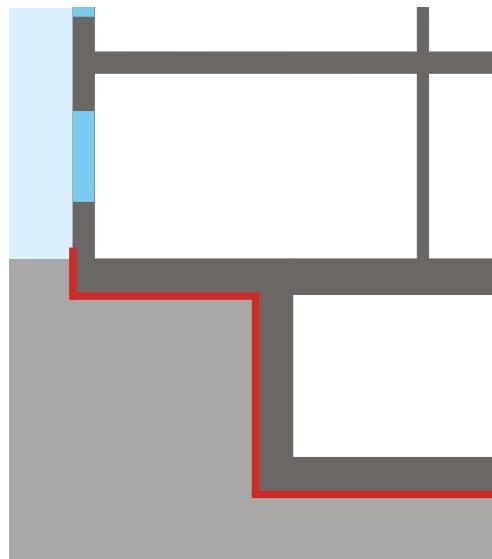


Figura 4.8 (destra): Isolamento esterno mediante membrane sotto la platea di fondazione.

Figura 4.9
(sotto a sinistra): Posa di membrane isolanti prima del getto della platea (Fonte: Sika).

Figura 4.10 (sotto a destra): Isolamento esterno delle pareti al piano interrato con membrane isolanti (Fonte: Sika).



Nelle regioni dove la falda acquifera si trova piuttosto in superficie, gli edifici sono in genere dotati di una buona protezione contro l'umidità e quindi al radon. Nelle regioni ad elevato rischio radon è sensato utilizzare le comprovate tecniche di costruzione isolanti per garantire l'impermeabilità all'acqua. Queste soluzioni non comprendono solo l'isolamento delle superfici, ma anche di elementi costruttivi speciali come i punti di passaggio delle tubazioni, dei giunti di dilatazione, ecc.

Nella progettazione di nuovi edifici in regioni ad elevato rischio radon si raccomanda l'impiego di membrane impermeabilizzanti esterne, soprattutto qualora la platea di fondazione non fosse in calcestruzzo impermeabile.

L'isolamento dello scavo di fondazione può essere effettuato utilizzando membrane impermeabilizzanti in polimeri bituminosi plastificati o membrane di plastica.

Le membrane impermeabilizzanti devono avere una durata di vita simile alla struttura primaria e non devono quindi degradarsi troppo presto. È opportuno verificare attentamente la progettazione e messa in opera.

Le membrane posate nello scavo devono essere fatte risalire verticalmente lungo le pareti (Figura 4.10). Il piano di posa e i carichi ammissibili dipendono dal materiale utilizzato. La posa su spigoli taglienti è da evitare in modo da non danneggiare la



membrana. Nelle regioni ad elevata concentrazione di radon è preferibile realizzare platee di fondazione in calcestruzzo.

Barriera anti-radon

Nuove costruzioni: il magrone come strato inferiore di una nuova costruzione è il supporto ideale per la barriera anti-radon. Sopra questo strato può essere posato l'isolamento termico e rispettivamente eseguita la platea di fondazione.

Nel caso di **risanamenti radon** in edifici esistenti, gli interventi sulla superficie interna delle pareti e dei pavimenti a contatto con il terreno risultano essere una soluzione efficace ma costosa e delicata dal punto di vista della fisica della costruzione.

I fogli interni che fungono da barriera anti-radon devono essere protetti contro eventuali danni. Un'alternativa è quella di dotare il soffitto della cantina di una barriera anti-radon. Tale intervento generalmente comporta però la contemporanea sigillatura di numerose aperture, passaggi e porte.

Posa delle barriere anti-radon

- La barriera deve essere posata direttamente sopra lo strato di magrone (ad. es. magrone di sottofondo o isolamento perimetrale) o nella soletta sopra la cantina.
- I giunti devono essere eseguiti sovrapponendo i fogli per almeno 15 cm e devono essere eseguiti senza polvere o umidità.
- Le barriere anti-radon devono essere posate come i freni vapore: utilizzando un nastro biadesivo in butile tra le strisce di sovrapposizione per l'ermeticità e un nastro acrilico di protezione meccanica sui margini della striscia superiore.
- Suture e rinforzi sono ammessi solo nella zona di sovrapposizione.
- Le strisce di bordo su pareti, pilastri o passaggi devono essere fatte salire verticalmente per almeno 15 cm e in seguito devono essere rese ermetiche.
- Il sottosuolo non deve presentare parti appuntite, taglienti o corpi contundenti.
- Nel caso di assestamenti prevedibili le barriere devono avere una riserva in lun-



Figura 4.11 (sinistra): rialzare il foglio Radon nella zona della zoccolo, per garantire una sovrapposizione del foglio alla parete (Fonte: Ampack).

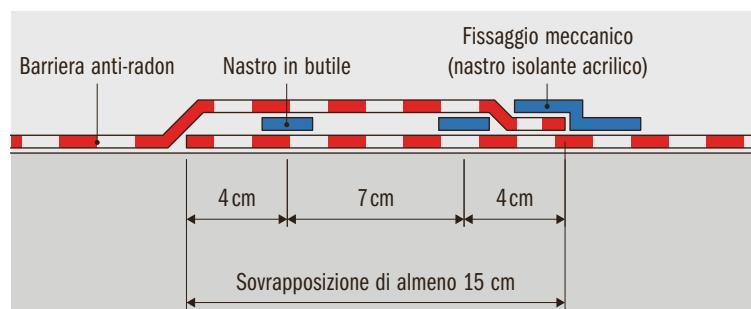


Figura 4.12 (sotto) Dettaglio di sovrapposizione di una barriera Radon incollata (Fonte: Ampack).

Proprietà di una membrana anti-radon convenzionale		
Caratteristiche	Unità	Definizione
Costruzione		Due strati di PE con in mezzo una rete di poliestere, in aggiunta uno strato di alluminio di 0,02 mm di spessore.
Posa		La parte in alluminio deve essere posata in basso, ovvero sopra il magrone o la platea di fondazione, ecc.
Permeabilità	0,022 g/m ² in 24 h	La permeabilità alla diffusione del vapore acqueo definisce la quantità di vapore acqueo che si diffonde in 24 ore attraverso 1 m ² di barriera.
μ		Il fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo è il rapporto tra la resistenza al vapore del materiale rispetto alla resistenza di uno strato d'aria dello stesso spessore. Più il valore μ è alto maggiore sarà la resistenza del materiale.
Valore s_D	> 1100 m	Lo spessore equivalente d'aria per la diffusione del vapore è lo spessore di uno strato d'aria che presenta la stessa resistenza alla diffusione del vapore acqueo di un determinato materiale. Poiché gli elementi costruttivi sono costituiti da più strati, si devono addizionare i valori s_D dei singoli strati. Moltiplicando μ per lo spessore dell'elemento si ottiene s_D .
Valore R_D	1532 m ² h Pa/mg $2,3 \cdot 10^{-12}$ m ² s ⁻¹ $7,2 \cdot 10^9$ ms ⁻¹	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo Coefficiente di diffusione radon (si veda pagina 32) Grado di permeabilità al radon
Spessore	0,4 mm	
Peso	363 g/m ²	
Sovrapposizione	15 cm	Le strisce vanno incollate due volte

ghezza rispettivamente a forma di Z, affinché possa riprendere i movimenti senza subire danni.

■ La barriera anti-radon deve essere protetta immediatamente dopo la posa con altri strati come ad esempio l'isolamento termico, il sottofondo o la platea di fondazione.

■ Gli attraversamenti devono essere resi ermetici due volte: la funzione ermetica e la protezione meccanica supplementare garantiscono una protezione al radon di lunga durata.

■ Al momento della posa le barriere radon devono venir protette oltre che dai danneggiamenti, anche dai raggi UV.

Tabella 4.2: Impermeabilità al radon dei materiali.

Fonte: Keller, G.; Hoffmann, B. (2002): Durchlässigkeit von Baumaterialien. In: BMU (Editore): Forschung zum Problemkreis Radon; Vortragsmanuskripte des 14. Statusgespräches, Berlin, 23 e 24 ottobre 2001.

Tenuta stagna al radon

L'ermeticità al radon di un materiale si basa sulle indicazioni fornite. Norme e regolamenti permettono questa valutazione. Nella prassi l'ermeticità al radon di un materiale deriva dal rispettivo coefficiente di diffusione. I materiali sono ritenuti ermetici al radon quando il suo valore è almeno tre

volte maggiore della lunghezza di diffusione del radon. Secondo una stima di Kempinski + Partner, Bonn, i materiali ermetici al radon bloccano circa il 95 % di radon mentre permettono la diffusione del restante 5 % attraverso il materiale. La lunghezza di diffusione di un materiale, è la radice del rapporto tra coefficiente di diffusione (misurato) del radon e la costante di decadimento del radon-222 ($= 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ s}$).

Esempio: calcolo della lunghezza di diffusione.

Calcestruzzo leggero: $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} / 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,62 \text{ m}^2 = 620\,000 \text{ mm}^2$. La radice dà quindi un risultato di ca. 800 mm.

Manto bituminoso: $10^{-12} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} / 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,48 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 0,48 \text{ mm}^2$. La radice dà quindi un risultato di ca.: 0,7 mm.

Vetro cellulare

Il vetro cellulare ben si adatta alla posa quale isolamento termico così come alla resa ermetica di elementi esterni. Questo materiale risulta inoltre impermeabile all'acqua e al gas. Essendo infine molto resistente alla pressione esso viene particolarmente utilizzato per la posa sotto la platea di fondazione. Negli edifici nuovi i pannelli di vetro cellulare sono posati ad esempio su un magrone ed i giunti sono sigillati, idealmente grazie all'utilizzo di un materiale bituminoso, su tutta la superficie di intervento.

Impermeabilità al radon dei materiali

Materiale	Spessore dei materiali in mm	Coefficiente di diffusione del radon in $10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$	Lunghezza di diffusione in mm	Ermetico al radon si/no
-----------	------------------------------	--	-------------------------------	-------------------------

Materiale da costruzione

Calcestruzzo leggero	100	1,30	800	no
Calcestruzzo normale	100	0,007	60	no
Arenaria	100	2,20	1000	no
Arenaria calcarea	150	0,34	400	no
Mattone	150	0,35	400	no
Gesso	150	2,35	1100	no

Vernici

Vernice	0,5	0,001	20	no
Vernice sintetica	0,2	0,08	200	no
Resina sintetica	2	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	si
Poliuretano sigillante	5	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	si
Resina epossidica sigillante	3	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	si

Manti impermeabili

Manti bituminosi	3	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	si
Manti HDPE	1	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	no
Silicone-caucciù	3	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	si
Manti in gomma	1,5	$< 10^{-5}$	2	no
Materiali PP	2	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	si
Foglio di poliammide	0,05	$< 10^{-6}$	$< 0,7$	no

Vantaggi e svantaggi del vetro cellulare rispetto alle membrane anti-radon

Vantaggi del vetro cellulare	Svantaggi del vetro cellulare
Adatto come isolamento termico	Applicazione complessa (costosa)
Meccanicamente resistente	Sensibile al gelo
Non infiammabile (secondo VKF RF1)	Necessita di molta energia per la sua produzione
Sia il vetro cellulare che le membrane anti-radon con uno strato in metallo sono ermetiche ai gas	

4.3 Sigillatura di passaggi di condotte, fessure e giunti degli elementi costruttivi a contatto con il terreno

Un involucro ermetico riduce, generalmente, l'infiltrazione del radon all'interno dell'edificio, mentre i punti deboli ne facilitano l'entrata. Le tecniche impiegate per la protezione contro l'umidità possono risultare efficaci anche contro il radon.

È importante prestare particolare attenzione all'ermeticità dei fori di passaggio delle condotte, ad esempio nel caso di presenza di sonde nel terreno per le pompe di calore o di scambiatori geotermici. Condotte, pozzi per ascensori e canali di scarico devono essere resi completamente stagni.

Anche la minima fessura negli elementi costruttivi a contatto con il terreno può causare una contaminazione da radon. Fessure e aperture nei pavimenti e nelle pareti, così come nei giunti, sono punti deboli ai quali deve essere posto rimedio con gli adeguati materiali sigillanti. Prima della messa in opera le superfici devono essere pulite e preparate.

Mastici ad elasticità permanente

Piccole aperture come fessure, giunti o piccoli fori sono facilmente sigillabili con mastici ad elasticità permanente. Le aperture rimangono così ermetiche anche quando si espandono o si restringono a causa di variazioni di temperatura. A seconda della situazione devono essere impiegati materiali

diversi (mastici siliconici, acrilici, polisolfonati ecc.).

Per garantire un'adeguata adesione del mastice, i bordi del giunto così come gli spigoli arrotondati devono essere puliti e, se necessario, ingranditi. Fughe profonde possono essere riempite. In alcuni casi sono necessari ulteriori lavori di preparazione della fessura, come ad esempio la sagomatura dei bordi per poter applicare correttamente il mastice.

Nastri adesivi elastici

I nastri da assemblaggio possono essere di materiale e di qualità diversi e risultano essere molto efficaci. Per mezzo di collanti liquidi o plastici possono essere incollati sugli elementi costruttivi che devono essere congiunti. I nastri adesivi elastici sono particolarmente indicati per la resa ermetica di elementi costruttivi come le membrane isolanti a soffitto, i rivestimenti per pavimenti così come per la congiunzione di giunti di dilatazione. I nastri biadesivi, come ad esempio il nastro in butile, devono essere, per quanto possibile, pressati meccanicamente al momento dell'applicazione. Con il nastro in butile è possibile, ad esempio, unire due strisce di membrana isolante di polietilene situate sotto listelli, i quali, costantemente sotto pressione, mantengono l'incollatura.

Figura 4.13 (sinistra): Diversi dettagli di sigillatura.

Figura 4.14 (destra): Dettaglio di sigillatura di una condotta passante prima del getto della soletta in cemento (Fonte: Sika).





Figura 4.15:
Speciali elementi per
l'entrata nell'edificio
(Fonte: Aladin AG).



Figura 4.16: Un'alternativa
a basso costo per i sistemi
di passaggio delle condotte
è l'utilizzo di speciali mani-
cotti (Fonte: Aladin AG).

Passaggi di condotte

A causa del loro posizionamento nell'edificio le condotte passanti delle sonde per le pompe di calore, così come quelle dell'acqua, del gas e della rete elettrica possono causare l'infiltrazione di rado all'interno dell'edificio. Speciali manicotti garantiscono l'ermeticità di una condotta passante attraverso elementi costruttivi contro terreno.

Il materiale utilizzato per rendere ermetici questi passaggi deve resistere a lungo a sollecitazioni chimiche e fisiche (polietilene). Condotte che alloggiano sonde geotermiche devono essere posate ad una certa distanza del perimetro dello stabile e non passare attraverso la platea di fondazione.

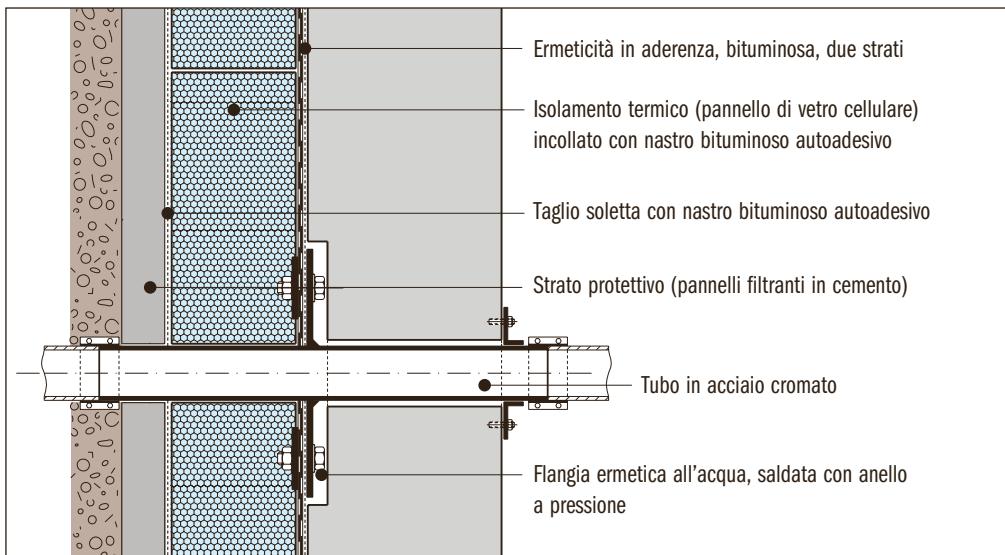


Figura 4.17: Esempio di te-
nuta stagna al radon di
un passaggio di tubi ese-
guita con flangia incollata
(Fonte: Foamglas).

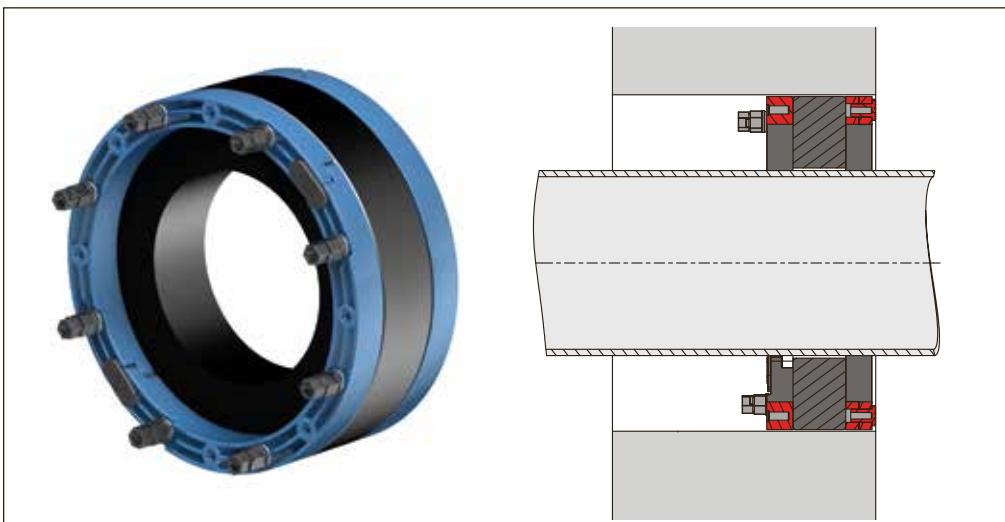


Figura 4.18: Un manicotto
a tenuta stagna per il
passaggio dei tubi
(Fonte: Rematec AG).

Vani scala chiusi

A differenza dei vani scala aperti quelli chiusi impediscono la diffusione del radon ai piani superiori e riducono significativamente il rischio di esposizione al radon. La resa ermetica dei vani scala che permettono di accedere alla zona cantina impedisce la risalita del radon ai piani superiori e può essere realizzata anche in un secondo tempo. La suddivisione del piano cantina in due sezioni con una parete ermetica ai gas ha il vantaggio che la resa ermetica della superficie interna delle pareti perimetrali e del pavimento della cantina possa venir parzialmente tralasciata. Unicamente la superficie dei locali che permettono di accedere direttamente ai piani superiori deve essere resa ermetica. Grazie ad una buona pianificazione si possono quindi abbassare notevolmente i costi di risanamento.

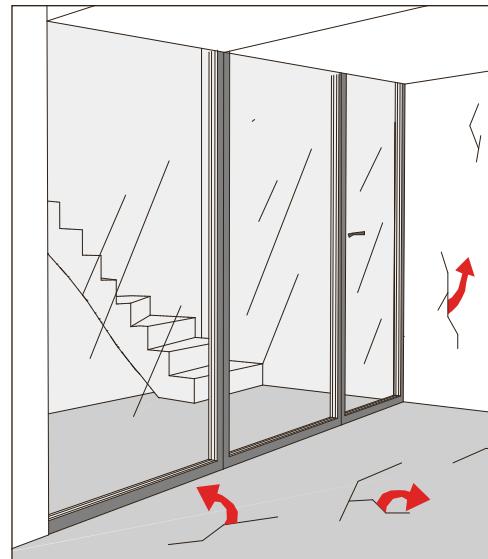


Figura 4.19: Divisione del locale con l'aiuto di una parete impermeabile ai gas (Fonte: SMUL).

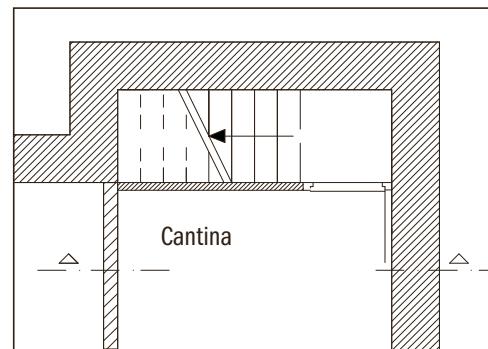


Figura 4.20: Piantina accesso alla cantina (Fonte: SMUL).

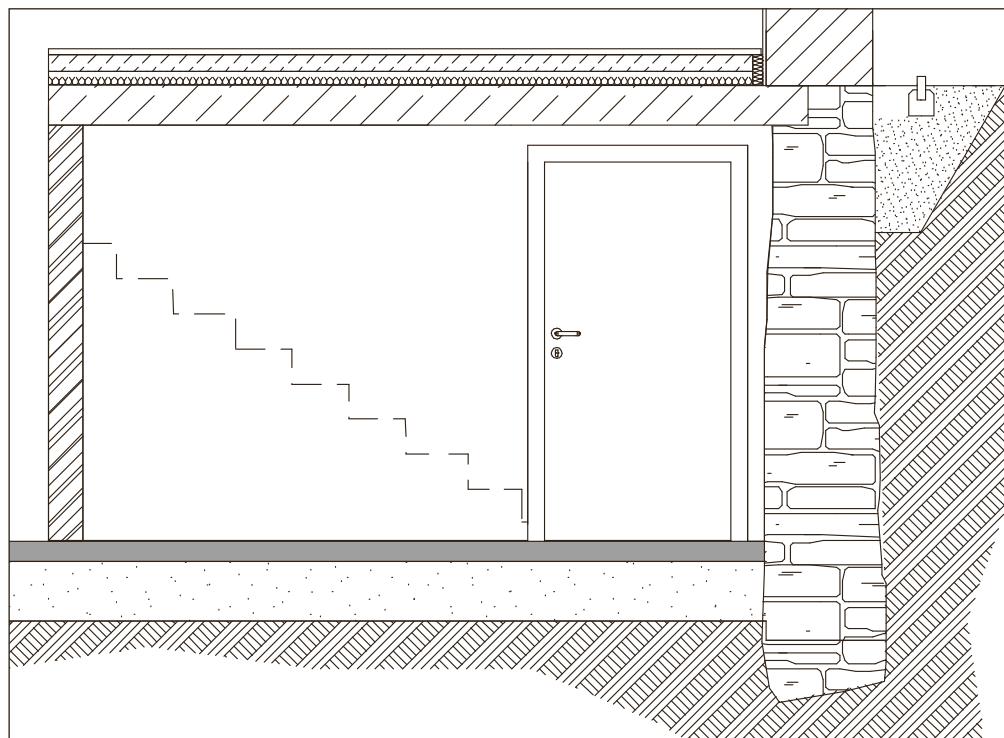


Figura 4.21: Vista sull'accesso alla cantina (Fonte: SMUL).

4.4 Sigillatura di porte, sportelli, coperchi di pozzi e simili

È possibile riscontrare negli scantinati degli edifici un'elevata concentrazione radon. In questo caso è quindi necessario che tutti i collegamenti tra la cantina e i locali di soggiorno siano ermetici.

Se, ad esempio, non è stato possibile ridurre le concentrazioni di radon in cantina, in quanto non si vuole rinunciare al pavimento naturale o perché le misure di isolamento non hanno dato i risultati sperati, occorre rendere stagni gli elementi costruttivi che separano la cantina dai locali di soggiorno e di lavoro. Ciò vale per le porte della cantina ma anche per le porte che mettono in comunicazione i locali abitati con il vano scala o per i pozzi di ispezione inseriti nel pavimento della cantina. Piccole aperture possono infatti anch'esse rappresentare punti d'entrata per il radon.

Nel periodo di riscaldamento le porte dovrebbero pertanto rimanere costantemente chiuse ed avere una serratura che impedisca il passaggio di aria. Vale inoltre la pena verificare la possibilità di installare sistemi di chiusura automatici delle porte e di rinunciare ad un accesso interno allo scantinato. Per la resa ermetica dei locali esposti al radon deve essere garantita una permeabilità di classe 2 (Tabella 4.3). Porte ad elevato isolamento acustico e tagliafuoco hanno, di regola, una buona ermeticità all'aria e al radon.

Al fine di costruire porte, sportelli e coperchi di pozzi ermetici al radon, devono essere osservati i seguenti punti.

Tabella 4.3: Permeabilità all'aria secondo SN EN 12207. Il valore di permeabilità all'aria secondo EN 12207 fa riferimento a una pressione di 100 Pa su una fuga lunga un metro. Per una buona protezione occorre garantire un'ermeticità all'aria almeno di classe 2 o 3.

Q100-Class	
Classe	Permeabilità all'aria
0	Nessuna restrizione
1	12,5 m ³ /h m
2	6,75 m ³ /h m
3	2,25 m ³ /h m
4	0,75 m ³ /h m

Guarnizioni isolanti elastiche

Per sigillare adeguatamente elementi costruttivi apribili, rispettivamente le battute delle porte, devono essere utilizzate guarnizioni isolanti elastiche.

Oltre ad un raccordo continuo le guarnizioni devono adattarsi in maniera perfetta l'una all'altra. Una seconda guarnizione di battuta è consigliata nel caso in cui ci sia una grande concentrazione di radon o se la porta viene usata spesso. Se a posteriori si vogliono inserire delle guarnizioni nelle porte o negli sportelli, esse devono essere incastrate in una scanalatura su tutta la lunghezza del profilo esterno. Deformazioni durante i cambi di stagione, dovuti alle variazioni di temperatura o di umidità non devono compromettere l'ermeticità delle guarnizioni. Le guarnizioni elastiche devono venir controllate e testate regolarmente e rimpiazzate ogni cinque-otto anni. Guarnizioni a V inserite a posteriori non sono invece una garanzia per la protezione radon a causa della loro carente tenuta stagna.

Soglie

Alle soglie delle porte che devono garantire una buona protezione dall'infiltrazione del radon devono essere apportate modifiche in modo che forniscano una battuta inferiore sulla quale applicare una guarnizione elastica collegata con le guarnizioni laterali. Guarnizioni a spazzola ma anche in elastomeri sono insufficienti. Guarnizioni a pressione inserite su profili in gomma isolano piuttosto bene, sempre che la superficie dove il profilo si appoggia al pavimento sia piana e liscia.

Anche in questo caso le porte con un buon isolamento acustico garantiscono una sufficiente protezione.

4.5 Isolamento interno delle superfici

L'isolamento delle superfici, nel caso di un risanamento, può essere effettuato, nella maggior parte dei casi, solo nella parte interna dell'edificio. Ciò implica l'esecuzione di un numero molto maggiore di raccordi. Per questo motivo interventi di isolamento interno risultano efficaci prevalentemente in combinazione con altre misure atte a ridurre l'esposizione al radon.

Per nuove costruzioni è in ogni caso da preferire l'isolamento esterno. Le membrane isolanti devono essere incollate e saldate correttamente e senza interruzioni. Possono essere utilizzati anche sistemi isolanti liquidi.

Le misure impiegate contro l'umidità sono prevalentemente efficaci anche contro il radon. Gli interventi di isolamento interno richiedono un'esecuzione molto attenta. Se una parete non è completamente asciutta, ad esempio a causa della risalita capillare dell'umidità all'interno della stessa, la resa ermetica di quest'elemento costruttivo può inibire una completa asciugatura delle pareti, provocando problemi alla struttura dell'edificio (Figura 4.22).

Membrane isolanti per la protezione contro l'umidità

La posa di membrane isolanti per la protezione contro l'umidità impedisce non solo infiltrazioni di umidità ma anche di radon. La posa di queste membrane deve essere eseguita con particolare attenzione. Si segnala in particolar modo come le diverse strisce debbano venire accuratamente saldate e unite tra loro.

Le membrane isolanti vanno posate internamente all'edificio. Durante tale operazione occorre prestare particolare attenzione a che le membrane non vengano danneggiate, in particolare dagli strumenti utilizzati per il fissaggio del rivestimento. Raccordi ermetici sono necessari soprattutto sul soffitto della cantina.

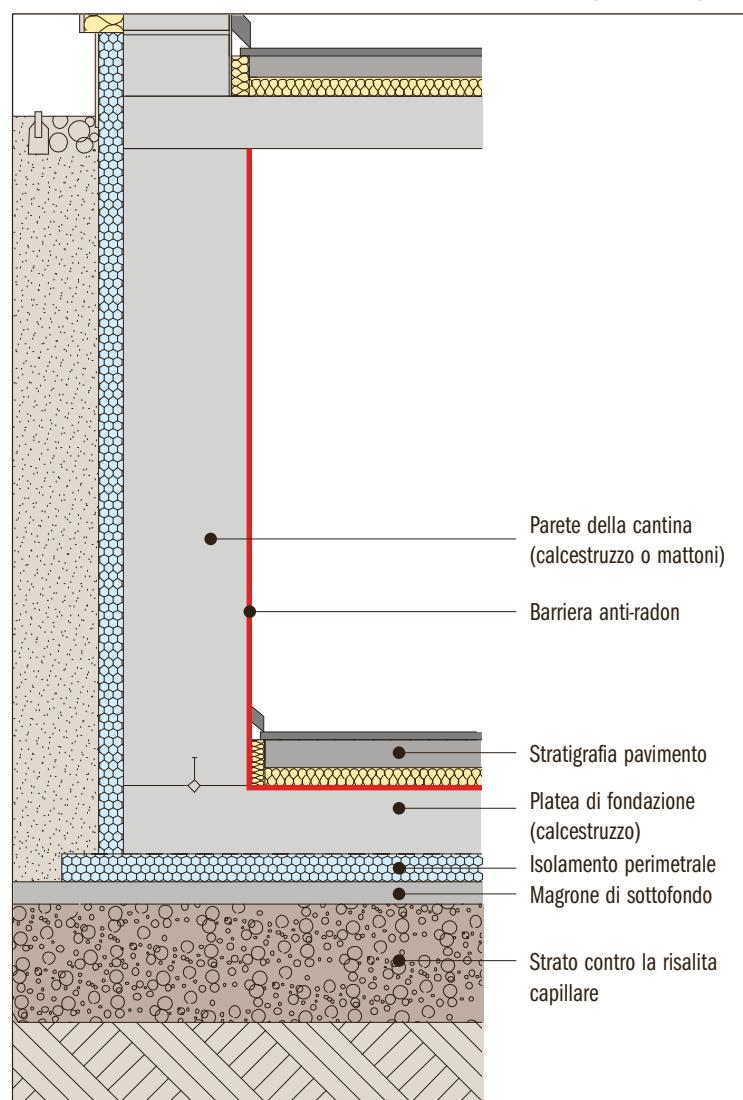
Barriere vapore e freni vapore

Per elementi costruttivi dell'edificio a contatto con il terreno dotati di isolamento termico interno è necessario, a seconda della loro costruzione, prevedere misure atte ad evitare la formazione di umidità.

Gli elementi costruttivi totalmente o parzialmente ermetici al vapore acqueo costituiscono un isolamento sufficiente anche contro il radon, nonostante la permeabilità al radon e al vapore acqueo non siano identiche.

Una posa continua del freno vapore è essenziale per eliminare i rischi di diffusione del vapore acqueo e per l'ermeticità al radon.

Figura 4.22: Barriera anti-radon posata internamente (Fonte: SMUL).



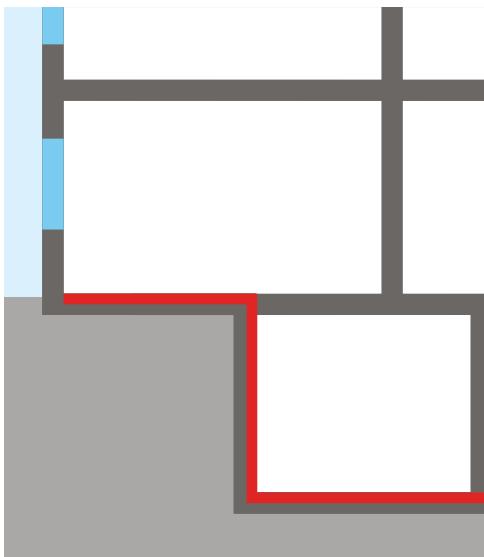


Figura 4.23: Rivestimenti isolanti posati internamente.

Malte e vernici isolanti

Contro l'infiltrazione di umidità vengono spesso utilizzate vernici o malte isolanti, liquide o plastiche. Le stesse possono essere applicate anche come isolamenti anti-radon (Figura 4.23).

I punti non ermetici sono tuttavia difficili da rilevare e possono causare un'importante incremento delle concentrazioni radon all'interno dei locali.

Fessure di assestamento e giunti di dilatazione sono quindi da evitare anche in presenza di rivestimenti interni piuttosto ermetici come piastrelle o pitture impermeabilizzanti (ad esempio pitture al clorocaucciù).

Queste misure possono in ogni caso essere utilizzate quali interventi di supporto.

Le iniezioni utilizzate per problemi di umidità nelle vecchie opere in muratura non risultano essere efficaci in caso di risanamenti radon.

Elementi costruttivi a contatto con i locali di soggiorno

Se non si riesce ad abbassare sufficientemente la concentrazione di radon in cantina occorre rendere ermetici gli elementi costruttivi divisorii all'interno dell'edificio. Ciò è particolarmente vero per il soffitto che separa la cantina dai locali abitati.

Le solette in cemento armato possono essere considerate sufficientemente impermeabili al radon.

Vecchi solai divisorii possono presentare punti deboli che devono essere sigillati.

Lo strato che garantisce la funzione di ermeticità all'aria o al radon all'interno di una soletta leggera deve essere identificato e verificato in corrispondenza di tutti i giunti e i raccordi.

Capitolo 5

La protezione radon grazie al direzionamento dei flussi d'aria

5.1 Panoramica delle misure da intraprendere

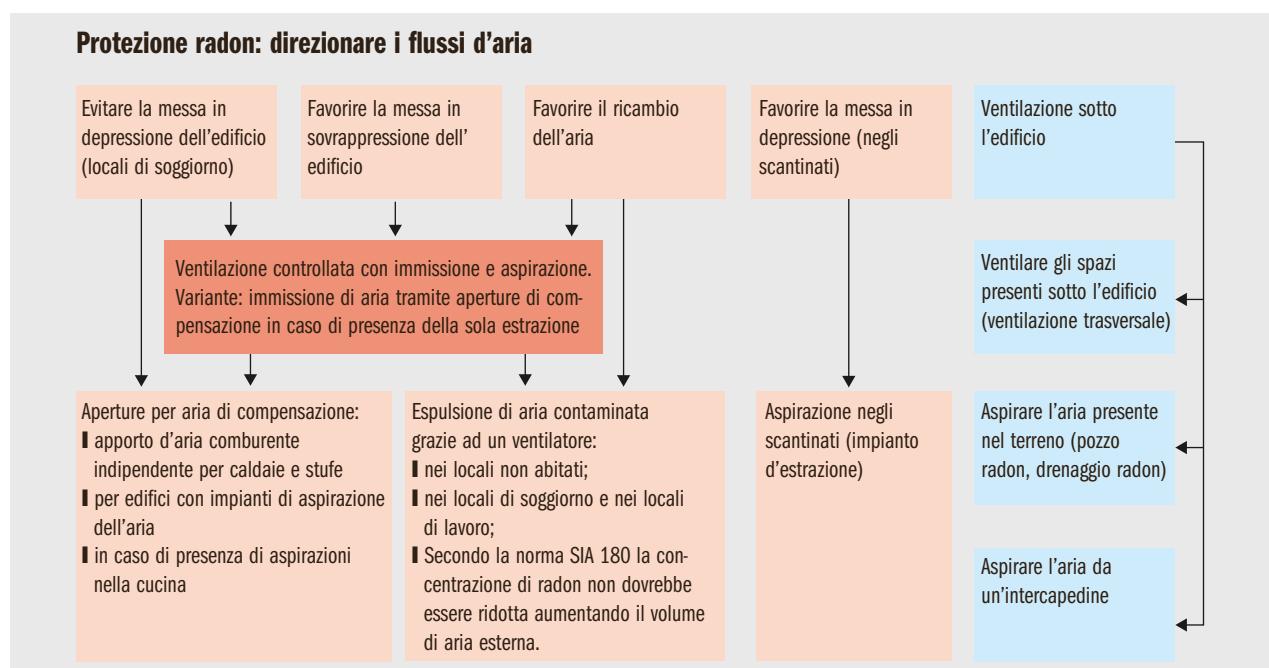
L'aria è l'elemento che meglio trasporta il radon. Questo gas radioattivo può trovarsi in maniera concentrata nell'aria che si trova nel sottosuolo e con essa può raggiungere l'atmosfera e l'interno degli edifici. In determinate situazioni, in particolare nei locali chiusi ermeticamente o mal ventilati, la concentrazione di radon nell'aria ambiente può raggiungere valori critici. Concentrazioni molto elevate vengono spesso rilevate nelle cantine, ma talvolta anche nei locali di soggiorno e negli uffici, in particolar modo se essi si trovano ai piani inferiori di un edificio.

Allo scopo di ridurre questo potenziale pericolo, deve essere ridotta, per quanto possibile, infiltrazione di aria contaminata all'interno dell'edificio. Quale accorgimento supplementare, al fine di contenere la problematica, è inoltre possibile ricambiare l'aria contaminata.

I possibili accorgimenti possono essere suddivisi in cinque gruppi distinti (figura 5.1):

- Prevenire la creazione di una depressione nei locali di soggiorno e di lavoro;
- Favorire la creazione di una sovrappressione all'interno dei locali di soggiorno;

Figura 5.1: Favorire la protezione radon intervenendo sulle condizioni di pressione e definendo i flussi d'aria nell'edificio.



- Favorire un costante ricambio d'aria;
- Favorire la creazione di una depressione al piano seminterrato (ventilazione degli scantinati);
- Ventilare sotto l'edificio.

Nell'ambito di queste cinque possibili tipologie di accorgimenti vengono utilizzate diverse metodologie di ventilazione (Tabella 5.2). L'**entrata del radon nei locali per diffusione**, equiparabile alla diffusione del vapore acqueo, ha un'entità contenuta rispetto alla penetrazione per convezione. Analisi hanno permesso di attribuire al fenomeno di diffusione solo una minima parte dell'ingresso di radon all'interno dell'edificio.

L'**involtucro dell'edificio** deve essere concepito e realizzato in maniera che sia ermetico. La Norma SIA 180 definisce diversi valori limite e valori mirati per la permeabilità all'aria in funzione del fatto che l'edificio sia nuovo o risanato così come della modalità di ventilazione e del rispettivo sistema di ventilazione installato. L'ermeticità dell'involtucro dell'edificio influenza anche la presenza di inquinanti indoor all'interno dei locali. Nei locali di soggiorno soggetti ad una depressione, l'aria in entrata viene a contatto con gli elementi di costruzione

dell'edificio. Ciò può avere conseguenze negative in quanto questi materiali possono contenere sostanze nocive. D'altro canto, un involtucro dell'edificio non ermetico garantisce un costante ricambio dell'aria favorendo una diluizione delle concentrazioni di radon. Ciò porta quindi a un possibile conflitto tra le strategie dedicate al raggiungimento dei vari obiettivi assegnati all'edificio (qualità dell'aria indoor e coibentazione termica), che deve essere valutato con i vari esperti. Quello che è tuttavia sicuro, è che rendere ermetici i passaggi presenti nei pavimenti e nelle pareti a contatto con il terreno rimane una strategia efficace per proteggersi dal radon.

Allo scopo di valutare l'ermeticità dell'involtucro negli edifici, la SIA definisce dei valori mirati in relazione alle perdite ammesse per metro quadrato di involtucro e in una condizione in cui tutte le aperture sono chiuse (Tabella 5.1). Le superfici contro terra sono esplicitamente parte integrante dell'involtucro. Le perdite vengono misurate applicando una differenza di pressione tra interno ed esterno dell'involtucro di 50 Pascal. L'adempienza ai valori definiti dalla Norma SIA 180, non garantisce tuttavia che l'involtucro dell'edificio sia ermetico al radon, in quanto singoli punti non ermetici possono causare l'entrata di radon. Gli elementi di costruzione particolarmente critici devono pertanto soddisfare standard di ermeticità particolarmente elevati.

I **flussi d'aria** all'interno di un edificio sono causati da differenze di temperatura o di pressione generati naturalmente oppure da sistemi di ventilazione meccanici, principalmente dotati di ventilatori. Ciò può causare notevoli consumi elettrici. Già a partire da una potenza installata pari a 50 W il ventilatore consuma più di 400 kWh all'anno. Inoltre un sistema di ventilazione meccanica, anche se composto da singoli ventilatori, necessita di manutenzione. È per questo motivo che sistemi passivi sono da prediligere rispetto a quelli attivi.

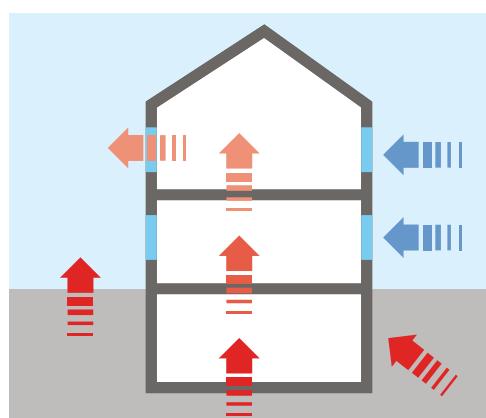


Figura 5.2: Il ricambio dell'aria (interno-esterno) influenza significativamente la concentrazione radon nei locali.

Valori in $m^3/(h m^2)$	Valori limite per edifici		Valori mirati
	Con ventilazione naturale	meccanica	
Edifici nuovi	2,4	1,6	0,6
Ammodernamenti, risanamenti	3,6	2,4	1,5

Tabella 5.1: Ermeticità dell'involtucro dell'edificio: perdite consentite (Norma SIA 180).

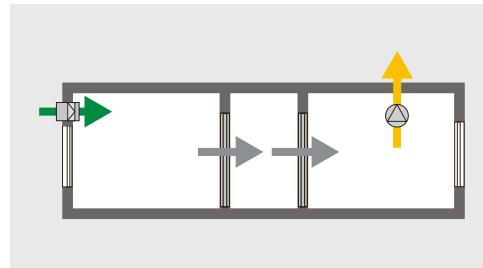
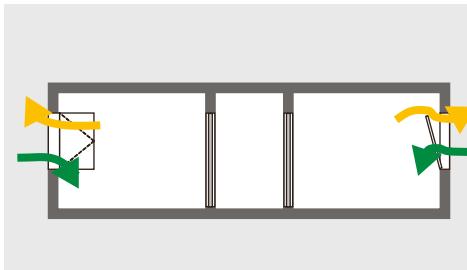


Figura 5.3 (sinistra): Ventilazione grazie all'apertura di finestre.

Figura 5.4 (destra): Semplice impianto di aspirazione con aperture per l'aria di compensazione.

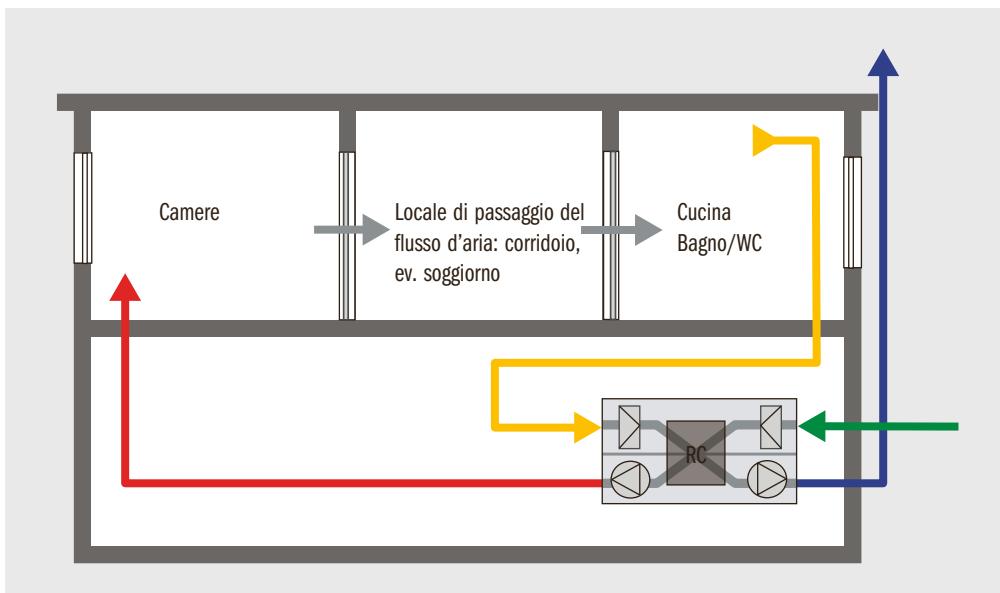


Figura 5.5: Impianto di ventilazione meccanica.

Metodo, sistema	Osservazioni	Idoneità alla protezione radon
Ventilazione tramite finestre (Figura 5.3)	In molti edifici non è fattibile a causa del rumore proveniente dall'ambiente esterno e delle esigenze di comfort.	A causa della mancata sistematicità del ricambio dell'aria non raccomandato per la protezione radon.
Semplice impianto di aspirazione con aperture per l'aria di compensazione (Figura 5.4)	Sistema installato in molti edifici. Genera spesso una depressione (carenze legate all'ermeticità dell'involucro).	Oppuntivo solamente se accompagnati da aperture di immissione dell'aria esterna di compensazione (in caso contrario pericolo di depressione nei locali).
Sistema di ventilazione meccanica con immissione e aspirazione (Figura 5.5)	Impianti che in generale hanno uno scambiatore di calore. I volumi in entrata e uscita possono essere regolati.	Adatto. Specialmente nel caso in cui i volumi d'aria in entrata sono maggiori di quelli in uscita (sovrapressione). Prestare attenzione al bilanciamento dei volumi d'aria.
Ventilazione puntuale per singolo locale	I nuovi apparecchi sono generalmente equipaggiati con un sistema di recupero del calore. Prestare attenzione a eventuali rumori.	Di base adatto. Prestare attenzione al bilanciamento dei volumi d'aria (i volumi di aria immessa ed estratta devono essere uguali).
Sistema di ventilazione con riscaldamento dell'aria	Molti edifici con aria d'immissione riscaldata presentano problemi di comfort.	Adatto. Specialmente nel caso in cui i volumi d'aria in entrata sono maggiori di quelli in uscita (sovrapressione). Prestare attenzione al bilanciamento dei volumi d'aria.

Tabella 5.2: Metodi e sistemi per il ricambio d'aria secondo il quaderno tecnico SIA 2023.

5.2 Evitare la messa in depressione dell'edificio

In caso di presenza di una depressione c'è il rischio che l'aria contaminata presente nei locali attigui (come ad esempio una cantina), negli elementi di costruzione o nel sottosuolo possa essere aspirata all'interno dei locali di soggiorno. Si genera una situazione di depressione nei locali abitati quando l'aria presente al loro interno è più calda di quella che si trova nei locali adiacenti o di quella esterna. La differenza di pressione risulta di conseguenza essere maggiore durante la stagione invernale rispetto ai periodi più caldi dell'anno. Quando gli edifici vengono riscaldati, l'aria calda tende a salire (la sua densità è minore). Questa massa d'aria convettiva ascendente, conosciuta come effetto camino, provoca un gradiente di pressione verticale nell'edificio (la pressione è minore nei piani inferiori rispetto a quella presente nei piani superiori). Ciò si traduce in una situazione di depressione nei piani inferiori, che sono a diretto contatto con locali non riscaldati, quali le cantine, o con il sottosuolo. I vani degli ascensori o di altre installazioni accentuano questo effetto.

Grazie alla riduzione della percentuale di aria estratta dagli impianti di ventilazione, attraverso aperture per l'aria di compenso o ancora

grazie a un sistema di immissione, la depressione può essere evitata (Tabella 5.3). Queste misure sono particolarmente adatte per gli edifici esistenti. Nel caso di nuove edificazioni sono da prediligere sistemi di ventilazione controllata con un'immissione e un'aspirazione. Nel caso in cui le aperture previste non sono state dimensionate correttamente o si aprono solo in caso di presenza di una depressione, si corre il rischio che, nonostante tutto, l'aria contaminata venga aspirata dal terreno sottostante. Il principio della resistenza minima è in questo caso determinante.

Stufe, camini o bruciatori utilizzano, in molti edifici, l'aria presente all'interno dell'immobile quale aria comburente. Quest'aria esce dall'edificio, sotto forma di fumo, attraverso la cappa del camino. Il volume d'aria comburente dipende fortemente dalla potenza termica dell'impianto, quindi nuovamente dalla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'edificio.

La soluzione ottimale a questo problema risulta essere, come richiesto dalla Norma SIA 180 e come spesso avviene nelle nuove edificazioni dotate di camini o bruciatori, l'inserimento di una presa d'aria separata per l'aria di combustione. Il dimensionamento

Tabella 5.3: Evitare la messa in depressione – 3 possibili provvedimenti.

Ridurre i volumi d'aria estratta*	Aperture per l'aria di compenso	Sistema di immissione d'aria*
I ventilatori nei bagni e nei WC entrano in funzione unicamente quando il locale è utilizzato (inserimento in corrispondenza dell'accensione della luce). Un'ulteriore possibilità è la riduzione del volume di aria estratta	Installazione di aperture per la compensazione di aria grazie al carotaggio della parete perimetrale e all'applicazione di chiusure da ambo i lati (interno – esterno); prestare particolare attenzione alla possibile formazione di condensa (Figura 5.6). Un'apertura viene definita come «attiva» quando è stato posato un ventilatore che provvede a immettere l'aria nell'edificio.**	I sistemi di immissione d'aria sono idonei in singole situazioni, soprattutto in edifici di non recente costruzione dove è presente un sistema di estrazione dell'aria interna. Senza un riscaldamento dell'aria l'impianto d'immissione di aria esterna può creare problemi di comfort abitativo. La presa d'aria del sistema di ventilazione dovrebbe essere posizionata almeno 3 m al di sopra del terreno.
Sostituzione di cappe d'aspirazione della cucina con un sistema a ricircolo	In presenza di una cappa d'aspirazione in cucina eseguire un'apertura per la compensazione d'aria. In questo caso installare una clappa che si apre unicamente quando la cappa della cucina entra in funzione.	

Soluzione molto economica

Soluzione relativamente economica

Soluzione relativamente costosa

* Nei locali con una ventilazione controllata (con immissione e aspirazione) esiste generalmente la possibilità di regolare il volume d'aria immessa e aspirata tramite ventilatori con regolazione del numero di giri. Un volume d'aria immessa superiore di 5 % rispetto a quella aspirata elimina il problema della depressione.

** I passaggi dalla parete perimetrale sono definiti come aperture per la compensazione d'aria. Quelle attraverso la parete o la porta di un locale interno vengono definite aperture per il passaggio dell'aria. Le due tipologie di aperture possono funzionare in maniera attiva (con ventilatore) o passiva («compensatori attivi»).

di quest'ultima dipende dal fabbisogno di aria comburente che è dipendente dalla potenza termica dell'impianto. Nel caso dei bruciatori, l'installatore è la persona responsabile del corretto dimensionamento dell'impianto mentre per i camini le persone incaricate di questo aspetto sono l'architetto o l'installatore. Una possibile causa della formazione di depressioni all'interno dei locali di soggiorno può essere l'utilizzo di impianti d'aspirazione per cucine e bagni. O questi impianti sono concepiti come sistemi a ricircolo, oppure gli apparecchi di estrazione devono essere completati con aperture per l'aria di compensazione. Nel caso di un edificio di cinque metri di altezza e con una differenza di temperatura tra interno e esterno di 20 °K, al piano terra

viene generata una depressione tale da poter aspirare, grazie alla presenza di una crepa di un metro di lunghezza e un millimetro di larghezza, un volume d'aria di più metri cubi all'ora. Per questa ragione risulta difficile in molti edifici annullare completamente gli effetti della depressione.

■ **Portata aria esterna:** la Norma SIA 382/1 fornisce dei valori indicativi relativi ai volumi d'aria esterna che possono entrare all'interno di un edificio. Nei locali di soggiorno e nelle camere da letto: 30 m³ per persona, 15 m³ per persona durante il periodo notturno. Nei sistemi di ventilazione che servono più locali e laddove vi è un passaggio dei volumi d'aria tra locali è suggerito l'utilizzo di volumi più importanti.

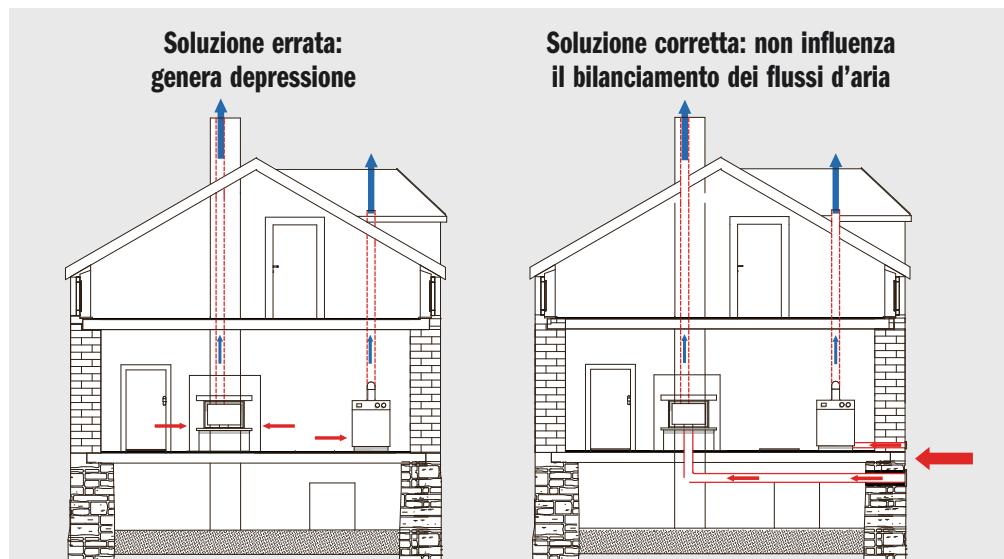


Figura 5.6: Grazie ad un'adduzione dall'esterno dell'aria comburente del camino o della cappa della cucina si evita la creazione di una depressione all'interno dei locali abitativi (Fonte: SMUL).

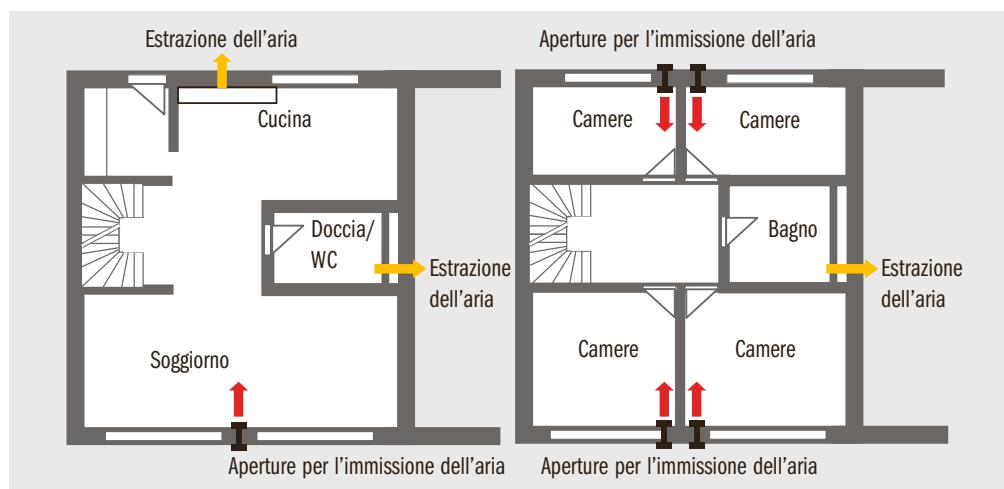


Figura 5.7: Ricambio dell'aria grazie a un impianto di aspirazione e ad aperture per l'immissione dell'aria di compensazione.

5.3 Favorire la messa in sovrappressione dell'edificio

Una leggera sovrappressione di 2–3 Pascal all'interno dell'edificio può evitare la penetrazione di aria contaminata dal sottosuolo. Nei locali in cui è presente un sistema di ventilazione, ossia in edifici con una ventilazione meccanica (con immissione e aspirazione), i volumi d'aria in entrata e in uscita possono essere stabiliti, a seconda dei casi, direttamente regolando i ventilatori. Un volume d'aria immessa maggiore del 5 % rispetto al volume d'aria estratta genera una leggera sovrappressione all'interno dei locali. Questa minima differenza di pressione è difficile da generare e da regolare. Negli edifici senza un sistema di ventilazione meccanica l'alternativa è l'installazione di un sistema di ventilazione con sola immissione (si veda capitolo 5.2). Generando una sovrappressione nei locali potenzialmente o effettivamente contaminati, la protezione radon entra parzialmente in conflitto con il contenuto della Norma SIA 180 «Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici». Questo potenziale conflitto è dato dal fatto che produrre una sovrappressione causa l'uscita di aria attraverso i punti non stagni presenti nell'involucro. Per queste perdite devono essere considerati i valori stabiliti dalla Norma SIA 180 (Tabella 5.1). In quest'ottica, è inoltre importante considerare pure le perdite termi-

che dovute all'uscita dell'aria dall'involucro. Anche per questa ragione è essenziale favorire un concetto di protezione che si basa su una sovrappressione minima e su una ventilazione tramite volumi d'aria contenuti.

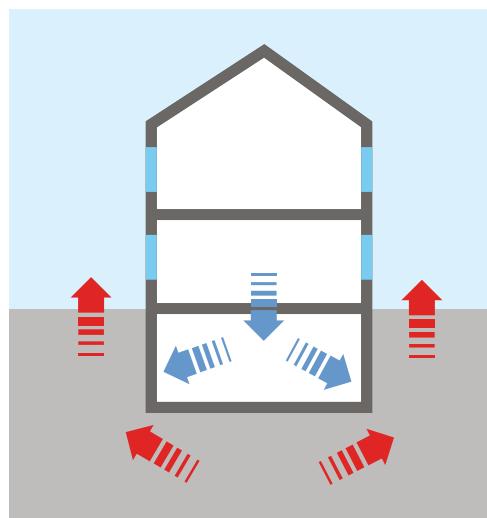


Figura 5.8: La messa in sovrappressione dell'edificio impedisce l'entrata di radon.

5.4 Favorire il ricambio dell'aria

Il ricambio dell'aria all'interno dei locali è favorito dalla presenza di finestre aperte, da un impianto di aspirazione dell'aria o da una ventilazione meccanica (Tabella 5.4). Fintanto che un sistema di ventilazione meccanica (avente un'immissione, un'aspira-

zione e generalmente anche un recuperatore di calore) viene pianificato e installato correttamente, esso costituisce una soluzione affidabile per il ricambio d'aria favorendo la riduzione delle concentrazioni radon presenti all'interno dei locali (Norma SIA180).

Ventilazione con apertura delle finestre	Ventilazione tramite apertura automatica delle finestre	Impianto di aspirazione	Impianto di ventilazione meccanica
Finestre aperte manualmente, se possibile opposte.	Apertura e chiusura automatica delle finestre grazie a motori	Aspirazione ed espulsione dell'aria contaminata presente nei bagni e in cucina.	Immissione e aspirazione dell'aria grazie a un sistema di ventilazione con integrato uno scambiatore di calore
- Svantaggi: causa perdite energetiche (dispersione di calore tramite ventilazione) relativamente importanti. Spesso il comfort risulta essere di conseguenza insufficiente.	- Svantaggi: genera delle depressioni e porta spesso a correnti d'aria all'interno dell'edificio.	- Svantaggi: costi elevati e di difficile installazione in vecchi edifici (problemi di ingombro). Genera depressione, ciò che può causare la penetrazione di aria contaminata all'interno dell'edificio.	- Svantaggi: in caso di errato bilanciamento può causare una depressione.
+ Vantaggi: costi contenuti.	+ Vantaggi: costi relativamente contenuti.	+ Vantaggi: spesso già esistente.	+ Vantaggi: comfort elevato, risparmio energetico.
Conclusione: a causa della mancanza di sistematicità nell'eseguire il ricambio d'aria, non adatto alla protezione radon.	Conclusione: parzialmente adatto alla protezione radon (la sistematicità del ricambio d'aria può essere programmata).	Conclusione: non adatto per la protezione radon (da implementare unicamente con aperture per l'immissione di aria di compenso).	Conclusione: se implementata correttamente soluzione ideale per la protezione radon.

Tabella 5.4:
Ricambio d'aria.

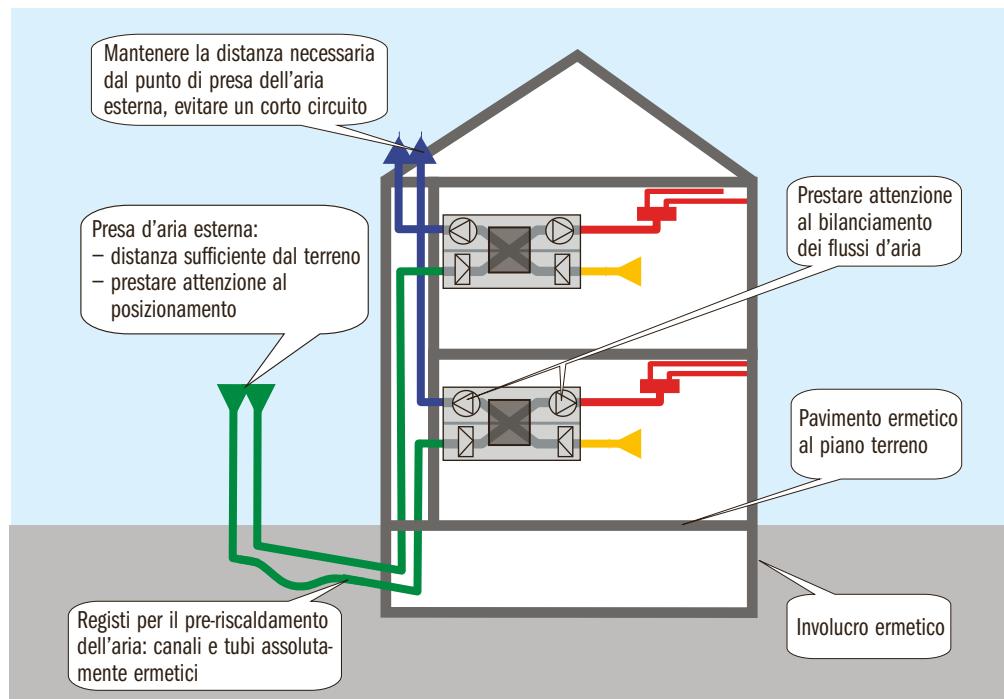


Figura 5.9: Punti importanti da osservare per la progettazione di un impianto di ventilazione, vedi anche quaderno tecnico SIA 2023.

5.5 Ventilazione sotto l'edificio

L'estrazione di aria contaminata da radon grazie ad una ventilazione sotto l'edificio risulta essere una metodologia di protezione dal radon molto efficace. Questa soluzione è però di difficile implementazione in molti edifici esistenti e può spesso causare perdite energetiche. Di seguito sono elencate le misure che possono essere implementate:

- Ventilazione degli spazi presenti sotto l'edificio;
- Aspirazione dell'aria presente nel sottosuolo (pozzo radon, drenaggio radon. Intervento classico in Ticino);
- Aspirazione dell'aria da intercapedini;

In sostanza si distinguono due metodologie di intervento:

- Misure di ventilazione in cui viene immessa aria fresca (ventilazione trasversale): il ricambio d'aria diluisce la concentrazione di radon presente;
- Aspirazione e allontanamento dell'aria contaminata presente nel terreno (messa in

depressione): si crea una depressione che aspira l'aria contaminata dal terreno.

Ventilazione degli spazi presenti sotto l'edificio

Gli edifici privi di scantinati sono spesso costruiti sopra vespai, che riducono i problemi di umidità nella costruzione. Eventuali aperture dedicate alla ventilazione di questi spazi possono aiutare a proteggere efficacemente dal radon. Esse devono tuttavia essere eventualmente ingrandite o adattate secondo le necessità. Possono inoltre anche essere installati dei ventilatori che hanno l'obiettivo di generare un flusso d'aria. Esistono in questo caso due possibili metodologie: si può favorire la circolazione dell'aria esterna attraverso le diverse aperture di ventilazione (Figura 5.10, 5.11 e 5.12) oppure si può rinunciare alla creazione di aperture di ventilazione cercando di mettere in depressione questo spazio (Figura 5.13). Tramite la depressione generata grazie a questa

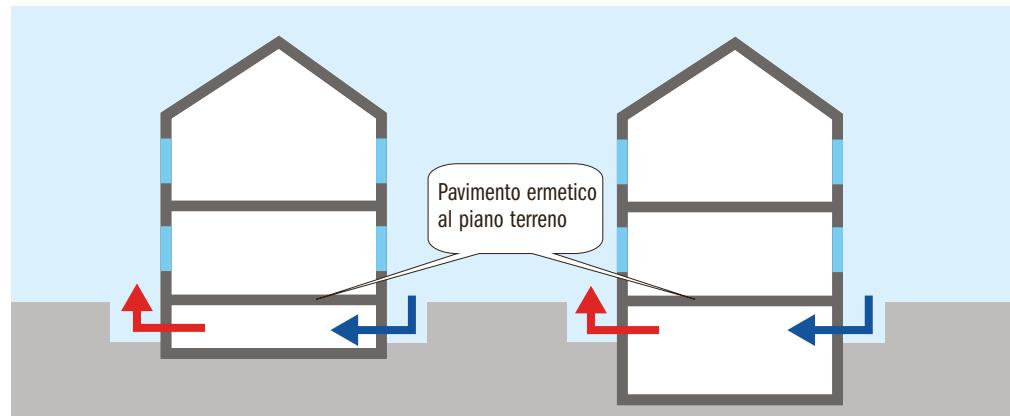


Figura 5.10: Princípio di ventilazione con apporto di aria esterna (ventilazione trasversale).

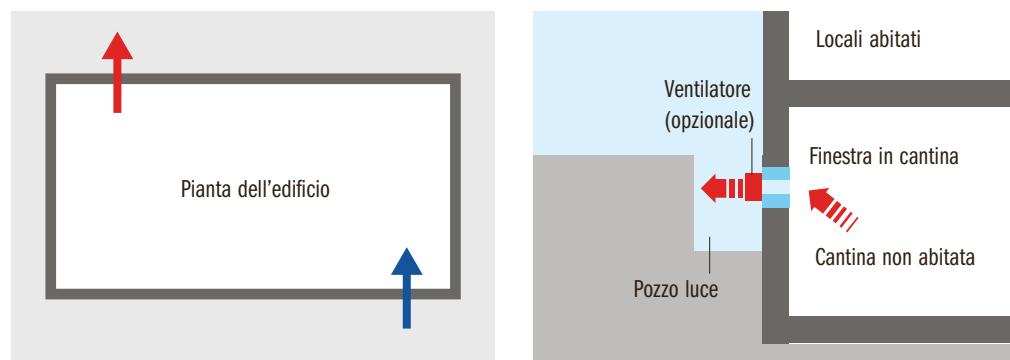


Figura 5.11 (sinistra): Un flusso d'aria trasversale favorisce il ricambio dell'aria.

Figura 5.12 (destra): Un flusso d'aria può essere generato attivamente grazie ad un ventilatore.

metodologia l'aria contaminata presente nel sottosuolo viene aspirata ed espulsa esternamente.

Allo scopo di contenere le portate del ventilatore le superfici a diretto contatto con il vespaio sottostante devono essere rese ermetiche.

La decisione di ventilare attivamente o passivamente questi spazi dipende sia dalle caratteristiche costruttive dell'edificio che dalle concentrazioni radon rilevate. L'utilizzo di un ventilatore risulta essere generalmente più efficace di una semplice ventilazione naturale.

Anche se una solo una parte della sottostruttura/del sottosuolo dell'edificio viene ventilata, l'effetto positivo di questo intervento può essere rilevato in tutto l'edificio. La messa in depressione del sottosuolo innesta infatti un fenomeno di aspirazione più ampio che permette una riduzione delle concentrazioni radon in tutto l'edificio.

A seconda della posizione, le case terrazzate presentano un rischio radon più elevato in quanto hanno un'importante percentuale della superficie dell'involucro che si trova direttamente a contatto con il terreno. A dipendenza delle caratteristiche costruttive dell'edificio, la messa in depressione del terreno sottostante o dietro lo stesso è una soluzione sensata che in alcuni casi può essere favorita grazie ad aperture laterali.

Aspirazione d'aria dal sottosuolo

Questa misura è generalmente la soluzione più economica. L'obiettivo di quest'intervento è quello di creare una depressione sotto la platea di fondazione dell'edificio. Contrariamente alla ventilazione del vespaio precedentemente descritta, qui non viene generato un flusso d'aria proveniente dall'esterno, ma viene creata un'aspirazione direttamente nel terreno. L'efficacia dell'impianto dipende dall'intensità della depressione che si riesce a generare nel terreno presente sotto l'edificio. A questo scopo può essere utilizzata la massicciata che viene generalmente posata tra il terreno e la platea di fondazione.

Pozzo radon

L'aspirazione di aria dal terreno può essere implementata puntualmente grazie all'installazione di un pozzo radon. In questo caso bisogna verificare che l'aria possa venir aspirata da tutta la superficie di terreno presente sotto l'edificio. L'aspirazione può avvenire grazie a:

- utilizzo di vani a contatto con il terreno presenti sotto la platea di fondazione;
- carotaggio attraverso la platea di fondazione per arrivare alla massicciata sottostante. Aspirazione dell'aria contaminata

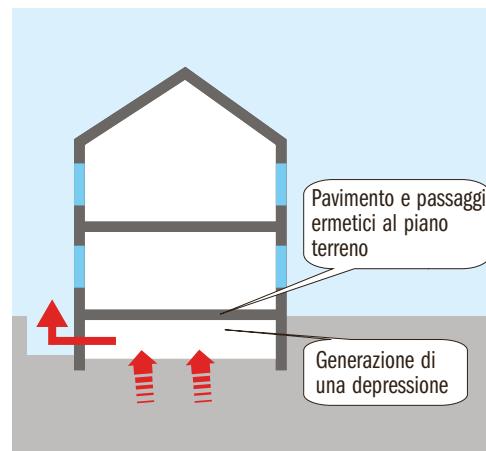


Figura 5.13: Concetto di aspirazione con generazione di una depressione.

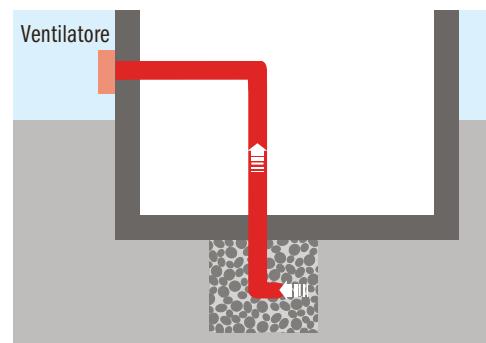


Figura 5.14: Pozzo radon interno.

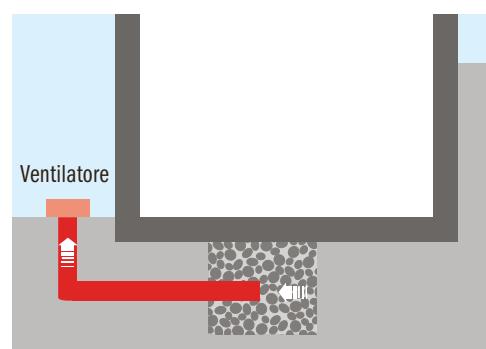


Figura 5.15: Pozzo radon esterno.

ed espulsione verso l'esterno grazie ad un sistema di ventilazione. In caso di necessità possono essere eseguiti più carotaggi. Gli stessi devono poi essere collegati tra loro così da poterli poi collegare ad un unico ventilatore.

- La potenza dei ventilatori deve essere definita in funzione della permeabilità del terreno così come della depressione richiesta;
- Scavo di un pozzo radon ($0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 1\text{ m}$ di profondità).

È anche possibile installare il sistema ventilazione per la messa in depressione del terreno fuori dal perimetro dell'edificio.

Drenaggio radon

L'efficacia risulta essere ancora più importante se viene installato un drenaggio radon. In questo caso vengono posati una serie di tubi drenanti nel terreno sottostante l'edificio. I tubi drenanti utilizzati sono forati nella metà inferiore. Il loro diametro è generalmente di 10 cm. Il materiale in cui viene annegato il tubo deve garantire una determinata permeabilità. La permeabilità del terreno determina anche la modalità con cui viene posato il tubo. Più il terreno è compatto, risultando quindi meno permeabile, più la rete di tubi posati deve essere fitta. Se il tubo drenante viene posato in una massicciata o nel magrone, lo stesso verrà posato a forma di «S», con una distanza tra i tubi di circa 8 m. In seguito il sistema di tubi drenati deve essere collegato a un tubo pieno (senza forature) prima dell'uscita esterna. Se invece il tubo viene posato in un terreno compatto, si raccomanda la posa di tubi con una distanza tra loro che si situa tra 1 e 3 metri. I drenaggi radon sono particolarmente adatti in caso di risanamenti globali, mentre per nuove edificazioni viene piuttosto preferita la costruzione di una platea ermetica.

In caso di installazione di un drenaggio radon è ovviamente necessario eseguire un nuovo pavimento all'interno dell'edificio. Il nuovo pavimento deve essere reso ermetico grazie alla posa di una barriera anti-radon, così da impedire l'eventuale aspirazione di

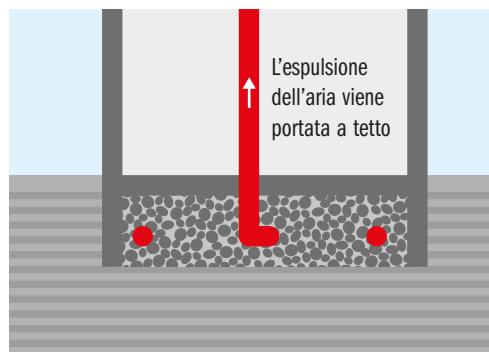


Figura 5.16: Annegamento di un drenaggio radon in uno strato di ghiaia (distanza tra i tubi fino a massimo 8 m).

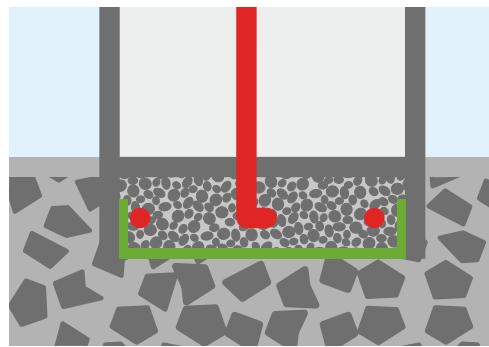


Figura 5.17: Installazione di un drenaggio radon con uno strato aggiuntivo di magrone (in verde) nel caso di terreni particolarmente permeabili.

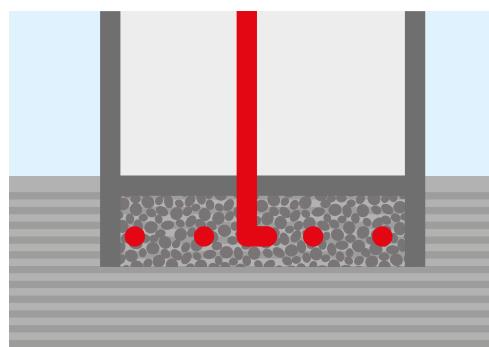


Figura 5.18: Installazione di un drenaggio radon in terreni poco permeabili (distanza tra i tubi da 1 a 3 metri).

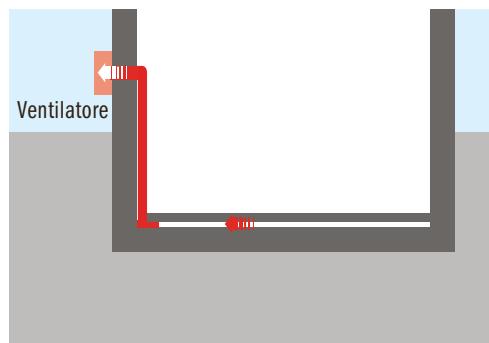


Figura 5.19: Aspirazione da un'intercapedine.

aria dall'interno dell'involturo causando in questa maniera perdite energetiche.

Aspirazione d'aria dalle intercapedini

Le intercapedini possono essere concepite in diversi modi e possono essere anche inserite in edifici esistenti a patto che l'altezza dei locali lo consenta. Sul mercato vi sono diversi elementi finiti che sono pensati per l'installazione in ambienti lavorativi. Il pavimento tecnico dovrebbe essere continuo su tutta la superficie dell'edificio. L'aria deve essere aspirata in maniera passiva o attiva, tramite ventilatori, e convogliata all'esterno dell'edificio grazie a un sistema di tubazioni. In questo caso bisogna assicurarsi che l'intercapedine sia ermetica. Questa metodologia può essere utilizzata anche in presenza di pareti contro terreno.

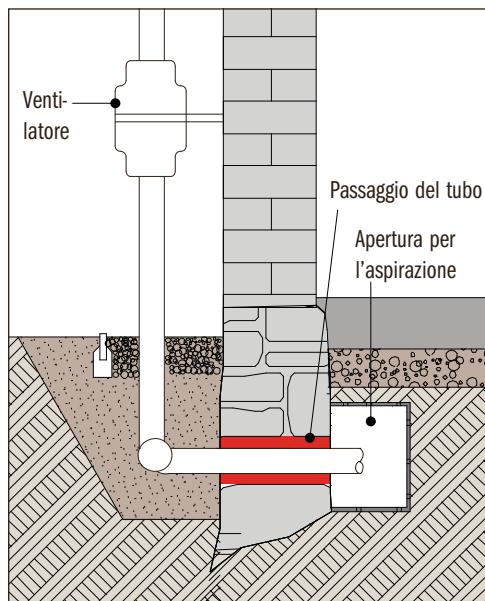


Figura 5.20: Pozzo radon
(Fonte: SMUL).

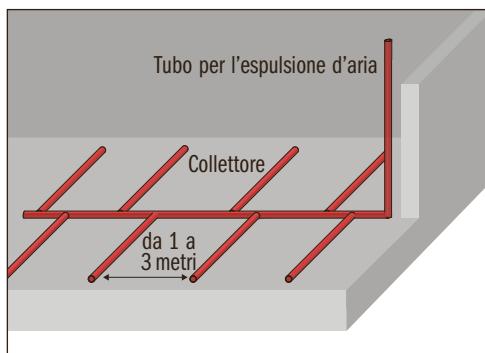
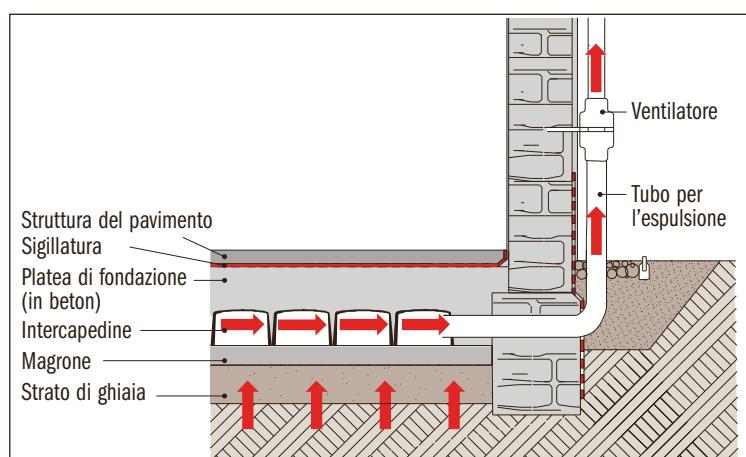
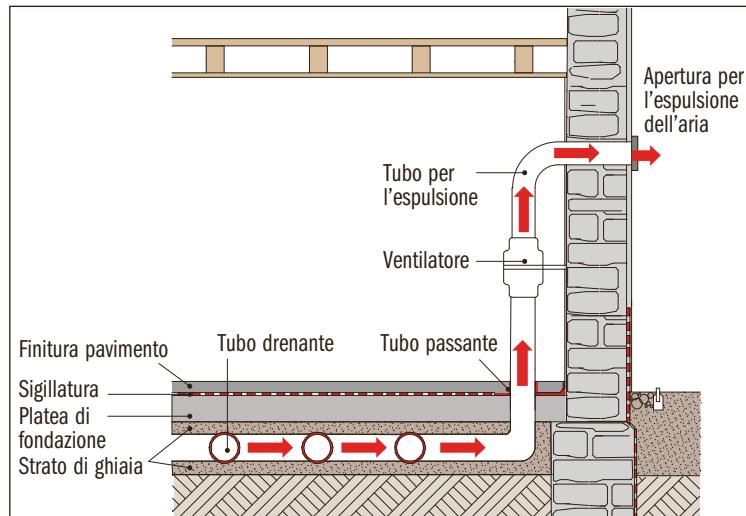


Figura 5.21: Drenaggio radon (Fonte: SMUL).

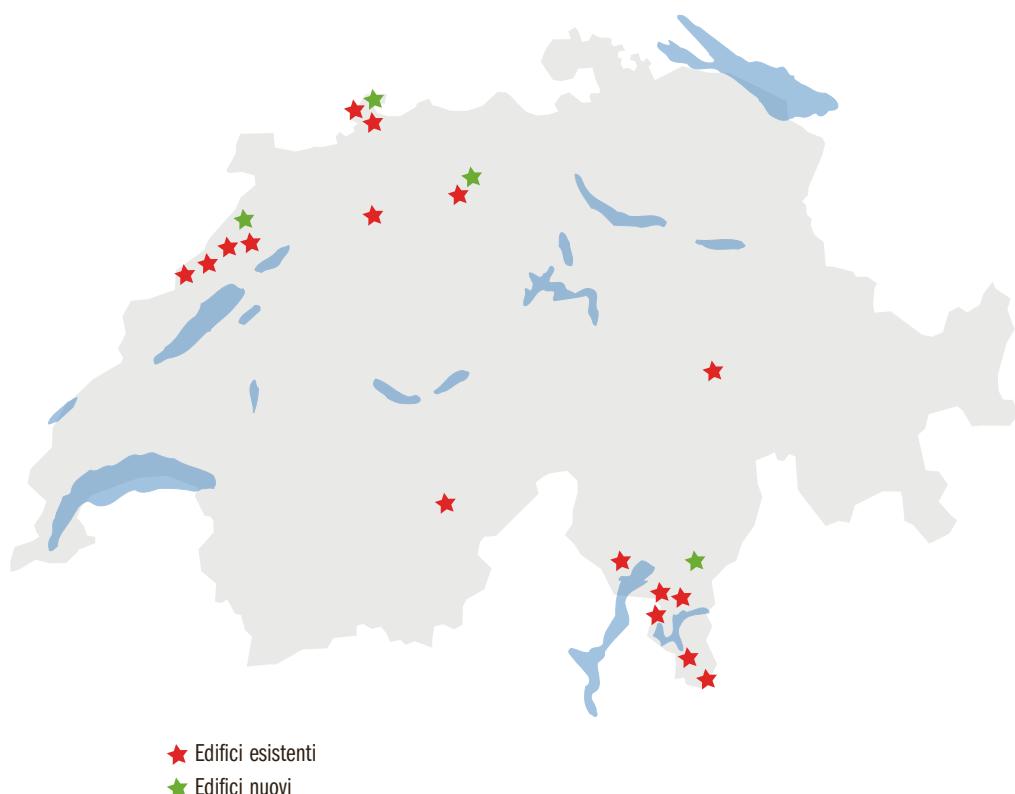
Figura 5.22 e 5.23:
 Sezione di un drenaggio radon. È generalmente più facile far passare il tubo con aria contaminata attraverso uno scantinato anziché all'esterno dell'involucro dell'edificio. Poiché i ventilatori non sono completamente stagni, un'installazione interna può presentare degli inconvenienti. Per questa ragione il ventilatore dovrà essere montato il più vicino possibile alla parte terminale del tubo (Fonte: SMUL)



Capitolo 6

Casi studio

6.1 Panoramica



Esempi per edifici esistenti						
Regione		Oggetto (anno di costruzione)	Concentrazione prima	Concentrazione dopo	Interventi	Pagina
Ticino	Mendrisio	Casa monofamiliare (1962)	PT: fino a 2200 Bq/m ³	Fino a 202 Bq/m ³	Pozzo radon esterno	53
Ticino	Mendrisio	Casa plurifamiliare	PT: fino a 1900 Bq/m ³ PC: fino a 4300 Bq/m ³	Fino a 102 Bq/m ³	Ventilazione della cantina	56
Ticino	Lugano	Casa monofamiliare (ca. 1960)	1P: fino a 980 Bq/m ³	Fino a 190 Bq/m ³	Pozzo radon interno	59
Ticino	Malcantone	Casa monofamiliare (1960)	PT: fino a 2900 Bq/m ³	Fino a 54 Bq/m ³	Ventilazione del vespaio	62
Ticino	Sottoceneri	Casa monofamiliare (1960)	Fino a 2000 Bq/m ³	Fino a 53 Bq/m ³	Aspirazione dell'aria dal sottosuolo	65
Ticino	Locarno	Casa monofamiliare	Fino a 3000 Bq/m ³	350 Bq/m ³	Sigillatura e ventilazione della cantina	67
Grigioni	Surserla	Casa monofamiliare (1700)	PT: fino a 2500 Bq/m ³ PC: superiore a 10 000 Bq/m ³	Inferiore a 300 Bq/m ³	Utilizzo dello scantinato come pozzo radon	69
Svizzera romanda	Giura bernese	Casa monofamiliare (1600)	Cantina: 3280 Bq/m ³ Ufficio: 2997 Bq/m ³ Cucina: 2335 Bq/m ³	Da 100 Bq/m ³ a 600 Bq/m ³	Sovrappressione – Impianto di ventilazione in lavanderia	73
Svizzera romanda	Franches-Montagnes	Casa monofamiliare (2005)	Bagno: fino a 14 000 Bq/m ³	Inferiore a 250 Bq/m ³	Pozzo radon esterno	75
Svizzera romanda	Giura neocastellano	Scuola (fine anni '90)	PT: fino a 8000 Bq/m ³ Cantina: fino a 15 000 Bq/m ³	150 Bq/m ³	Aspirazione dell'aria dal vespaio	77
Svizzera romanda	Giura neocastellano	Casa monofamiliare	Fino a 4500 Bq/m ³	Inferiore a 80 Bq/m ³	Pozzo radon esterno	81
Vallese	Alto Vallese	Scuola (anni '50)	Aula: 390 Bq/m ³ Locale tecnico: 3140 Bq/m ³	Aula: 60 Bq/m ³ , Locale tecnico: 783 Bq/m ³	Ottimizzazione della ventilazione	84
Altipiano	Soletta	Scuola dell'infanzia (ca. 1970)	PT: fino a 2700 Bq/m ³	Inferiore a 100 Bq/m ³	Aspirazione dell'aria dal vespaio	89
Altipiano	Olten	Casa monofamiliare (1974)	Cantina: fino a 4500 Bq/m ³ Corridoio: 1800 Bq/m ³	300 Bq/m ³	Nuova porta della cantina ermetica	92
Svizzera nord occidentale	Basilea	Uffici amministrativi (1903)	Cantina: fino a 1500 Bq/m ³	100 Bq/m ³	Ventilazione del seminterrato	95
Svizzera nord occidentale	Riehen	Casa monofamiliare (1921)	Cantina: 1930 Bq/m ³ Salotto: 290 Bq/m ³ Camera da letto: 130 Bq/m ³	Nessuna informazione	Incremento effetto camino	98
Edificio con elevati valori radon		Casa monofamiliare	PC: 55 000 Bq/m ³ Locali abitativi: fino a 9000 Bq/m ³ Appartamento di vacanza: fino a 3500 Bq/m ³	Nessuna riduzione dei valori radon	Drenaggi radon, ventilazione meccanica nel piano interrato	101

Esempi per edifici nuovi						
Regione		Oggetto (anno di costruzione)	Interventi	Pagina		
Ticino	Bellinzona	Casa monofamiliare (2016)	Inserimento di speciali manicotti nei tubi passanti, platea di fondazione in calcestruzzo XC2, sistema di drenaggi preventivo, ventilazione meccanica		103	
Svizzera romanda	Freiberg	Casa monofamiliare (Risanamento completo nel 2015)	Involucro dell'edificio ermetico, ventilazione meccanica		106	
Altopiano	Olten	Scuola (2013)	Valori radon tra 10 e 789 Bq/m ³ (locale con pozzo per estrazione dell'acqua di falda), nessun intervento necessario		108	
Svizzera nord occidentale	Riehen	Scuola dell'infanzia (2017)	Platea di fondazione del piano terreno e pareti a contatto con il terreno in calcestruzzo impermeabile all'acqua, drenaggio radon sotto la platea di fondazione del piano terreno		109	

6.2 Edifici esistenti

Casa monofamiliare nel Mendrisiotto

La casa monofamiliare si trova in Ticino, dove il rischio radon è generalmente elevato. L'edificio è stato costruito nel 1962 e ampliato nel 1999. È costituito da due piani (piano terreno e primo piano). I principali locali abitativi si trovano al primo piano (cucina, soggiorno, bagni, camere da letto, locale multiuso). Di recente è stata modificata la destinazione d'uso dei locali situati al piano terreno. Oltre ai locali non abitativi (lavanderia, cantina) si trovano ora anche degli spazi abitativi (locale hobby, ufficio). I due piani sono collegati da una rampa di scale.

Situazione radon

Una prima misurazione con dosimetria passiva ha rilevato una concentrazione di 307 Bq/m³ nel salotto al primo piano. Ulteriori misurazioni effettuate con strumenti di misura attivi hanno rilevato valori fino a 2218 Bq/m³ nei locali al piano terreno e fino a 983 Bq/m³ al primo piano.

Analisi

Il radon si infiltra nell'edificio attraverso diversi punti non ermetici delle fondamenta, per questo motivo si consiglia la realizzazione di pozzi radon i quali generano una depressione nel terreno sottostante l'edificio. Di seguito le soluzioni ipotizzate:

- Pozzo radon interno in lavanderia, l'aria aspirata è espulsa all'esterno;
- Pozzo radon esterno, i cui tubi arrivano fin sotto la platea di fondazione.

Generalmente un pozzo radon interno ha una maggiore efficacia. Il pozzo radon esterno invece non richiede alcuna modifica strutturale e non genera rumori causati dalla ventilazione all'interno dell'edificio. Per questi motivi è stata scelta la variante esterna.

Interventi

È stato inizialmente creato un primo foro per un tubo di aspirazione, l'effetto non era tuttavia sufficiente. I valori radon nel soggiorno al primo piano si situavano ancora fra i 567 e gli 886 Bq/m³.

Il carotaggio si è poi rivelato essere troppo corto, in quanto non attraversava completamente la fondazione perimetrale e di conseguenza non generava una depressione sotto l'edificio.

Un ulteriore carotaggio, ma eseguito in un'altra posizione, ha permesso di ridurre considerevolmente le concentrazioni rilevate all'interno dell'edificio. Una successiva misurazione svolta su un periodo di tre mesi ha rilevato i seguenti valori radon:

- Soggiorno (1. P): 112 Bq/m³
- Corridoio (PT): 202 Bq/m³
- Ufficio (PT): 91 Bq/m³

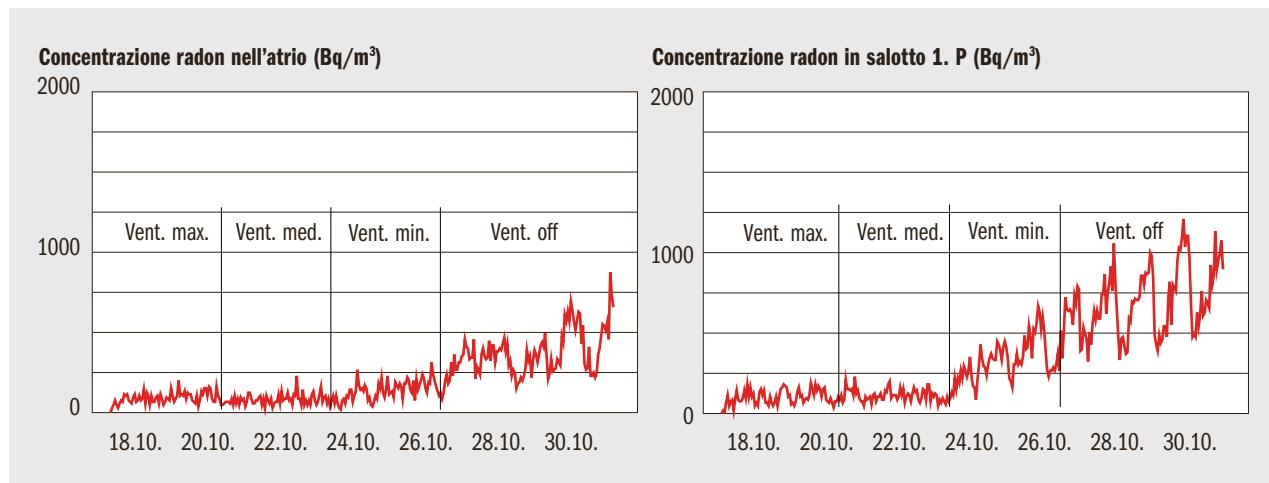
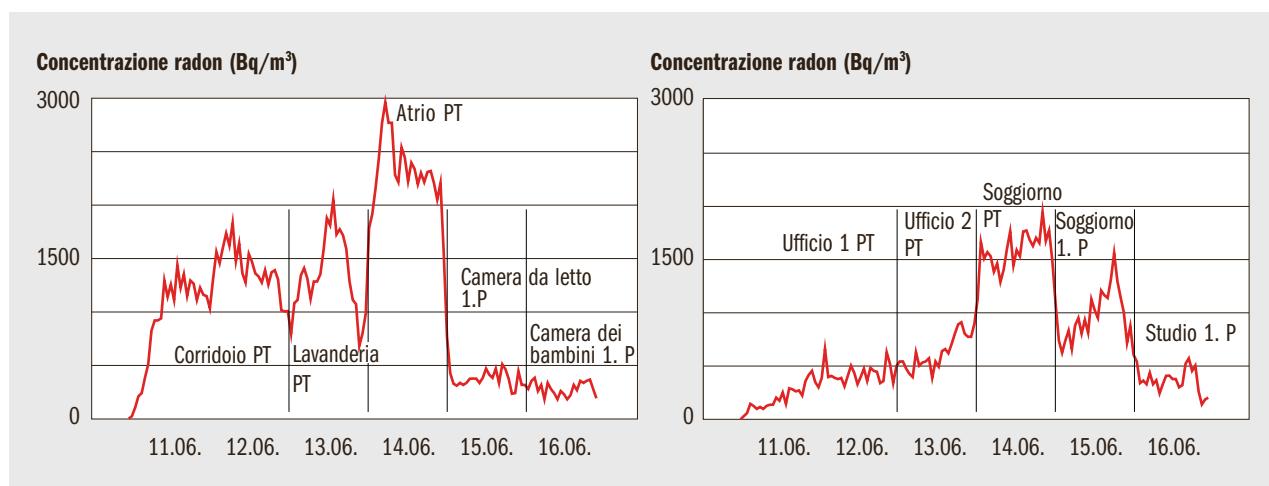
L'impianto funziona per 24 ore durante l'intero periodo di riscaldamento. In estate, quando la casa non viene riscaldata, il ventilatore si accende solo di notte.



Figura 6.1 (sopra): L'edificio a due piani presenta punti non ermetici nella pavimentazione. Questo comporta valori radon elevati, soprattutto al piano terreno.

Figura 6.2 (al centro): Le misurazioni tramite strumenti attivi hanno mostrato valori radon significativamente elevati.

Figura 6.3 (sotto): I due fori eseguiti per il pozzo radon hanno portato ad una riduzione della concentrazione di radon.



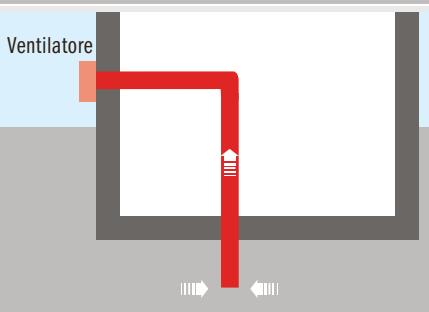
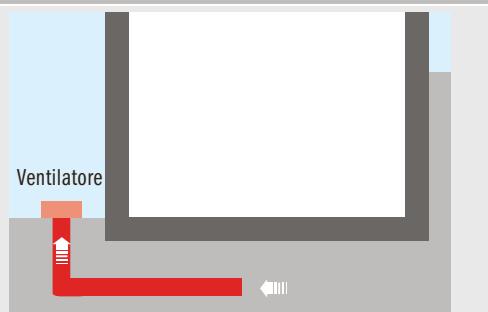
Pozzo radon interno	Pozzo radon esterno
	
Vantaggi	Vantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ■ In genere più efficace 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nessuna modifica della struttura dell'edificio ■ Riduzione del rumore all'interno dell'edificio grazie alla posa esterna del ventilatore
Svantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ■ Modifiche nella struttura dell'edificio (buco nel pavimento) ■ Possibile rumore all'interno dell'edificio dovuto alla presenza di ventilatori 	<ul style="list-style-type: none"> ■ In genere minore efficace

Tabella 6.1: Vantaggi e svantaggi delle possibili soluzioni.



Figura 6.4: Per il pozzo radon esterno è stato eseguito un carotaggio sotto l'edificio.



Figura 6.5: Impianto definitivo.

Casa plurifamiliare nel Mendrisiotto

La casa plurifamiliare sorge su un terreno ghiaioso situato in zona nucleo e comprende, al piano terreno, un appartamento composto da salotto, cucina, bagno e camera da letto. Al piano interrato si trova una cantina non abitata. Una parte dell'appartamento poggia sopra la cantina, il resto invece direttamente sul terreno. La cantina è accessibile dall'appartamento grazie alla presenza di una porta non ermetica.

Situazione radon

La prima misurazione con dosimetria passiva ha rilevato una concentrazione radon nel soggiorno di 647 Bq/m³.

Ulteriori misurazioni effettuate con strumenti di misurazione attiva hanno rilevato valori radon notevolmente elevati:

- Al piano terreno fino a 1919 Bq/m³
- Nel seminterrato fino a 4367 Bq/m³

Analisi

Il terreno ghiaioso sottostante l'edificio è stato identificato quale fonte di radon. Sono state considerate le seguenti soluzioni:

- Ventilazione dello scantinato: l'installazione di un ventilatore in cantina produce una depressione nello scantinato e nel suolo sottostante l'edificio;
- Pozzo radon: un pozzo radon interno o esterno genera una depressione sotto l'edificio.

Considerato il costo inferiore si è dapprima ventilato lo scantinato. Unica incognita relativa a questa soluzione era che la potenza del ventilatore avrebbe potuto non essere sufficiente.

Interventi

Una prima prova di ventilazione dello scantinato ha dato buoni risultati. Con il ventilatore in funzione la concentrazione radon in salotto al piano terreno si è ridotta fino ad un valore medio di 142 Bq/m³. L'impianto definitivo è stato realizzato installando un ventilatore radiale con potenza pari a 41 Watt e una portata di 250 m³/h.

Le misurazioni successive eseguite con dosimetria passiva hanno mostrato i seguenti valori:

- Camera da letto (PT): 100 Bq/m³
- Salotto (PT): 102 Bq/m³

A seguito dello spegnimento del ventilatore, la concentrazione radon ha superato il valore misurato precedentemente con dosimetria passiva. Per questo motivo, durante il periodo di riscaldamento, il sistema deve essere tenuto costantemente acceso. La porta della cantina dovrebbe inoltre rimanere ermeticamente chiusa, così da generare una maggiore depressione nel seminterrato.

Al fine di evitare effetti negativi legati alla fisica della costruzione e di non peggiorare i consumi energetici per il riscaldamento, è importante verificare dove fluisce l'aria espulsa.



Figura 6.6: Nel seminterrato dell'appartamento si trova una cantina a volta.



Figura 6.7: L'appartamento di riferimento si trova al piano terra di una casa plurifamiliare.

Figura 6.8 (sinistra): I primi tentativi sono stati eseguiti installando un ventilatore sulla finestra situata al piano interrato.



Figura 6.9 (destra): Per l'impianto definitivo è stato eseguito un carotaggio attraverso la parete esterna ed è stato installato un ventilatore radiale.



Figura 6.10: Prima del risanamento i valori radon erano elevati in tutti i locali.

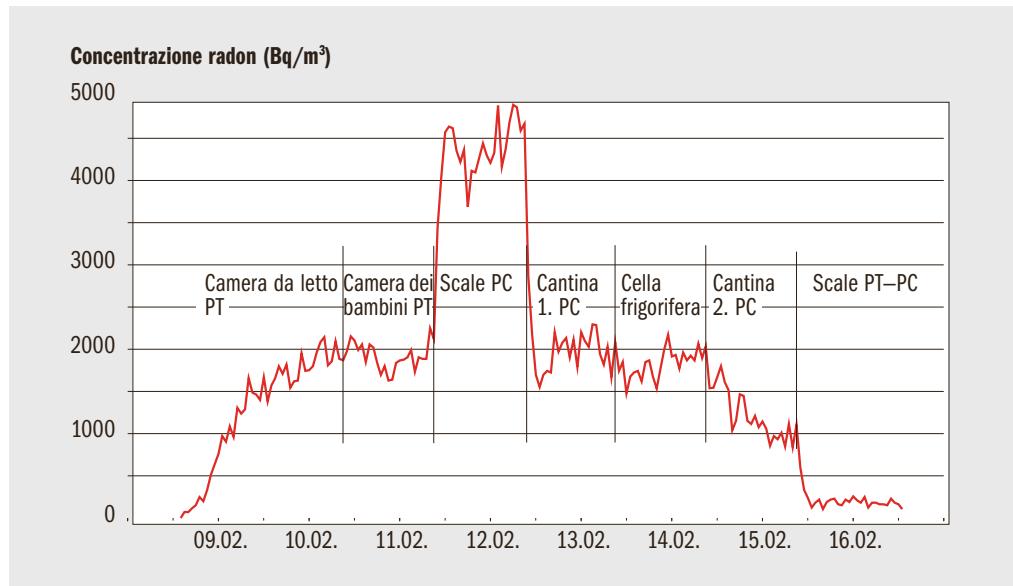
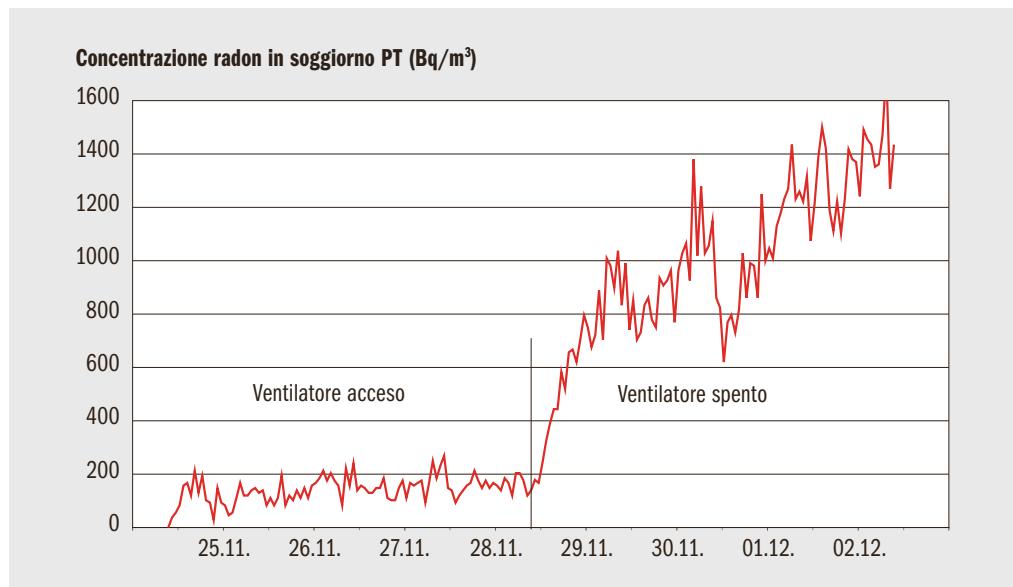


Figura 6.11: La ventilazione della cantina ha portato buoni risultati.



Casa monofamiliare nel Luganese

L'edificio è stato costruito negli anni '60 in una regione ad elevato rischio radon e si sviluppa su due piani (piano terreno e primo piano). Al piano terra si trovano il locale hobby, il bagno, il locale tecnico, la dispensa, la lavanderia ed il ripostiglio così come un vespaio parzialmente interrato. Al primo piano si trovano i locali abitativi (salotto, cucina, bagno e camera da letto). I piani sono collegati tra loro tramite una scala interna aperta.

Situazione radon

Una misurazione tramite dosimetri passivi ha rilevato un'elevata concentrazione radon in camera da letto pari a 983 Bq/m³.

Analisi

Sono state valutate due possibili soluzioni:

- Ventilazione del vespaio: un ventilatore posizionato nella parete esterna del vespaio genera una depressione nello stesso e nel suolo sottostante l'edificio, il radon viene così aspirato ed espulso esternamente;
- Pozzo radon interno: il ventilatore aspira l'aria dal suolo sottostante l'edificio generando una forte depressione.

Il pozzo radon interno dovrebbe avere una maggiore efficacia, ma i costi di installazione relativi alla ventilazione del vespaio risultano essere inferiori. Tale soluzione non richiede inoltre interventi sulla struttura dell'edificio. Per questa ragione si è deciso di procedere con quest'ultima soluzione.

Interventi

Sono state eseguite delle prove di ventilazione del vespaio. Le misurazioni di controllo hanno tuttavia mostrato un risultato insoddisfacente. Anche con elevate portate d'aria i valori radon nel locale hobby (PT) raggiungevano i 1757 Bq/m³.

In un secondo momento si è pertanto deciso di realizzare un pozzo radon interno. Il carotaggio è stato eseguito partendo dal ripostiglio (PT) e attraversando la platea di fondazione, così da creare una depressione sotto l'edificio.

L'evacuazione dell'aria verso l'esterno avviene mediante un foro eseguito sulla parete esterna. Con questa soluzione è stato possibile ridurre sufficientemente la concentrazione radon. Una misurazione di tre mesi con dosimetria passiva successiva al risanamento ha rilevato i seguenti valori:

- Camera da letto (1. P): 96 Bq/m³
- Corridoio (PT): 190 Bq/m³

Il pozzo radon deve essere lasciato costantemente in funzione durante il periodo di riscaldamento.



Figura 6.12: Il vespiaio si trova sotto la casa monofamiliare.

Ventilazione del vespiaio	Pozzo radon interno
Vantaggi	Vantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ■ Costi inferiori ■ Nessuna modifica della struttura dell'edificio 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elevata efficacia
Svantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ■ Rumore del ventilatore udibile dai vicini ■ Minore efficacia 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Costi elevati ■ Possibile rumore all'interno dell'edificio dovuto alla presenza di ventilatori

Tabella 6.2: Vantaggi e svantaggi delle possibili soluzioni.



Figura 6.13: Dapprima è stata testata la ventilazione del vespaio. Infine si è deciso di costruire un pozzo radon interno (destra).

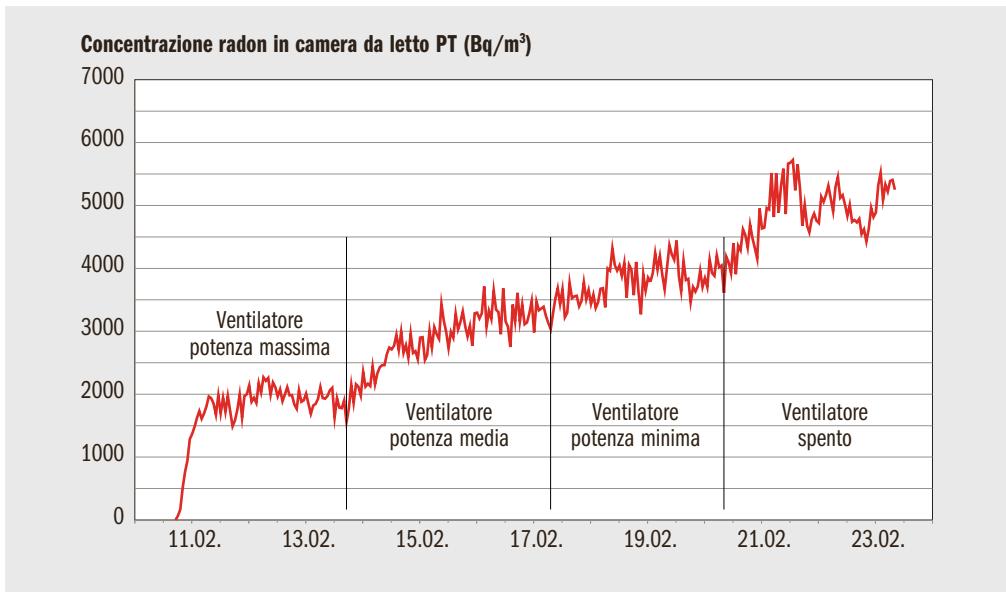


Figura 6.14: Il primo tentativo di ventilazione del vespaio non ha portato i risultati sperati.

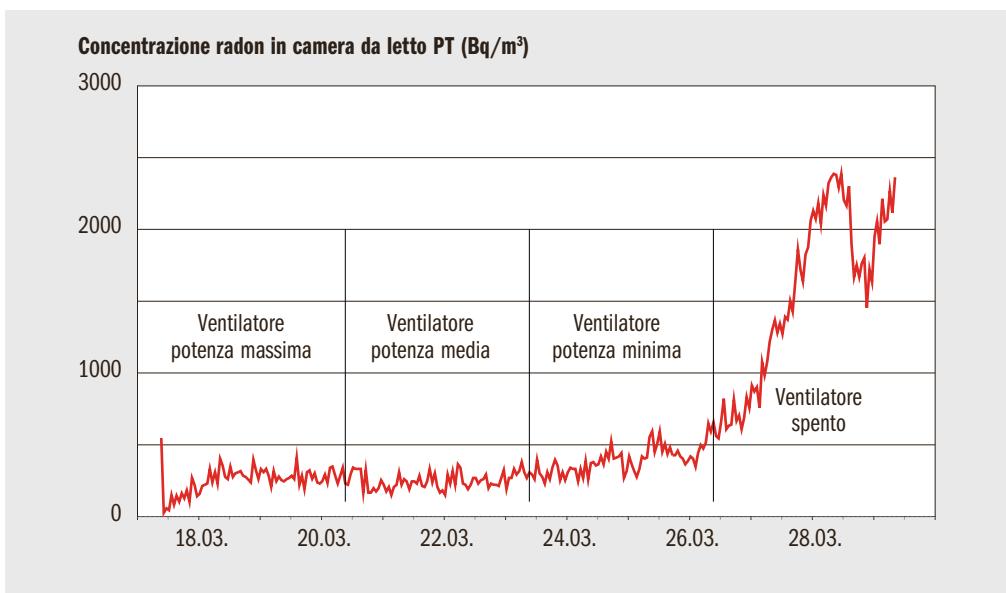


Figura 6.15: La costruzione di un pozzo radon interno ha ridotto significativamente le concentrazioni radon. I valori misurati in camera da letto con il ventilatore a potenza massima e media erano inferiori a 300 Bq/m³.

Casa monofamiliare nel Malcantone

L'abitazione si sviluppa su un unico piano ed è stata realizzata nel 1960, per poi essere risanata termicamente nel 2015. La casa è composta da diversi locali abitativi (due camere da letto, bagno e soggiorno con annessa cucina) così come da due locali non abitati (locale tecnico e locale caldaia). Sotto l'edificio si trova un vespaio in cui si trovano cinque prese d'aria.

Situazione radon

Una misurazione con dosimetri passivi effettuata prima del risanamento ha mostrato una concentrazione radon di 2901 Bq/m³. Già a seguito di questa prima misurazione sono state attuate alcune misure di protezione dal radon:

- Predisposizione al montaggio di un ventilatore per l'areazione del vespaio;
- Pulizia prese d'aria del vespaio al fine di garantire un maggiore ricambio d'aria (modalità passiva).

Analisi

Quale ulteriore soluzione è stata proposta la messa in depressione del vespaio, chiudendo ermeticamente tutte le prese d'aria. È stato quindi installato un ventilatore sulla parete esterna del vespaio che permette di creare una depressione al suo interno e espellere l'aria contaminata al suo esterno.

Interventi

Mediante un impianto provvisorio, è stato dapprima effettuato un normale test di messa in depressione del vespaio. I valori radon misurati al piano terreno si situavano al di sotto dei 300 Bq/m³. In via sperimentale è poi stata modificata la direzione della ventilazione, generando una sovrappressione all'interno del vespaio. Questo ha ridotto la concentrazione media di radon di quasi un terzo rispetto ai valori registrati grazie alla messa in depressione.

Tuttavia, i valori misurati una volta spenta la ventilazione sono stati molto più elevati dopo la fase di sovrappressione rispetto a

quelli rilevati dopo la messa in depressione. Per evitare rischi si è dunque deciso di mettere in depressione il vespaio.

L'impianto definitivo di ventilazione è stato realizzato con un ventilatore radiale di 70 Watt di potenza ed una portata di 240 m³/h. La successiva misurazione con dosimetria passiva ha dimostrato la riduzione della concentrazione radon:

- Soggiorno (PT): 54 Bq/m³
- Camera da letto (PT): 51 Bq/m³

La messa in depressione del vespaio ha permesso una considerevole riduzione delle concentrazioni radon in tutti i locali misurati. L'impianto deve restare costantemente acceso anche nel corso della stagione estiva. Al fine di evitare effetti negativi legati alla fisica della costruzione e di non aumentare le dispersioni termiche è importante verificare da dove viene pescata l'aria espulsa.



Figura 6.16 (sopra): Vista d'insieme dell'edificio.



Figura 6.17 (sotto): Le prese d'aria presenti nel vespaio sotto la casa forniscono un maggiore ricambio d'aria.

Figura 6.18 (sinistra): Piantometria del piano terreno. Sopra il vespaio sono disposti i locali abitativi.

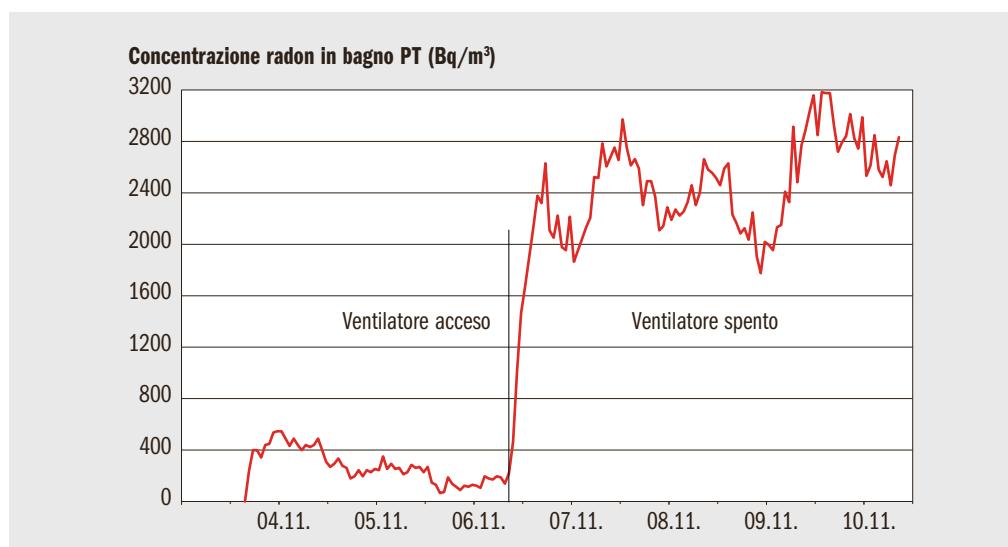
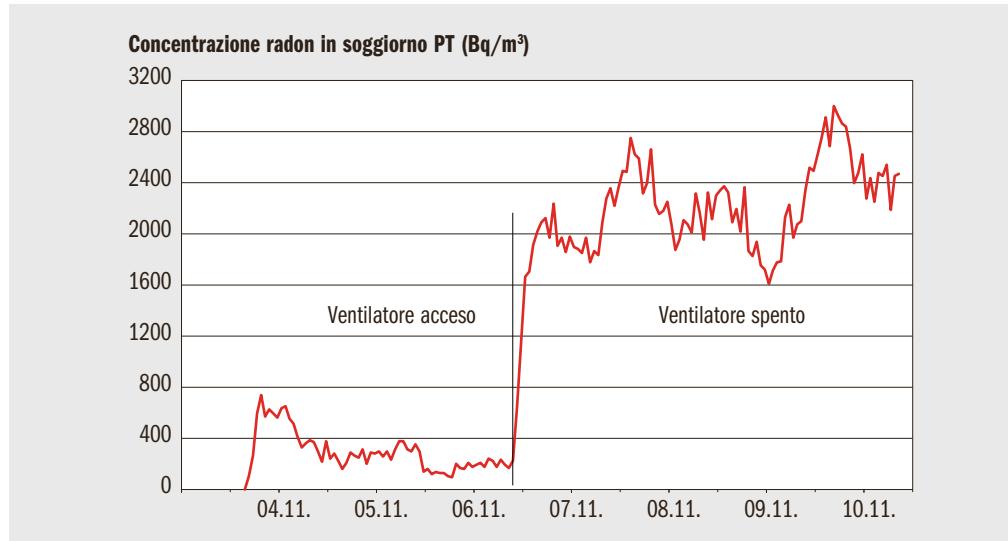


Figura 6.19 e figura 6.20: Il tentativo di messa in depressione ha evidenziato come la ventilazione del vespao riduca le concentrazioni radon al piano terreno fino a valori inferiori ai 300 Bq/m³.

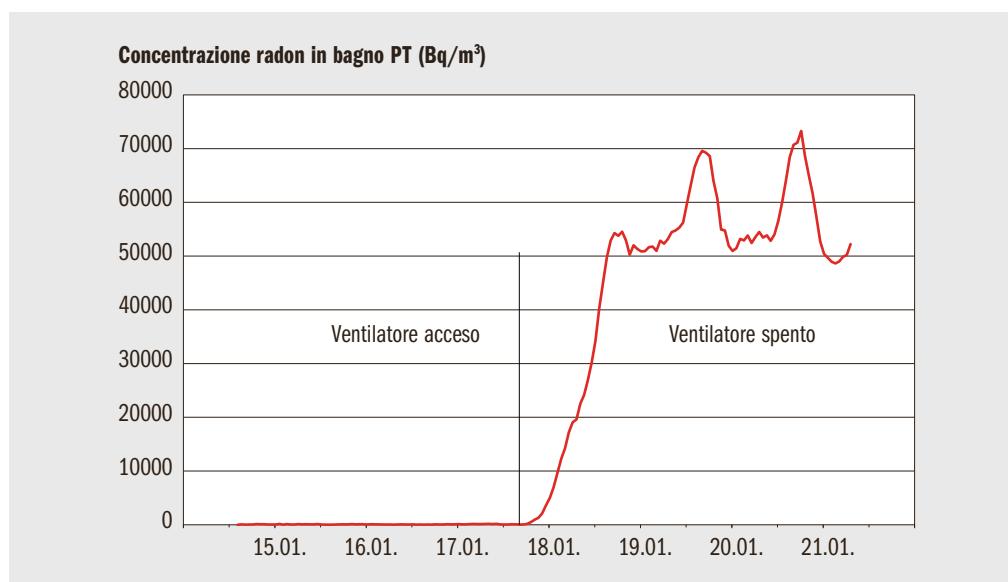


Figura 6.21: Dopo la messa in sovrappressione del vespao i valori sono risultati essere molto più alti rispetto alle precedenti misurazioni. D'altra parte, il valore medio misurato nel corso della fase di messa in sovrappressione è di soli 75 Bq/m³, molto inferiore a quello riscontrato nel caso della messa in depressione (271 Bq/m³).

Casa monofamiliare nel Sottoceneri

La casa è stata costruita su una collina e dispone di un piano seminterrato con numerose camere da letto e locali di soggiorno. Al piano terreno si trovano invece il salotto, la sala da pranzo, la cucina e un locale di lavoro.

Situazione radon

Nel 2007, a seguito di dettagliate misurazioni che hanno rilevato valori fino a 2000 Bq/m³ al piano seminterrato, è stato effettuato un risanamento radon in una camera da letto.

L'installazione di un ventilatore in una singola camera e la resa ermetica del pavimento mediante un massetto posato su una barriera vapore e una carta catramata non ha portato ad un miglioramento rilevante delle concentrazioni radon. Al piano terreno sono state misurate concentrazioni radon solo leggermente elevate.

Analisi

Il radon può infiltrarsi nel seminterrato a causa di una serie di punti non ermetici difficilmente localizzabili, come ad esempio racordi e giunti non ermetici, crepe e pareti a contatto con il terreno.

Dal seminterrato si raggiunge il piano terreno attraverso un vano scale aperto. Nel 2013, a seguito del primo fallimentare risanamento radon, è stato effettuato un secondo intervento per ridurre la concentrazione radon.

Interventi

Una superficie di 5 m² del pavimento del seminterrato è stata aperta e vi sono stati posati i tubi per il drenaggio radon. La stessa è stata in seguito isolata termicamente e nuovamente chiusa ermeticamente.

Il pozzetto di raccolta dei tubi di drenaggio è stato progettato come un mini pozzo radon ed ha permesso di migliorare l'efficacia dell'impianto. Per ragioni di spazio e per prevenire rumori nella zona notte è stato montato, all'esterno dell'edificio, un tubo di ventilazione collegato ad uno speciale aspiratore radon molto potente posizionato in solaio. L'aria del sottosuolo viene espulsa sul tetto.

Una successiva misurazione ha mostrato i seguenti valori:

- Camera da letto 1: 26 Bq/m³
- Camera da letto 3: 53 Bq/m³
- Camera da letto 5: 39 Bq/m³

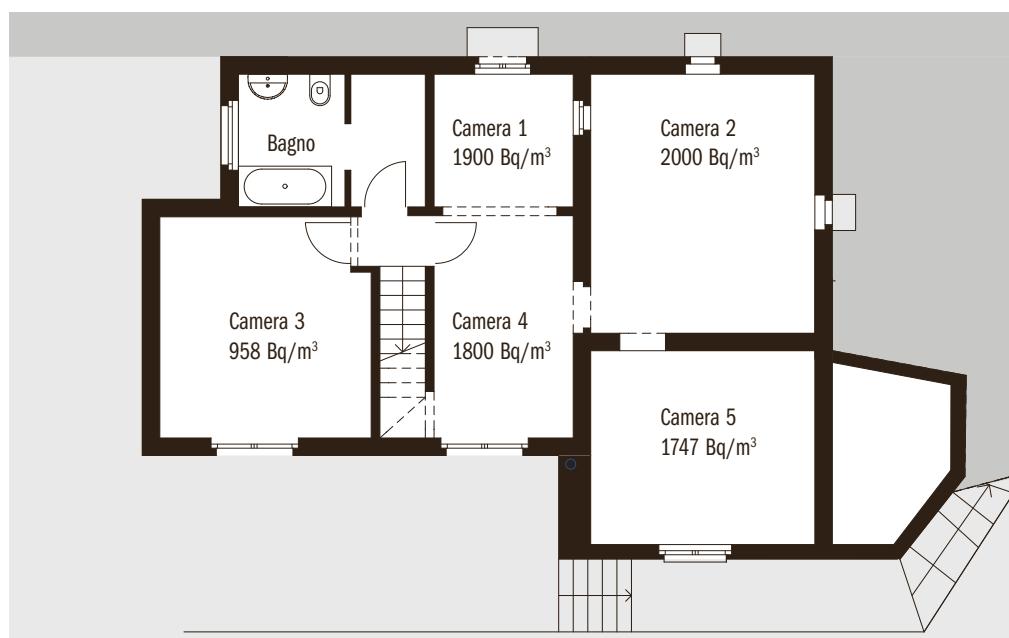


Figura 6.22: Valori radon nel seminterrato prima del secondo intervento.



Figura 6.23: Per ragioni di spazio e per prevenire rumori nella zona notte, il tubo di ventilazione è stato installato esternamente all'edificio.



Figura 6.24: Drenaggio radon.

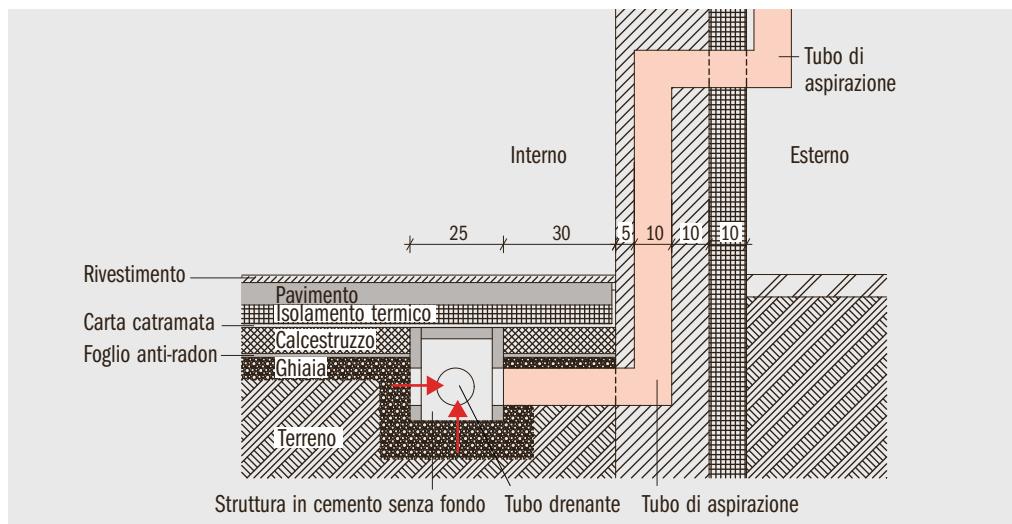


Figura 6.25: La vasca di raccolta delle condotte di drenaggio funge da piccolo pozzo radon.

Abitazione nel Locarnese

Il proprietario di una villa di recente costruzione ha richiesto ad uno studio di ingegneria la verifica delle concentrazioni radon da lui già misurate nella cantina vini. Nell'autunno del 2015 è stata nuovamente misurata la concentrazione radon in cantina, la quale ha rivelato concentrazioni elevate, con un valore massimo di 3000 Bq/m³. Il valore medio misurato era superiore a 2000 Bq/m³.

Analisi

Prima del risanamento la cantina aveva un pavimento naturale e anche altri possibili punti di ingresso per il radon, tra cui:

- una roccia sporgente nell'angolo nord-ovest del locale;
- un pozzo di raccolta e di drenaggio sotto la pavimentazione;
- due fori di drenaggio nelle pareti esterne per l'evacuazione dell'acqua dalla roccia
- due fori nella parete del lato sud, collegati al vespaio della stanza vicina.

Interventi

Sono stati attuati numerosi interventi di risanamento atti a sigillare i potenziali punti d'entrata del radon, ad eccezione della roccia affiorante che, su richiesta del cliente e dell'architetto, non è stata resa impermeabile.

Dapprima è stato rimosso parte del materiale del suolo per consentire lo spostamento del tubo di drenaggio e la posa di una platea di fondazione impermeabile di 15 cm di spessore.

Il drenaggio è stato collegato al pozzo preesistente sotto il pavimento e quest'ultimo è stato nuovamente sigillato. Il tubo drenante è stato spostato dall'esterno dell'abitazione nel pozzo di ventilazione per consentire la costruzione di un pozzo radon, qualora quest'ultimo si fosse reso necessario. Le pareti in calcestruzzo della cantina sono state sigillate fino al soffitto mediante pannelli in vetro cellulare, così da limitare possibili infiltrazioni di radon.

Successivamente sono state sigillate le aperture del sistema di drenaggio e di ventilazione del vespaio ed è stato installato un sistema di ventilazione controllata con recupero di calore, che consente la circolazione dell'aria sia nella cantina che nel vespaio limtrofo, in modo che la cantina sia adeguatamente ventilata.

Al fine di evitare eventuali perdite di aria contenente radon dalla cantina al resto dell'edificio, è stata installata una porta a tenuta stagna.

Misurazioni finali

Dopo l'attuazione degli interventi di risanamento sono state eseguite delle misurazioni per verificare la qualità del risanamento. In marzo del 2016 è stata misurata la concentrazione radon con dosimetria attiva con l'impianto di ventilazione spento, il valore rilevato era di circa 650 Bq/m³.

Grazie a queste misurazioni è stato appurato che già la sola sigillatura dei possibili punti di ingresso del radon ha determinato una significativa riduzione della concentrazione media di radon da oltre 2000 Bq/m³ a 650 Bq/m³.

Con l'impianto di ventilazione acceso sono stati registrati valori di circa 200 Bq/m³.

La concentrazione radon nei locali adiacenti la cantina è stata misurata solo dopo la conclusione delle opere di risanamento.

La concentrazione media, misurata durante 20 giorni in aprile, era di circa 350 Bq/m³.

Tenuto conto che durante questo periodo l'edificio è rimasto praticamente sempre chiuso (nessuna ventilazione dei locali), questo valore è stato considerato accettabile dal committente.



Figura 6.26 (sinistra): Platea di fondazione con tubo drenante: sullo sfondo si vede la roccia sporgere dal suolo affiorante.

Figura 6.27 (destra): Punto di uscita dei tubi drenanti.

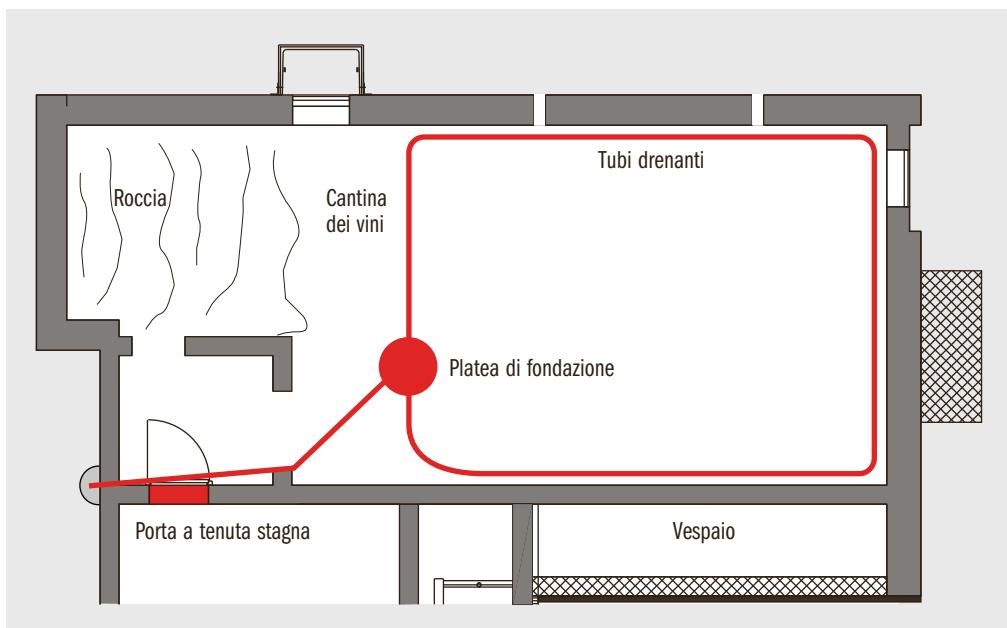


Figura 6.28: Pianta della cantina dei vini con evidenziati i drenaggi.

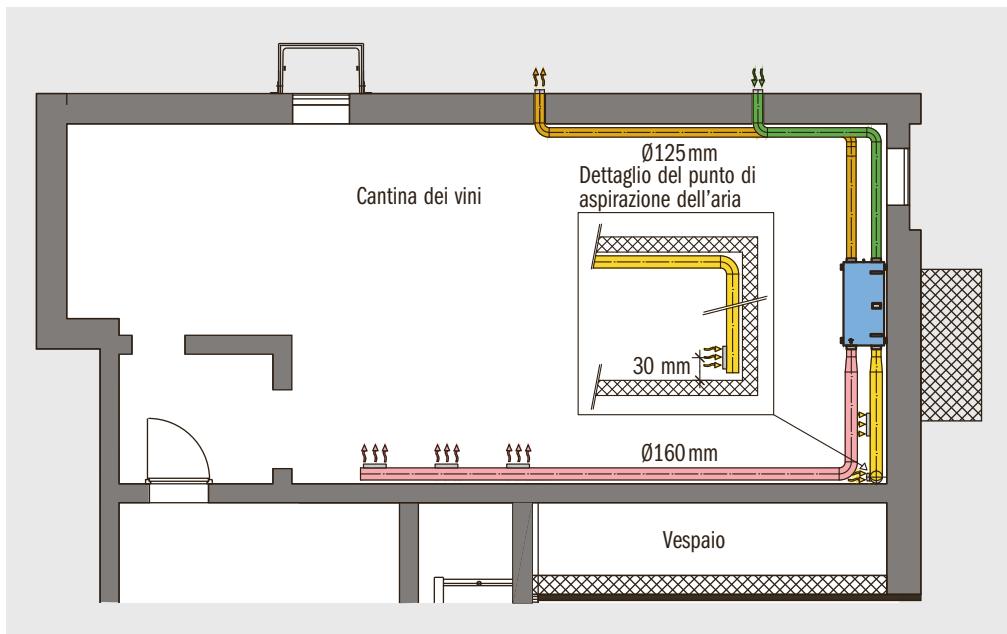


Figura 6.29: Schema dell'impianto di ventilazione meccanica.

Abitazione in Surselva

L'abitazione, vecchia di 300 anni, sorge nella valle del Reno. La situazione geologica risulta piuttosto complessa. Il suolo è caratterizzato da una faglia e da strutture cristalline fratturate. Nelle vicinanze dell'edificio si trova una falda acquifera con un contenuto di uranio così rilevante da esserne stata valutata l'estrazione.

All'edificio a quattro piani è stato annesso un ampliamento in legno che forma uno volume ininterrotto tra la cantina e il piano superiore e crea un effetto camino in casa. La stufa a legna centrale non ha una presa d'aria esterna. L'aria comburente viene quindi aspirata direttamente dall'interno dell'edificio. La casa si trova su un ripido pendio sul bordo di un precipizio. L'esposizione solare surriscalda il suolo, che fortifica ulteriormente l'effetto camino. Nel seminterrato sono presenti pareti in pietra naturale, numerose fessure e passaggi di tubi non ermetici. Una roccia friabile affiora negli spazi interni all'edificio. Il pavimento di una delle cantine è in terreno naturale.

Situazione radon

Precedenti misurazioni hanno rilevato valori superiori a 10 000 Bq/m³ nella cantina e fino a 2500 Bq/m³ nei locali di soggiorno. Ulteriori misurazioni hanno mostrato concentrazioni radon di 5400 Bq/m³ in cantina e di 3800 Bq/m³ nei locali di soggiorno. L'abitazione risulta quindi essere uno dei 1000 edifici con i più alti livelli di radon in Svizzera. Il risanamento è stato seguito dall'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria.

Analisi

Al fine di identificare i punti deboli dell'edificio, in particolar modo in cantina, è stato eseguito un test all'ermeticità dell'involucro (test blower door). Questa analisi vuole determinare la permeabilità dell'involucro dell'edificio all'aria. È stato quindi montato un ventilatore su una porta esterna dell'edi-

ficio. Questo ventilatore ha messo in depressione e poi in sovrappressione l'edificio. I classici punti critici dell'involucro sono stati inoltre testati grazie all'utilizzo di una macchina del fumo. Non sono stati trovati punti con passaggi di aria particolarmente importanti, a significare che l'edificio è sufficientemente ermetico.

Per esaminare l'effetto del ricambio d'aria in cantina, sono stati azionati, per svariati giorni, degli aspiratori (ventilatori puntuali). Il tasso di cambio dell'aria è stato aumentato da 0 a 180 m³/h. Questa estrazione dell'aria nella cantina ha permesso solo ad una piccola riduzione delle concentrazioni radon.

Interventi

Poiché la ventilazione puntuale della cantina non ha portato a risultati soddisfacenti, è stato installato un ventilatore nella cantina con suolo naturale (scantinato utilizzato come pozzo radon). L'aspirazione dell'aria contaminata verso l'esterno avviene mediante la messa in depressione del locale. È stata inoltre montata una porta a tenuta stagna. In questo modo l'aria contaminata non può più infiltrarsi negli spazi abitativi. Questi interventi hanno permesso di raggiungere valori radon inferiori a 300 Bq/m³ negli spazi di soggiorno.

Inoltre, la presa d'aria della stufa in pietra ollare è stata portata esternamente. Grazie ad un'ulteriore separazione dal vano scala aperto è possibile ridurre ulteriormente le concentrazioni registrate.

Al fine di evitare effetti negativi legati alla fisica della costruzione e di non peggiorare i consumi energetici per il riscaldamento, è importante verificare da dove viene presata l'aria espulsa (cantine adiacenti, terreno, locali abitativi, attraverso crepe e fessure esterne).

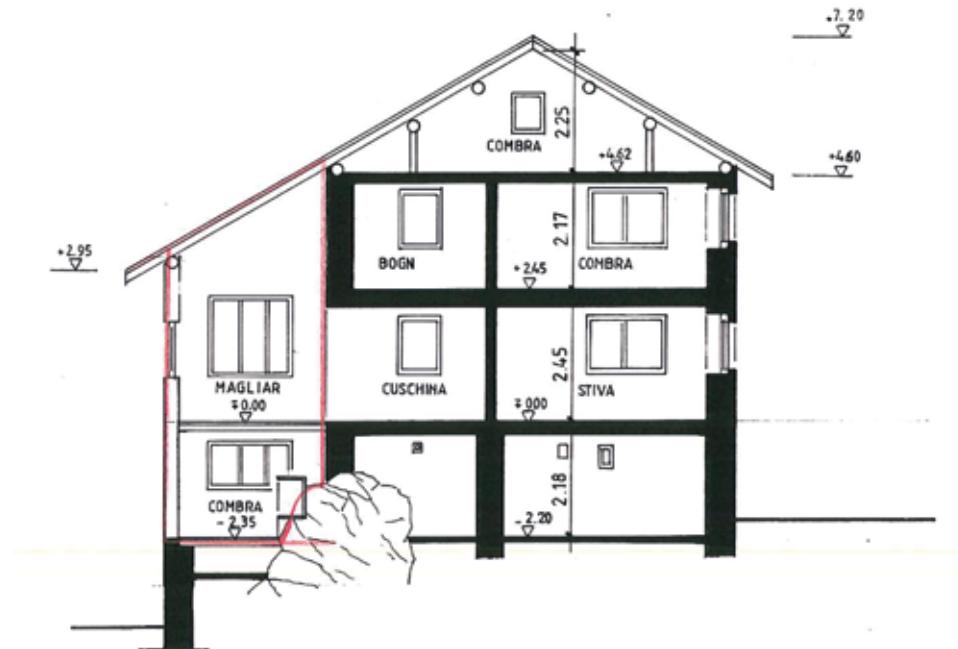


Figura 6.30: A causa dell'ampliamento (evidenziato in rosso) si crea in casa un'importante effetto camino all'interno dell'edificio.



Figura 6.31 (sinistra): La parte storica dell'edificio è stata edificata più di 400 anni fa.

Figura 6.32 (destra): L'ampliamento crea uno spazio d'aria ininterrotto tra la cantina e il piano superiore che genera un effetto camino.

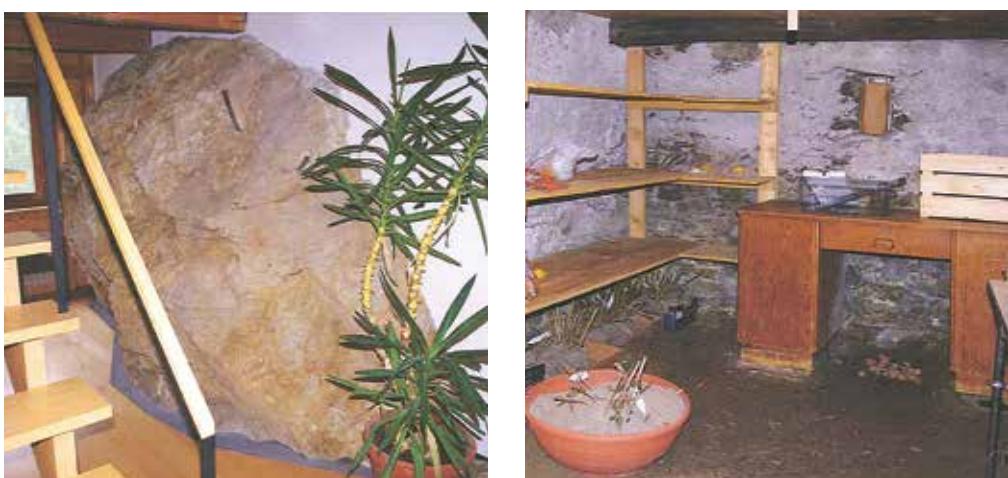


Figura 6.33 (sinistra): Nel vano scale è presente una roccia affiorante.

Figura 6.34 (destra): Una delle cantine ha un pavimento in terreno naturale.

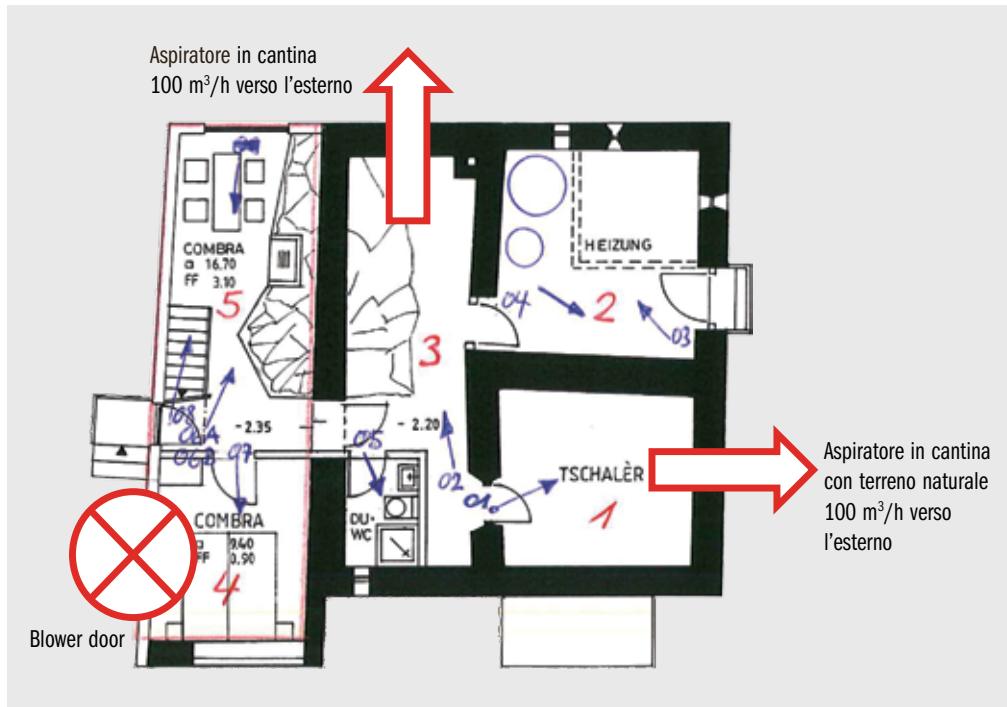


Figura 6.35: Dapprima è stata verificata l'ermeticità della casa mediante un test blower door. Successivamente, è stato installato, in maniera sperimentale, un sistema di ventilazione in un locale. L'aria delle cantine è stata espulsa esternamente grazie ad un ventilatore.



Figura 6.36: Per la verifica dei flussi di aria relativi ai classici punti deboli dell'involucro sono state utilizzate delle macchine per il fumo (InfraBlow.Siegrist GmbH).

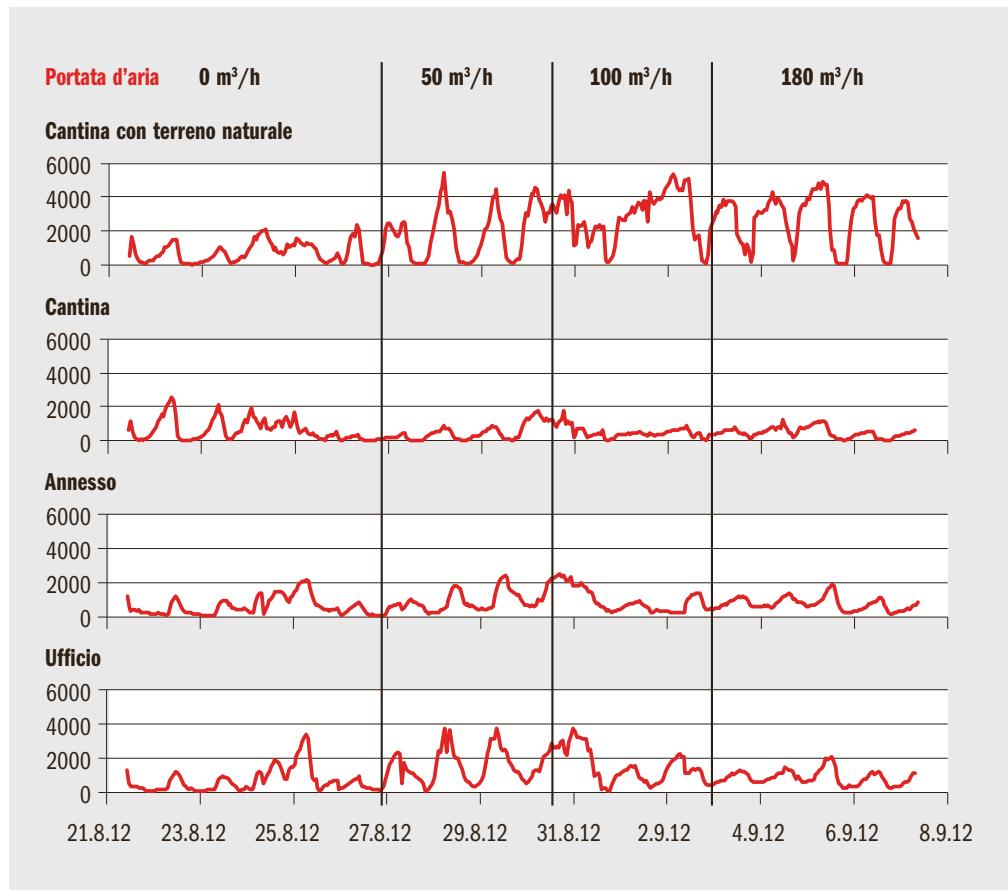


Figura 6.38: La ventilazione della cantina ha mostrato un ridotto effetto sulle concentrazioni radon (nonostante un aumento del volume ventilato che è ora pari a 180 m³/h). Le dinamiche termiche invece sono chiaramente visibili. I valori radon fluttuano fortemente a seconda della radiazione solare e della temperatura ambientale.



Figura 6.39: Mediante l'aiuto di un ventilatore l'aria del piano interrato viene trasportata all'esterno. L'aria con un'elevata concentrazione di radon non può quindi più concentrarsi all'interno dell'edificio.

Abitazione nel Giura bernese

Nel 2000 una vecchia fattoria del 17° secolo è stata completamente risanata. L'edificio è stato sventrato, è stata gettata una nuova platea di fondazione continua sull'intera superficie dello stabile, le pareti sono state impermeabilizzate ed isolate termicamente internamente. Sono state tuttavia conservate alcune caratteristiche storiche, come le cantine a volta e i forni a legna per il pane. Dopo il risanamento l'edificio viene riscaldato mediante una caldaia a legna e collettori solari termici.

Situazione radon

A seguito di una pubblicazione dei valori delle misurazioni da parte del Comune, nel 2010 i proprietari hanno deciso di effettuare una misurazione radon di tre mesi, da novembre a febbraio. I dosimetri passivi hanno rilevato le seguenti concentrazioni medie:

- Cantina: 3280 Bq/m³
- Ufficio: 2997 Bq/m³
- Cucina abitabile: 2335 Bq/m³

Da aprile del 2011, in cucina, è posizionato e attualmente ancora in funzione un apparecchio di misurazione attiva digitale.

Nel corso di un anno il commettente ha costantemente annotato le concentrazioni registrate così come le condizioni di misurazione, ottenendo i seguenti risultati

- Media annua in cucina: 1761 Bq/m³
- Valore medio settimanale durante le vacanze estive (casa non abitata, finestre tutte chiuse): 4000 Bq/m³
- Con vento da ovest la concentrazione radon diminuiva
- Con la bise la concentrazione radon aumentava

Analisi

Mediante ventilazione meccanica si è dapprima cercato di ridurre la concentrazione radon in cantina; ciò ha però avuto esito negativo: attraverso la messa in depressione nell'edificio la concentrazione radon in cucina aumentava significativamente.

La sostituzione dei ventilatori dei bagni al piano terreno con impianti di ventilazione con immissione di aria esterna ha invece permesso di generare una sovrappressione in tutta la casa e di ottenere i risultati sperati

Interventi successivi

Nel dicembre del 2015 è in seguito stato installato, in lavanderia, un impianto di ventilazione con lo scopo di mettere in sovrappressione l'abitazione.

La fase di misurazione finale, da dicembre 2015 a settembre 2016, ha mostrato concentrazioni radon tra 100 e 600 Bq/m³. I seguenti punti relativizzano gli elevati valori misurati:

- La ventilazione veniva spenta durante i periodi di assenza della famiglia (vacanze);
- L'abitazione è situata in una zona di campagna. L'impianto veniva quindi spento a causa degli odori provocati dalla lavorazione dei campi e della concimazione dei terreni;
- Con temperature di -20 °C l'impianto di ventilazione a cinque velocità funzionava solamente sul primo e il secondo stadio;
- In estate la concentrazione media misurata era di 100 Bq/m³.

Possibili ottimizzazioni

- La porta della cantina, il forno a legna e l'impianto di ventilazione dei servizi al piano terreno sono alcuni dei punti non ancora ermetici dell'involturo dell'edificio. Mediante adeguati interventi è quindi possibile ridurre sia il fabbisogno per il riscaldamento che l'infiltrazione di radon.
- Inoltre i ventilatori potrebbero essere controllati grazie all'installazione di un sensore radon.



Figura 6.40: Fattoria del 1700 completamente risanata nel 2000.



Figura 6.41:
Installazione di un ventilatore per la messa in sovrappressione della lavandaia.

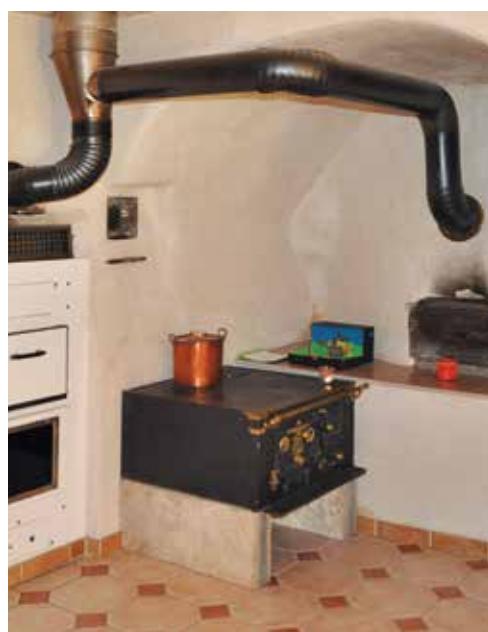


Figura 6.42 (sinistra): Mantenimento di elementi storici come il forno a legna per il pane.

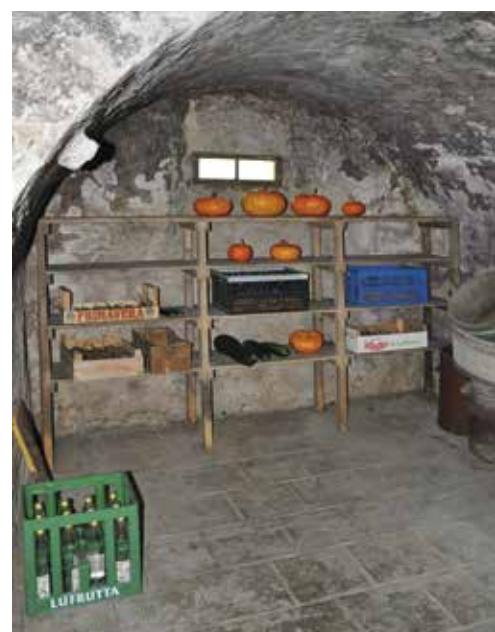


Figura 6.43 (destra): Mediante ventilazione meccanica si è dapprima cercato di ridurre la concentrazione radon in cantina; ciò ha però avuto esito negativo: attraverso la messa in depressione nell'edificio la concentrazione radon in cucina aumentava significativamente.

Abitazione nelle Franches-Montagnes

La casa monofamiliare è stata costruita nel 2005, posa su fondamenta in calcestruzzo e si trova in un comune del Canton Giura all'interno del quale sono già state riscontrate elevate concentrazioni radon.

Situazione radon

Le misurazioni hanno rilevato concentrazioni radon elevate in tutte le camere, con valori che si situano tra 390 e 9480 Bq/m³ (Tabella 6.3). Unicamente la stanza localizzata a nordest dell'edificio mostrava una concentrazione accettabile.

Analisi

L'analisi ha mostrato che la principale fonte di questi elevati valori è situata in bagno. Inoltre il locale caldaia è un'altra, seppur meno incisiva, fonte di radon. Al fine di localizzare la fonte di radon sono state chiuse tutte le porte interne ed esterne dell'edificio. I valori rilevati nel bagno sono costantemente aumentati durante i primi due giorni di misurazione per poi stabilizzarsi attorno a 14 000 Bq/m³ (Figura 6.44). La contaminazione da radon rilevata negli altri locali è sicuramente da ricondurre alle elevate concentrazioni presenti in bagno e nel locale caldaia.

Interventi

Poiché i due punti di ingresso del radon (locale caldaia e bagno) erano vicini tra loro, era relativamente semplice creare una depressione sotto la platea di fondazione vicino a questi punti. A tale scopo, è stato realizzato un carotaggio sotto la platea di fondazione sul quale è stato installato un ventilatore che aspira il radon prima che questi raggiunga la casa.

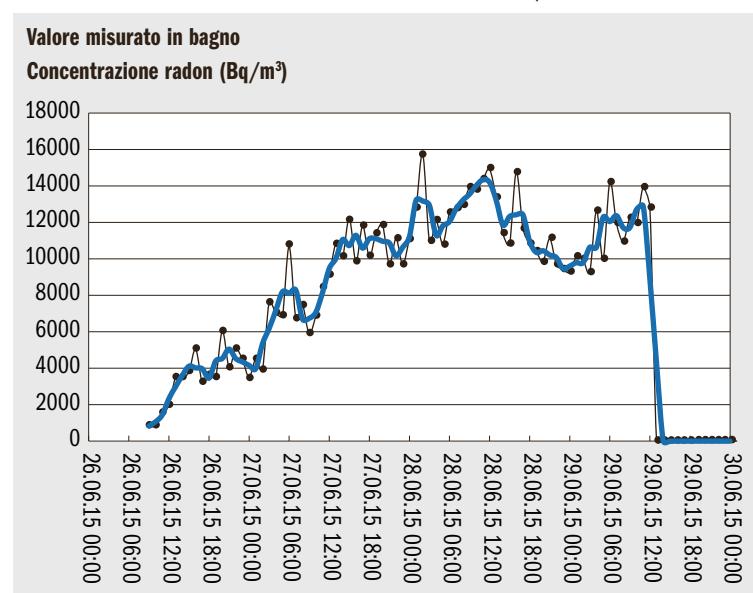
Il ventilatore è stato dapprima azionato al 100 % della potenza (70 W), con un conseguente calo improvviso della concentrazione radon. Il giorno seguente è stato spento per un'ora ed in seguito riazionato al 50 % della potenza (35W). Nonostante la breve interruzione, non è stato evidenziato un au-

mento della concentrazione radon con la messa in funzione al 50 % della velocità nominale (Figura 6.45 e Figura 6.46).

L'intervento è stato quindi ritenuto sufficiente. Il risanamento ha avuto esito positivo: la concentrazione media rilevata in tutte le camere è ora inferiore a 250 Bq/m³.

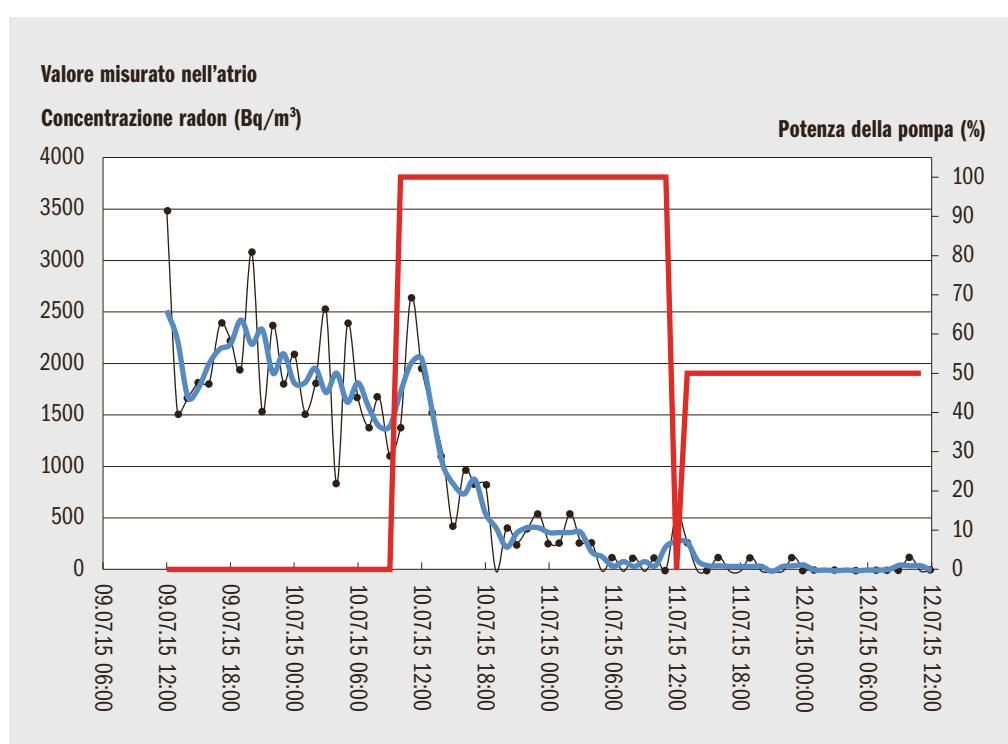
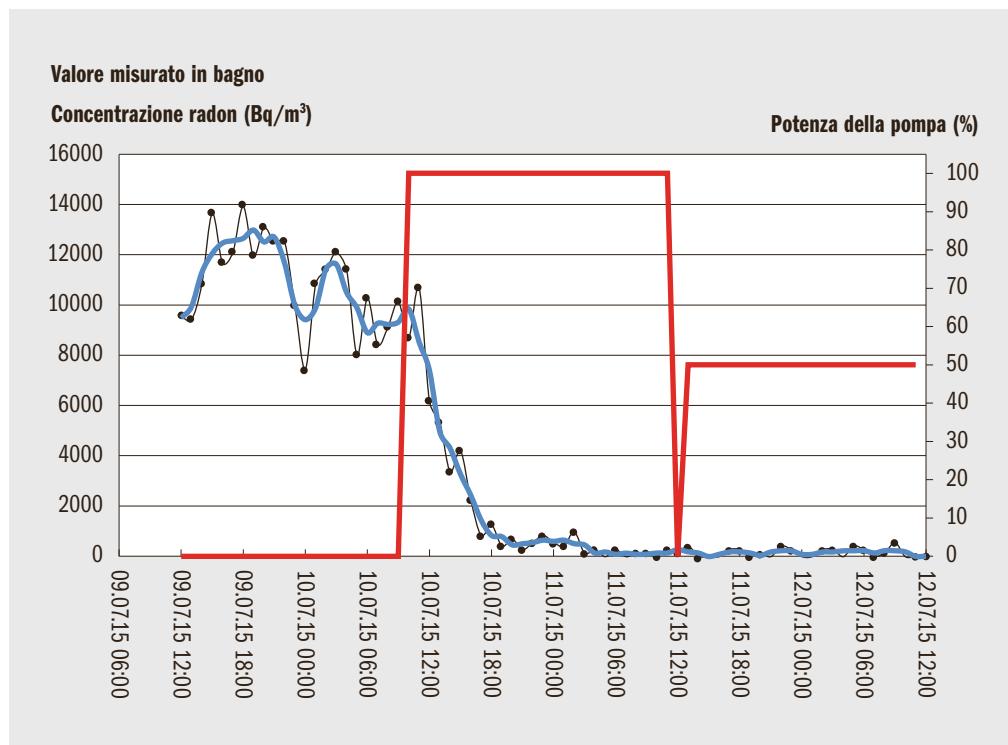
Figura 6.44: Concentrazioni radon nel bagno dopo aver chiuso tutte le porte. La linea blu mostra il valore medio delle due misurazioni consecutive.

Tabella 6.3: Concentrazioni radon medie nei locali al piano seminterrato.



Concentrazioni radon medie nei locali al piano seminterrato

Locale (orientamento)	Prima del risanamento (Bq/m ³)	Dopo il risanamento (Bq/m ³)
Entrata (Nord)	1265	40
Soggiorno (Sud est)	900	75
Soggiorno (Nord ovest)	390	non misurato
Bagno	9480	180
Soggiorno (ovest)	1300	110
Soggiorno (est)	1265	110
Lavanderia	1820	230



Scuola nel Giura neocastellano

Situazione radon

L'edificio scolastico, realizzato in calcestruzzo, è stato costruito alla fine degli anni'60 e ospita cicli di formazione per giovani con disabilità.

La problematica radon si è manifestata in un unico piano dell'edificio, avente una superficie di circa 1500 m² ed un volume di 3000 m³ e contenente aule didattiche ed uffici.

Il soffitto della cantina in calcestruzzo non è isolato termicamente, ciò che genera una temperatura superficiale costante di circa 22 °C.

In cantina, le sei aperture di ventilazione esistenti (200 cm² l'una) non permettono un'adeguata ventilazione.

Analisi

Tra novembre 2013 e febbraio 2014, sono state misurate, mediante dosimetria passiva, le concentrazioni radon all'interno delle aule, dei locali tecnici, degli uffici e del vespaio.

I locali presenti al piano terreno presentavano concentrazioni tra 1000 Bq/m³ e 8000 Bq/m³, a dipendenza del volume del locale, dalla ventilazione e dal numero di aperture nel pavimento in cemento.

Negli ultimi anni sono stati inoltre creati sempre più passaggi per le linee telefoniche e di comunicazione. Nel vespaio sono state misurate concentrazioni radon fino a 15 000 Bq/m³.

Interventi

Poiché nel vespaio sono stati misurati elevati valori radon e l'aria contaminata penetrava attraverso le aperture presenti nella pavimentazione, è stata evidenziata la necessità di installare un ventilatore per l'aspirazione dell'aria contaminata e la generazione di una depressione nel vespaio.

Si è reso dunque necessario determinare la portata d'aria. L'ermeticità del vespaio non era conosciuta. Con un test blower door è stata pertanto misurata la correlazione tra

la differenza di pressione e la portata d'aria, ciò ha determinato un fabbisogno di circa 2000 m³/h (550 l/s) (Figura 6.51).

Si è pertanto optato per un ventilatore con un regolatore di velocità. A causa dell'altezza dell'edificio e della differenza di temperatura tra interno ed esterno, si è ipotizzata una differenza ideale di pressione di circa 20 Pa tra il vespaio e il piano terra. Misurazioni approfondite hanno dimostrato che circa 12 Pa erano sufficienti.

Il fabbisogno energetico dei ventilatori con questo funzionamento corrisponde a una potenza di circa 30 Watt.

È stata inoltre analizzata l'influenza della velocità del vento sulla differenza di pressione. Le misurazioni in condizioni atmosferiche invernali hanno mostrato che le oscillazioni di pressione causate dai venti tempestosi non modificano l'effetto del sistema di ventilazione.

Le misurazioni effettuate in numerosi punti all'interno dell'edificio hanno evidenziato l'efficacia del ventilatore: non appena è stato attivato, la concentrazione radon è diminuita significativamente (Figura 6.51).

Per ragioni estetiche si è rinunciato alla posa di un tubo di espulsione a tetto. L'aria è espulsa dall'edificio attraverso una griglia esterna in un luogo dove non c'è presenza di studenti e non ci sono finestre nelle vicinanze. (Figura 6.50)

Siccome l'aria aspirata ha una temperatura di 2 °C questa sale verso l'alto. In corrispondenza del punto di espulsione la concentrazione radon si situava attorno ai 4000 Bq/m³. Dopo il risanamento sono stati posati 9 dosimetri passivi per verificare la concentrazione radon, la quale si situava mediamente attorno ai 150 Bq/m³. In due locali si sono però riscontrati valori fino 450 Bq/m³. La concentrazione radon viene pertanto costantemente monitorata con un sensore.



Figura 6.47:
L'edificio scolastico in calcestruzzo è stato costruito
alla fine degli anni 1960.



Figura 6.48:
Il vespaio.



Figura 6.49:
Test blower door.



Figura 6.50: Invece di es-
sere espulsa grazie ad un
tubo portato a tetto l'aria
contaminata raggiunge l'e-
sterno attraverso questa
griglia. Durante il funziona-
mento, la concentrazione
radon nelle vicinanze della
griglia è di circa 4000
Bq/m³.

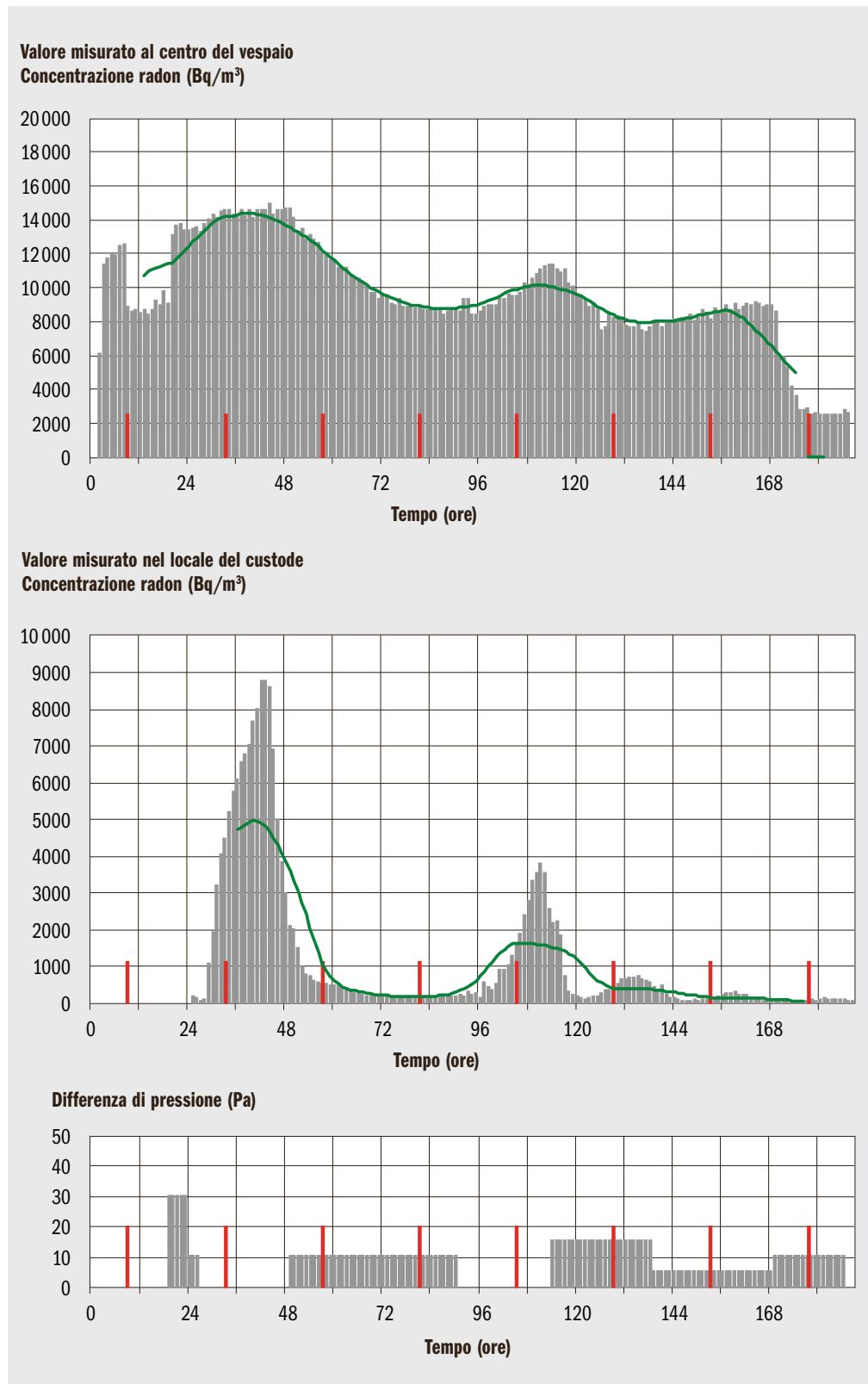


Figura 6.51:
Concentrazione radon a seconda delle diverse differenze di pressione (grafico in basso). Il grafico al centro mostra chiaramente che la concentrazione radon si riduce bruscamente con differenze di pressione superiori a 10 Pa. (Significato del colore delle linee: rosso = mezzanotte, verde = valore medio di 24 ore, grigio = valori misurati della concentrazione radon per ora in un periodo di 168 ore).

Abitazione nel Giura neocastellano

Situazione radon

L'abitazione monofamiliare edificata nel 1956 nel Canton Neuchâtel è stata risanata dal radon nel 2008. Le pareti e i pavimenti nella camera situata a nord ovest sono state raddoppiate permettendo la generazione di una depressione nell'intercapedine creata. In cantina è stato installato un secondo impianto di ventilazione ad aspirazione. Tuttavia, a seguito di numerose misurazioni tramite dosimetri è stato constatato un aumento delle concentrazioni radon in alcune parti dell'edificio. Per questo motivo, nel 2016, è stato eseguito un nuovo risanamento.

Analisi

Camere sud-ovest: la concentrazione radon più elevata è stata individuata nella parte abitata della casa. Nella camera sita a sud-ovest, con lo spegnimento per due giorni del sistema di espulsione, le concentrazioni hanno superato i 4500 Bq/m³. Non appena i ventilatori sono stati nuovamente accesi, nell'arco di due giorni, la concentrazione radon è scesa a 1200 Bq/m³.

Il motivo di questa riduzione è facilmente spiegabile: i due sistemi di aspirazione in cantina e nella stanza nord-ovest espellono l'aria contaminata presente al piano interrato, riducendo l'infiltrazione del gas nella zona sud-ovest. Ciò dimostra che il piano interrato della casa non è ermetico. Se in cantina venisse installato un pozzo radon, esso dovrebbe avere un effetto sull'intero piano inferiore della casa.

Cantina: in cantina la concentrazione radon si è ridotta immediatamente dopo l'accensione dei ventilatori, poiché l'aria contaminata è stata aspirata. In seguito si denota tuttavia un forte aumento dovuto alla depressione creata nei locali dai ventilatori, che risucchia il radon dal terreno.

Camere nord-ovest: dopo l'accensione del sistema di ventilazione nelle doppie pareti della camera e nel vespao presente sotto il pavimento la concentrazione nelle camere a nord ovest si è innalzata molto rapidamente. Sono stati misurati valori fino a 2000 Bq/m³, ad indicare dei problemi di ermeticità. L'accensione dei ventilatori ha creato una depressione nella stanza, causando la contaminazione del soggiorno partendo dalla cantina. Questo problema era apparentemente nuovo, poiché le misurazioni effettuate nel 2008 e nel 2009 avevano rilevato valori radon entro i limiti di legge. Il sistema di ventilazione della prima ristrutturazione nel corso del tempo si è deteriorato in modo irreversibile e ha contribuito ad aumentare la concentrazione di radon in casa. Al fine di ridurre le perdite, si è resa necessaria la sigillatura dei giunti con una lunghezza di 25 m (Figura 6.52). Nonostante ciò è stato indispensabile procedere con lo smantellamento del sistema installato nel pavimento e nelle pareti. Il sistema di ventilazione è stato immediatamente spento. Subito dopo il suo spegnimento, i proprietari hanno constatato puzza di muffa nella stanza, ciò che indica la presenza di perdite nelle pareti e nel pavimento.

Una seconda serie di misurazioni ha confermato che il sistema di ventilazione nel pavimento e nella parete della stanza non era ermetico. Infatti, in tutte e tre le stanze, la concentrazione radon è aumentata rapidamente dopo la sua accensione.

Interventi

Un'attenta analisi dell'involucro dell'edificio ha rilevato che sotto la platea di fonda-

Tabella 6.4: Concentrazioni radon in funzione della potenza del pozzo radon. L'ultima colonna indica i valori massimi con acceso solamente il vecchio sistema di aspirazione.

Concentrazioni radon in Bq/m ³ in funzione della potenza pozzo radon			
	Potenza di		senza pozzo radon
	100 %	50 %	
Camera ovest	60 Bq/m ³	55 Bq/m ³	1250 Bq/m ³
Cantina	75 Bq/m ³	80 Bq/m ³	4500 Bq/m ³
Camera nord ovest	45 Bq/m ³	non misurata	4000 Bq/m ³

zione delle camere a nord ovest si trovava un'intercapedine. Un carotaggio ha rivelato la presenza, dietro alla parete in calcestruzzo avente uno spessore di 40 cm, di un vano. Era il luogo ideale per l'installazione di un pozzo radon. L'installazione di un pozzo radon provvisorio ha mostrato l'efficacia dell'intervento.

A seguito del risanamento definitivo la concentrazione radon si è ridotta nell'intero piano interrato a valori inferiori a 80 Bq/m³. Inoltre, il nuovo sistema funziona con il 50% della potenza nominale, solo 25 W, e richiede solo la metà dell'energia rispetto ai due sistemi aspirazione precedentemente installati.



Figura 6.52:

Per garantire il corretto funzionamento del sistema, i giunti devono essere sigillati per un totale di 25 m.

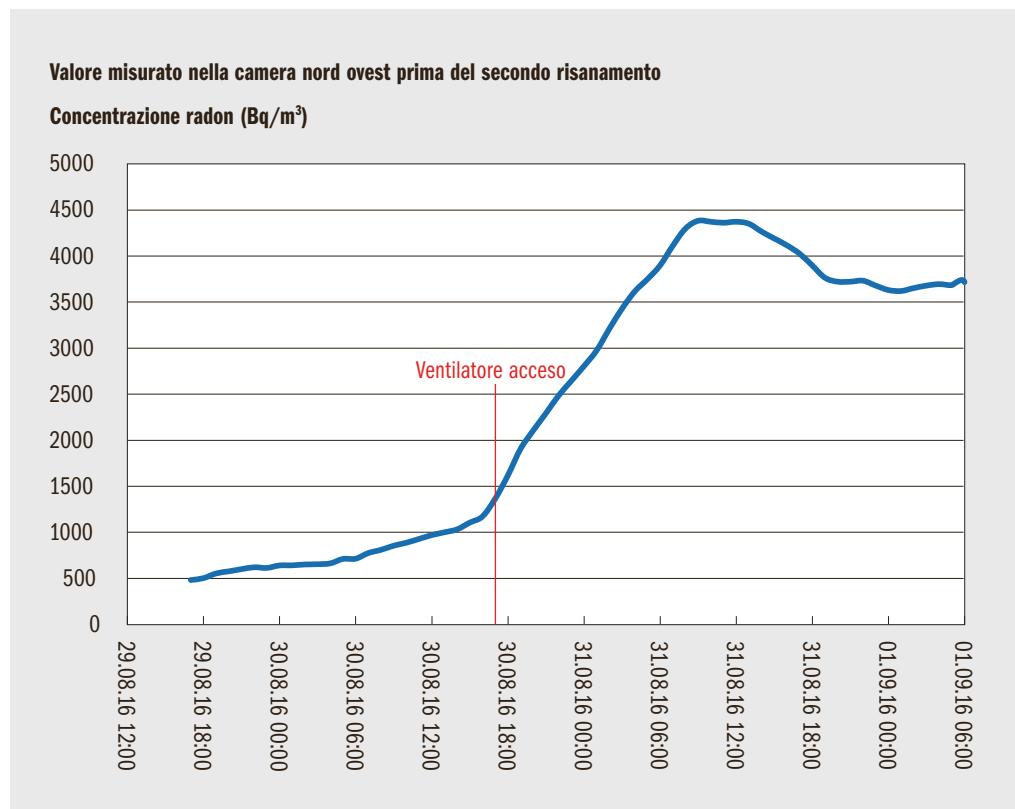


Figura 6.53: Valori misurati nella camera nord-ovest prima del secondo intervento. Dopo l'accensione del ventilatore, è possibile riscontrare un significativo aumento della concentrazione radon.

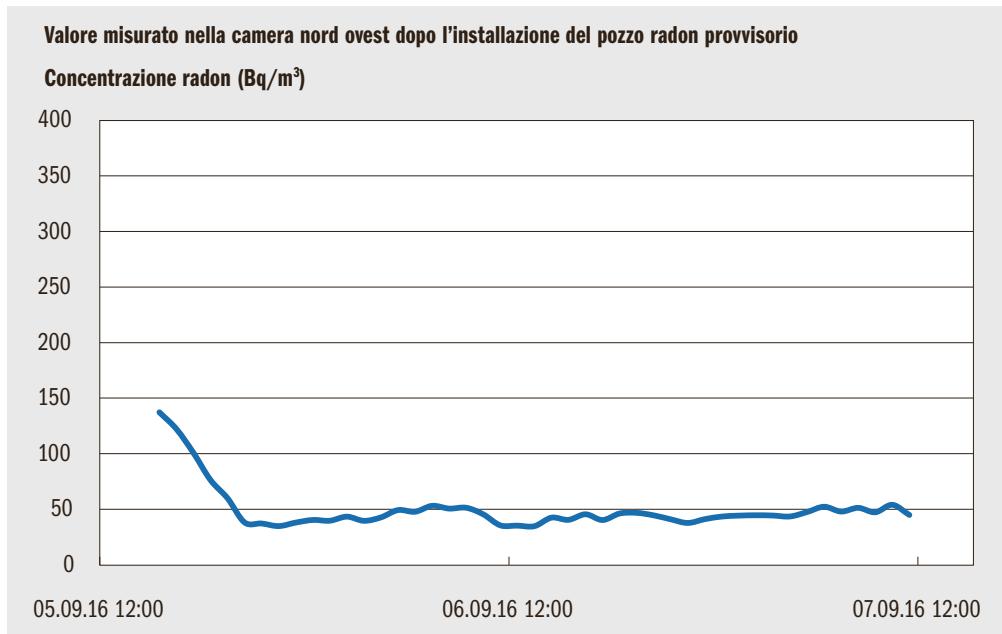


Figura 6.54:
Camera nord-ovest: L'anda-
mento delle concentrazioni
radon mostrano l'efficacia
del sistema.



Figura 6.55:
Installazione provvisoria
del pozzo radon.



Figura 6.56:
Esecuzione definitiva del
pozzo radon.

Scuola elementare nell'Alto Vallese

L'edificio, situato nel canton Vallese, è stato costruito nella metà degli anni '50. Oltre alle aule, l'edificio comprende un aula docenti, un laboratorio e una cucina. Dal 1997 al 1998 la costruzione è stata ampiamente risanata, diventando uno dei primi edifici scolastici in Vallese a raggiungere lo standard Minergie.

Situazione radon

Il comune di St Niklaus si situa in una regione contaminata dal radon. Durante una campagna di misurazione cantonale, nel 2004, sono stati posati due dosimetri per la misurazione all'interno dell'edificio. Entrambi sono stati posati in un'aula situata al piano terreno. I risultati della misurazione hanno mostrato concentrazioni radon elevate pari a 1081 Bq/m^3 e 1089 Bq/m^3 .

Analisi

Il comune ha commissionato ad un ufficio di ingegneria l'analisi della problematica radon.

In ottobre e novembre 2004, in collaborazione con l'Ufficio federale della sanità pubblica, è stata condotta una seconda e più estesa campagna di misurazione, con dosimetri e strumenti di misurazione attivi. I risultati, sono stati i seguenti:

- Le concentrazioni radon nelle aule erano, a tratti, molto elevate;
- L'ala sud dell'edificio presenta tendenzialmente concentrazioni più elevate rispetto all'ala nord;
- Secondo logica le concentrazioni dovrebbero essere più contenute ai piani superiori. In questo caso sono tuttavia state riscontrate concentrazioni elevate anche ai piani superiori.

Nell'ambito di una valutazione visiva sono stati individuati numerosi potenziali punti deboli nell'involucro dell'edificio, come ad esempio fessure e crepe nelle pareti e nei pavimenti, così come aperture o passaggi non ermetici. Non è però stato individuato nessun punto debole particolarmente significativo. Una sola possibile apertura è stata individuata nella pavimentazione del laboratorio al piano terreno dell'ala sud. La copertura del pozzetto non era ermetica (Figura 6.57), per cui era ipotizzabile una possibile infiltrazione del radon dal sottosuolo all'interno dell'edificio. L'impatto della ventilazione meccanica con recupero di calore integrato inserita nell'ambito della ristrutturazione Minergie è stato registrato con dispositivi di misura attivi. Per due settimane durante il periodo di misurazione la scuola non era occupata a causa delle vacanze.



Figura 6.57:
Apertura non ermetica nel
pavimento del laboratorio
situato al piano terra.

Durante questo periodo, per determinare l'influenza della ventilazione sulle concentrazioni radon, la ventilazione è stata spenta. L'edificio è provvisto di due circuiti di ventilazione separati, ognuno con un ventilatore dedicato. Non è presente uno scambiatore di calore geotermico. Durante la settimana, alle 17.00, la ventilazione è stata disattivata e poi riattivata la mattina dalle 5.30. Durante il fine settimana è invece rimasta costantemente spenta. Con la messa in funzione della ventilazione, le concentrazioni radon medie durante il periodo di utilizzo dell'aula diminuivano a valori accettabili (valori medi durante il giorno di 189 Bq/m³ rispettivamente 211 Bq/m³). Senza ventilazione la concentrazione nei locali si innalzava fortemente.

Interventi immediati

Quale provvedimento immediato, nel febbraio del 2005, l'impianto di ventilazione è stato mantenuto costantemente acceso. Per garantire un ricambio d'aria minimo le porte dell'impianto sono state impostate al livello minimo di notte e nei fine settimana. L'intervento ha avuto successo.

3. Campagna di misurazione

Quale verifica a seguito dell'esecuzione degli interventi immediati, è stata condotta una terza campagna di misurazione con dosimetria passiva. Nella Tabella 6.5 sono indicati i valori medi delle concentrazioni radon. Si è scoperto che la sola modifica della strategia di ventilazione ha ridotto le concentrazioni radon nei singoli locali a valori accettabili. Elevate concentrazioni sono state registrate unicamente nel locale 0.3 situato al piano

terreno, dove l'aria non veniva ricambiata grazie all'impianto meccanico di ventilazione. Per determinare l'influenza della ventilazione sulle elevate concentrazioni radon nell'intero edificio, durante la terza campagna di misurazione è stata misurata la concentrazione radon presente nei quattro flussi del sistema di ventilazione (aria esterna, aria immessa, aria aspirata e aria espulsa). Quest'analisi ha mostrato che i flussi d'aria presentavano concentrazioni radon medie diverse.

L'aria aspirata dalle aule era indubbiamente la più contaminata. Il radon viene espulso per il tramite del sistema di ventilazione. Nell'aria esterna sono generalmente rilevate concentrazioni radon massime di 100 Bq/m³ (valore tipico 10 Bq/m³). L'aria immessa nella scuola presentava una concentrazione radon media di 370 Bq/m³. Questo è probabilmente dovuto alla ridotta distanza tra la presa d'aria della ventilazione e le uscite dell'aria d'espulsione nella facciata (Fig. 6.59) e quindi ad un corto circuito tra i due flussi d'aria. L'aspirazione del sistema di ventilazione miscelava l'aria esterna con l'aria espulsa.

La concentrazione radon dell'aria immessa è aumentata, rispetto all'aria esterna, passando da 70 Bq/m³ (valore medio) a 440 Bq/m³. Contemporaneamente la concentrazione nell'aria espulsa rispetto a quella dell'aria aspirata è aumentata da 230 Bq/m³ (valore medio) a 460 Bq/m³. Probabilmente la causa era una contaminazione dell'aria presente tra i singoli flussi all'interno dello scambiatore di calore rotativo. Questi dispositivi hanno infatti notoriamente perdite relativamente importanti.

Tabella 6.5: Risultati delle misurazioni.

Risultati misurati				
	1. Campagna di misurazione	2. Campagna di misurazione	3. Campagna di misurazione	Misurazione di controllo
Durata	2004	18.10. – 29.11.2004	23.03. – 24.05.2005	1.6. – 12.6.2017
Strumento di misura	2 Dosimetri	10 Dosimetri, 2 Strumenti di misura elettronici	9 Strumenti di misura elettronici	7 Strumenti di misura
Luogo	Aula PT	Aula, laboratorio, camera	Aula, laboratorio, ventilazione	Aula, laboratorio, cucina
Valore più basso	1081 Bq/m ³	390 Bq/m ³ (Camera)	60 Bq/m ³ (Aula 2. P.)	113 Bq/m ³ (Aula 1 P)
Valore più alto	1089 Bq/m ³	3140 Bq/m ³ (Laboratorio)	2650 Bq/m ³ (Laboratorio)	783 Bq/m ³ (Aula PT)

Interventi di risanamento

Nel quadro del risanamento sono stati ottimizzati i seguenti punti, e il loro successo è stato comprovato mediante misurazioni:

- Contrariamente a quanto progettato non era stata installata alcuna ventilazione nel laboratorio fortemente contaminato al piano terreno. In questo locale vi è un pozzetto nel pavimento (Figura 6.57). Al fine di garantire un ricambio d'aria minimo, anche questa stanza è stata collegata alla ventilazione
- La disposizione delle bocchette di entrata e uscita dell'aria sulla facciata non era ottimale. La ridotta distanza tra i due flussi ha probabilmente condotto ad un corto circuito fra gli stessi, per questo l'aria pescata esternamente presentava concentrazioni elevate di radon. L'estensione di una delle condotte ha ridotto il problema. (Figura 6.59)
- Generalmente gli scambiatori di calore rotativi nei sistemi di ventilazione presentano importanti perdite. Sono quindi state verificate da uno specialista e disposti degli interventi di sigillatura.

L'effettiva causa delle elevate concentrazioni radon non ha potuto essere definitivamente stabilita. A causa della struttura dell'edificio, l'individuazione delle perdite effettive è molto complessa. Le indagini hanno dimo-

strato che il funzionamento del sistema di ventilazione ha ridotto notevolmente le concentrazioni di radon nei locali dell'edificio scolastico.

Misurazioni di controllo

Nel 2007 è stato condotto, nel laboratorio, un test di tenuta all'aria in combinazione con una termografia a infrarossi. Le perdite non sono state tuttavia identificate. Si è quindi deciso di mantenere costantemente in funzione il sistema di ventilazione. Durante la notte e nei fine settimana vengono ridotte le portate.

Nel giugno del 2017 ha avuto luogo una nuova misurazione di controllo con l'aiuto di strumenti di misura elettronici, la quale ha rivelato che le concentrazioni radon durante la notte e nei fine settimana continuano ad aumentare in modo significativo. Tuttavia, grazie alla ventilazione permanente, l'esercizio scolastico può avere luogo senza compromessi. Per questo motivo il personale scolastico è stato informato sull'assoluta necessità del mantenimento della ventilazione in esercizio. Anche il comune è stato sensibilizzato, così che ogni 4–5 anni vengano eseguite ulteriori misurazioni di verifica.



Figura 6.58:
Scuola elementare nel Canton Vallese, vista ala sud.



Figura 6.59: L'estensione della condotta di espulsione riduce al minimo il cortocircuito tra i flussi di ventilazione.

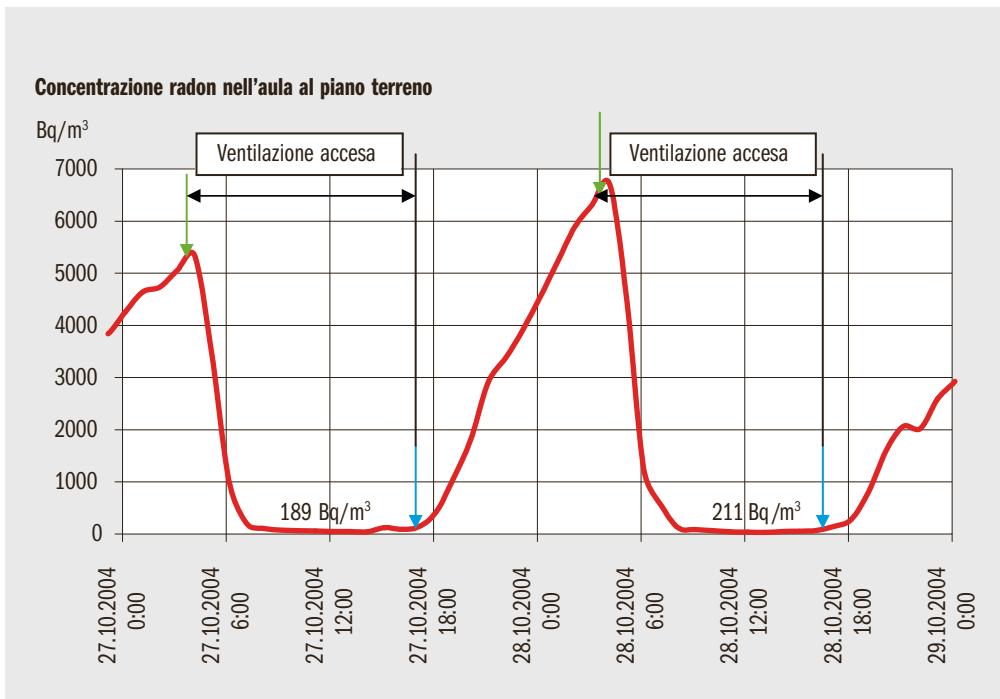


Figura 6.60:
Variazione delle concentrazioni radon nel tempo all'interno dell'aula 0.5 con ventilazione in funzione (verde: accensione della ventilazione ore 4.30, blu: spegnimento della ventilazione ore 17.00).

Figura 6.61: Risultati della misurazione di controllo nel laboratorio al piano terra. L'impianto di ventilazione è stato impostato, durante la notte e il fine settimana, su un ricambio d'aria minimo. Durante questo tempo le concentrazioni radon aumentano.

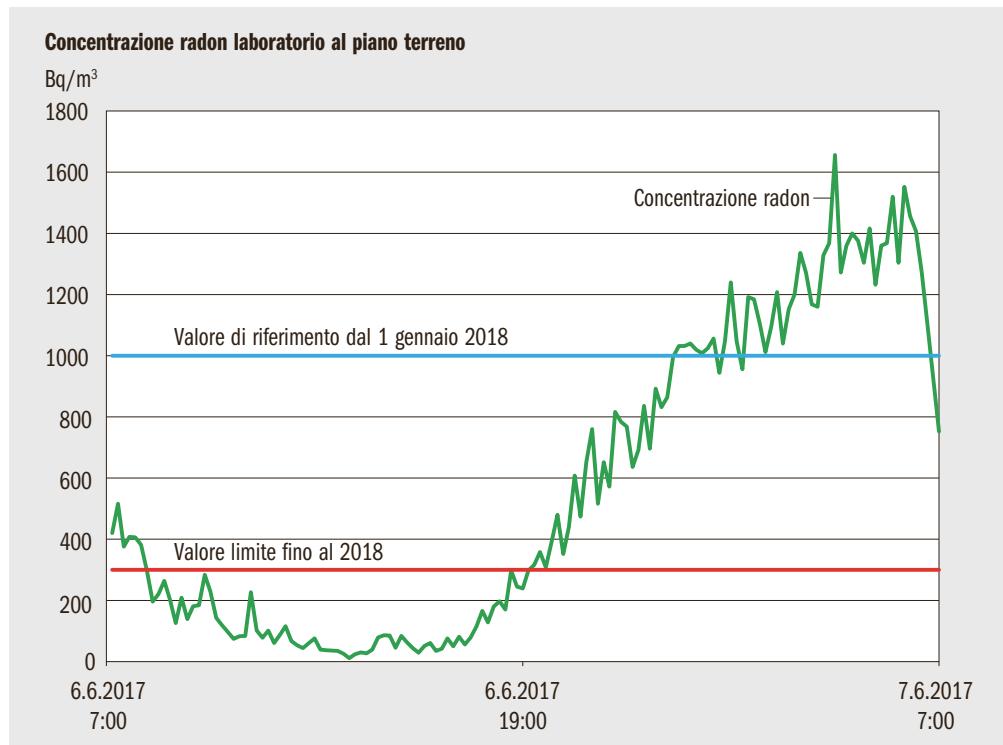
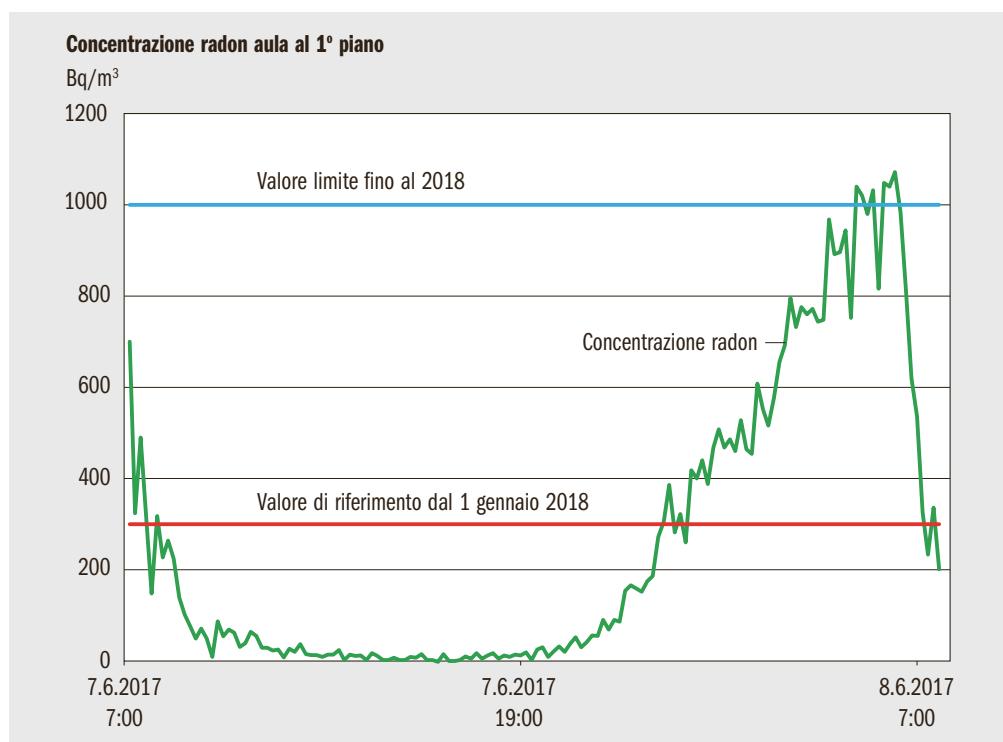


Figura 6.62: Risultati della misurazione di controllo in un'aula al primo piano. L'impianto di ventilazione è stato impostato, durante la notte e il fine settimana, su un ricambio d'aria minimo. Durante questo tempo le concentrazioni radon aumentano.



Scuola dell'infanzia a Soletta

La asilo si trova a Soletta, ai piedi del Giura ed è stato costruito secondo gli standard degli anni '70. La regione del Giura ha una particolare struttura geologica. Le fessure presenti nella struttura rocciosa favoriscono la migrazione del gas verso la superficie. Inoltre, i ghiacciai formatisi durante l'ultima glaciazione hanno depositato materiali cristallini e depositi sciolti.

L'edificio, che si sviluppa su un unico piano, è stato costruito su pilastri ancorati al sub-strato roccioso. Sotto l'edificio si trova uno spazio vuoto, basso e non accessibile (vespaio), utilizzato per il passaggio delle condotte. Accanto alla grande aula scolastica sono disposti numerosi locali secondari più piccoli e un locale caldaia.

Situazione radon

Le misurazioni hanno rilevato concentrazioni pari a 720 Bq/m³ nell'aula e a 2700 Bq/m³ nel locale caldaia. Trattandosi di una scuola dell'infanzia era necessario intervenire con urgenza.

Analisi

Le analisi hanno mostrato che il radon penetrava all'interno dell'edificio partendo dal vespaio presente sotto l'edificio attraverso crepe e passaggi non ermetici. Le elevate concentrazioni riscontrate nel locale caldaia sono da ricondurre a condotte non ermetiche passanti dal locale riscaldamento al vespaio, così come al sistema di riscaldamento, che genera un effetto camino.

Interventi

Si è dapprima cercato di ridurre le concentrazioni mediante la sigillatura di crepe e passaggi non ermetici presenti nel pavimento. Inoltre è stato testato un ventilatore per la messa in sovrappressione della sala principale. Entrambi gli interventi non hanno risolto la situazione. Un problema era rappresentato dalla grande superficie della sala principale pari a 77 m². I ventilatori per la messa in sovrappressione non

sono efficaci in caso di volumi così importanti.

Il progetto di risanamento prevedeva l'installazione di un sistema di aspirazione sotto il pavimento, collegando un ventilatore ad un tubo forato nel vespaio. L'aria aspirata viene espulsa grazie ad un tubo in facciata.

Mediante misurazioni puntuali con strumenti attivi, il referente cantonale in materia di radon ha verificato l'efficacia della messa in esercizio del sistema di ventilazione. Si è potuto così definire un programma ottimizzato per la messa in funzione. I suddetti interventi hanno permesso di ridurre le concentrazioni radon al di sotto di 100 Bq/m³.



Figura 6.63: Sotto l'edificio scolastico (sopra) si trova un vespaio (sotto).

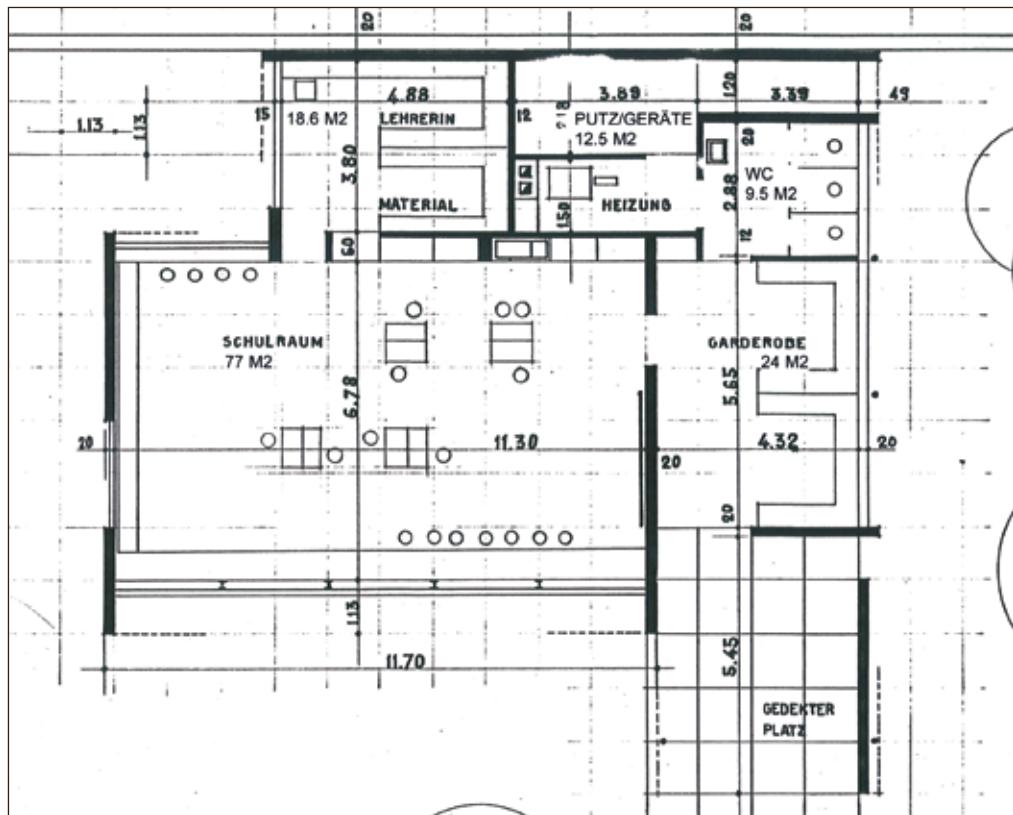


Figura 6.64: Per la protezione dal radon, la superficie della sala principale di 77 m² è stata una sfida.

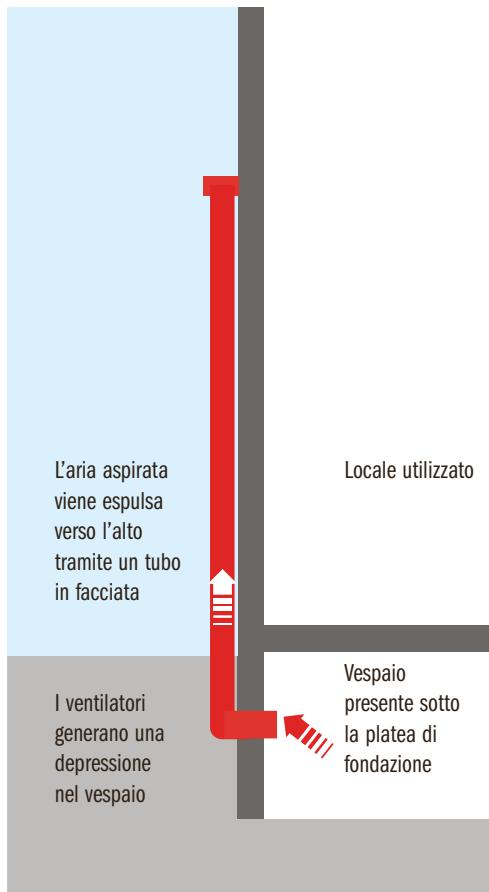


Figura 6.65: Nel vespaio è stato installato un impianto di aspirazione.

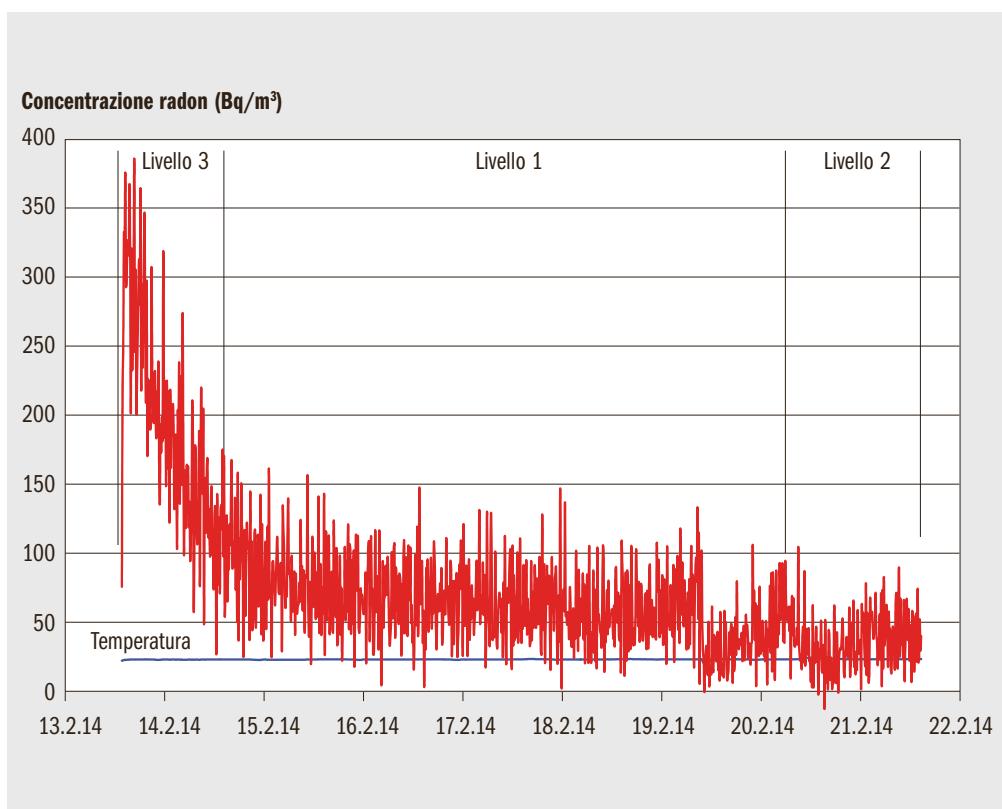


Figura 6.66: La portata del ventilatore utilizzato è stata variata così da poterne valutare l'efficacia.

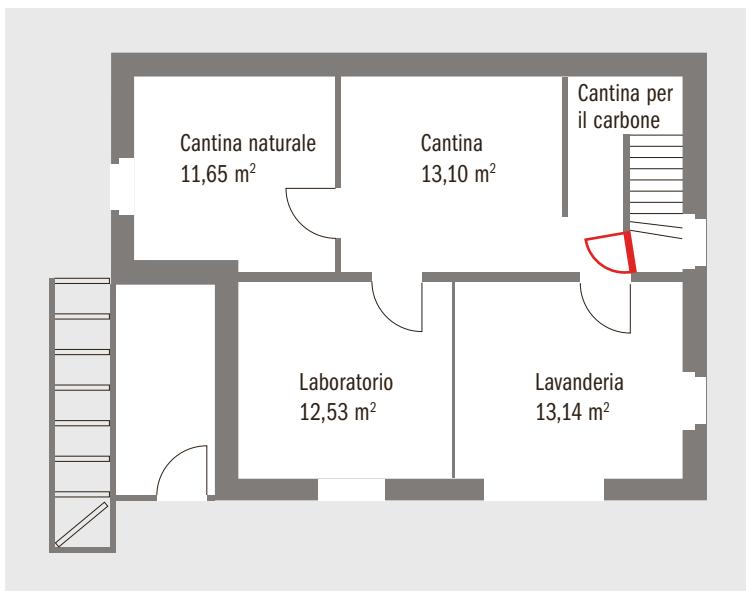
Palazzina a Olten

La palazzina, localizzata ai piedi del Giura, è stata edificata nel 1950, si sviluppa su tre piani ed è stata risanata termicamente nel 2009. Il piano seminterrato è composto da un ripostiglio con terreno naturale (coperto da sagomati forati), da due camere utilizzate come locali hobby e da una lavanderia. Inoltre la vecchia cantine per il carbone, situata sotto le scale della cantina, presenta anch'essa un terreno naturale. All'interno dell'edificio è stata installata una cappa aspirante da cucina particolarmente importante.

Situazione radon

I valori radon misurati nella cantina raggiungevano i 4500 Bq/m³ abbassandosi attorno a 2000 Bq/m³ a seguito dell'areazione del locale. Anche nella vecchia cantina per il carbone sono state misurate concentrazioni radon fino a 3400 Bq/m³, che sono poi state ridotte a circa 1300 Bq/m³ in seguito all'arieggiamiento del locale. Al piano terreno la concentrazione radon nel corridoio ha raggiunto i 1800 Bq/m³. La concentrazione rilevata nei locali di soggiorno ha raggiunto i 1000 Bq/m³, ciò che lascia presupporre il trasporto di radon dalla cantina ai locali di soggiorno.

Figura 6.67: Pianta del piano cantina, in rosso raffigurata la porta di recente installazione.



Analisi

Poiché gli altri locali al piano terra provvisti di pavimento impermeabilizzato, come il locale hobby e la lavanderia, avevano valori di radon significativamente inferiori, la cantina con pavimento in suolo naturale è stata identificata quale inequivocabile fonte di radon. Durante la misurazione gli abitanti hanno protocollato dettagliatamente le condizioni di utilizzo dell'edificio e le condizioni metereologiche. Il confronto con il protocollo di misura ha mostrato che un regolare arieggiamento riduce significativamente la contaminazione da radon negli spazi abitativi: i valori sono scesi sotto i 300 Bq/m³. Tuttavia, arieggiando solo occasionalmente i locali, le concentrazioni sono nuovamente aumentati fino a 600 Bq/m³. Il funzionamento della cappa aspirante in cucina non conduce ad effetti chiaramente visibili. Siccome i risultati erano accettabili unicamente in caso di un'importante arieggiamento e che i valori radon aumentavano rapidamente se le finestre rimanevano chiuse, è stato necessario intervenire per risolvere il problema alla radice.

Interventi

La sola sigillatura provvisoria dei passaggi aperti presenti tra cantina e scale, eseguita tramite listelli e fogli di plastica, ha mostrato un miglioramento rilevante della situazione dopo due sole settimane. Dopo questo test il proprietario dell'edificio ha optato per la posa di una porta a tenuta stagna, con lo scopo di diminuire la risalita di radon verso il piano terreno. Il livello di radon viene controllato di continuo tramite uno strumento di misurazione attivo. Ora nelle stanze abitabili è presente una concentrazione media annua di 300 Bq/m³. Si è così potuto raggiungere una buona efficacia grazie ad un provvedimento semplice ed economico.



Figura 6.68: L'edificio è stato risanato nel 2009.



Figura 6.69 (sinistra): Il pavimento della cantina è coperto da sagomati forati permeabili all'aria.

Figura 6.70 (destra): La nuova porta a tenuta stagna riduce la risalita del radon dalla cantina al piano terra.

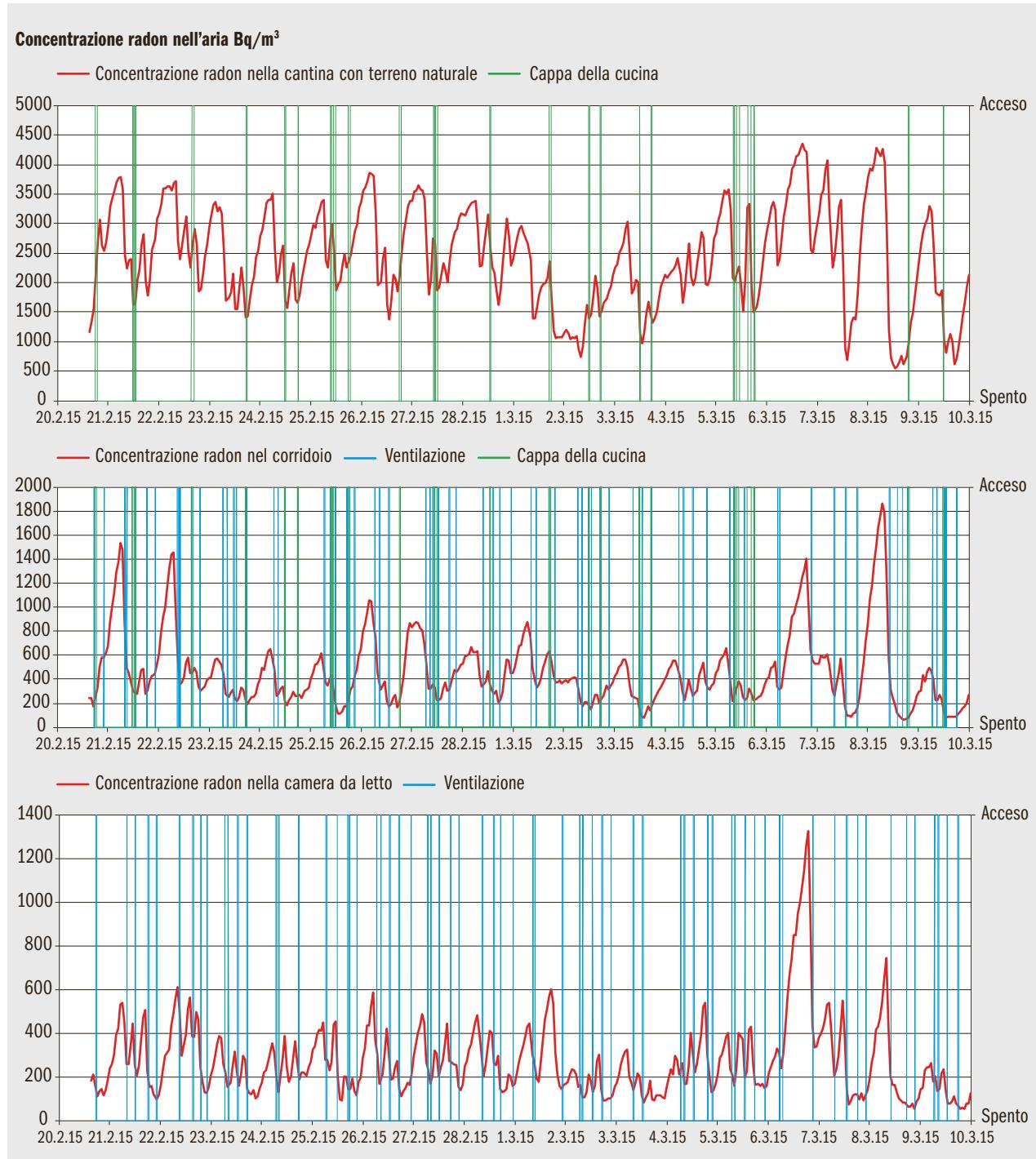


Figura 6.71: Il protocollo di ventilazione mostra l'effetto positivo dell'intervento (linea blu perpendicolare). La messa in funzione della cappa della cucina (linea verde perpendicolare) non causa un incremento delle concentrazioni radon.

Edificio amministrativo a Basilea

La sede principale del Centro di Ricerca Archeologica del Suolo del Canton Basilea Città si trova in un edificio ospedaliero storico ai confini della città vecchia. L'edificio, che si sviluppa su due piani, fu edificato nel 1903 ed è stato rinnovato negli anni '80.

Situazione radon

La carta del radon del geoportale del Canton Basilea Città segnala, in questa regione, un rischio contenuto. Nonostante ciò i collaboratori del Centro, in considerazione della struttura dell'edificio e del suo utilizzo, hanno segnalato un potenziale rischio radon. Per questo motivo, nel 2011, sono state eseguite delle misurazioni radon da parte del Laboratorio Cantonale di Basilea Città.

Analisi

Le misurazioni effettuate nei locali situati al piano cantina hanno rilevato valori compresi tra 250 Bq/m³ e 1500 Bq/m³. Una delle stanze con elevate concentrazioni di radon viene utilizzata regolarmente come locale di lavoro per l'inventario scientifico delle scoperte archeologiche. Per questo motivo si sono resi necessari interventi per la protezione dei collaboratori.

Interventi

Per diminuire la presenza di radon nel locale di lavoro è stata installata una ventilazione meccanica con recupero di calore e potenziometro che permette di gestire separatamente le portate di immissione e di aspirazione. La portata di immissione massima è pari a 170 m³/h, la portata di aspirazione massima è pari 150 m³/h. La ventilazione funziona circa a metà della potenza, ciò che implica un ricambio d'aria di più o meno 0,4 volumi/h.

Nella stanza si trova un pozzetto per l'acqua di scarico. Lo stesso è abbastanza ermetico. Il pavimento è in PVC, piatto e senza dossi. Sono presenti alcuni tubi passanti come condotte di scarico, che sono sigillate meti-

colosamente. Non è stato possibile valutare i raccordi delle pareti così come la presenza di elementi costruttivi sotto il pavimento. La concentrazione radon nel locale è monitorata in continuo tramite un apparecchio di misurazione attivo. Ne risulta un regolare monitoraggio, necessario alla definizione di ulteriori interventi. Con l'attuale impostazione della ventilazione vengono raggiunti valori di circa 100 Bq/m³. Per il momento non sono quindi necessari ulteriori interventi.



Figura 6.72: L'edificio storico è stato costruito nel 1903.



Figura 6.73: Gli spazi presenti al piano interrato vengono parzialmente utilizzati come locali di lavoro (a sinistra). A destra si può osservare il punto di estrazione della ventilazione meccanica installata.



Figura 6.74: Diffusore per l'immissione d'aria di ventilazione (sinistra), regolazione del volume del flusso d'aspirazione (destra).

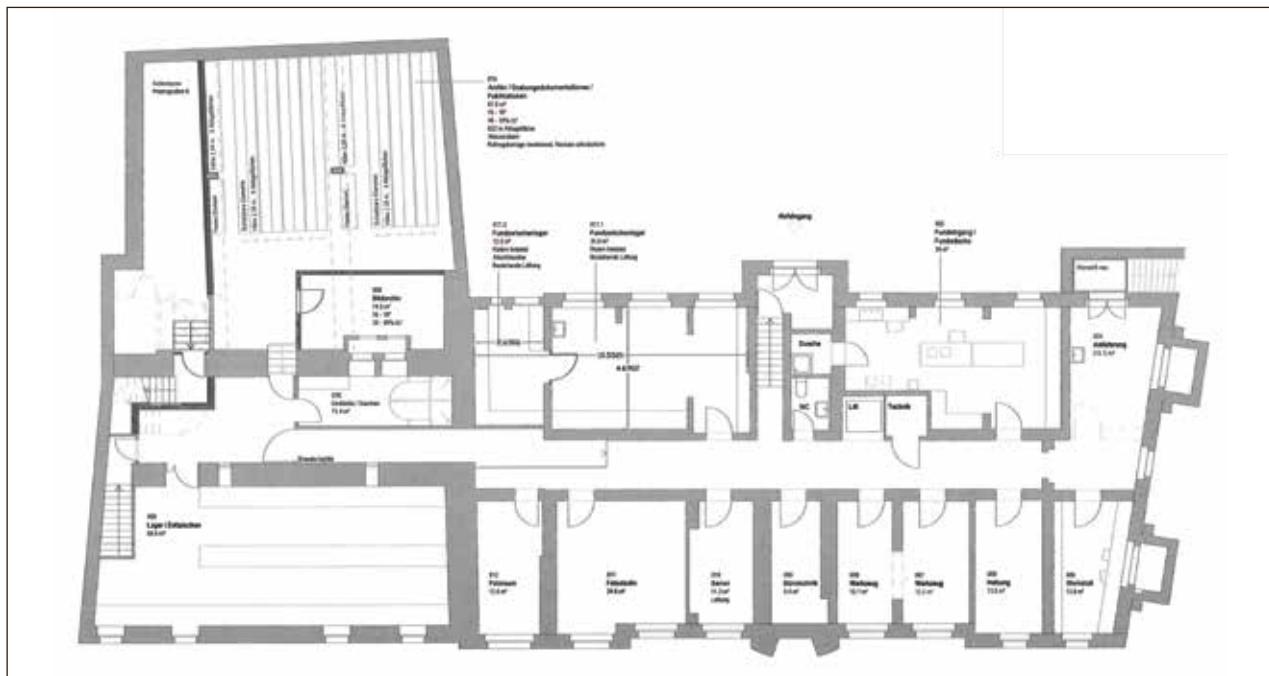


Figura 6.75: Planimetria del piano interrato.

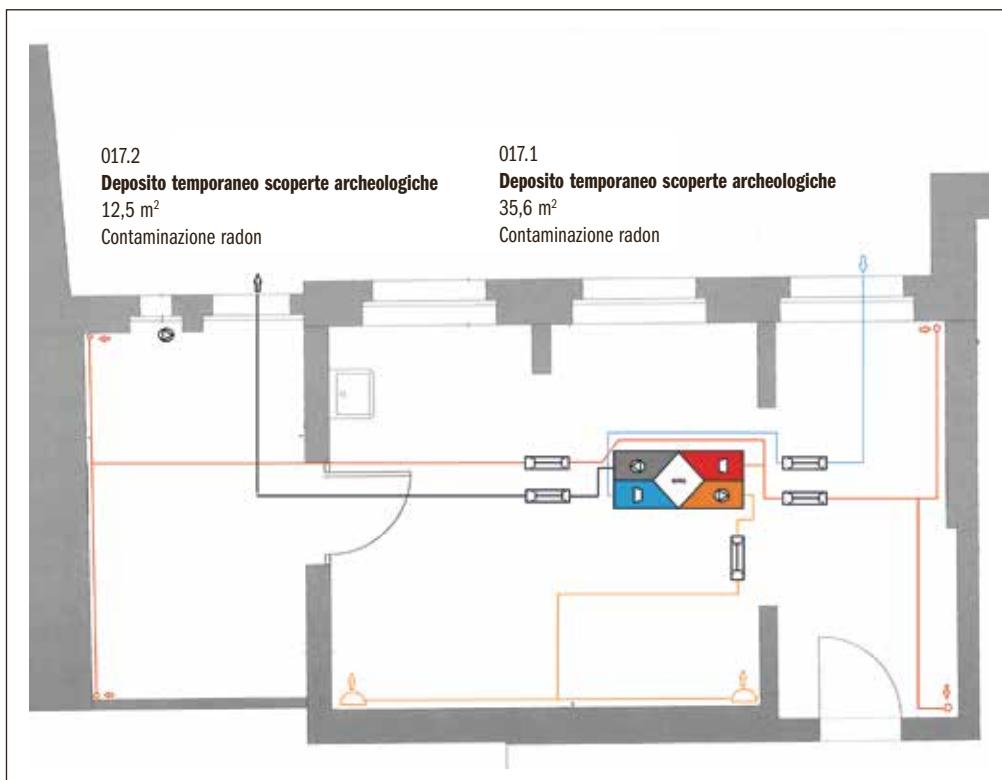


Figura 6.76: Schema di ventilazione dell'area di lavoro.

Casa monofamiliare a Riehen

L'edificio è una tipica struttura costruita nel 1921, che ha subito nel corso degli anni diversi interventi di risanamento energetico. Verso la fine degli anni '90 furono installate delle nuove finestre che portarono all'aumento delle concentrazioni di radon all'interno della casa.

Situazione radon

Come già rilevato nelle precedenti misurazioni, il locale cantina, con una pavimentazione non ermetica, è fortemente contaminato. Il valore medio è di 1930 Bq/m³, con punte massime fino a 2700 Bq/m³. I valori registrati presentano importanti variazioni. Con elevate temperature esterne la concentrazione scende fino a sotto i 1000 Bq/m³. Una possibile spiegazione è che il terreno presente attorno alla casa si scalda, asciugandosi. Ciò provoca quindi un maggior passaggio di radon attraverso il terreno circostante piuttosto che attraverso il pavimento della cantina. Una seconda possibilità è che l'effetto camino presente all'interno dell'edificio aumenti il ricambio d'aria a tal punto da diluire la concentrazione di radon trasportandolo all'esterno.

I valori dell'ultima serie di misurazioni sono più bassi in confronto a quelli registrati nel corso dell'inverno 2015. Il valore medio si assestava a 3400 Bq/m³. In salotto il carico radon è minore. In media, sull'arco di 14 giorni, sono stati misurati 290 Bq/m³. Con temperature esterne fredde, così come al mattino presto (dall'una alle tre di notte), si verificano occasionalmente concentrazioni di picco fino a 590 Bq/m³. Rispetto alle misurazioni del 2015, anche le concentrazioni di radon in salotto si sono ridotte. La camera da letto al piano superiore è solo leggermente contaminata: il valore medio si situa attorno ai 130 Bq/m³. Durante i giorni freddi sale fino a circa 300 Bq/m³.

Analisi

La concentrazione in salotto si situa solo leggermente al di sotto del valore di riferimento di 300 Bq/m³. Formalmente non sono necessari ulteriori interventi. È tuttavia consigliato tenere regolarmente sotto controllo i valori tramite un misuratore su lungo periodo.

Interventi

L'effetto camino ha portato ad una forte distribuzione di aria contenente radon in tutti i piani dell'edificio. Nell'intervento di risanamento del sistema di riscaldamento eseguito nel 2016 si è rinunciato, onde evitare di causare ulteriori infiltrazioni, all'installazione di sonde geotermiche. Al loro posto è stata installata una pompa di calore aria-acqua. Come prossimo intervento è pianificata la sigillatura della pavimentazione della cantina.



Figura 6.77: Nell'edificio degli anni venti, l'installazione di finestre ermetiche ha portato ad un aumento delle concertazioni.



Figura 6.78: Misurazione radon in cantina con pavimentazione non ermetica.

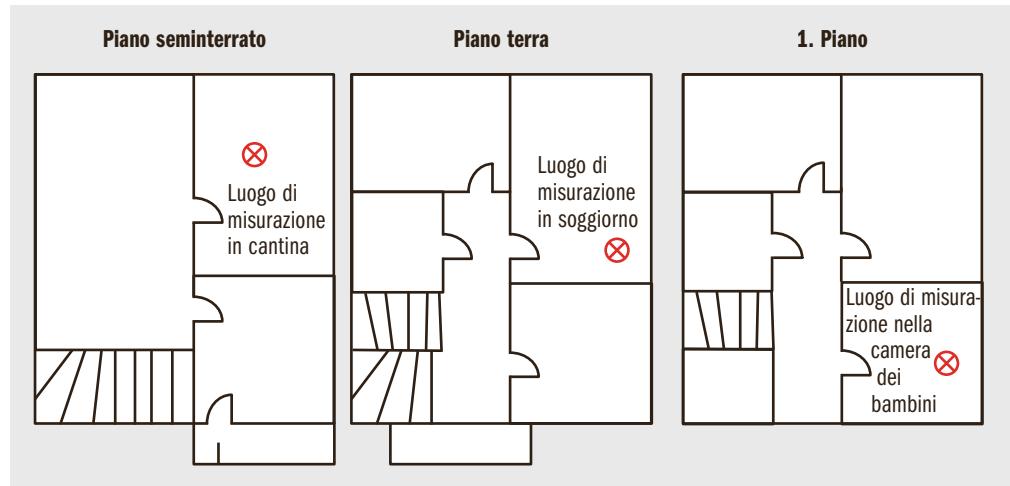


Figura 6.79: Piano con i tre punti di misurazione.

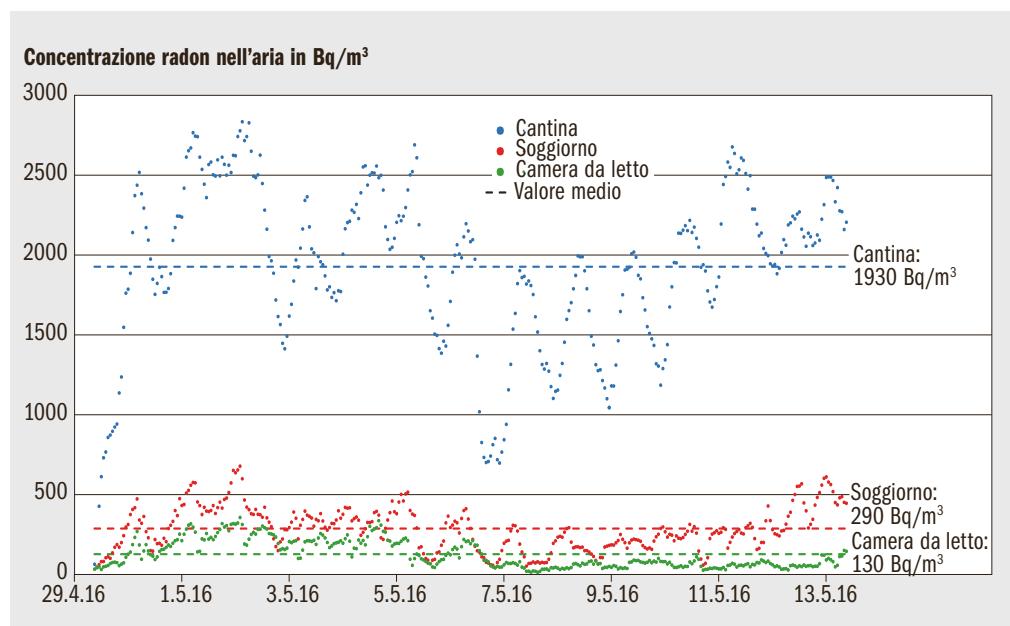


Figura 6.80: Concentrazioni radon nei tre punti di misura.

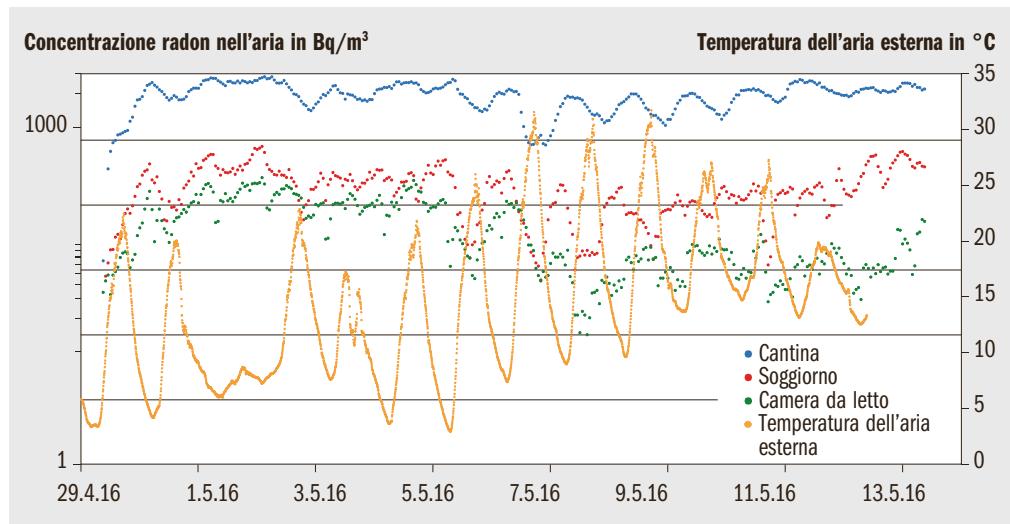


Figura 6.81: Concentrazioni radon in funzione della temperatura dell'aria esterna.

Abitazione con valori di radon molto alti

La casa monofamiliare oggetto del risanamento si sviluppa su tre piani, è situata in zona esposta ed è stata edificata su del materiale cristallino fessurato depositato da una frana. Sulla proprietà si trovavano profonde faglie nel terreno, che furono riempite durante la costruzione dell'edificio. Il piano interrato è utilizzato come appartamento di vacanza.

Viste le alte concentrazioni di radon, nel corso degli ultimi anni, furono realizzati diversi interventi di risanamento. Sotto il pavimento della cantina è stato installato un tubo drenante che tuttavia non è attualmente utilizzato. Nell'appartamento di vacanza situato al piano interrato è stato installato un impianto di ventilazione meccanica. La parete perimetrale della cantina è composta da pietra naturale e non è intonacata. Il pavimento del piano interrato è costituito da un massetto. Il soffitto presente tra piano interrato e piano terreno è provvisto di una barriera vapore con strati di alluminio.

Situazione radon

Nonostante gli interventi effettuati, nei locali secondari del piano interrato sono state misurate concentrazioni di fino a 55 000 Bq/m³. Nell'appartamento di vacanza i valori si situano tra i 2500 Bq/m³ e i 3500 Bq/m³. Nei locali situati al piano terreno e al primo piano le concentrazioni radon raggiungono 9000 Bq/m³.

Analisi

L'arieggiamiento della cantina ha permesso di ridurre le concentrazioni a valori tra gli 8000 Bq/m³ e i 12 000 Bq/m³, ma ha creato importanti correnti d'aria ai piani superiori. L'andamento delle concentrazioni radon al piano terreno e ai piani superiori era molto diverso rispetto a quello rilevato nella cantina. I valori radon misurati nel salotto del piano terreno segnalarono infatti una variazione costante nel corso della giornata con minime e massime giornaliere. Ciò può es-

sere dovuto alla presenza di un importante effetto camino. L'influsso termico sul movimento dei volumi d'aria all'interno dell'edificio è difficile da controllare. Ciò spiega l'efficacia ridotta dei provvedimenti messi in atto fin ora. Inoltre, c'è il sospetto che il radon salga attraverso le cavità presenti nelle pareti interne.

Interventi

Tutte le misure di protezione dal radon finora implementato non hanno portato a una riduzione permanente delle concentrazioni nei locali abitati della casa. In generale si ritiene però che l'edificio possa venir risanato grazie all'implementazione dei seguenti interventi:

- Aspirazione dal drenaggio installato sotto l'edificio con espulsione verso l'esterno (sviluppare una depressione sotto l'edificio);
- Migliorare la ventilazione meccanica dell'appartamento di vacanza (sviluppare una leggera sovrappressione all'interno dell'edificio);
- Installare un ulteriore impianto di ventilazione al piano terreno così come nelle camere da letto dei piani superiori (sviluppare una leggera sovrappressione all'interno dell'edificio);
- Intonacare le pareti della cantina in sasso;
- Installare sensori radon nella tromba delle scale.

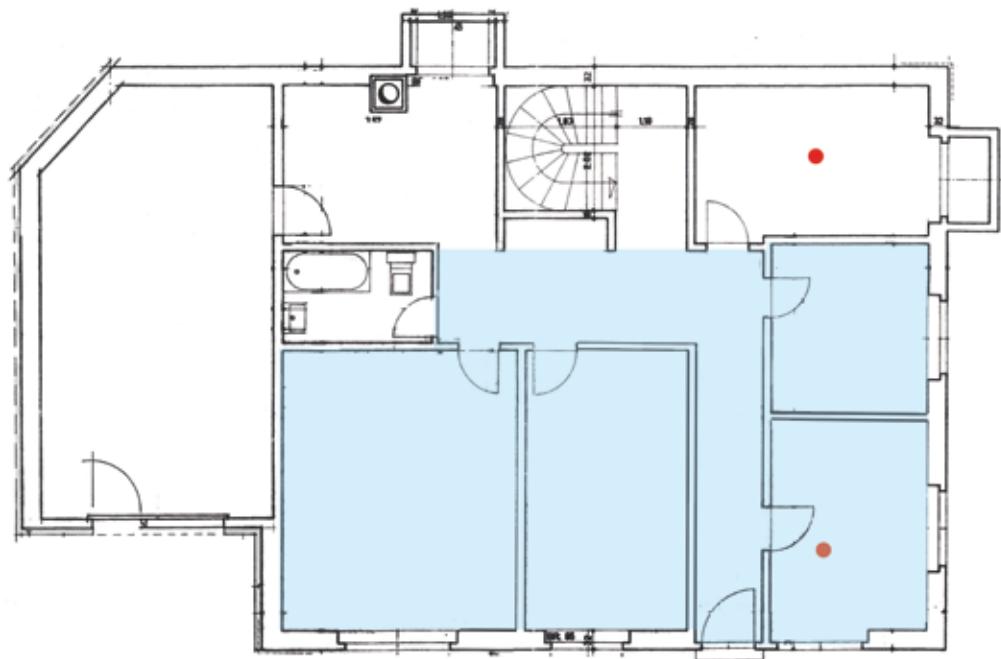


Figura 6.82: Nella planimetria del piano interrato è indicato in blu l'appartamento di vacanza e in rosso il posizionamento dei dosimetri.

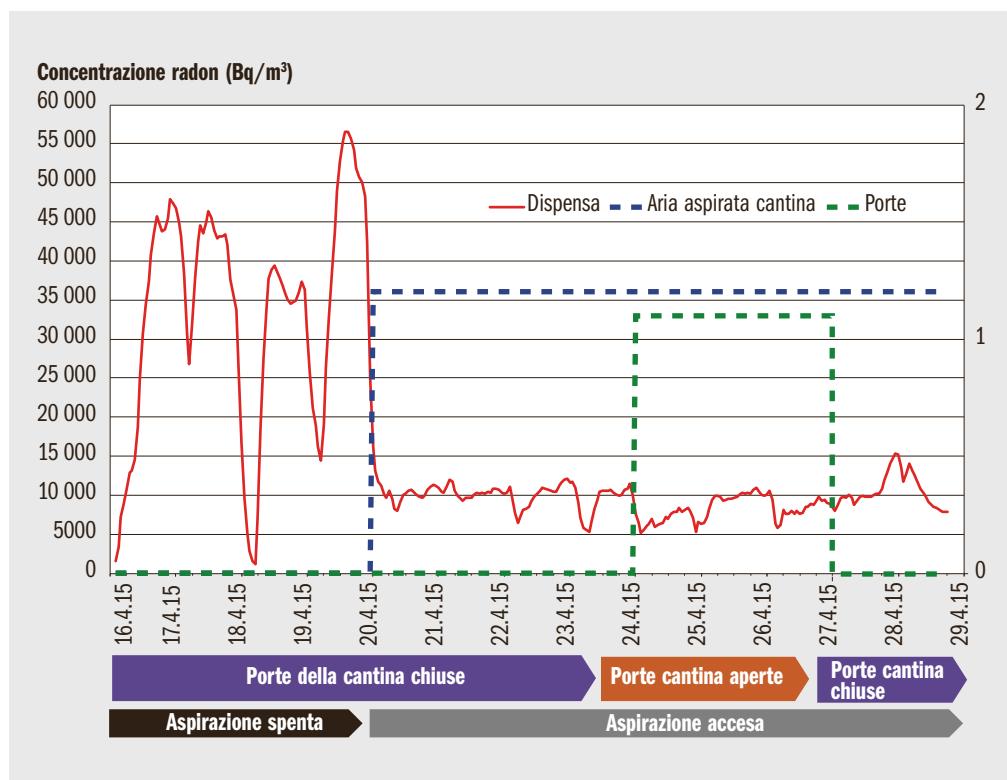


Figura 6.83: Il ventilatore installato in cantina riduce le concentrazioni fino a valori che si situano tra gli $8000 \text{ Bq}/\text{m}^3$ e i $12000 \text{ Bq}/\text{m}^3$, concentrazioni che risultano essere ancora troppo elevate.

6.3 Nuove costruzioni

Edificio nel Bellinzonese

L'abitazione monofamiliare è costituita da un piano terreno e un primo piano. Al piano superiore si trova un ampio soggiorno con cucina e bagno. Il piano terreno è invece composto da tre camere da letto, bagno e lavanderia. Il piano terra è principalmente a contatto diretto con il terreno, fatta eccezione per la facciata su lato strada.

Situazione radon

L'edificio è situato in una regione ad elevato rischio radon. La situazione geologica in loco è caratterizzata da uno strato da 3 fino a 5 metri di depositi sabbiosi con ghiaia e fango.

Analisi

Siccome la proprietà presenta un elevato rischio radon ed i locali di soggiorno sono direttamente a contatto con il terreno si è resa necessaria una prevenzione completa, composta da interventi di base, interventi complementari ed interventi supplementari (per la determinazione delle misure preventive necessarie, vedere il capitolo 3).

Interventi

- **Interventi di base:** sigillatura con manicotti dei tubi passanti nelle zone dell'edificio a contatto con il terreno;
- **Interventi complementari:** la platea di fondazione e le pareti a contatto con il terreno sono realizzati in calcestruzzo di classe XC2;
- **Interventi supplementari:** sotto le fondazioni dell'edificio è stato installato un sistema preventivo di aspirazione. I tubi di drenaggio hanno un diametro di 16 cm e sono posati in un letto di ghiaia di 30 cm di spessore. I tubi di drenaggio flessibili sotto le fondamenta sono collegati con un tubo rigido in PVC, il quale sale verticalmente fino ad arrivare esternamente all'altezza del primo piano.

È stato installato un impianto di ventilazione controllata. Secondo il quaderno tecnico SIA 2023 le prese d'aria esterne devono essere posizionate ad almeno 70 cm sopra il terreno. Se misurazioni di controllo successive rileveranno un'elevata concentrazione radon, si consiglia di installare un ventilatore all'estremità del sistema di drenaggio così da generare una depressione nel terreno ed aspirare l'aria contenente radon da sotto l'edificio. In questo caso è assolutamente necessario evitare la formazione di condensa nelle condotte così come la generazione di un rumore eccessivo. Il punto di espulsione dell'aria contaminata deve essere posizionata ad almeno 2 metri da porte e finestre.

Figura 6.84: Il piano terreno della casa monofamiliare è principalmente a contatto diretto con il terreno.





Figura 6.85: Installazione del sistema di drenaggio radon.

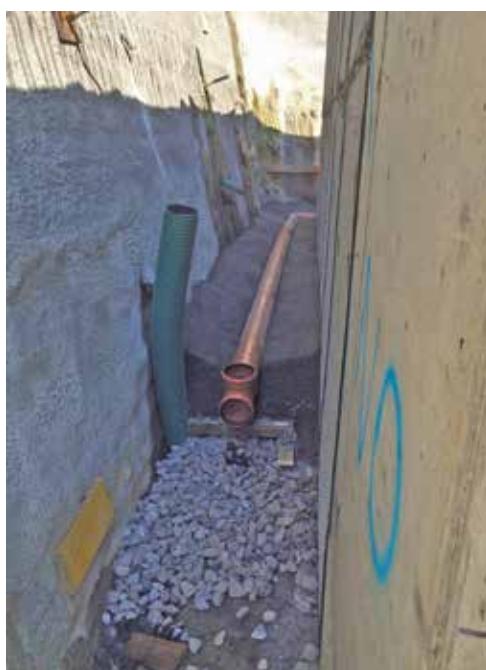


Figura 6.86 (sinistra): Dettaglio del drenaggio radon.



Figura 6.87 (destra): Installazione di manicotti ermetici al passaggio di radon.

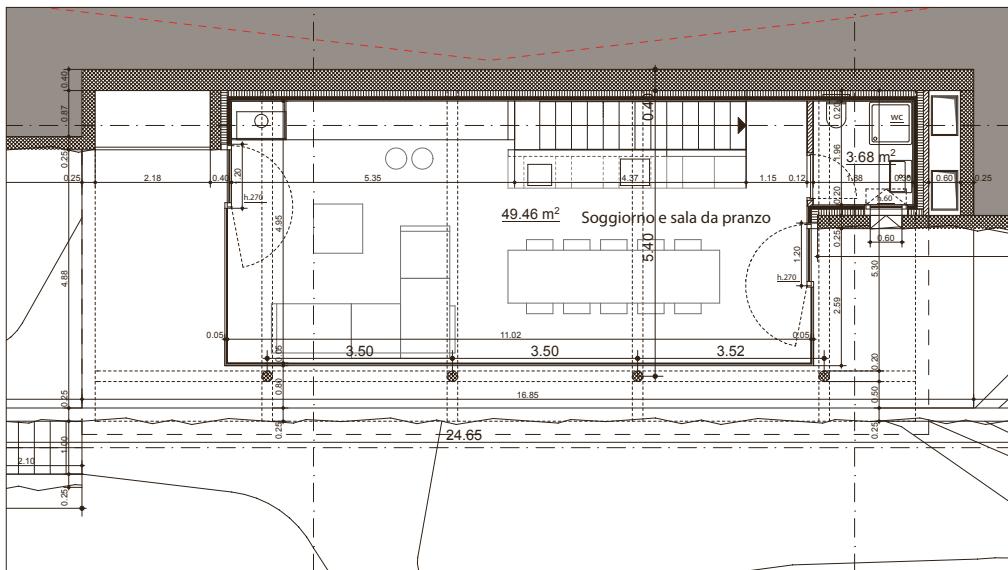


Figura 6.88: Planimetria del primo piano.

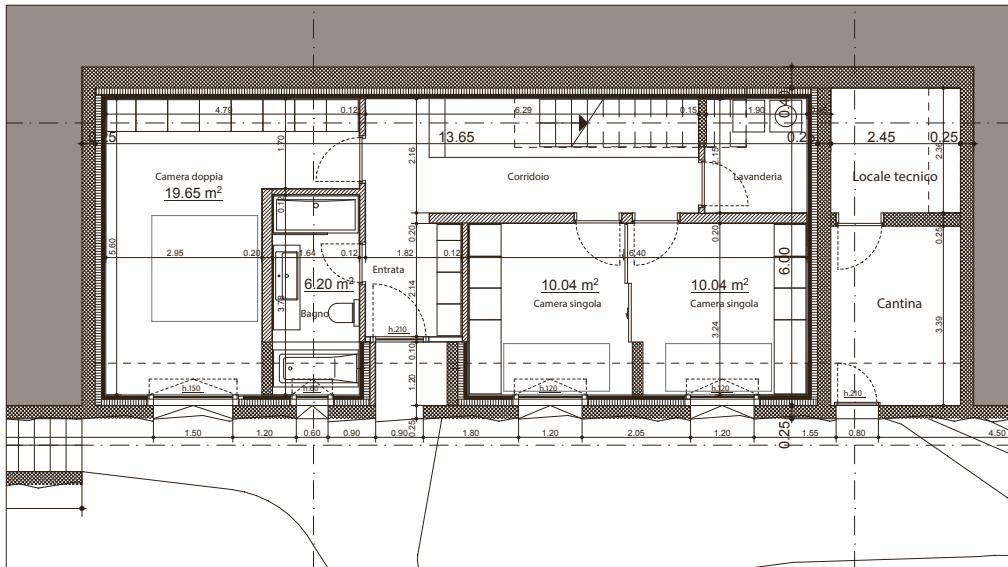


Figura 6.89: Planimetria del piano terreno.

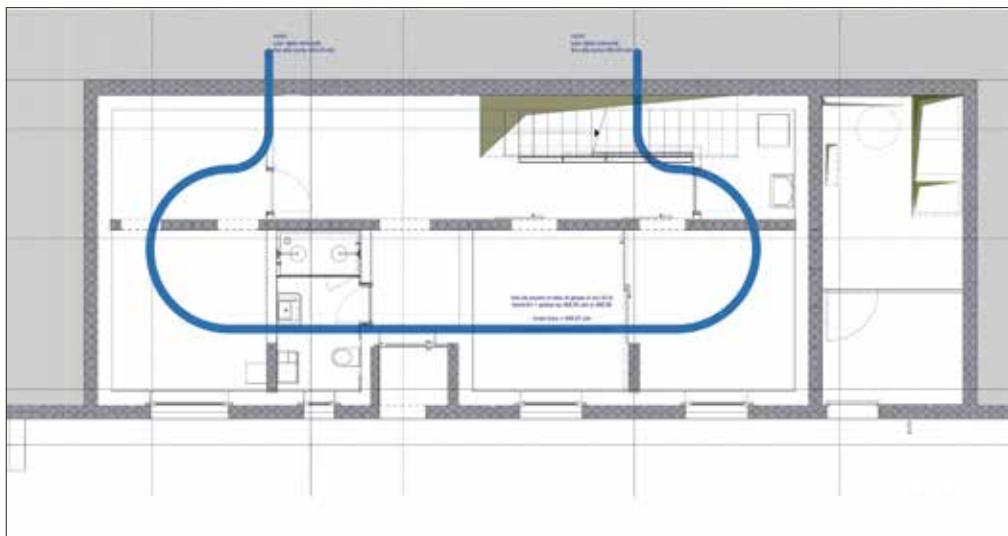


Figura 6.90: Sistema di drenaggio radon.

Edificio nelle Franches-Montagnes

L'edificio agricolo analizzato, con annessa parte abitativa, si trova in un'area pianeggiante nella periferia di un comune del Canton Giura.

Nel 2015 l'edificio è stato completamente rinnovato secondo lo standard Minergie. Una parte dell'involucro dell'edificio è stata ricostruita mentre gli spazi interni sono stati ampiamente risanati. L'involucro dell'edificio è stato reso ermetico. Tutte le finestre soddisfano i più recenti requisiti per la protezione termica e l'ermeticità all'aria.

Un riscaldamento a pellet e un impianto di ventilazione controllata in tutti i locali di soggiorno garantiscono comfort termico e una buona qualità dell'aria. Al piano terreno si trova un appartamento indipendente non risanato, ma collegato all'impianto di ventilazione. Circa un quinto dell'abitazione è interrata. I locali interrati non risanati hanno un sottile pavimento in calcestruzzo e si trovano sotto l'appartamento indipendente.

Situazione radon

Misurazioni tramite dosimetria passiva effettuate in passato hanno dimostrato elevate concentrazioni radon in cantina. Per questo

motivo, all'inizio del 2016, è stata eseguita una misurazione radon su breve periodo, la quale ha rilevato concentrazioni fino a 2100 Bq/m³ nella camera da letto al piano terreno dell'appartamento indipendente.

Analisi

Mediante un'importante ventilazione dei locali è stato possibile ridurre la contaminazione da radon, che dopo poco tempo si è nuovamente innalzata.

È emerso che la ventilazione meccanica non ha ridotto la concentrazione radon. Il proprietario ha poi segnalato di aver spento la ventilazione per motivi acustici. Non vi è quindi stato un sufficiente ricambio d'aria. Nella camera da letto situata al primo piano della parte risanata la concentrazione radon non era critica. Il valore massimo misurato era di 850 Bq/m³, ma si è trattato di un'anomalia: il valore medio su 60 minuti era di 100 Bq/m³ ed il valore medio per l'intera durata della misurazione si situava attorno a 45 Bq/m³.

Una situazione simile si è presentata nella lavanderia situata al piano terreno della parte di nuova costruzione, anche in que-



Figura 6.91: L'abitazione è stata completamente rinnovata secondo lo standard Minergie.

sto caso si è registrata un'anomalia, con valori fino a 870 Bq/m^3 . Il valore medio in 60 minuti era di 210 Bq/m^3 . Durante l'intero periodo è stata misurata una media di 90 Bq/m^3 .

Interventi

Le misure adottate nel nuovo edificio sono state sufficienti per risolvere il problema radon nelle parti di nuova costruzione dell'edificio.

Per i locali rimanenti non risanati sono stati consigliati i seguenti interventi:

- Posa di un nuovo pavimento nei locali situati al piano terreno;
- Impianto di ventilazione meccanica con immissione, aspirazione e recuperatore di calore in tutta la parte abitata della casa;
- Posa di porte a tenuta stagna al piano terreno.

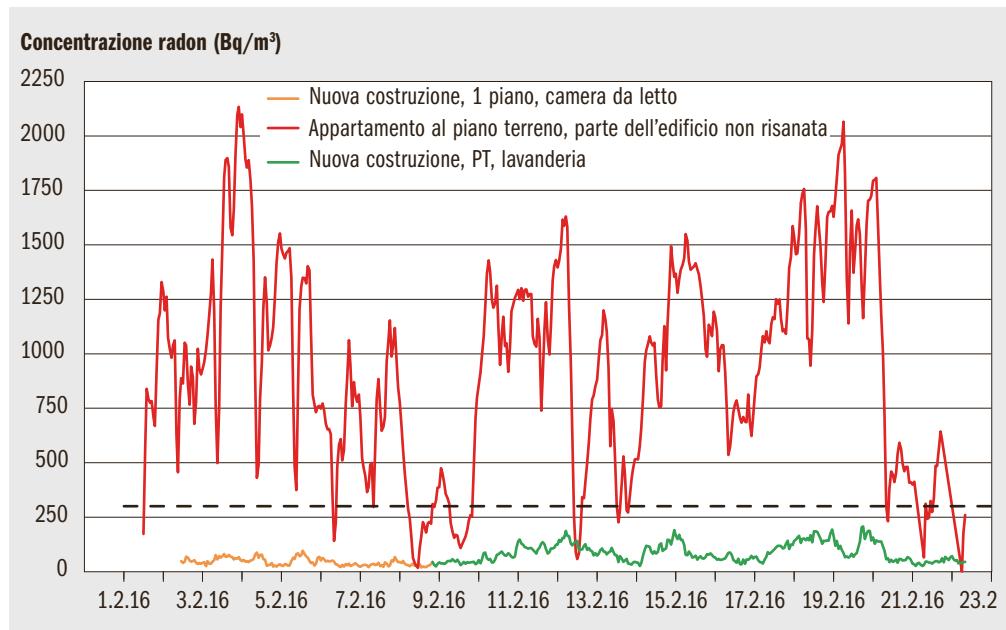


Figura 6.92: Le concentrazioni radon misurate nell'edificio di nuova costruzione sono al di sotto del livello di riferimento, nella parte dell'edificio non risanata superano invece il livello di riferimento.

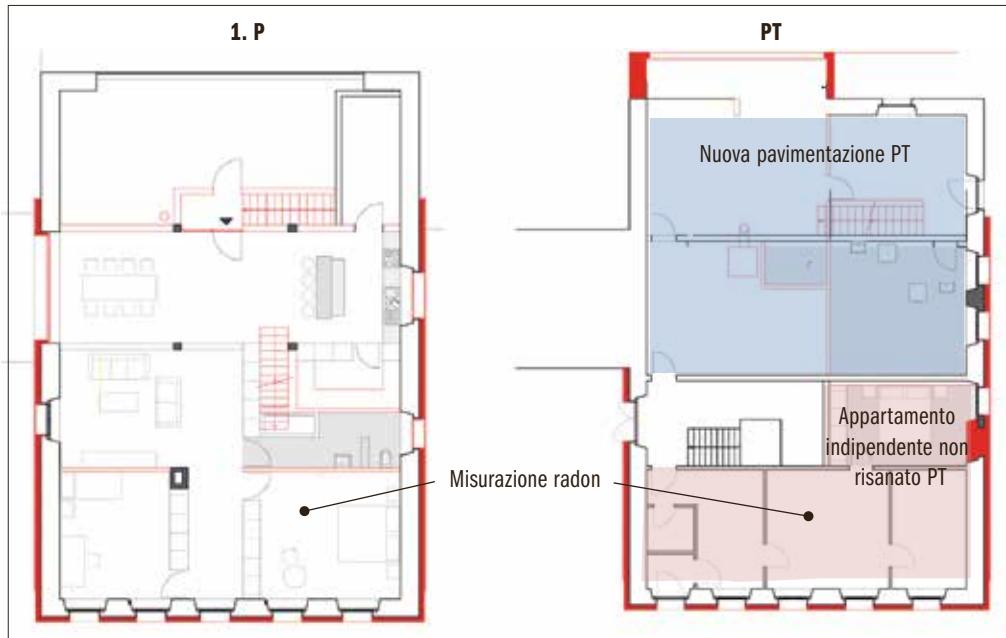


Figura 6.93: In blu è evidenziata la parte risanata della casa, in rosso l'appartamento indipendente non risanato.

Campus di una Scuola superiore a Olten

Lo stabile del campus della Scuola superiore della Svizzera Occidentale FHNW a Olten è stato costruito nel 2013 secondo i requisiti Minergie-P-Eco. Sulla base della Norma SIA 180, nel nuovo edificio sono stati implementati i seguenti interventi:

- Platea di fondazione continua;
- Resa ermetica della platea di fondazione;
- Installazione della presa d'aria della ventilazione sul tetto dell'edificio;



Figura 6.94: Vista della facciata della Scuola superiore della svizzera occidentale (FHNW) di Olten.

■ Nessuno locale con presenza permanente di persone al piano interrato.

Misurazione radon

Nel 2015, dopo una consultazione con gli architetti ed il committente, il centro competenze radon ha verificato gli interventi di base adottati. In un periodo di tempo di 100 giorni, tra novembre 2015 e febbraio 2016, sono state misurate le concentrazioni radon in 11 locali del campus. Come da raccomandazioni i dosimetri sono stati posati centralmente nei locali, lontano da correnti d'aria.

Conclusione

I risultati mostrano che non esiste alcun problema radon all'interno dell'edificio. Nel locale di estrazione dell'acqua di falda (A 142 PC) sono stati misurati i valori più elevati, i quali si situano tuttavia al di sotto del valore di soglia per i posti di lavoro esposti al radon ($1000 \text{ Bq}/\text{m}^3$). Il valore di $170 \text{ Bq}/\text{m}^3$, misurato nell'archivio A130, risulta essere leggermente elevato per un edificio Minergie-Eco, ma è ben al di sotto del livello di riferimento di $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$ raccomandato dall'Ordinanza federale sulla Radioprotezione. Con i risultati di misura disponibili, non sono richiesti interventi di protezione del radon.

Risultati delle misurazioni

Luogo di posa del dosimetro	Specifiche	Concentrazione radon media (Bq/m^3)	Incertezza di misurazione ($+/- \text{Bq}/\text{m}^3$)
A 130 locale biciclette	Sulla canalina portacavi, vicino alla macchina fotografica	21	6
A 284 2°P	Dietro alla porta a doghe, sul ripiano in legno	83	8
A 236 servizi igienici per disabili 2°P	Nel quadro elettrico dell'ascensore	26	6
PC nel corridoio verso lo spogliatoio per le cucine	Sulla canalina portacavi	30	6
B 015 PT	Sul mobile di separazione	13	5
A 142 Pozzo acqua di falda P-1	Sulla canalina portacavi contro la parete	789	48
B 140 Centrale di ventilazione	Sulla canalina portacavi	20	5
PT edificio lato est	Nei pressi del quadro elettrico	10	5
Autosilo P-1	Centralmente sulla canalina portacavi	13	5
Archivio PC	Centralmente sulla canalina portacavi	43	6
A 130 PC Archivio	Accanto a alle condotte elettriche, sulla canalina portacavi	171	15

Scuola dell'infanzia a Riehen

La struttura a padiglione che racchiude una doppia scuola materna e locali per attività diurne, sarà conclusa all'inizio del 2018. Il nuovo edificio a forma di «L» si inserisce armoniosamente nel circostante giardino. Elementi di facciata a nicchia conferiscono la sua identità all'edificio. I lucernari compongono la struttura del tetto. L'edificio è suddiviso in tre zone principali con locali secondari adiacenti. Gli alti locali caratterizzati da lucernari e finestre scorrevoli favoriscono l'illuminazione e la ventilazione naturale. Nei locali sotto tetto, oltre alle aree ricreative e agli uffici, si trovano anche dei locali pausa.

Interventi preventivi

Sono stati presi i seguenti provvedimenti preventivi contro il radon:

- Il piano interrato senza finestre si trova all'interno dell'involucro termico. In caso di elevate concentrazioni radon può essere ventilato meccanicamente attraverso bocchette pre-installate;
- I passaggi che attraversano la platea di fondazione e le pareti del piano interrato sono ermetici all'acqua grazie alla posa di speciali manicotti;
- La platea di fondazione del piano terra e le pareti a contatto con il terreno sono realizzate in calcestruzzo impermeabile (Classe 1 secondo la Norma SIA 272);
- Per motivi legati alla fisica di costruzione sotto la platea di fondazione del piano terreno è stato inserito uno strato di ghiaia in vetroschiuma. Se durante la messa in funzione si riscontrano concentrazioni elevate di radon, lo strato di ghiaia può essere ventilato attivamente grazie alla presenza di un ventilatore e un tubo di aspirazione con espulsione sul tetto dell'edificio. Sotto la pavimentazione dell'edificio sono stati collocati due tubi vuoti sigillati mediante manicotti ermetici, i quali attraversano la platea di fondazione fino all'interno dell'edificio. Questi tubi partono dal piano terra e rag-

giungono il tetto all'interno delle pareti intagliate in legno;

- La porta di passaggio tra il piano terreno e piano interrato è ermetica ed è stata dotata di una serratura di sicurezza.

Procedura nella fase operativa

Sotto la platea di fondazione del magazzino non riscaldato non si è reso necessario inserire uno strato di ghiaia in vetroschiuma. Per questo scopo sono sufficienti le pareti in calcestruzzo impermeabile con isolamento termico esterno. Rispetto alle concentrazioni presenti nel terreno circostante non si prevede la presenza di elevate concentrazioni radon nello strato di ghiaia presente sotto la platea di fondazione. Non è pertanto necessario l'inserimento di prese d'aria per la ventilazione passiva del terreno presente sotto la platea di fondazione del piano terreno. In fase operativa sono previste misurazioni radon all'interno dell'edificio.



Figura 6.95 (destra):
Panoramica della nuova
doppia scuola dell'infanzia
di Riehen.

Figura 6.96 (sotto):
Planimetria piano terreno.

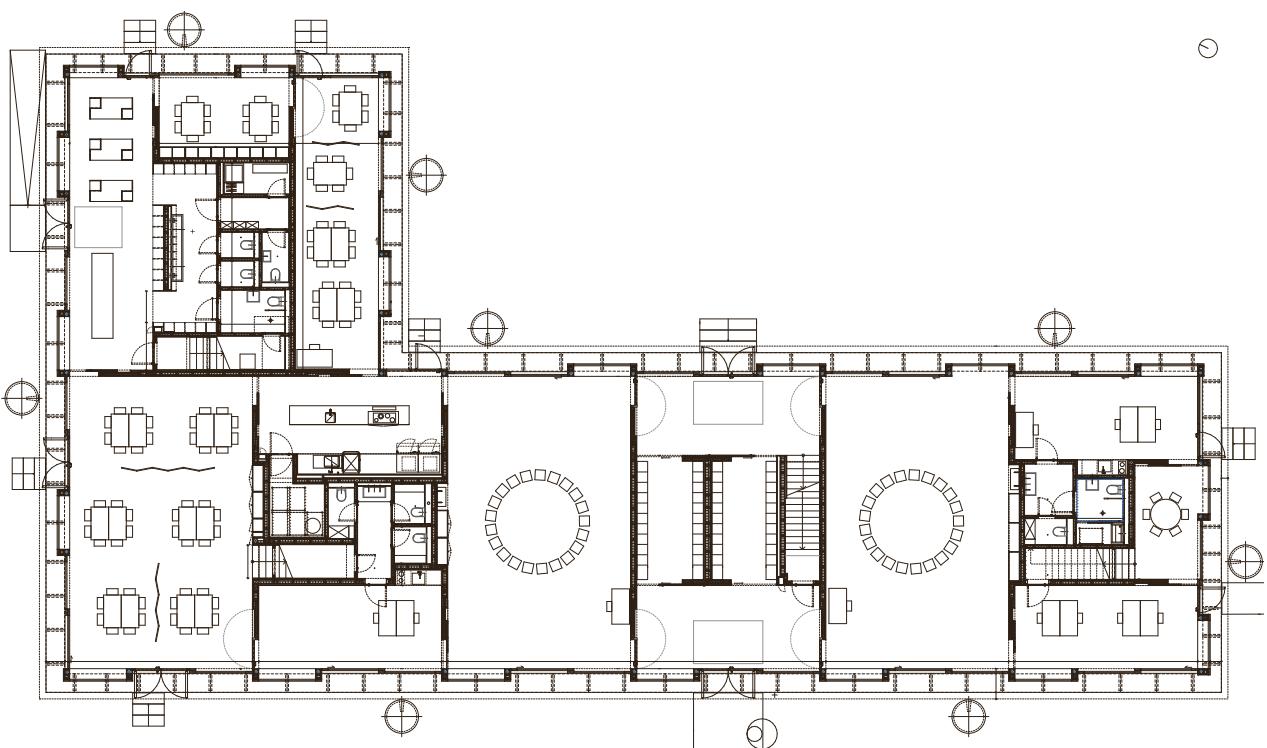




Figura 6.97: Uno strato di ghiaia in vetroschiuma funge da drenaggio radon.



Figura 6.98: Breccia sotto la platea di fondazione funge da strato di livellamento.



Figura 6.99: Interventi per la protezione dall'umidità e dal radon sul soffitto della cantina.



Figura 6.100: Una condotta passante ermetica al radon.



Figura 6.101: Resa ermetica al radon grazie alla pavimentazione in calcestruzzo armato.

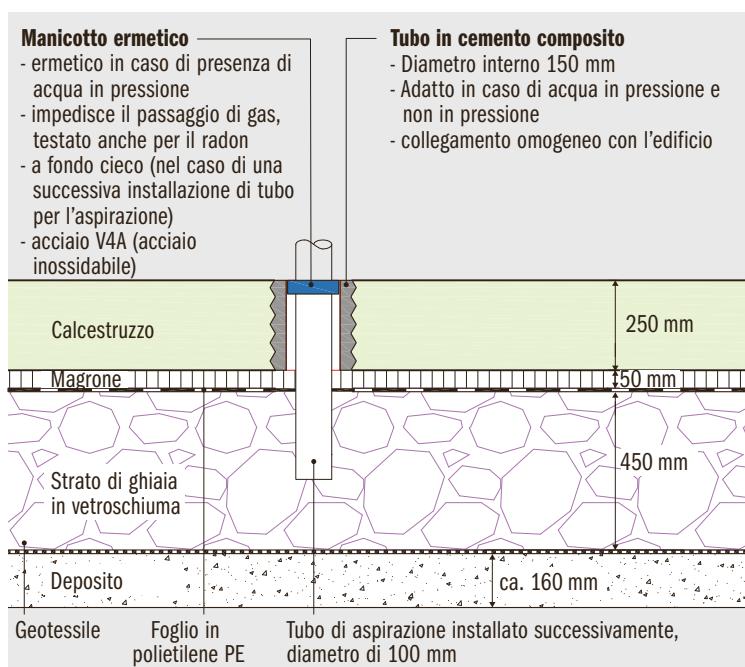


Figura 6.102: Dettaglio aspirazione radon nello strato di ghiaia in vetroschiuma.

Capitolo 7

Allegati

Contatti

Contatti

I servizi regionali radon sono gli organi di riferimento in caso di implementazione di risanamenti o di misure preventive. Questi servizi forniscono le informazioni relative ai servizi di misurazione e ai consulenti in materia di radon riconosciuti.

■ Svizzera tedesca: Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz, www.fhnw.ch. Delegato: Franco Fregnani. Sostituto: Falk Dorusch. radon@fhnw.ch, 061 228 55 48.

■ Svizzera romanda: Haute école d'ingénierie et d'architecture, Pérolles 80, CP 32, 1705 Fribourg, www.heia-fr.ch, Delegata: Joëlle Goyette Pernot, joelle.goyette@hefr.ch, 026 429 66 65.

■ Svizzera italiana: Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, Campus Trevano SUPSI, 6952 Canobbio, www.radon.supsi.ch. Delegato: Luca Pampuri, 058 666 62 98, luca.pampuri@supsi.ch. Sostituto: Claudio Valsangiacomo, claudio.valsangiacomo@supsi.ch, 058 666 63 51.

Ufficio federale della sanità pubblica

UFSP

Sul sito www.ch-radon.ch, l’Ufficio federale della sanità pubblica UFSP mette a disposizione informazioni inerenti la tematica radon. Qui è inoltre possibile trovare il collegamento alla mappa radon così come la lista dei professionisti che hanno seguito una formazione riconosciuta dall’UFSP e la lista dei servizi di misurazione riconosciuti.

Disposizioni legali e normative

- Ordinanza sulla radioprotezione del 1° gennaio 2018 (ORaP), disponibile all’indirizzo www.admin.ch
- Norma SIA 180 «Isolamento termico, protezione contro l’umidità e clima interno degli edifici», 2014
- Norma SIA 262/1 «Costruzioni in calcestruzzo – Indicazioni complementari», 2013
- Norma SIA 272 «Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau», 2009
- Norma SIA 382/5 2023 «Ventilazione negli edifici abitativi», 2018
- SN EN 206:2013 (2° edizione) «Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität» (SN EN 206-1). La Norma SN EN 206 è relativa ad un prodotto e descrive le prescrizioni relative al calcestruzzo, la sua classificazione e i relativi metodi di prova. Descrive come le opere in calcestruzzo devono essere appaltate, come lo stesso deve essere consegnato e controllato al fine di garantirne la conformità.
- Catalogo dei requisiti Minergie-Eco, disponibile all’indirizzo www.minergie.ch

Fonti

- Radonschutzmassnahmen: Planungshilfe für Neu- und Bestandesbauten. Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Freistaat Sachsen (SMUL), 2016
- Radon: Misure di prevenzione negli edifici nuovi. Editore: Pubblicazione comune dei servizi specializzati radon di Austria, Svizzera, Germania del Sud, Alto Adige, 2012

- Georgescu, D.P.: Influence of Concrete Characteristics on Radon Transport, Bucharest, 2012
- Hoffmann, B.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Emanation und Migration von Radon in Baustoffen und Bauwerksabdichtungen; Dissertation, Saarbrücken, 2004
- Keller, G., Hoffmann, B. (2002): Durchlässigkeit von Baumaterialien. Pubblicato da: BMU; Forschung zum Problemkreis Radon; Vortragsmanuskripte des 14. Statusgespräches, Berlino, 23 e 24 ottobre 2001. www.radontest.de
- Keller, G.: Die Strahleneinwirkung durch Radon in Wohnhäusern. Bauphysik 15, 1993, Heft 5
- Keller, G., Schütz, M.: Radon-Sanierung in Häusern. Institut für Biophysik, Homburg

