



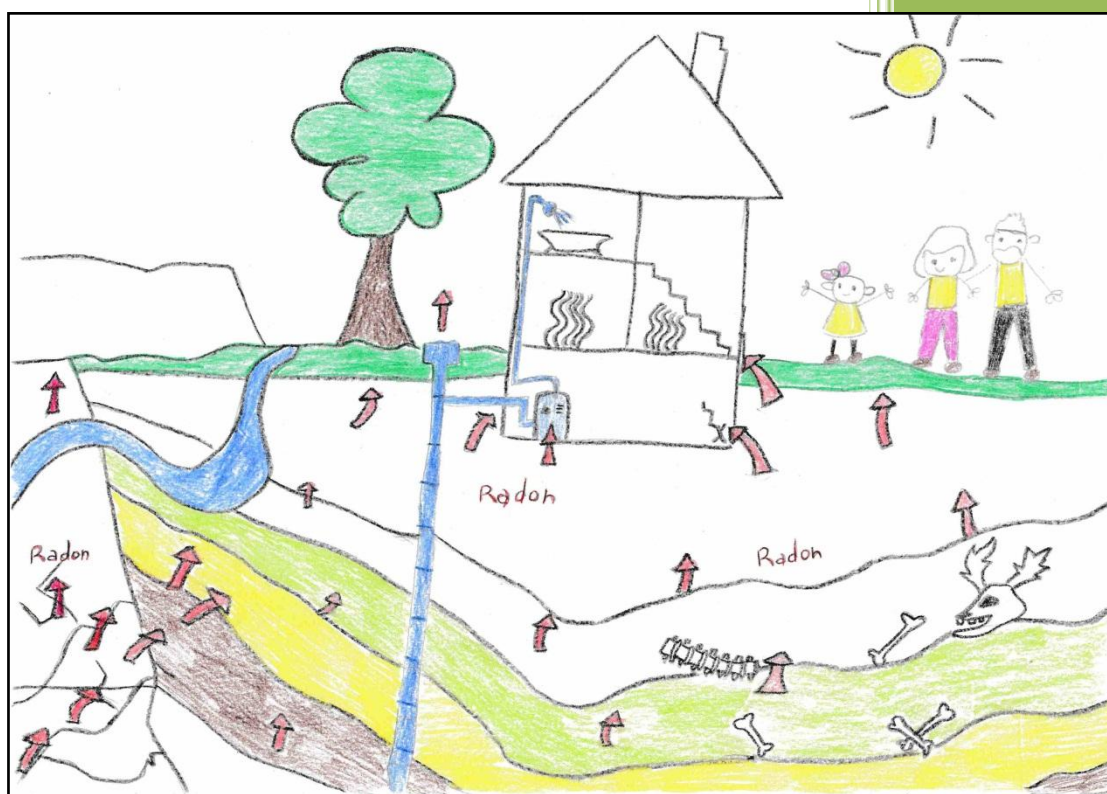
REGIONE BASILICATA



FARBAS
Fondazione Ambiente Ricerca Basilicata



RADON: Linee Guida regionali per risanamento e prevenzione



Gruppo di Lavoro

Prof. Antonio D'Angola	(Università della Basilicata, CTS FARBAS)
Dott.ssa Carmela Fortunato	(ARPAB)
Dott. Rocco Marchese	(ARPAB)
Ing. Leonardo Lovallo	(FARBAS)
Ing. Pasquale Luigi Ponzo	(FARBAS)

2019

RADON: Linee Guida regionali per risanamento e prevenzione

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	pag.2
1.1 Inquadramento normativo.....	pag.3
1.2 La misura del Radon	pag.4
1.3 Il Radon in Basilicata.....	pag.6
2. II RADON NEGLI EDIFICI	pag.10
2.1 Materiali da costruzione	pag.12
2.2 Caratteristiche dell'edificio e rischio Radon	pag.12
2.3 Valutazione preliminare del sito	pag.13
3. TECNICHE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE.....	pag.14
3.1 Prevenzione nella costruzione di nuovi edifici	pag.20
3.2 Azioni di risanamento su edilizia esistente.....	pag.25
5. BIBLIOGRAFIA.....	pag.28



1. INTRODUZIONE

Le attività umane sono caratterizzate dall'interazione con sorgenti e nuclidi radioattivi di origine naturale e artificiale. La presenza di sorgenti radioattive naturali nel terreno, nelle rocce, nell'acqua e nell'aria determina una dose assorbita dalla popolazione che secondo studi effettuati dal National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP Report 93) incide per circa l'80% sulla dose assorbita totale mediamente in un anno da un uomo. Di questa, circa il 70% è dovuta al Radon (^{86}Rn), gas radioattivo naturale, osservato da Curie e identificato da Dorn all'inizio del secolo scorso, e presente nelle catene di decadimento delle famiglie di Uranio e Torio, ampiamente diffusi nella crosta terrestre. Sebbene durante i primi decenni del Novecento gli effetti della radioattività naturale fossero ritenuti benefici, ben presto l'evidenza di neoplasie insorte in operaie addette a dipingere le lancette e il quadrante di orologi luminescenti con vernici contenenti sali di Radio e nei minatori che lavoravano nelle miniere di cobalto della Sassonia, ha mostrato il possibile rilevante danno biologico legato all'inalazione e ingestione di radio e radon.

Il Radon è un *gas nobile* (il più pesante di essi) e come tale è "chimicamente inerte", inodore e incolore. Il suo isotopo maggiormente presente in natura (quello cui ci si riferisce quando si parla di Radon) è il Rn-222 che è anche l'isotopo più stabile, con un tempo di dimezzamento di 3,8 giorni. Si forma dal decadimento del Radio che è a sua volta un elemento radioattivo presente nella catena dei discendenti dell'uranio naturale. Il Radon ha una vita media sufficientemente lunga che lo porta ad accumularsi negli ambienti chiusi fino a raggiungere valori di concentrazione talvolta anche molto elevati, rappresentando così, come accertato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo di sigaretta, aumentando il rischio di insorgenza di neoplasie quando fumo di sigaretta e radon si associano. La pericolosità del radon è dovuta in realtà ai suoi prodotti di decadimento a vita breve (con tempo di dimezzamento minore di 30 minuti), che, essendo solidi, si depositano sul pulviscolo presente nell'aria, e vengono inalati fissandosi nell'apparato respiratorio, irradiandolo a diretto contatto dall'interno.

La presenza del radon negli edifici è dovuta principalmente alle esalazioni di questo gas dal terreno. Il grado di emissione dipende in primis dalla concentrazione del progenitore radio nel sottosuolo ma anche dalla porosità e dal grado di fratturazione del sottosuolo stesso, cosicché il deflusso di radon trova maggiori resistenze in presenza di terreni compatti, come limi o argille.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), organizzazione tecnico scientifica dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), già dagli anni '90, ha classificato il gas radon tra i

cancerogeni accertati del gruppo I, per i quali vi è massima evidenza di cancerogenicità, fornendo indicazioni circa la necessità di intervenire sulle concentrazioni elevate di gas radon.

Tali informazioni, estrapolate per valori di concentrazione più bassi, hanno permesso l’emanazione delle prime Direttive Europee e del D. Lgs 241/00 che ha introdotto, in Italia, la regolamentazione del rischio radon nei luoghi di lavoro. Negli ultimi anni, numerosi studi epidemiologici hanno approfondito l’effetto delle basse concentrazioni di gas radon mostrando che su un periodo di osservazione di 25-35 anni si ha un aumento del rischio relativo di sviluppare tumore polmonare del 10-15% per ogni 100 Bq¹/m³ di concentrazione. Gli studi hanno anche dimostrato che il rischio dovuto all’esposizione al radon può essere fino a circa 25 volte maggiore se associato al fumo da tabacco. Sulla base di queste evidenze scientifiche, al fine di limitare i rischi per la popolazione è necessario ricorrere quindi ad un accurato monitoraggio del territorio che, come previsto dalla normativa vigente, le Regioni e Province Autonome stanno effettuando. Sulla scorta delle misure risulta quindi necessario provvedere all’applicazione di tecniche di prevenzione *ex ante* (edifici di nuova realizzazione) e di tecniche di prevenzione *ex post* (bonifica su edifici esistenti). Queste linee guida intendono rappresentare uno strumento operativo per le Amministrazioni Pubbliche, per i progettisti e per i costruttori di edifici e mirano a fornire indicazioni e suggerimenti al fine di ridurre l’esposizione al gas radon.

1.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa di riferimento oggi in Italia prende in considerazione i rischi da esposizione al radon esclusivamente sui luoghi di lavoro, stabilendo l’obbligo per l’esercente di prevedere azioni di rimedio se la concentrazione media annua di radon indoor supera il *Livello di Azione* di 500 Bq/m³ (da effettuarsi entro 3 anni dall’esito della misura)². I riferimenti normativi sono rappresentati dal Decreto Legislativo n. 230 del 17.03.1995 modificato e integrato dal D.Lgs. 241/2000 che regola le attività lavorative in particolari luoghi esposti al rischio radon quali tunnel, stabilimenti termali, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei, oltre che le attività lavorative estrattive.

¹ Il numero di decadimenti per unità di tempo e per unità di volume si misura con il Becquerel al metro cubo, Bq/m³, essendo 1 Bq una transizione nucleare al secondo.

² Fatta eccezione per le scuole, l’esercente è tuttavia esonerato dalla bonifica nel caso in cui un Esperto Qualificato dimostri che nessun lavoratore riceve una dose superiore a 3 mSv/anno.



Con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea (UE) del 17 gennaio 2014 della nuova Direttiva Europea numero 59/2013 è divenuto obbligatorio per tutti gli Stati Membri dell'UE dotarsi di un piano nazionale radon (PNR) da aggiornare periodicamente per realizzare il complesso di azioni necessarie per ridurre il rischio di tumore polmonare associato all'esposizione al radon. In campo edilizio il PNR raccomanda che negli strumenti urbanistici (piani regolatori, regolamenti edilizi, etc.) di tutti gli enti preposti alla pianificazione ed al controllo del territorio, sia introdotta la prescrizione di adottare semplici ed economici accorgimenti costruttivi finalizzati alla riduzione dell'ingresso del radon ed a facilitare l'installazione di sistemi di rimozione del radon che si rendessero necessari successivamente alla costruzione dell'edificio. Analoghe prescrizioni dovranno essere previste per gli edifici soggetti a lavori di ristrutturazione o manutenzione straordinaria che coinvolgano in modo significativo le parti a diretto contatto con il terreno.

La nuova Direttiva indica un livello di riferimento per la concentrazione media annua di radon in aria inferiore al *Livello di Azione* del D.Lgs. 241/2000, riducendolo a 300 Bq/m³ sia per i luoghi di lavoro che per le abitazioni. Inoltre la direttiva stabilisce che gli Stati membri definiscano un piano d'azione nazionale che affronti i rischi a lungo termine dovuti alle esposizioni al radon, con il principale obiettivo di ridurre l'impatto sulla popolazione e sui lavoratori, attraverso l'adozione di misure appropriate per prevenire l'ingresso del radon in nuovi edifici e individuando le zone in cui si prevede che la concentrazione media annuale di radon superi il livello di riferimento nazionale in un numero significativo di edifici. All'interno di tali zone dovranno essere effettuate misurazioni del radon nei luoghi di lavoro e negli edifici pubblici situati al pianterreno o a livello interrato, e promossi interventi volti a individuare le abitazioni in cui la concentrazione media annua supera il livello di riferimento, incoraggiando eventuali azioni di rimedio in tali abitazioni.

1.2 LA MISURA DEL RADON

La misura del radon può avvenire secondo tre differenti metodologie: istantanea, continua e integrata utilizzando, a seconda dei casi, strumentazione attiva (che necessita di alimentazione elettrica) o passiva. La misurazione istantanea consente di ottenere la concentrazione di radon in tempo reale ed è utile per una valutazione immediata dei livelli di esposizione. La misurazione in continuo consente di verificare la variabilità della concentrazione di radon anche sul medio e lungo periodo fornendo dati con cadenza oraria o giornaliera essendo i livelli di radon estremamente variabili rispetto alle diverse condizioni ambientali (temperatura, pressione e umidità) e quindi



rispetto alle stagioni e al ciclo giorno-notte. Entrambe queste misurazioni sono effettuate con monitori attivi. Infine la misura integrata consente di ottenere il valore medio della concentrazione di radon su intervalli temporali di settimane o mesi ed è adatta per valutare l'esposizione complessiva al radon negli ambienti indoor. Diversamente dai monitori attivi, i rivelatori di tipo passivo (dosimetri) sono economici e facili da utilizzare, anche se la determinazione del valore medio misurato deve essere effettuata presso un laboratorio attrezzato e qualificato.

Tra i rivelatori attivi si trovano principalmente sistemi a scintillazione a celle di Lucas (basati sul conteggio dei lampi di luce emessi da un materiale sensibile quando è colpito dalle particelle alfa del radon) e i rivelatori a semiconduttori nei quali la radiazione alfa incidente causa una variazione di corrente misurabile.

Tra i rivelatori passivi sono molto diffusi i dosimetri a stato solido che misurano con precisione la concentrazione media di radon attraverso il conteggio delle tracce nucleari lasciate dalle particelle alfa sui film polimerici che li compongono. Questi dosimetri sono costituiti da un involucro di plastica di piccole dimensioni che contiene al suo interno una piccola lastra di polimero sensibile. Abbastanza diffusi ma meno precisi ed affidabili sono anche i rivelatori ad elettretti che effettuano una misura indiretta a breve e medio termine. In essi viene valutata la caduta di potenziale di un dielettrico caricato negativamente, per effetto della neutralizzazione con le particelle alfa (cariche positive) emesse dal radon. Maggiori dettagli e approfondimenti sui rivelatori attivi e passivi possono essere trovati in diverse pubblicazioni (WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective).

Attualmente esistono diversi servizi di misura della concentrazione media di radon indoor effettuati generalmente con dosimetri passivi a tracce nucleare. I dosimetri possono essere facilmente installati dall'utente, lasciandoli esposti sulla superficie di un mobile per un periodo di alcuni mesi, al termine del quale vengono restituiti al laboratorio per l'effettuazione dell'analisi. Il costo del servizio dipende dal numero di dosimetri che si intende installare (tipicamente si scelgono locali maggiormente frequentati come le camere da letto o locali a piano terra) e non supera 100/150 euro. Per quanto riguarda invece le misure real-time con strumentazione attiva i costi sono maggiori (fino a 500 euro) e richiedono personale specializzato. In ogni caso, per effettuare le misure di radon è opportuno rivolgersi a laboratori attrezzati e qualificati, tenendo presente che è anche possibile contattare gli uffici competenti delle ARPA.



1.3 IL RADON IN BASILICATA

Indagine conoscitiva dei livelli di concentrazione radon indoor negli edifici scolastici e prima mappa indicativa del *rischio radon relativo* per i comuni.

Nel 2013 l'Ufficio Centro Regionale di Radioattività (CRR) dell'ARPA Basilicata ha allestito un laboratorio per effettuare misure intensive di concentrazione Radon indoor sul territorio lucano, effettuando i primi test di interconfronto e di calibrazione. Consecutivamente ha avviato una campagna di misure negli edifici scolastici della Basilicata, per avere un quadro conoscitivo dei livelli di radon riscontrabili nelle scuole e per individuare eventuali superamenti della concentrazione media annua rispetto al *Livello di Azione* di 500 Bq/m³ di cui al D.Lgs. 241/2000. Questa indagine si è conclusa a luglio 2018 e ha consentito di raggiungere anche l'obiettivo di creare un primo set di dati georeferenziati da utilizzare come base di partenza per la pianificazione di una seconda campagna di misure più intensiva, finalizzata alla mappatura delle *Radon Prone Areas (RPA)* in Basilicata, ovvero delle aree ad alto rischio di alte concentrazioni radon. La mappatura effettiva delle *RPA* richiederà però un piano specifico da concordare e istituire con la Regione Basilicata.

Prima del 2014 gli unici dati istituzionali disponibili per il territorio lucano erano quelli relativi all'indagine nazionale effettuata negli anni '89-'98 dall'Istituto superiore della Sanità (ISS) e dall'ex ANPA, ora ISPRA. In tale occasione in Basilicata furono effettuate in totale cinquanta misure in altrettante abitazioni dislocate in due comuni. Da questo numero limitato di dati è stato estrapolato un valore medio di concentrazione radon indoor per il territorio lucano pari a 30 Bq/m³ che, tuttavia, è scaturito da un campione poco rappresentativo.

Raccolta e analisi dei dati

L'indagine effettuata nelle scuole dal Centro Regionale di Radioattività dal 2014 al 2018 ha coperto tutti i 131 comuni della Basilicata, interessando 268 edifici scolastici e 32 luoghi di lavoro di diverso tipo, per un totale di 300 strutture. In ogni territorio comunale sono state generalmente esaminate almeno il 50% delle scuole esistenti, dando priorità alle scuole dell'obbligo e dell'infanzia. È da precisare che, in relazione agli obiettivi prefissati e soprattutto alle risorse disponibili, l'indagine condotta ha rappresentato uno *screening* conoscitivo e non un monitoraggio ai fini della mappatura completa del rischio radon sul territorio regionale.

Le misure sono state effettuate tramite esposizione di dosimetri passivi a tracce nucleari del tipo CR-39, posizionati in uno più locali a piano terra e/o seminterrato, normalmente utilizzati dai discenti e/o dal personale scolastico e individuati tra quelli potenzialmente più a rischio di alte concentrazioni radon. In totale sono stati installati n. 550 dosimetri, lasciati esposti per un periodo di 3-6 mesi nella stagione fredda, che generalmente può essere considerata la più rappresentativa. Nei casi in cui è stata superata una *soglia di screening* fissata a 300 Bq/m^3 , è stato esteso il periodo di misura ad un intero anno, così da poter effettuare il confronto del valore medio annuo con il *Livello di Azione* di 500 Bq/m^3 .

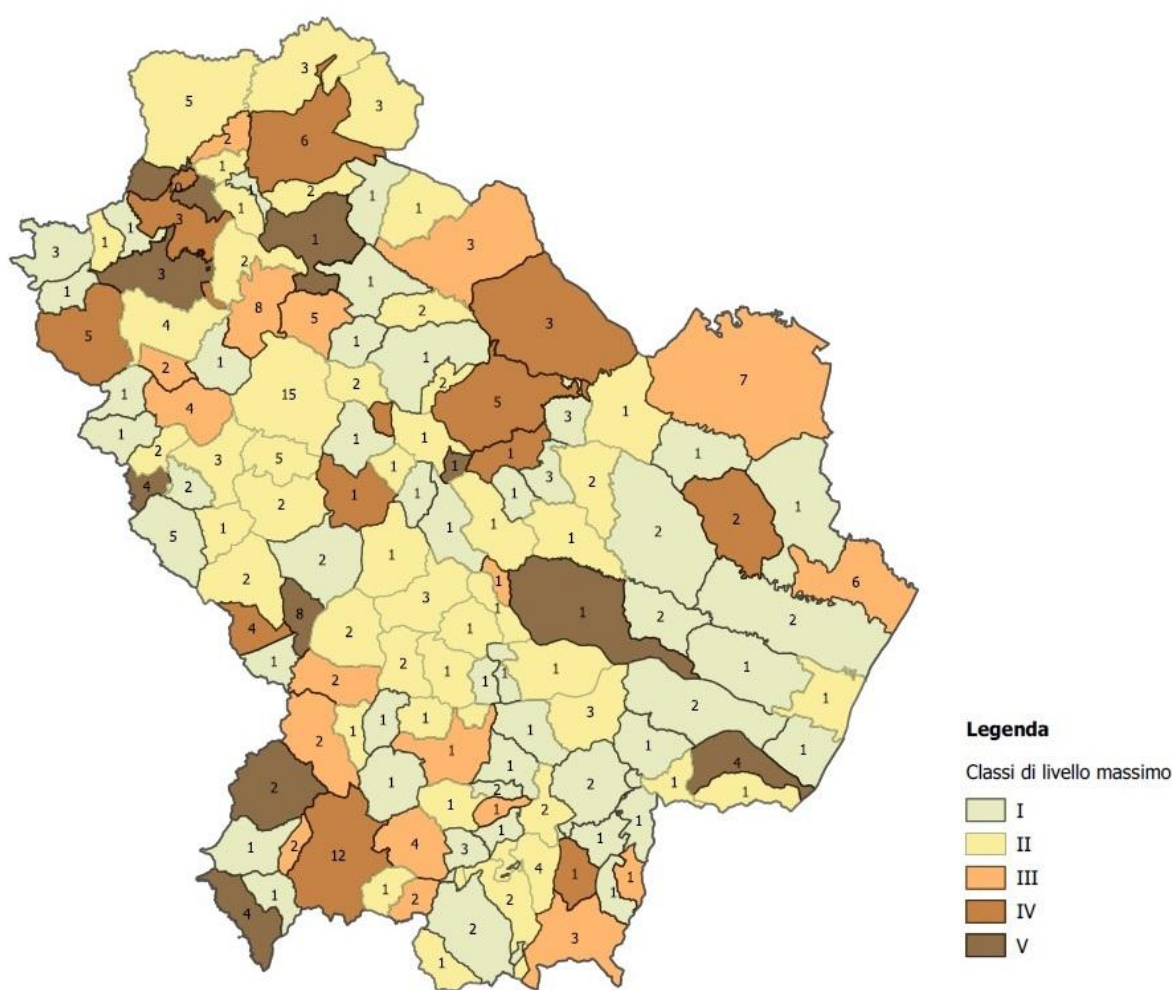


Fig.1 Mappa dei livelli massimi di concentrazione radon indoor misurati in istituti scolastici della Basilicata.

Il numero riportato nelle aree evidenziate indica il numero di edifici esaminati in ogni territorio comunale. Le classi di livello rappresentano una suddivisione dei valori massimi osservati in fasce incrementali di 100 Bq/m^3 dalla I alla IV, mentre la classe V contempla valori massimi osservati superiori a 400 Bq/m^3 (80% del Livello di Azione).



I dati raccolti nelle scuole hanno consentito di creare una mappa dei livelli massimi di concentrazione radon indoor osservati nei territori dei comuni lucani, i cui dettagli sono disponibili nella pubblicazione “Prima indagine conoscitiva dei livelli di concentrazione radon indoor”, disponibile sul portale Arpab al link:

http://www.arpab.it/radio/public/Rapporto%20CRR_Mappatura%20Radon_2018.pdf

La mappa dei valori massimi osservati, suddivisi in cinque fasce di livello, è riportata in Fig.1.

La Figura 1 non va interpretata come una mappa del rischio radon assoluto in Basilicata tuttavia, in prima approssimazione, i livelli massimi registrati possono anche essere considerati come indicativi del potenziale di esalazione radon “caratteristico” dei territori comunali. Infatti tutti gli edifici scolastici esaminati hanno presentato una tipologia costruttiva simile e standardizzata, essendo a sviluppo prevalentemente orizzontale e generalmente con presenza di aule didattiche a piano terra aventi ampie finestre/vetrature. In conseguenza di ciò, è stato possibile considerare i livelli di radon indoor misurati perlopiù indipendenti dalle strutture esaminate e maggiormente rappresentativi del potenziale di esalazione radon “caratteristico del territorio” su cui esse sono state costruite.

Sulla base di quest'approssimazione e tenendo anche conto della limitatezza statistica del campione raccolto, sono state ulteriormente accorpate le classi di livello massimo di cui in Fig.1 e sono state definite tre *classi di rischio relativo*, riferite alla probabilità di trovare alte concentrazioni di Radon indoor nei territori comunali:

classi I e II: rischio radon minimale

classe III: rischio radon leggero

classi IV e V: rischio radon più consistente

Di conseguenza è stata determinata la prima mappa indicativa del *rischio radon relativo* (non assoluto) sul territorio lucano, estrapolata dall'indagine conoscitiva nelle scuole, la quale è riportata nella in Fig.2.



La differenza di temperatura tra interno ed esterno dell'edificio e la differenza di pressione può essere amplificata dalla presenza di venti forti e persistenti, i quali, investendo l'edificio, possono creare forti pressioni sulle pareti investite e depressioni su quelle non investite, accentuando la risalita di aria dal suolo verso l'interno dell'edificio ("effetto vento"). Questi fenomeni fanno sì che la concentrazione di radon indoor sia variabile a seconda delle condizioni meteorologiche e può presentare sensibili variazioni sia giornaliere che stagionali.

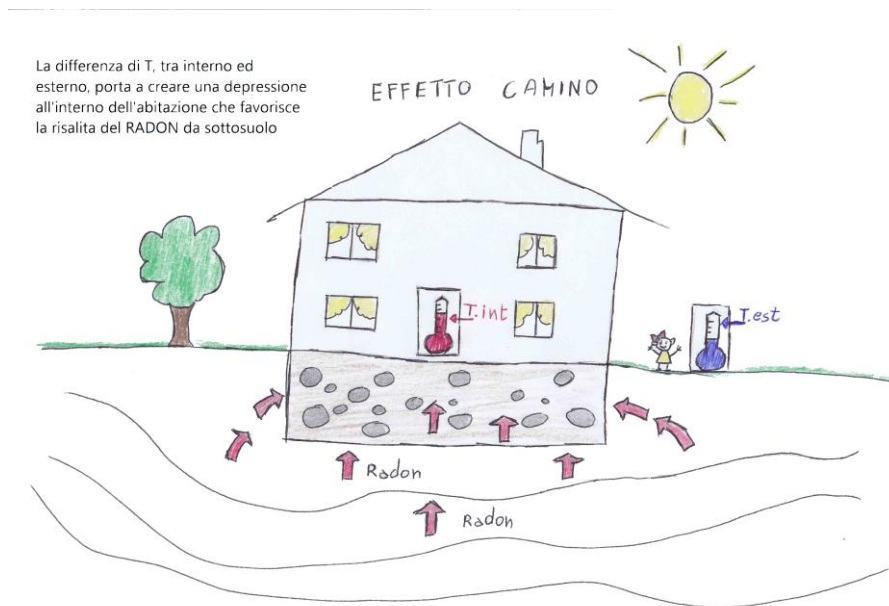


Fig.3 Effetto camino di ingresso del radon negli edifici.

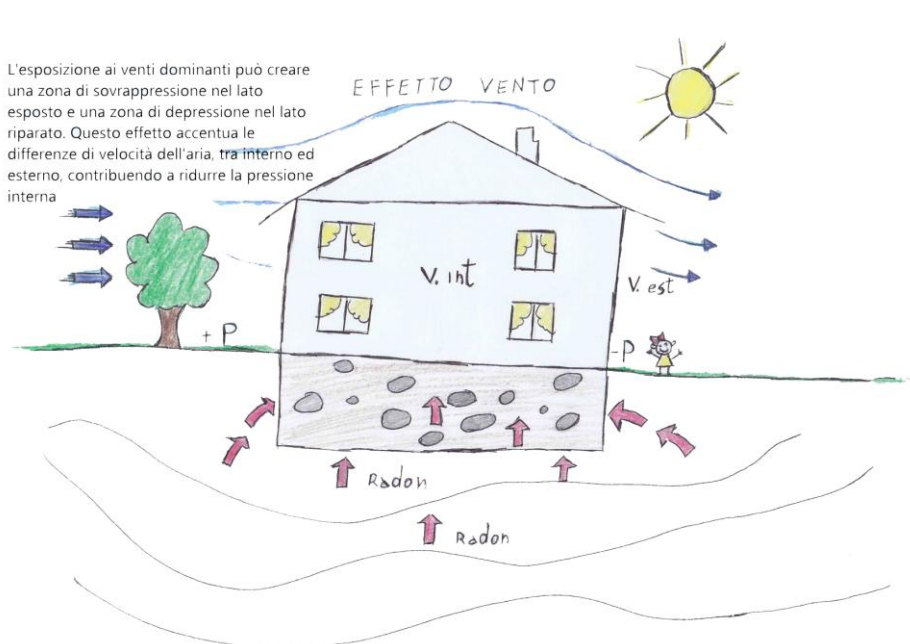


Fig.4 Effetto vento di ingresso del radon negli edifici.

Il radon tende a diminuire rapidamente con l'aumento della distanza degli ambienti abitati dal suolo; si avranno quindi normalmente concentrazioni di gas radon più elevati nei locali interrati o seminterrati rispetto locali posti a piani rialzati.

La differenza di pressione può essere inoltre accentuata da fattori quali:

- impianti di aspirazione (cappe delle cucine, aspiratori nei bagni, etc.) senza un sufficiente approvvigionamento di aria dall'esterno;
- presenza di canne fumarie senza prese d'aria esterna;
- mancanza di sigillatura delle tubazioni di servizio.

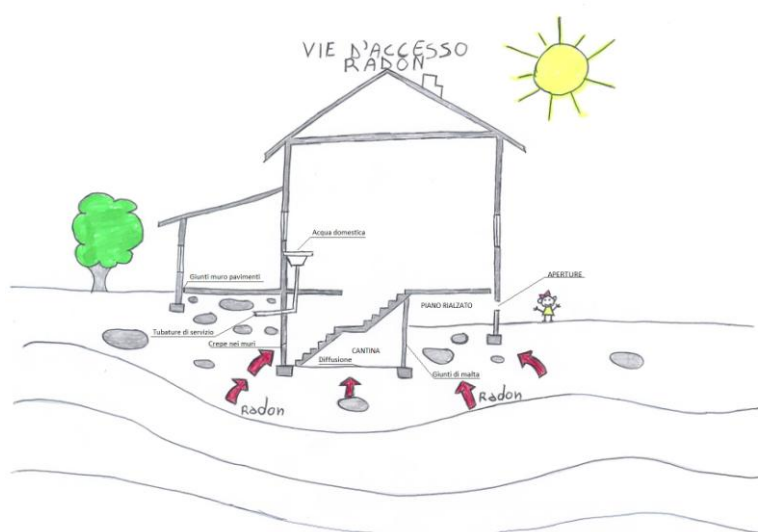


Fig.5 Canali d'accesso per il radon

2.1 MATERIALI DA COSTRUZIONE

Alcuni materiali da costruzione, a causa del loro contenuto di radionuclidi di origine naturale, possono essere causa di un significativo incremento delle concentrazioni di gas radon all'interno dell'edificio. I materiali che possono rappresentare una sorgente significativa di radon indoor sono quelli caratterizzati da un'elevata permeabilità al gas e da un elevato contenuto di Radio-226 (precursore del radon). Questa caratteristica dipende da molti fattori quali la densità e la porosità della roccia, la grandezza e la tipologia dei pori, la dimensione e la forma dei granuli minerali (Semkow, 1990; Schumann e Gundersen, 1996; Barillon et al. 2005).

La direttiva 2013/59/Euratom [EU-BSS, EU, 2014] prevede che nei contenuti del Piano d'Azione Nazionale di ogni paese membro sia anche contemplata la valutazione del contributo di esalazione di radon dovuto ai materiali da costruzione usati. A tale scopo è stato anche creato un database

europeo contenente dati relativi a numerosi campioni di materiali da costruzione strutturali e di rivestimento, utilizzati in 26 dei 28 Paesi Membri UE e di 4 Paesi extra UE (si veda ISTISAN 17/36: “UE database of activity concentrations, radon emanations and radon exhalation rates” [Nuccetelli et al, 2017])

2.2 CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO E RISCHIO RADON

Le aperture, le fessurazioni, i giunti o le superfici particolarmente permeabili rappresentano i principali punti attraverso i quali l'aria carica di gas radon riesce a penetrare dal suolo nell'edificio. L'effettiva concentrazione del gas radon è fortemente influenzata dalle caratteristiche tecniche dell'abitazione così come dalle sue caratteristiche di fruizione e di gestione, a parità di presenza di radon nel suolo e di differenza di pressione tra interno ed esterno.

Caratteristiche dell'edificio che aumentano la probabilità di ingresso di radon.

Scavo di fondazione:

- in area di riempimento, su ghiaia o sabbia;
- effettuato minando la roccia;
- in terreni di fondazione con crepe o molto permeabili, anche se al di fuori delle aree a rischio radon.

Contatto col terreno:

- mancanza di vespaio areato;
- contatto diretto del primo solaio e/o di alcune pareti con il terreno.

Superfici permeabili:

- pavimenti naturali in terra battuta, ciottoli, ecc.;
- solai in legno;
- muratura in pietrisco;
- pareti in forati;

Punti di infiltrazione:

- fori di passaggio cavi e tubazioni;

- pozzetti ed aperture di controllo;
- giunti o fessurazioni in pavimenti e pareti;
- prese elettriche nelle pareti della cantina;
- camini, montacarichi, etc.

Distribuzione spazi:

- presenza di scale aperte che conducono alla cantina;
- locali interrati o seminterrati adibiti ad abitazione;

Fruizione:

- nulla o scarsa ventilazione dei locali interrati;
- lunga permanenza in locali interrati o seminterrati;
- scarsa ventilazione dei locali abitati.

2.3 VALUTAZIONE PRELIMINARE DEL SITO

Prima dell'effettiva progettazione dell'edificio riguardo al sito prescelto occorre effettuare alcune valutazioni preliminari e verificare se per il sito si verificano i seguenti scenari:

- se lo scavo si trova in un'area ad elevata concentrazione di radon;
- se lo scavo si trova su un pendio (colata detritica, deposito detritico), una faglia o un terreno molto fratturato, un terreno molto eterogeneo (p.es. in parte su di un letto di un fiume o materiale di riempimento). I terreni di fondazione presentano crepe o sono molto permeabili e quindi a rischio radon, anche se si trovano al di fuori delle aree riconosciute ad elevata concentrazione di tale gas. In pendii esposti al sole i moti convettivi nei terreni molto permeabili possono trasportare elevate quantità di radon;
- il terreno rimane gelato per molto tempo nella stagione invernale. Durante tale periodo il rischio radon è maggiore;
- se un edificio è fondato su terreni argillosi. Terreni argillosi in genere garantiscono una bassa concentrazione di radon. Se però durante lo scavo lo strato d'argilla viene perforato, il rischio radon può aumentare;
- se abitazioni limitrofe presentano elevate concentrazioni di radon, ove il dato sia disponibile.

La misura del radon nel terreno. Non è possibile prevedere quale sia la concentrazione del gas radon in un edificio esistente o in un nuovo edificio sulla base della sua tipologia edilizia e delle indagini sulle caratteristiche del suolo su cui saranno realizzate le fondamenta. Eseguire le misure del radon nell'ambito dello scavo della casa non dà risultati certi, poiché la situazione nel terreno dopo lo scavo cambia completamente. Dalle esperienze fatte, non si è trovata, ad oggi, una correlazione chiara tra la concentrazione del radon misurata nel terreno e le misure radon indoor a livello puntuale. Allo stato attuale delle conoscenze, è possibile perciò affermare che una certa attenzione verso il problema è opportuna per le zone identificate a rischio ed in particolare sui pendii e terreni fratturati.

3. TECNICHE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE

In generale le tecniche da utilizzare, sia per la protezione preventiva dei nuovi edifici sia per il risanamento di quelli esistenti, sono molto simili. Esse possono riassumersi in metodologie di prevenzione di ingresso del gas nell'edificio, di riduzione della concentrazione di radon nel suolo e di rimozione del gas dall'edificio. Tra gli interventi più importanti, di seguito descritti in dettaglio si segnalano la depressurizzazione del suolo, la ventilazione del vespaio, la sigillatura delle vie d'ingresso e la pressurizzazione dell'edificio, mentre la tecnica principale di riduzione della concentrazione di radon dopo il suo ingresso all'interno dell'edificio è l'installazione di sistemi di ventilazione meccanica forzata.

Gli interventi sulle costruzioni esistenti necessitano una valutazione complessiva che tenga conto dell'efficienza dell'abbattimento del radon e dei costi di installazione ed esercizio. Infatti se per le nuove costruzioni le misure di prevenzione sono calcolabili e comportano costi supplementari relativamente modesti, quando applicate a costruzioni esistenti e non in fase di ristrutturazione, possono ovviamente comportare costi e disagi inaccettabili.

Le tecniche di controllo dell'inquinamento indoor da gas radon possono essere schematicamente riassunte in:

- depressione alla base dell'edificio (intercettare il radon prima che entri all'interno degli edifici aspirandolo per espellerlo poi in atmosfera);

- pressurizzazione alla base dell'edificio (deviare il percorso del radon creando delle sovrappressioni sotto l'edificio per allontanare il gas).
- barriere impermeabili (evitare l'ingresso del radon all'interno degli edifici con membrane a tenuta d'aria);

Depressurizzazione del suolo.

L'ingresso del radon può essere controllato con la depressurizzazione del suolo, aspirando l'aria dal terreno sotto l'edificio, intercettando il gas ed evacuandolo in atmosfera prima che entri negli ambienti con o senza estrattori meccanici, o insufflando aria nel terreno, con pompe di compressione, al di sotto dell'edificio per creare una zona di sovrappressione che contrasti l'effetto risucchio creato dalla casa e spinga il gas al di fuori del perimetro della costruzione lasciando che si disperda in atmosfera.

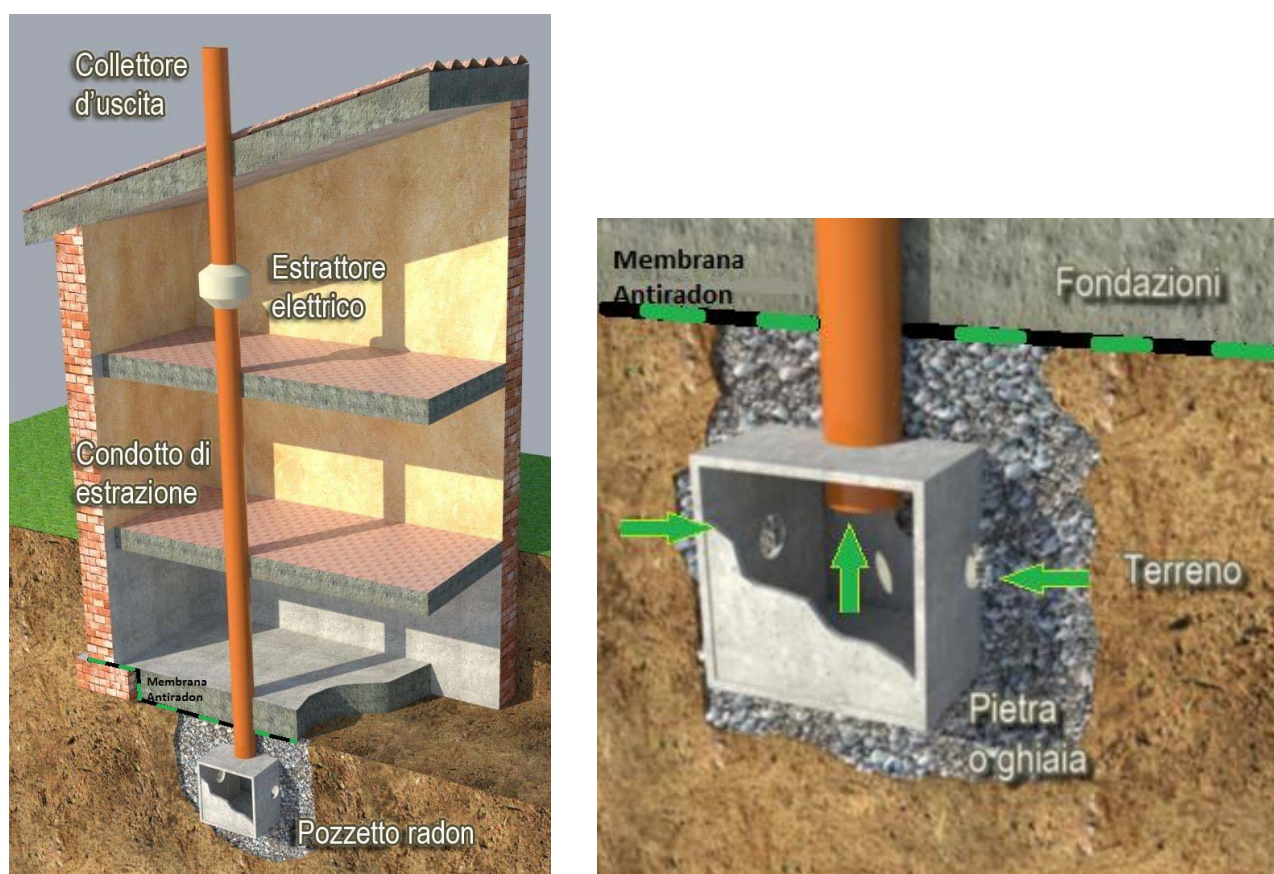


Figura 6. Depressurizzazione del suolo

- La depressione del pozzetto fa da richiamo per il radon presente nel suolo;
- Il gas è attratto nel pozzetto e veicolato all'esterno, impedendo il suo ingresso nell'edificio;



- La depressione può essere ottenuta anche senza estrattore meccanico

In entrambi i casi è possibile impiegare un pozzetto oppure un tubo forato e collocare il ventilatore in un pozzetto autonomo lontano dal punto di aspirazione o all'interno del pozzetto di aspirazione.

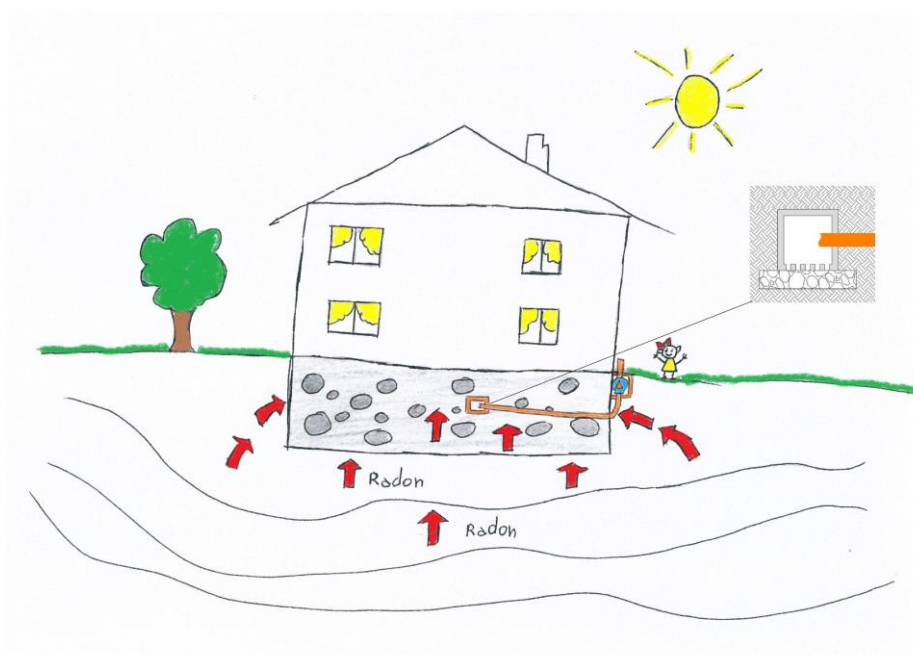


Figura 7. Pozzetto (in calcestruzzo, plastica, polietilene, ecc.) di dimensioni circa (50 x 50 x 50) cm aperto nella parte inferiore e posato su uno strato di ghiaia grossa di 10-12 centimetri di spessore.



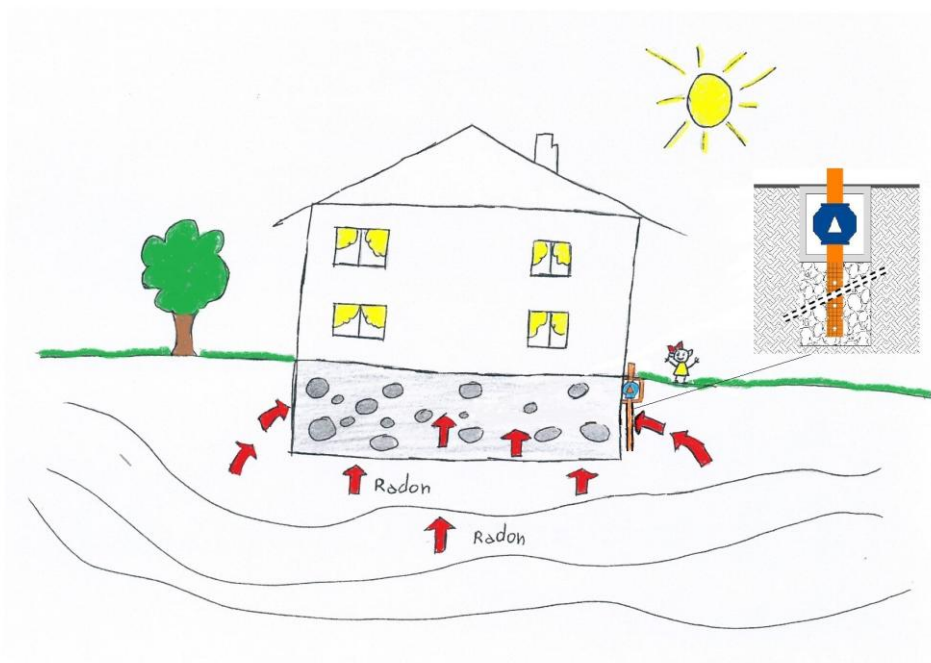


Figura 8. Pozzetto (in calcestruzzo, plastica, polietilene, ecc.) di dimensioni circa 50 x 50 x 50 cm e comunque idoneo ad alloggiare il ventilatore di progetto.

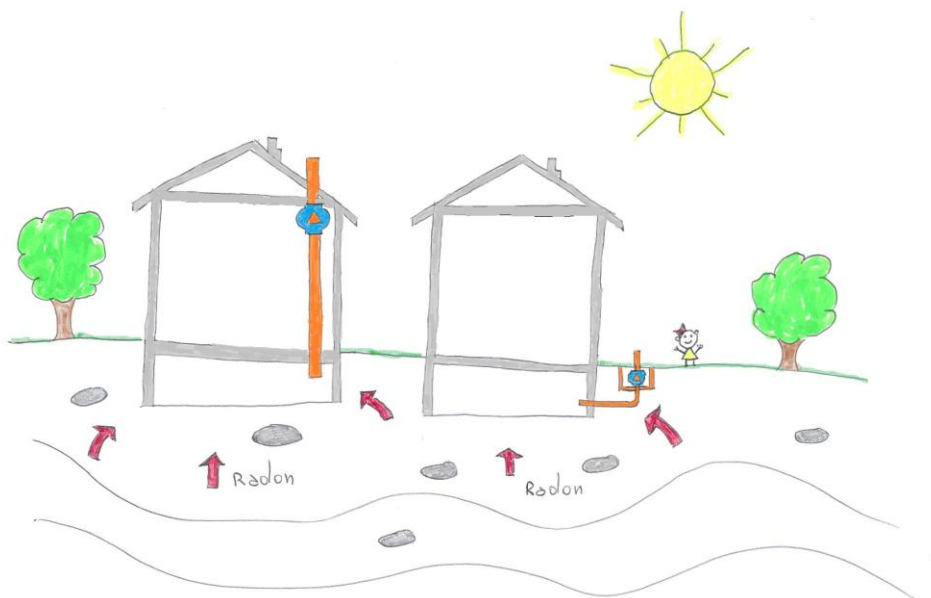


Figura 9. Nel caso di percorso interno il ventilatore andrà sempre posizionato verso l'estremità alta per mantenere l'intero condotto in depressione ed evitare rischi di perdite.

Il percorso di evacuazione del radon, in caso di impianto di aspirazione/depressione, può essere esterno o interno all'edificio in ragione di aspetti estetici e funzionali.

Barriere impermeabili.

Si tratta di una tecnica applicabile prevalentemente nella nuova edificazione ma adattabile anche in edifici esistenti e consiste nello stendere sull'intera superficie dell'attacco a terra dell'edificio una membrana impermeabile che separi fisicamente l'edificio dal terreno. In questo modo il gas che risalirà dal suolo non potrà penetrare all'interno dell'edificio e devierà verso l'esterno disperdendosi in atmosfera (Figura 10). È una tecnica che già viene normalmente eseguita in diversi cantieri allo scopo di evitare risalite dell'umidità capillare dal terreno. Spesso tuttavia la membrana viene posta solo sotto le murature (membrana tagliamuro per evitare il rischio di umidità sulle murature a piano terra) ma per essere efficace anche nei confronti del gas radon deve essere posata su tutta l'area su cui verrà realizzato l'edificio.



Figura 10. Membrana impermeabile antiradon, come separazione fra l'attacco a terra e l'edificio, è un sistema efficace nei confronti dell'ingresso del radon nelle abitazioni, purché attentamente posata.

In commercio sono disponibili numerose membrane "antiradon" ma è opportuno tuttavia evidenziare che anche una membrana impermeabile (bituminosa, PVC, ecc.) fornisce adeguate prestazioni, specie se del tipo "barriera al vapore": Inoltre, la posa in opera a regola d'arte riveste un ruolo determinante sull'efficacia della barriera. Va ricordato, infatti, che il radon non fuoriesce dal terreno in pressione, ma viene richiamato dalla leggera depressione che si crea all'interno

dell'edificio ed è quindi sufficiente ostacolare questo leggero flusso di gas con una barriera sintetica. Particolare attenzione deve però essere posta alla posa in opera della membrana, evitando qualsiasi tipo di bucatura o lacerazione che potrebbe essere pressoché irrilevante nell'arrestare la risalita nell'edificio dell'umidità ma critica per quanto riguarda il passaggio del radon. Per questo motivo il suggerimento è quello di posare innanzitutto una striscia di membrana al di sotto delle murature portanti facendola risvoltare in parte sul piano orizzontale di calpestio. Una volta completata l'esecuzione delle murature, e poco prima della posa dello strato isolante, oppure del getto del massetto impiantistico o di altro strato di completamento, sarà posata la membrana sull'intera superficie sovrapponendola per una quindicina di centimetri con la parte sporgente della membrana tagliamuro e sigillando o incollando i lembi sovrapposti. In questo modo si limiterà al minimo il calpestamento della membrana e il rischio di rotture (Figura 11).

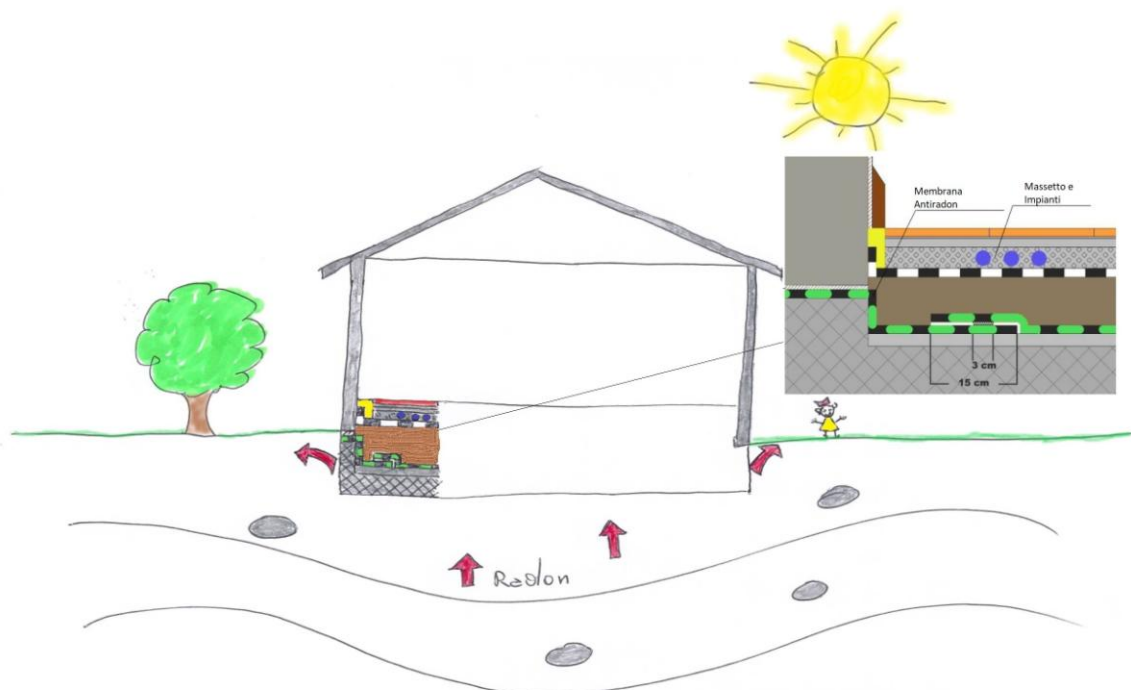


Figura 11. La membrana posta sulla superficie orizzontale andrà sovrapposta per circa 15 cm sulla membrana tagliamuro e sigillata o incollata per una perfetta tenuta all'aria.

3.1 PREVENZIONE NUOVA EDIFICAZIONE

1. Ventilazione naturale o meccanica tramite pozzetto centrale e membrana impermeabile.

In interventi di nuova edificazione risulta particolarmente semplice e poco oneroso predisporre un pozzetto al di sotto dell'edificio, subito prima del getto di magrone (o più pozzetti in funzione della

superficie dell'edificio considerando che ogni punto di ventilazione agisce normalmente su una superficie circolare di circa 8 metri di diametro). Il pozzetto deve essere forato nella parte inferiore e poggiare su uno strato di circa 10-12 centimetri di ghiaia grossa, va collegato a un secondo pozzetto, situato sul perimetro dell'edificio, tramite una tubazione in PVC di almeno 100-120 millimetri di diametro. Questo secondo pozzetto può essere allocato alla quota del terreno, e quindi a vista, oppure leggermente interrato sotto un modesto spessore di terra restando comunque accessibile in caso di necessità. Lo scavo per la messa in opera di questo pozzetto potrà eventualmente essere riempito con ghiaia o terra. Una volta conclusa la costruzione verranno eseguite delle misure per valutare il livello del radon eventualmente presente nell'abitazione. Laddove la concentrazione risulti al di sotto dei livelli di azione anche in relazione agli usi previsti, l'impianto predisposto potrà non essere attivato. In caso di concentrazioni elevate, il secondo pozzetto al perimetro verrà invece aperto e servirà per l'alloggiamento di un ventilatore per la depressione/pressurizzazione del terreno sotto l'edificio tramite la canalizzazione predisposta e collegata al pozzetto aspirante sotto la casa.

Per questo motivo è opportuno predisporre, nel secondo pozzetto al perimetro, una canaletta per l'eventuale collegamento elettrico del ventilatore e localizzare questo pozzetto in un luogo in cui sia poi facilmente possibile predisporre una tubazione di evacuazione del radon poco invasiva dal punto di vista estetico. Risulta particolarmente funzionale abbinare sempre a questo intervento la posa di una membrana impermeabile che risalirà anche verticalmente sull'esterno della parete controterra in caso di ambienti interrati.

II. Aspirazione meccanica tramite tubazioni drenanti e membrana impermeabile.

Laddove esista l'eventualità di una quota di falda piuttosto alta, una soluzione costruttiva consiste nel posizionare, al di sotto del solaio a terra, tubazioni drenanti per allontanare l'acqua dalle fondazioni dell'edificio. Questo impianto è particolarmente funzionale anche per limitare e contrastare il percorso di risalita del radon. L'accortezza in fase di cantiere dovrà essere quella di collegare fra loro tutte le tubazioni in modo da avere un unico punto di aspirazione.

Le tubazioni drenanti saranno posate su un letto di ghiaia, separato dal getto di magrone da un tessuto-non-tessuto. Una volta conclusa la costruzione verranno eseguite delle misure sul livello di radon presente ed eventualmente verrà alloggiato e messo in funzione un ventilatore come nel caso precedente.

Per questo motivo è opportuno predisporre, nel pozzetto perimetrale, una canaletta per l'eventuale collegamento elettrico del ventilatore e localizzare questo pozzetto in un luogo in cui sia poi facilmente possibile predisporre una tubazione di evacuazione del radon poco invasiva dal punto di vista estetico. La medesima soluzione è adottabile in edifici direttamente controterra o con locali seminterrati e interrati.

Risulta particolarmente funzionale abbinare sempre a questo intervento la posa di una membrana impermeabile, membrana che risalirà anche verticalmente sull'esterno della parete controterra in caso di ambienti interrati.

Con questa tipologia di impianto la tecnica più opportuna pare essere quella della depressione in quanto la pressurizzazione deve agire su volumi troppo ampi e articolati con risultati di solito non soddisfacenti.

III. Ventilazione naturale del vespaio.

La ventilazione del vespaio sotto l'edificio, è una tecnica di mitigazione molto semplice da adottare, si ottiene favorendo la ventilazione dello stesso attraverso l'apertura di bocchette per il passaggio dell'aria. Per potenziare la ventilazione naturale del vespaio, si può intervenire sul numero e sulle dimensioni delle bocchette di areazione, generalmente già previste, allo scopo di evitare la presenza di umidità.

Fra le diverse tecniche costruttive del vespaio, è possibile l'utilizzo di casseri a perdere a incastro in PVC (igloo) sui quali viene poi effettuato in getto di completamento in calcestruzzo. Nel caso di nuove costruzioni, questa scelta risulta molto funzionale nei confronti della prevenzione da inquinamento indoor da gas radon, sia per l'incastro presente nei casseri che realizza già una prima tenuta all'aria, sia per la camera d'aria che si realizza al di sotto degli elementi che, collegata con l'esterno tramite una tubazione, consente la circolazione dell'aria nel volume del vespaio migliorando l'efficacia del sistema. Se il vespaio si trova fuori terra possono essere sufficienti dei fori al perimetro dell'edificio, possibilmente sui prospetti nord e sud per innescare una adeguata circolazione d'aria. I fori sul prospetto sud dovranno possibilmente essere più in alto di quelli a nord per una migliore ventilazione naturale. In caso di bonifica di costruzioni esistenti ritrovare questa tipologia di vespaio facilita l'intervento. Se le bucatore perimetrali sono già presenti, ma la concentrazione di radon è ancora troppo elevata, potrà essere collegato a una di queste bucatore un sistema di ventilazione meccanica controllata per incrementare la circolazione.



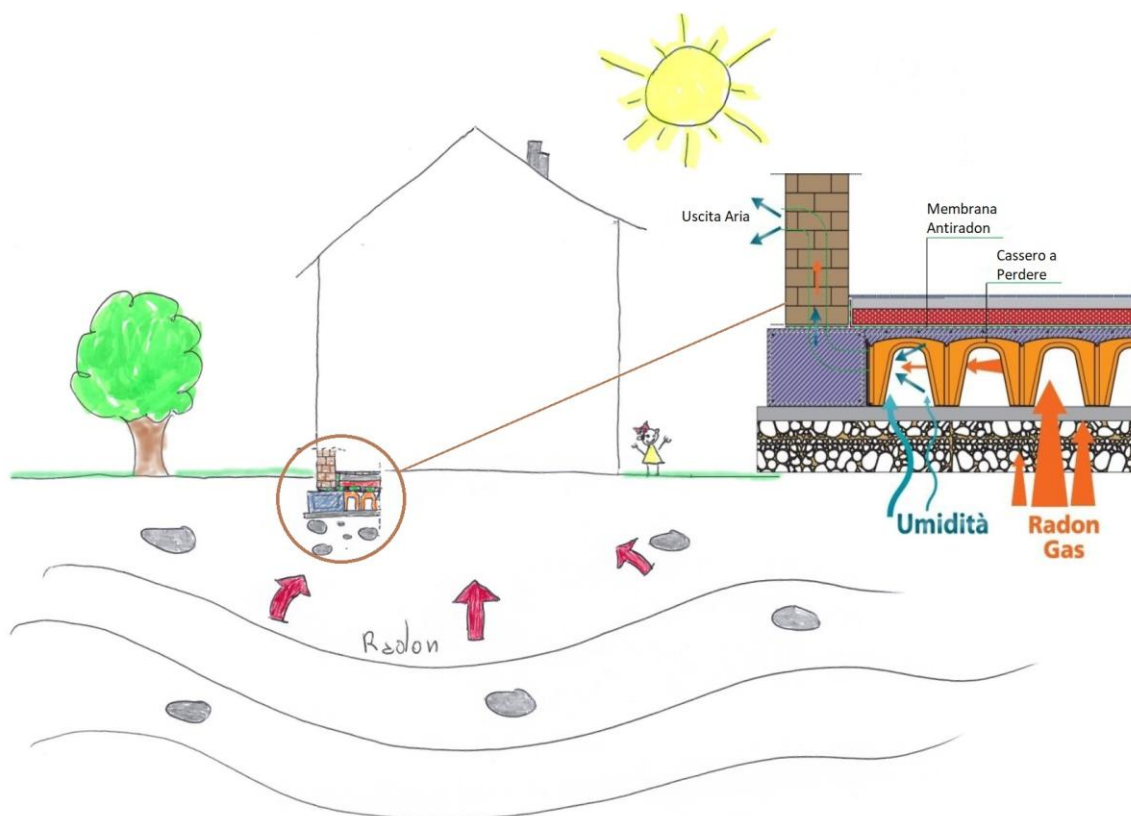


Figura 12. Particolare vespaio ventilato e membrana antiradon.

Sicuramente un aiuto all'attivazione di un moto d'aria naturale per la ventilazione del vespaio può fornirlo una tubazione che, dal punto di suzione, arrivi in quota oltre il cornicione di gronda. In questo modo i venti dominanti e l'effetto Venturi potrebbero favorire l'attivazione di un sufficiente moto dell'aria senza necessità di ventilatori. In caso di nuove costruzioni risulta particolarmente funzionale abbinare sempre a questa tipologia di vespaio la posa di una membrana impermeabile.

IV. Ventilazione meccanica del vespaio con casseri in pvc e membrana antiradon.

Se il vespaio si trova interrato, le perdite di carico causate dalle curve delle tubazioni spesso non consentono una ventilazione naturale, per cui sarà necessario predisporre un pozzetto limitrofo al vespaio nel quale alloggiare un ventilatore nell'eventualità si rilevino elevati valori di concentrazione. In caso di edilizia esistente, nota la tipologia del vespaio, si potrà effettuare uno scavo per intercettare questo volume, canalizzandolo poi a un pozzetto con ventilatore.



Se il vespaio è sottostante rispetto a un volume interrato potrà essere predisposto un sistema ventilante in fase di costruzione. In questo caso la membrana impermeabile risale anche lungo la parete esterna verticale.

Per l'edilizia esistente è improbabile effettuare uno scavo di tale profondità dall'esterno per interventi di bonifica, salvo particolari situazioni. Più semplice potrebbe essere intercettare il volume dall'interno e canalizzare la tubazione internamente in un cavedio, se le destinazioni d'uso degli ambienti lo consentono.

In caso di nuove costruzioni risulta particolarmente funzionale abbinare sempre a questa tipologia di vespaio la posa di una membrana impermeabile. Con questa tipologia di vespaio si ottengono risultati interessanti sia in depressione ma anche in pressurizzazione in quanto i casseri in PVC realizzano una buona tenuta nella parte superiore della camera concentrando l'effetto pressurizzante nei confronti del terreno.

V. Ventilazione naturale della pavimentazione.

La pavimentazione ventilata consente di ottenere ottimi risultati in quanto i casseri in PVC realizzano una buona tenuta e risultano efficaci in termini di prevenzione da concentrazioni di radon oltre il livello di azione, sia per l'incastro presente nei casseri che realizza già una prima tenuta all'aria, sia per la camera d'aria che si realizza al di sotto degli elementi che, collegata con l'esterno tramite una tubazione, consente la circolazione dell'aria.

VI. Ventilazione meccanica in presenza di murature verticali controterra e membrana antiradon.

E' possibile che alcune pareti perimetrali dell'edificio siano muri di contenimento controterra, soprattutto in caso di edificazione in terreni non pianeggianti. In questo caso sarà sempre opportuna la predisposizione di un pozzetto al di sotto dell'edificio per l'attivazione di un sistema di depressione/pressurizzazione laddove si verifichi in seguito la presenza di radon. La membrana impermeabile dovrà, in questo caso, risalire anche all'esterno del muro controterra per ovvie ragioni di umidità e anche per protezione di infiltrazioni di radon da questa superficie. Soluzioni sicuramente più efficaci per quanto riguarda la protezione dall'umidità e anche da infiltrazioni di

radon dalla muratura controterra consiste nel realizzare uno scannafosso fra terreno e muratura così da allontanare il terreno e attivare una buona circolazione d'aria. In questo caso la membrana verticale, peraltro sempre consigliabile, può anche essere evitata. In alternativa allo scannafosso, più semplice da realizzare e meno invasiva, è la realizzazione di una parete controterra ventilata con appositi elementi ventilanti in plastica che realizzano una intercapedine che consente il transito dell'aria fra terreno e muratura.

VII. Sigillatura delle tubazioni impiantistiche.

In caso di nuova edificazione è opportuno verificare la possibilità di far transitare le tubazioni degli impianti dalle pareti perimetrali verticali anziché dal solaio a terra. In questo modo si evitano rischi di transito del gas dal terreno attraverso i fori delle canalizzazioni e problemi di sigillature a tenuta d'aria. In caso contrario, nell'edilizia di nuova costruzione, il passaggio delle canalizzazioni impiantistiche dovrà essere sigillato con la membrana impermeabile e antiradon tramite una flangia di raccordo, incollata alla membrana e al tubo ed eventualmente stretta con una fascetta da elettricista oppure con del nastro e prima della posa del massetto di allettamento della pavimentazione.

3.2 AZIONI DI RISANAMENTO SU EDILIZIA ESISTENTE

VIII. Ventilazione meccanica controllata.

Nel caso di una abitazione esistente nella quale non è possibile fare alcun tipo di intervento esterno alla stessa, né in fondazione e né all'intorno delle pareti esterne, con una ventilazione controllata si genera un aumento forzato dei ricambi d'aria senza mettere in depressione i locali. È una soluzione indicata in caso di concentrazioni non elevate e genera una riduzione circa del 50%.

IX. Ventilazione meccanica del vespaio tramite pozzetto centrale o perimetrale.



In caso di interventi di bonifica, su costruzioni esistenti, il pozzetto potrà essere posizionato al di sotto dell'edificio laddove la destinazione d'uso dei locali, e in particolare il tipo di pavimentazione presente, consentano di effettuare uno scavo per il pozzetto e una traccia per la canalizzazione di evacuazione (per es. in autorimesse, cantine, locali tecnici, ecc.). In caso contrario sarà necessario intervenire lungo il perimetro dell'edificio esistente tenendo conto che l'area sulla quale agirà il sistema di ventilazione sarà per metà esterna all'edificio e quindi potrebbero essere necessari più ventilatori per bonificare l'intera costruzione. In questo caso verrà effettuato uno scavo nel quale inserire una tubazione in PVC di 100-120 millimetri di diametro aperta all'estremità e con una serie di forature perimetrali di 25-30 millimetri di diametro. La tubazione sarà avvolta in un tessuto non-tessuto per evitare l'ingresso di materiale nel tubo e lo scavo sarà poi riempito con ghiaia di grossa pezzatura. In questo caso il pozzetto servirà per l'alloggiamento del ventilatore dal quale partirà poi la tubazione di evacuazione. In caso di fondazioni continue (travi rovesce, cordoli) di una certa profondità il pozzetto posto perimetralmente all'esterno dell'edificio come nella soluzione precedente potrebbe non svolgere una funzione sufficientemente efficace (soprattutto in caso di pressurizzazione) in quanto la profondità della fondazione potrebbe costituire una barriera che impedisce che l'effetto dei ventilatori agisca nei confronti del terreno sotto l'edificio. In questo caso sarebbe necessario individuare un punto, sia pur perimetrale ma all'interno dell'edificio, dove collocare l'impianto. Sono valide entrambe le soluzioni del pozzetto e del tubo forato anche in funzione delle diverse possibilità di collocare il ventilatore.

X. Ventilazione meccanica del vespaio con ventilatore a scomparsa nella muratura.

Qualora sia necessario installare un ventilatore per la depressione/pressurizzazione del vespaio, è possibile inserirlo all'interno della muratura, se lo spessore è adeguato, rendendolo meno visibile e più protetto. E' sufficiente un contenitore metallico simile ai quello dei contatori di altre utenze per contenere il ventilatore collegato al vespaio. Dal medesimo punto può partire un finto pluviale anche in rame per l'evacuazione del gas fino almeno alla quota del cornicione sotto gronda. Adottando inoltre la tecnica della pressurizzazione l'impianto diventa meno invasivo dal punto di vista estetico in quanto non necessita di tubazione di scarico in quota con la possibilità di collocare tutto l'impianto all'esterno.



XI. Ventilazione meccanica in presenza di murature verticali controterra.

In caso di intervento su edifici esistenti nei quali siano stati riscontrati valori di radon oltre i limiti d'azione e che presentino alcune pareti perimetrali di contenimento controterra è possibile adottare la messa in opera di un pozzetto al perimetro dell'edificio per la messa in depressione del terreno o dell'eventuale vespaio. Sconsigliabile la tecnica della pressurizzazione in quanto il gas respinto nel terreno potrebbe trovare un punto di ingresso lungo la parete verticale controterra.

Lungo questa parete controterra inoltre, per una efficacia opera di mitigazione della concentrazione di radon, sarà necessario la messa in opera, con particolare cura, di una membrana impermeabile all'interno della muratura che, in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente, potrà essere lasciata a vista oppure protetta di una parete di rivestimento. Operazione analoga andrà eseguita sul solaio controterra con il rifacimento della pavimentazione.

In una situazione di questo tipo ancora più funzionale risulta la realizzazione di una intercapedine ventilata meccanicamente realizzata all'interno dell'edificio tramite la messa in opera di casseri a perdere in plastica (igloo) di basso spessore sia sul solaio a terra che sulla parete verticale controterra, previa messa in opera di una membrana antiradon e con successivo rivestimento a pavimento e a parete. Le tipologie edilizie riscontrabili in aree collinari o pedemontane, possono essere particolarmente articolate, con pareti perimetrali verticali controterra e ambienti interrati e/o seminterrati che sovente seguono l'orografia e le curve di livello del terreno, in questi casi si tratterà di applicare più tecniche in funzione dell'articolazione dell'edificio. Particolare attenzione deve essere posta al fine di evitare che le tecniche adottate si contrastino a vicenda diminuendo le rispettive prestazioni.

XII. Ventilazione forzata aria sotto pavimento.

Questo sistema è basato sulla realizzazione di un'intercapedine d'aria al di sotto del pavimento tramite l'applicazione di una stuoia in plastica (di spessore 10-20 mm) dotata di struttura alveolare.

L'intercapedine creata tra il pavimento e il solaio viene collegata ad una tubazione che arriva fino alla sommità dell'edificio e permette, tramite un sistema di aspirazione, di convogliare l'aria

estratta verso l'esterno. Nel caso in cui la tubazione di aspirazione sia verticale e attraversi internamente l'edificio, si può anche sfruttare la ventilazione naturale dovuta al riscaldamento della conduttura consentendo l'utilizzo di aspiratori di bassa potenza.

XIII. Ventilazione locali seminterrati.

La ventilazione dei locali seminterrati costituisce una prima linea di intervento per attuare una diminuzione della concentrazione del gas radon. Il principio di azione si basa sulla diluizione della concentrazione del radon prima che lo stesso possa risalire verso i piani superiori. Come tutte le operazioni in cui è previsto un aumento della ventilazione, la contropartita è data da un decadimento delle prestazioni energetiche; in questo caso, tuttavia, il problema affligge prevalentemente solo l'ambiente delle cantine e, limitatamente, gli altri ambienti dell'edificio.

XIV. Sigillatura delle tubazioni impiantistiche e di crepe.

Un possibile punto di ingresso del radon dal terreno sono tutti i sottoservizi e gli impianti dell'edificio. I cavedi delle utenze comunali all'interno dei quali corrono le canalizzazioni dei servizi sono infatti dei luoghi in cui il radon si concentra e, da queste zone, può riuscire a passare nell'edificio attraverso le tubazioni di collegamento con gli impianti domestici. Tutti questi passaggi, che costituiscono una frattura nell'attacco a terra dell'edificio e collegano il terreno con l'interno, dovrebbero quindi essere attentamente sigillati in caso di nuova edificazione ma anche e soprattutto in interventi di bonifica. Anche le riprese di getto, le crepe lungo la linea di connessione fra parete verticale e solaio a terra, le fessure passanti nella pavimentazione, ecc. dovrebbero essere preliminarmente sigillate prima di un intervento di bonifica. Si tratta di un intervento quasi sempre di tipo non risolutivo ma finalizzato ad attenuare il flusso di gas verso l'interno e da abbinare poi ad altre tecniche di bonifica.

4. BIBLIOGRAFIA

- ✓ Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente di Bolzano – Laboratorio di Chimica e Fisica.
- ✓ Guida: IL RADON, www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/2908/radon/index_i.htm.



- ✓ Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Veneto – Il radon in Veneto: ecco come proteggersi.
- ✓ www.arpa.veneto.it.
- ✓ Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente del Friuli Venezia Giulia - Indicazioni e proposte per la protezione degli edifici dal radon - www.arpa.fvg.it.
- ✓ ARPA Lombardia - Indagine per l’individuazione del radon.
- ✓ Borgoni R S Galeazzi, P Quatto, D de Bartolo, A Alberici (2009) L’impatto delle caratteristiche degli edifici sulla probabilità di elevati valori nelle concentrazioni di radon indoor: un approccio model based di tipo bayesiano su Atti del Convegno AIRP (Associazione Italiana di Radioprotezione), Frascati, 28-30 ottobre 2009.
- ✓ Borgoni R., Tritto V., Bigliotto C., de Bartolo D. (2011), A Geostatistical Approach to Assess the Spatial.
- ✓ CCM – ISS Raccomandazione del Sottocomitato Scientifico del progetto CCM “Avvio del piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio di tumore polmonare in Italia” 2008.
- ✓ IReR – Istituto Regionale di ricerca della Lombardia (2010), Politiche di sicurezza per lo sviluppo sostenibile del territorio: rischio reale e percepito. Allargamento ai rischi emergenti in Regione Lombardia – DossierRadon.
- ✓ Trevisi R. et al, Natural radioactivity in building materials in the European Union: a database and an estimate of radiological significance. Journal of Environmental Radioactivity 105 (2012).
- ✓ Ufficio federale della sanità pubblica Divisione radioprotezione Servizio tecnico e d’informazione sul radon.
- ✓ GEOEX s.a.s, Il Radon: Manuale di Misura e di Risanamento, <http://www.radon.it>
- ✓ ARPA Toscana <http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/radioattivita/radon/cosa-fare>
- ✓ “Rischio radon conoscerlo, misurarlo, debellarlo” seminario tecnico operativo per professionisti del settore delle costruzioni casa del giovane - Bergamo 27/10/2015, <http://www.icoradon.it>
- ✓ Pontarolo Engineering – Particolari Costruttivi vespaio areato, <http://www.pontarolo.com/ita/pro-cup09aa.html#sezione1>.
- ✓ Radon: guida tecnica - Berna - www.ch-radon.ch
- ✓ UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). Sources and Effects of Ionizing Radiation. 2000 Report to the General Assembly, with Annexes. United Nations, New York, 2000.
- ✓ WHO, Handbook on indoor radon, a public health perspective, WHO, 2009.
- ✓ ARPA Basilicata - Prima indagine conoscitiva sui livelli di concentrazione radon indoor negli edifici scolastici della Basilicata 2018. Rocco Marchese, Carmela Fortunato.



Scheda I - Prevenzione Nuova Edificazione.

Ventilazione naturale o meccanica tramite pozzetto centrale e membrana antiradon.

Descrizione

La depressurizzazione del suolo si realizza con un sistema di drenaggio del radon allocato nel sottosuolo dell'edificio. Un impianto di questo genere è costituito da un pozzetto di estrazione (realizzato nel terreno), collegato ad una tubazione di trasporto e scarico del gas nell'ambiente esterno.

L'aria all'interno del pozzetto viene continuamente aspirata in modo passivo o, più frequentemente, per mezzo di un aspiratore elettromeccanico.

Il pozzetto radon rappresenta il sistema più comune e efficace per ridurre la concentrazione di radon negli edifici che non hanno il vespaio, ma le fondazioni a platea.

La sua elevata efficacia è dovuta alla riduzione dei livelli di radon direttamente nel sottosuolo, congiuntamente alla produzione di una depressione nello stesso rispetto agli ambienti interni dell'edificio, in modo da eliminare l'infiltrazione del gas dal sottosuolo nell'edificio.

L'efficacia di questo sistema è compromessa dalla presenza di un terreno con elevata permeabilità, che può impedire la formazione di una sufficiente depressurizzazione nella cavità del pozzetto di estrazione (l'aria viene continuamente rifornita dal terreno troppo permeabile).

La depressurizzazione del suolo può funzionare in modo passivo durante la stagione fredda solo se il passaggio delle tubazioni di estrazione dell'aria avviene all'interno dell'edificio. Se ciò non è possibile e la tubazione è esterna l'effetto della differenza di temperatura è in alcuni casi invertito e di norma il sistema necessita di estrazione forzata

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo con concentrazioni medio-alte che riguardano tutto l'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente nel terreno e realizzazione di una depressione nel sottosuolo rispetto agli ambienti interni.

Effetto dell'intervento

Tutto l'edificio. Ogni pozzetto radon ha effetto tipicamente fino a 6-10 metri dal punto di estrazione, in funzione della permeabilità del terreno e dal dimensionamento dell'impianto.

Efficacia

Elevata (riduzione 70-95 %)

Costo

Medio.

La spesa per l'intervento, anche nel caso di estrazione attiva, nella maggioranza dei casi risulta contenuta, anche se possono esserci casi in cui le opere murarie ed opere di ricostruzione possono incrementare i costi, da aggiungere ai costi della membrana.

Deve essere inoltre valutata la spesa per la gestione e la manutenzione dell'eventuale estrattore elettromeccanico.

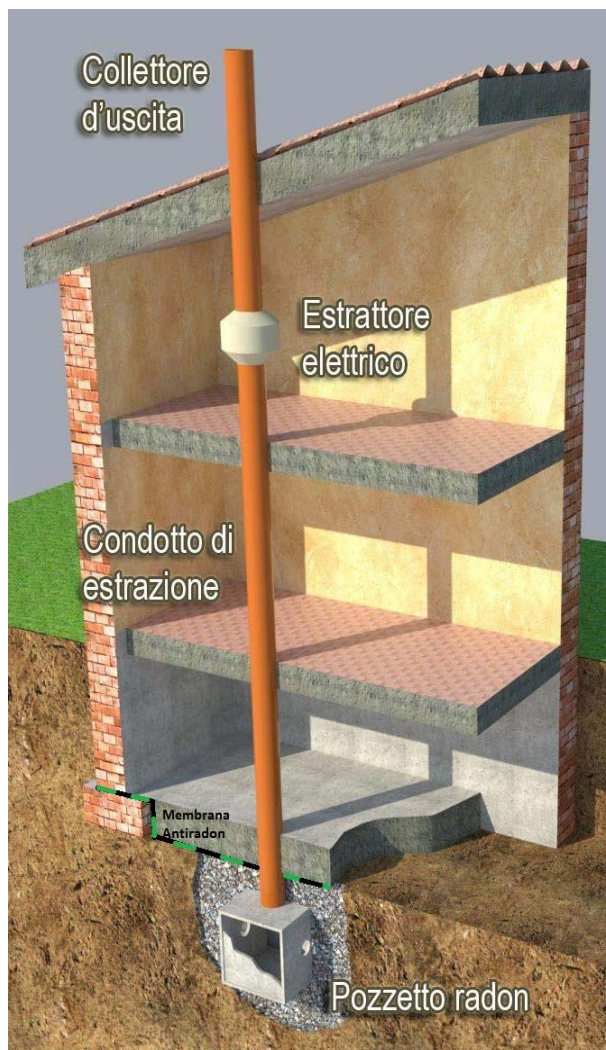
dell'aria. In caso di nuove costruzioni risulta particolarmente funzionale abbinare sempre a questo intervento la posa di una membrana antiradon, membrana che risalirà anche verticalmente sull'esterno della parete controterra in caso di ambienti interrati.

Vantaggi

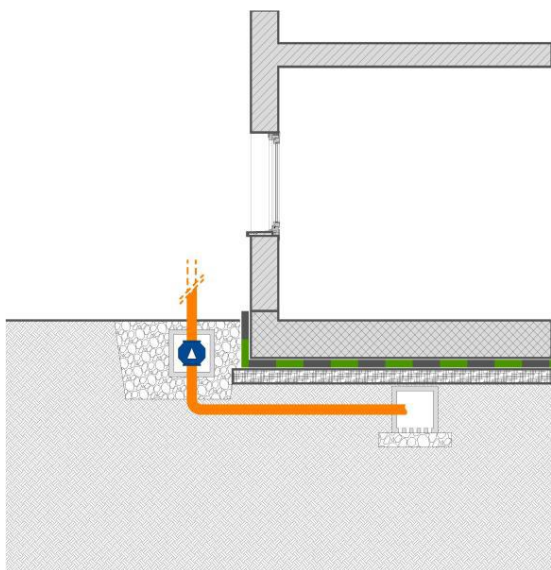
- ✓ Elevata efficacia dell'intervento
- ✓ Effetto esteso a tutto l'edificio

Svantaggi

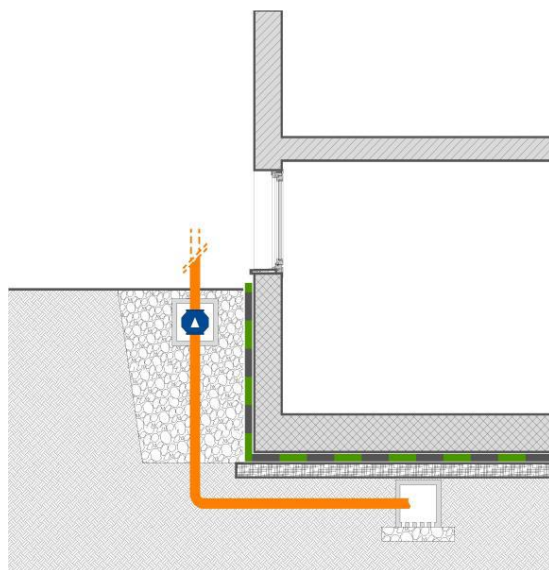
- ✗ Costo di esercizio e manutenzione dell'eventuale impianto di estrazione (necessaria verifica frequente del funzionamento degli estrattori).
- ✗ Possibili problemi per il rumore prodotto dall'estrattore.



Schema del pozzetto di estrazione radon collocato all'interno della base dell'edificio.



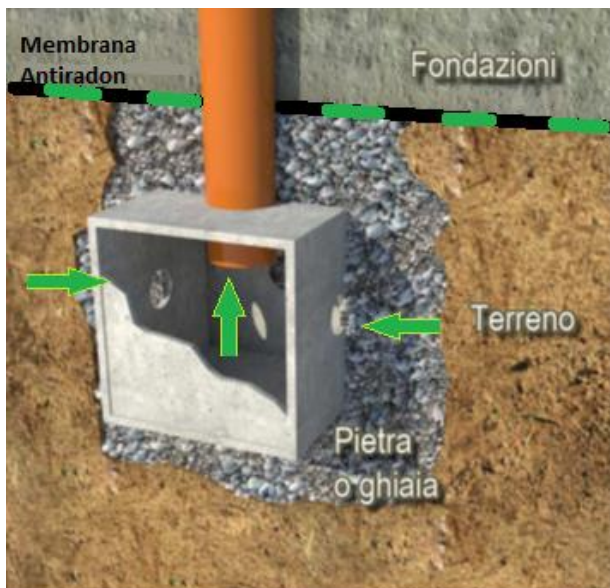
Ventilazione meccanica con pozzetto centrale e membrana antiradon.



Realizzazione

Il pozzetto

Lo scavo deve essere realizzato ben al di sotto del pavimento in modo da penetrare completamente nel terreno. Lo scavo può avere forma arbitraria, ma nessuna dimensione dovrebbe essere inferiore a 50 cm



Dettaglio del pozzetto di estrazione radon con il sistema di drenaggio circostante costituito da pietra o ghiaia.

L'interno della cavità può essere riempito con della ghiaia, oppure è possibile utilizzare un contenitore in cemento forato su tutti i lati in modo da garantire la penetrazione dell'aria della cavità per l'aspirazione all'esterno.

Le condutture

Per connettere il pozzetto con l'esterno è opportuno utilizzare i comuni tubi in PVC di diametro di 10 cm o del diametro adatto per poter essere accoppiato con l'eventuale aspiratore.

È importante che le giunzioni dei vari segmenti di tubazione e il foro di ingresso siano ben sigillati, in modo da garantire la tenuta lungo tutto il percorso della tubazione.

Collettore di uscita

Nella progettazione di questo intervento è ovviamente necessario prestare attenzione al fatto che l'uscita della conduttura sia ad una distanza sufficiente – almeno un paio di metri – da altre aperture dell'edificio (camini, lucernari, finestre, etc.) in modo tale che il gas radon estratto non abbia modo di entrare nuovamente all'interno dell'edificio, ma venga invece disperso nell'ambiente lontano dall'abitazione.

Nel caso di estrazione passiva, il punto di uscita dell'aria deve essere collocato sul tetto, superando il colmo per almeno 30 centimetri, in modo da massimizzare il tiraggio, mentre in caso di adozione di sistemi attivi si può liberamente scegliere qualsiasi altro posizione, pur prestando attenzione ai problemi evidenziati precedentemente.

Sistema di estrazione

L'aspirazione dal sottosuolo può avvenire sia con sistemi passivi, sfruttando l'effetto camino, oppure assistendola per mezzo di ventilatori; la scelta tra i due sistemi deve essere valutata a seconda dei casi, tenendo in considerazione l'entità del livello di radon, l'ampiezza della superficie interessata, l'efficacia della depressione naturale, i costi di realizzazione della canalizzazione e dell'esercizio del ventilatore.

L'estrattore va collocato al termine della conduttura direttamente in linea con la tubazione. Il sottotetto possono rappresentare una buona collocazione, anche per gestire meglio il rumore prodotto da tale apparecchio.



Scheda II - Prevenzione Nuova Edificazione.

Aspirazione meccanica tramite tubazioni drenanti e membrana impermeabile.

Descrizione

Questa tecnica può essere utilizzata realizzando un sistema di drenaggio sotto l'edificio e il principio di funzionamento è analogo a quello della depressurizzazione tramite pozzetto radon: l'aria presente nel suolo sotto l'edificio viene aspirata utilizzando delle tubazioni di drenaggio installate appositamente.

Il sistema di canalizzazioni viene portato in depressione attraverso un impianto di aspirazione forzata, ottenendo ottimi risultati (si riportano riduzioni della concentrazione di radon intorno al 50%).

L'efficacia del sistema è condizionata dallo sviluppo delle canalizzazioni rispetto alla base dell'edificio e dalla tenuta del sistema di drenaggio.

Vantaggi

- ✓ Sfruttamento delle canalizzazioni anche per il drenaggio dell'acqua con limitata necessità di opere murarie

Svantaggi

- ✗ Consumo energetico legato alla depressurizzazione del sistema di drenaggio
- ✗ Media efficacia

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo in presenza di sistema di drenaggio sotto l'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente alla base dell'edificio.

Effetto dell'intervento

Globale, a tutto l'edificio.

Efficacia

Media, tipicamente intorno al 50 %.

Costo

Medio.

Realizzazione

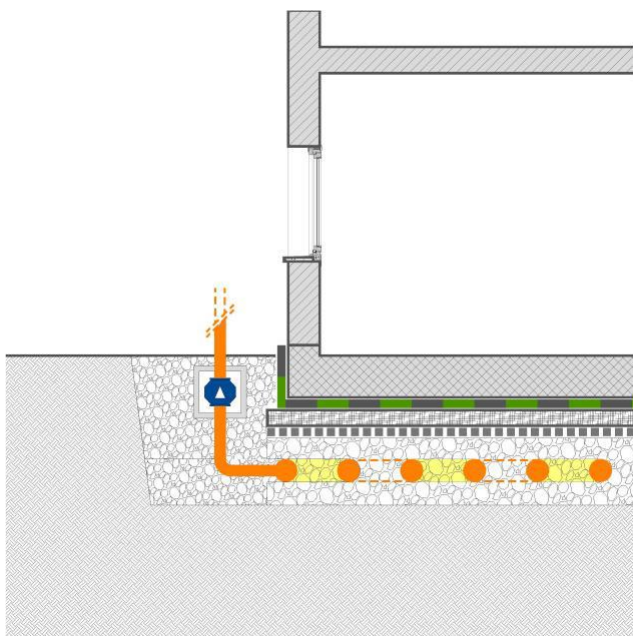
L'installazione dei sistemi di aspirazione attiva deve essere effettuata possibilmente all'interno dei pozzetti di ispezione del sistema di drenaggio.

Dove possibile, è importante provvedere alla sigillatura dell'impianto di drenaggio (adozione di valvole a tenuta sulle uscite del sistema), affinché lo stesso possa garantire il raggiungimento di una adeguata depressurizzazione, evitando in tal modo la necessità di dover ricorrere a sistemi di aspirazione ad alta potenza.

Laddove esista l'eventualità di una quota di falda piuttosto alta le tubazioni drenanti per allontanare l'acqua dalle fondazioni dell'edificio possono essere usate anche per il radon. Questo tipo di impianto è particolarmente funzionale per limitare e contrastare il percorso di risalita del gas. L'accortezza in fase di cantiere dovrà essere quella di collegare fra loro tutte le tubazioni in modo da

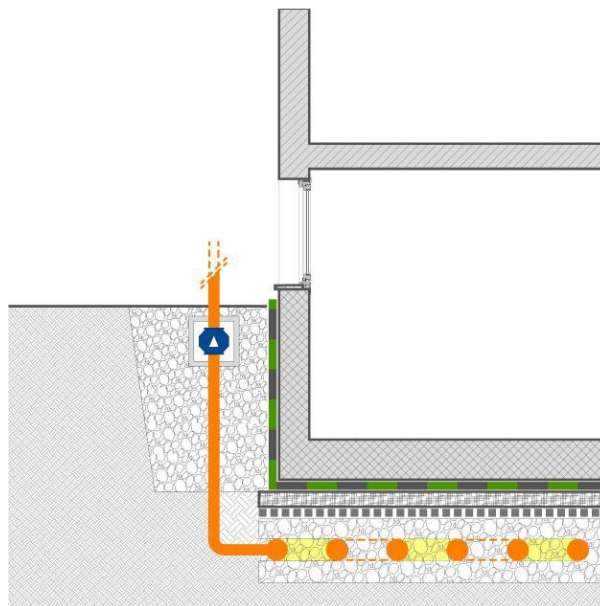
avere un unico punto di aspirazione. Le tubazioni drenanti saranno posate su un letto di ghiaia, separato dal getto di magrone da un tessuto-non-tessuto.

Ventilazione meccanica con tubazioni drenanti e membrana antiradon.



Una volta conclusa la costruzione verranno eseguite delle misure sul livello di radon presente ed eventualmente verrà alloggiato e messo in funzione un ventilatore come nel caso precedente.

Per questo motivo è opportuno predisporre, nel pozzetto perimetrale, una canaletta per l'eventuale collegamento elettrico del ventilatore.



La medesima soluzione è adottabile in edifici direttamente controterra o con locali seminterrati e interrati. Risulta particolarmente funzionale abbinare sempre a questo intervento la posa di una membrana impermeabile, membrana che risalirà anche verticalmente sull'esterno della parete controterra in caso di ambienti interrati.



Scheda III - Prevenzione Nuova Edificazione.

Ventilazione naturale del vespaio e membrana antiradon.

Descrizione

Laddove sia previsto un vespaio sotto l'edificio, una tecnica di mitigazione molto semplice da adottare è quella della posa in opera di una membrana antiradon sotto il pavimento e della ventilazione del vespaio attraverso l'apertura di bocchette per il passaggio dell'aria.

Nel caso in cui la sola presenza di aperture non sia in grado di garantire una adeguata aerazione, si può ricorrere all'adozione di un vespaio con l'utilizzo di casseri a perdere, a incastro in pvc (igloo), sui quali viene poi effettuato in getto di completamento in calcestruzzo.

In merito all'efficacia di questa tipologia di intervento, sono riportate riduzioni della concentrazione di radon che vanno dal 60 al 90%.

Vantaggi

- ✓ Buona efficacia
- ✓ Buona conservazione della efficienza energetica degli ambienti interni all'edificio

Svantaggi

- ✗ Nel caso dei casseri a perdere un incremento di costi rispetto al vespaio classico in pietrisco

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo in presenza di un vespaio sotto all'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente alla base dell'edificio.

Effetto dell'intervento

Globale, a tutto l'edificio.

Efficacia

Media/elevata.

Tipicamente attorno al 60 – 90 %.

Costo

Basso.

La ventilazione naturale del vespaio tradizionale e di quello a casseri a perdere si ottiene a costo zero.

Realizzazione

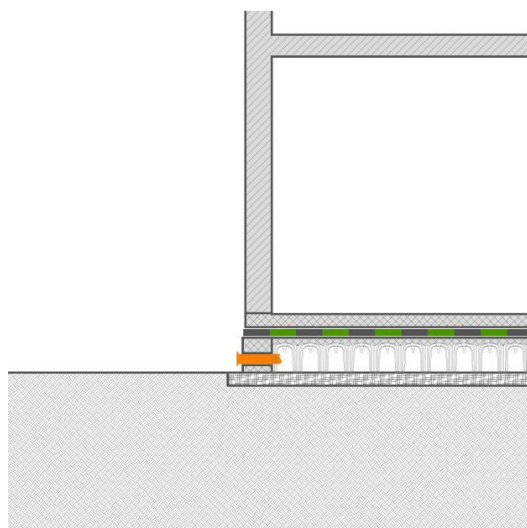
Per potenziare la ventilazione naturale del vespaio, si può intervenire sulle bocchette di areazione, già presenti allo scopo di evitare la presenza di umidità, rendendole più efficienti tramite la pulizia delle grate di protezione esterne, o dei mattoni forati utilizzati per lo stesso scopo, che possono essere ostruiti con il passare degli anni.

Qualora la dimensione e il numero delle aperture non siano adeguati a garantire una efficiente ventilazione del vespaio, si provvede a realizzarne delle altre o ad ampliare la superficie di quelle esistenti. La superficie consigliata per le aperture è di almeno 1500 mm² per metro di muro perimetrale.



Schema di ventilazione naturale del vespaio.

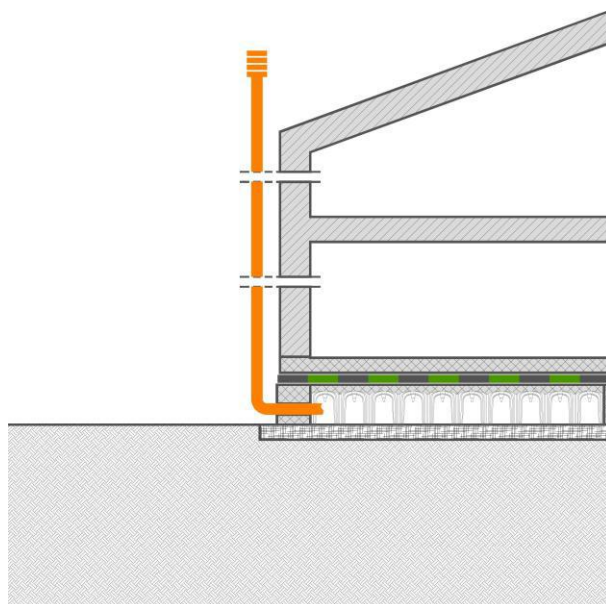
Nel caso di nuove costruzione e vespaio con casseri a perdere, la scelta risulta molto funzionale, sia per l'incastro presente nei casseri che realizza già una prima tenuta all'aria, sia per la camera d'aria che si realizza al di sotto degli elementi che, collegata con l'esterno tramite una tubazione, consente la circolazione dell'aria migliorando l'efficacia del sistema. Se il vespaio si trova fuori terra possono essere sufficienti dei fori al perimetro dell'edificio, possibilmente sui prospetti nord e sud per innescare una circolazione d'aria che potrebbe risultare sufficiente. I fori sul prospetto sud dovranno possibilmente essere più in alto di quelli a nord per una migliore ventilazione naturale.



In presenza di tubazioni idrauliche all'interno del vespaio, il potenziamento della ventilazione potrebbe portare a fenomeni di congelamento e pertanto si dovrà provvedere alla opportuna coibentazione delle stesse.

Infine, nei luoghi a forte presenza di vento (ad es. in collina o in prossimità del mare) può rendersi necessario applicare sistemi di protezione sulle bocchette per evitare che le raffiche investano direttamente i condotti di areazione modificando così l'andamento dei flussi d'aria.

Schema di ventilazione vespaio con casseri a perdere.



Scheda IV - Prevenzione Nuova Edificazione.

Ventilazione Meccanica del vespaio con casseri in pvc e membrana antiradon.

Descrizione

Se il vespaio si trova interrato, le perdite di carico causate dalle curve delle tubazioni spesso non consentono una ventilazione naturale, per cui sarà necessario predisporre un pozzetto limitrofo al vespaio nel quale alloggiare un ventilatore.

Se il vespaio sottostà a un volume interrato potrà essere predisposto un sistema ventilante in fase di costruzione. Nelle nuove costruzioni risulta particolarmente funzionale abbinare sempre a questa tipologia di vespaio la posa di una membrana antiradon, in questi casi la membrana risale anche lungo la parete esterna verticale.

Con questa tipologia di vespaio si ottengono risultati interessanti sia in depressione ma anche in pressurizzazione in quanto i casseri in pvc realizzano una buona tenuta nella parte superiore della camera concentrando l'effetto pressurizzante nei confronti del terreno.

In merito all'efficacia di questa tipologia di intervento, sono riportate riduzioni della concentrazione di radon che vanno dal 60 al 90%.

Vantaggi

- ✓ Buona efficacia
- ✓ Buona conservazione dell'efficienza energetica degli ambienti interni all'edificio

Svantaggi

- ✗ Nel caso dei casseri a perdere un incremento di costi rispetto al vespaio classico in pietrisco

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo in presenza di un vespaio, con o senza casseri a perdere, sotto all'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente alla base dell'edificio con aspirazione forzata

Effetto dell'intervento

Globale, a tutto l'edificio.

Efficacia

Media/elevata.

Tipicamente attorno al 60 – 90 %.

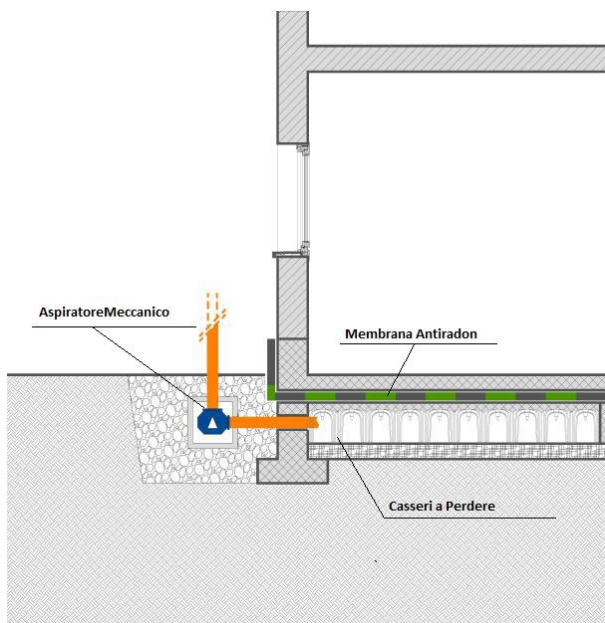
Costo

Medio/alto.

Realizzazione

Per potenziare la ventilazione meccanica del vespaio, si può intervenire sulle bocchette di areazione, rendendole più efficienti tramite la pulizia delle grate di protezione esterne, o dei mattoni forati utilizzati per lo stesso scopo, che possono essere ostruiti con il passare degli anni.

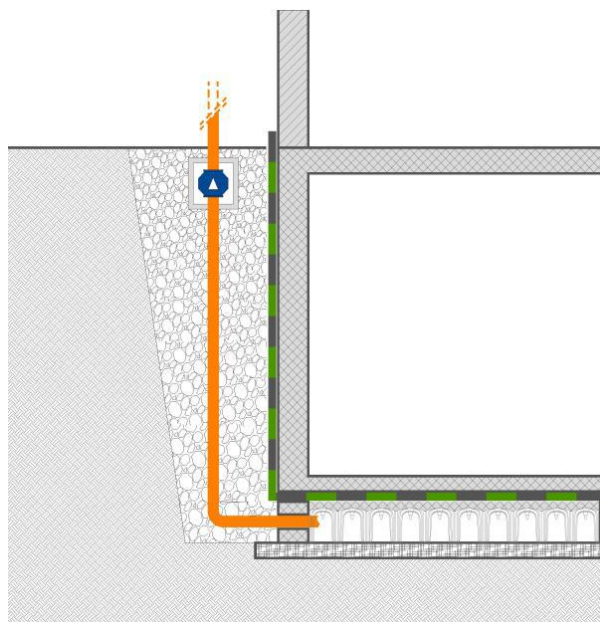
Qualora la dimensione e il numero delle aperture non siano adeguati a garantire una efficiente ventilazione del vespaio, si provvede a realizzarne delle altre o ad ampliare la superficie di quelle esistenti.



Schema di ventilazione meccanica del vespaio.

In presenza di tubazioni idrauliche all'interno del vespaio, il potenziamento della ventilazione potrebbe portare a fenomeni di congelamento e pertanto si dovrà provvedere alla opportuna coibentazione delle stesse.

Nel caso di vespaio con casseri a perdere, la scelta risulta molto funzionale, sia per l'incastro presente nei casseri che realizza già una prima tenuta all'aria, sia per la camera d'aria che si realizza al di sotto degli elementi che, collegata con l'esterno tramite una tubazione, consente la circolazione dell'aria migliorando l'efficacia del sistema.



Ventilazione meccanica del vespaio con casseri in pvc e membrana antiradon per seminterrati.



Scheda V - Prevenzione Nuova Edificazione.

Ventilazione naturale della pavimentazione.

Descrizione

Con questa tipologia di pavimentazione si ottengono risultati interessanti in quanto i moduli in pvc realizzano una buona tenuta e risultano molto funzionale nei confronti della prevenzione da inquinamento indoor da gas radon, sia per l'incastro presente nei moduli che realizza già una prima tenuta all'aria, sia per la camera d'aria che si realizza al di sotto degli elementi che, collegata con l'esterno tramite una tubazione, consente la circolazione dell'aria.

Associando la posa in opera di una membrana antiradon sopra i moduli, si ottengono ottimi risultati

Nel caso in cui la sola presenza di aperture non sia in grado di garantire una adeguata aerazione, si può ricorrere all'adozione di aspirazione meccanica

In merito all'efficacia di questa tipologia di intervento, sono riportate riduzioni della concentrazione di radon che vanno dal 60 al 90%.

Vantaggi

- ✓ Buona efficacia
- ✓ Buona conservazione dell'efficienza energetica degli ambienti interni all'edificio.

Svantaggi

- ✗ Con i casseri a perdere si ha un incremento dei costi rispetto al massetto tradizionale.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo in presenza di una pavimentazione ventilata.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente alla base dell'edificio.

Effetto dell'intervento

Globale, a tutto l'edificio.

Efficacia

Media/elevata.

Tipicamente attorno al 60 – 90 %.

Costo

Basso.

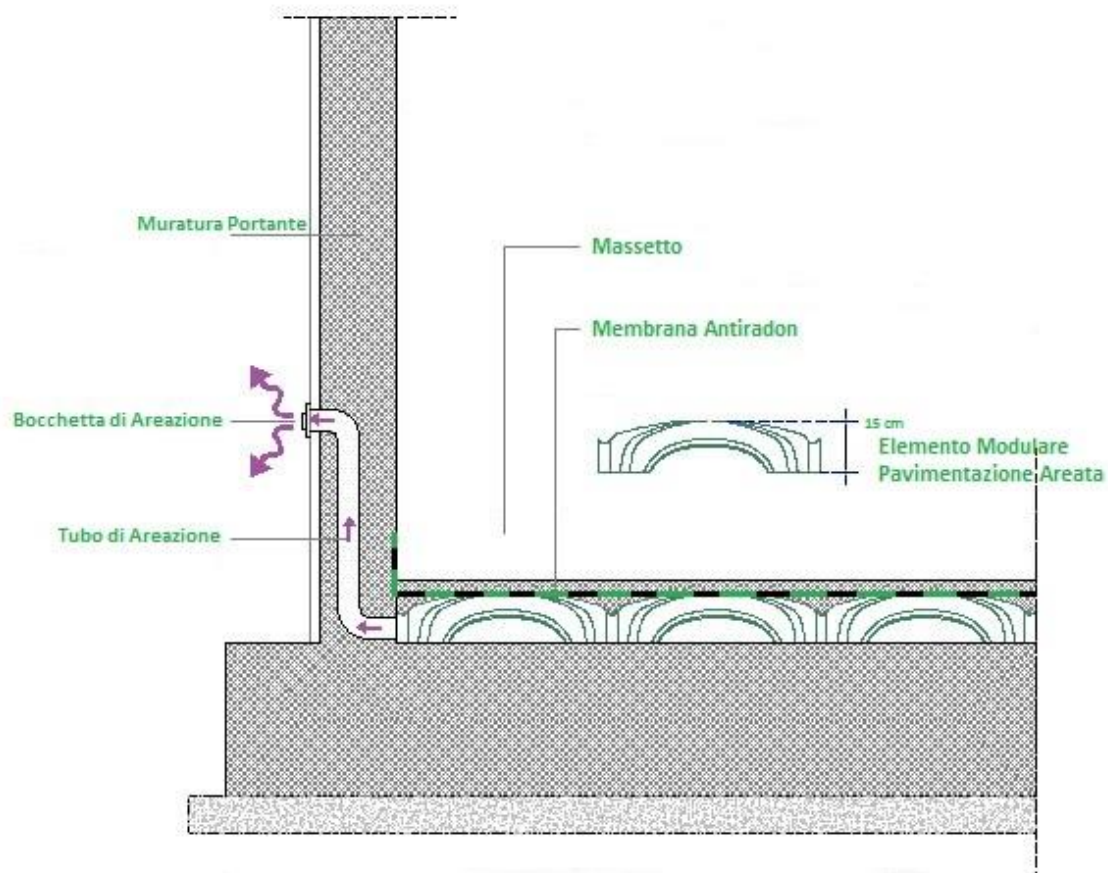
La ventilazione naturale del pavimento con casseri a perdere si ottiene a costo zero.

Realizzazione

Per potenziare la ventilazione naturale del pavimento, si può intervenire sulle bocchette di areazione rendendole più efficienti tramite la pulizia delle grate di protezione esterne che possono essere ostruite con il passare degli anni.

Qualora la dimensione e il numero delle aperture non siano adeguate a garantire una efficiente ventilazione del pavimento, si provvede a realizzarne delle altre o ad ampliare la superficie di quelle esistenti.

Ventilazione naturale con un pavimento ventilato e membrana antiradon



Scheda VI - Prevenzione Nuova Edificazione.

Ventilazione meccanica in presenza di murature verticali controterra e membrana antiradon.

Descrizione

In caso di nuova edificazione è possibile che alcune pareti perimetrali dell'edificio siano muri di contenimento controterra, soprattutto in caso di edificazione in terreni non pianeggianti. In questo caso sarà sempre opportuna la predisposizione di un pozzetto al di sotto dell'edificio per l'attivazione di un sistema di depressione/pressurizzazione laddove si verifichi la presenza di radon. La membrana impermeabile dovrà, in questo caso, risalire anche all'esterno del muro controterra per ovvie ragioni di umidità e anche per protezione di infiltrazioni di radon da questa superficie.

Soluzioni sicuramente più efficaci, per quanto riguarda la protezione dall'umidità e anche da infiltrazioni di radon dalla muratura controterra, consiste nel realizzare uno scannafosso fra terreno e muratura così da allontanare il terreno e attivare una buona circolazione d'aria. In questo caso la membrana verticale, peraltro sempre consigliabile, può anche essere evitata. In alternativa allo scannafosso, più semplice da realizzare e meno invasiva, è la realizzazione di una parete controterra ventilata con appositi elementi ventilanti in plastica che realizzano una intercapedine che consente il transito dell'aria fra terreno e muratura.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo con concentrazioni medio-alte che riguardano tutto l'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente nel terreno con ventilazione meccanica e membrana antiradon

Effetto dell'intervento

Tutto l'edificio.

Efficacia

Elevata (riduzione 70-95 %)

Costo

Medio.

La spesa per l'intervento, oltre quelle per la ventilazione forzata, possono aumentare sensibilmente nei casi in cui necessitano opere murarie per lo scannafosso, da aggiungere ai costi della membrana.

Deve essere inoltre valutata la spesa per la gestione e la manutenzione dell'eventuale estrattore elettromeccanico.



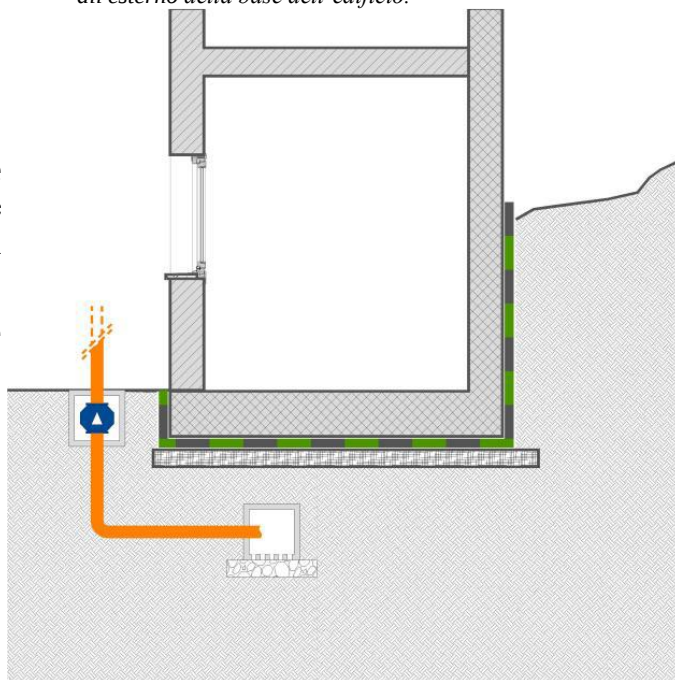
Vantaggi

- ✓ Elevata efficacia dell'intervento
- ✓ Effetto esteso a tutto l'edificio

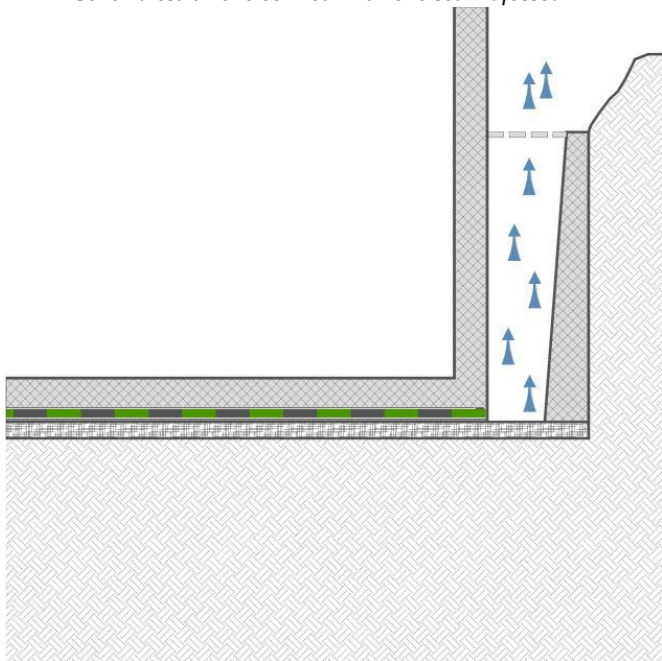
Svantaggi

- ✗ Costo di esercizio e manutenzione dell'eventuale impianto di estrazione (necessaria verifica frequente del funzionamento degli estrattori).
- ✗ Possibili problemi per il rumore prodotto dall'estrattore.

Schema del pozzetto di estrazione meccanica collocato all'esterno della base dell'edificio.



Schema estrazione con realizzazione scannafosso.



Realizzazione

Il pozzetto

Lo scavo deve essere realizzato ben al di sotto del piano di campagna in modo da penetrare completamente nel terreno. Lo scavo può avere forma arbitraria, ma nessuna dimensione dovrebbe essere inferiore a 50 cm

L'interno della cavità può essere riempito con della ghiaia oppure è possibile utilizzare un contenitore in cemento forato su tutti i lati in modo da garantire la penetrazione dell'aria della cavità per l'aspirazione all'esterno.

Le condutture

Per connettere il pozzetto con l'esterno è opportuno utilizzare i comuni tubi in PVC di diametro di 10 cm o del diametro adatto per poter essere accoppiato con l'eventuale aspiratore.

È importante che le giunzioni dei vari segmenti di tubazione e il foro di ingresso siano ben sigillati, in modo da garantire la tenuta lungo tutto il percorso della tubazione.

Sistema di estrazione

L'aspirazione dal sottosuolo può avvenire sia con sistemi passivi, sfruttando l'effetto camino nel caso di allontanamento dal terreno con lo scannafosso, oppure assistendola per mezzo di ventilatori; la scelta tra i due sistemi deve essere valutata a seconda dei casi, tenendo in considerazione l'entità del livello di radon, l'ampiezza della superficie interessata, l'efficacia della depressione naturale, i costi di realizzazione della canalizzazione e dell'esercizio del ventilatore o dello scannafosso.

L'estrattore va collocato al termine della conduttura direttamente in linea con la tubazione.



Scheda VII - Prevenzione Nuova Edificazione.

Sigillatura delle tubazioni impiantistiche.

Descrizione.

Il radon che ha origine dal sottosuolo trova una via di ingresso nell'edificio attraverso le imperfezioni costruttive che non rendono la struttura impermeabile al passaggio del gas.

In caso di nuova edificazione è opportuno verificare la possibilità di far transitare le tubazioni degli impianti dalle pareti perimetrali verticali anziché dal solaio a terra. In questo modo si evitano rischi di transito del gas dal terreno attraverso i fori delle canalizzazioni e problemi di sigillature a tenuta d'aria. In caso contrario, il passaggio delle canalizzazioni impiantistiche dovrà essere sigillato con la membrana impermeabile e antiradon tramite una flangia di raccordo, incollata alla membrana e al tubo ed eventualmente stretta con una fascetta da elettricista oppure con del nastro e prima della posa del massetto di allettamento della pavimentazione.

Inoltre gli impianti tecnici (riscaldamento, impianto idraulico ed elettrico) sono sviluppati generalmente attraverso una rete di canalizzazioni verticali attraverso la quale il radon si muove spostandosi tra piani e ambienti diversi.

La sigillatura di tali vie di accesso contrasta l'ingresso del radon; in alcuni studi effettuati in vari paesi Europei, si riporta una efficacia nella riduzione del radon tra il 10 e il 60%, quindi molto variabile.

Questa tipologia di intervento non riesce a garantire da sola una completa risoluzione del problema, ma è comunque importante se associata ad altre tecniche di mitigazione.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo. Presenza di concentrazioni eccessive di radon anche ai piani superiori al piano terra. Da associare ad altri interventi.

Principio di azione

Impedire l'accesso del radon all'edificio.

Effetto dell'intervento

Effetto globale su tutto l'edificio.

Efficacia

Modesta e variabile a seconda dei casi.

Costo

Basso.

Vantaggi

- ✓ Costo contenuto dell'intervento.
- ✓ Effetto esteso a tutto l'edificio.
- ✓ Migliora l'efficacia di altri tipi di intervento.
- ✓ Effetti positivi anche dal punto di vista energetico dovuti ad un migliore isolamento termico degli ambienti.

Svantaggi

- ✗ Efficacia molto variabile a seconda delle situazioni e dell'accuratezza del lavoro.
- ✗ Scarsa durevolezza.
- ✗ Difficoltà ad individuare le vie preferenziali di ingresso del radon.



Realizzazione

Valutazioni preliminari

Nel corso della progettazione devono essere individuati i punti di infiltrazione dell'aria.

La sigillatura deve essere comunque il più possibile sistematica e accurata, in quanto dopo la sigillatura di alcuni punti di ingresso del radon, altri punti che non rappresentavano vie preferenziali di ingresso se non sigillati potrebbero diventarle.

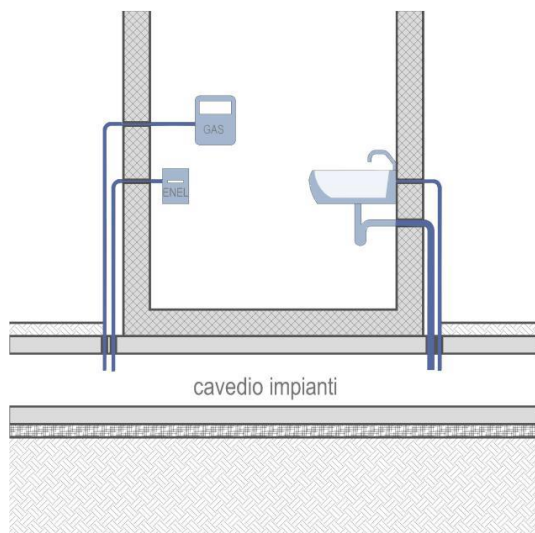
Intervento alle tubazioni

Nel caso di piccole aperture attorno alle tubazioni che escono dal muro, ad esempio quelle dell'impianto di riscaldamento e dell'impianto idrico, possono essere impiegati i comuni sigillanti elastici, dotati di buone prestazioni in termini di tenuta e di ottima durata nel tempo.

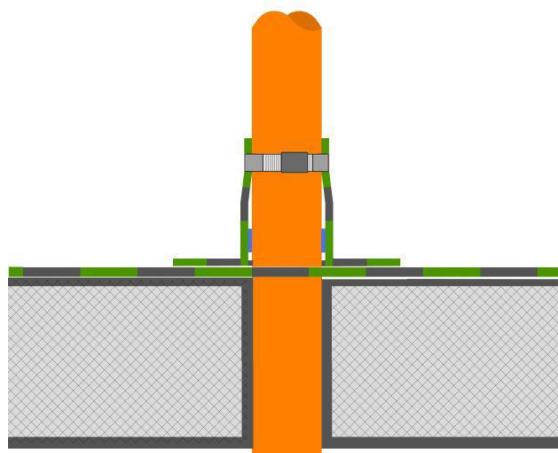
La sigillatura deve essere effettuata preparando adeguatamente la zona di intervento in modo che il sigillante possa avere una presa salda, senza distaccare parti in muratura e curando l'adesione del sigillante ai bordi.



Sigillatura tubazioni.



Impianto di riscaldamento ed idrico da sigillare.



Sigillatura delle tubazioni impiantistiche con membrana antiradon.



Scheda VIII - Bonifica Edilizia Esistente.

Ventilazione Meccanica Controllata

Descrizione

La ventilazione naturale all'interno degli edifici rappresenta una comune indicazione per la qualità dell'aria degli ambienti di vita e di lavoro e il benessere degli occupanti.

L'effetto favorevole di un'adeguata ventilazione, anche meccanica, si estende pure alla problematica del radon, in quanto contribuisce a ridurre i livelli del gas negli edifici.

Nel caso di una abitazione esistente nella quale non è possibile fare alcun tipo di intervento esterno alla stessa, né in fondazione e né all'intorno delle pareti esterne, la ventilazione controllata è una delle poche soluzioni possibili per la riduzione del radon, viene ottenuta per mezzo di canalizzazioni e aspiratori che assicurano il ricambio di aria tra l'ambiente esterno e quello interno.

Questo sistema garantisce un'ottima continuità nella ventilazione dell'ambiente, e può essere effettuata in modo ininterrotto o cadenzato nell'arco delle 24 ore, limitando peraltro l'inconveniente di non poter essere utilizzato in presenza di vento forte oppure di piogge, come per la ventilazione naturale. Va sottolineato tuttavia che l'utilizzo della ventilazione attiva deve essere opportunamente dimensionato, al fine di evitare effetti negativi dovuti alla eccessiva depressurizzazione degli ambienti.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo oppure dai materiali da costruzione. Presenza di concentrazioni elevate di radon anche ai piani superiori. Da associare ad altri interventi.

Principio di azione

Rimuovere il radon dagli ambienti degli edifici esistenti.

Effetto dell'intervento

Generalmente ristretto ai locali dove viene effettuato l'intervento.

Efficacia

Discreta, ma poco persistente.

Costo

Basso.

Va considerata l'installazione dei ventilatori elettrici e le spese per la loro gestione.

Vantaggi

- ✓ Costo estremamente contenuto.
- ✓ Efficacia discreta. (circa il 50% di riduzione della concentrazione del radon).



Svantaggi

- ✓ Azione dell'impianto di ventilazione forzata localizzata in quanto limitata agli ambienti soggetti a ventilazione

Realizzazione

Ventilazione meccanica controllata

Se la regolare ventilazione naturale degli ambienti non è sufficiente a mantenere bassa la concentrazione di radon, è possibile installare un sistema di estrazione dell'aria, assistito da un ventilatore elettrico, eventualmente dotato di temporizzazione.

Questo sistema ha il vantaggio ulteriore di consentire la ventilazione anche in assenza degli operatori (ad esempio la notte), e di poter operare in situazioni climatiche avverse (pioggia, vento).

Per contro va notato che, avendo l'intervento di ventilazione un effetto di mitigazione prevalentemente locale, tale predisposizione dovrebbe essere effettuata per molti ambienti dell'edificio, aumentando il costo complessivo di installazione e gestione.

È infine importante sottolineare che l'estrazione ed espulsione di aria da un locale genererebbe una depressione rispetto al resto dell'edificio che, paradossalmente, porterebbe ad un maggiore richiamo di radon dal terreno. Per evitare ciò è necessario che nel locale dove viene installato il ventilatore sia presente anche una presa d'aria – collocata possibilmente lontana dal ventilatore – in modo da consentire un riequilibrio delle pressioni direttamente con l'ambiente esterno.

Inconvenienti e limitazioni

La ventilazione degli ambienti interni ha un effetto negativo per quanto attiene la conservazione del clima dell'edificio, dato il continuo scambio di aria tra l'ambiente interno e quello esterno. Per limitare questo problema possono essere adottati sistemi di ventilazione con scambiatore di calore, illustrati in una scheda apposita.



Scheda IX - Bonifica Edilizia Esistente.

Ventilazione meccanica del vespaio tramite pozzetto centrale o perimetrale.

Descrizione

In caso di interventi di bonifica, su costruzioni esistenti, il pozzetto potrà essere posizionato al di sotto dell'edificio laddove la destinazione d'uso dei locali, e in particolare il tipo di pavimentazione presente, consentano di effettuare uno scavo per il pozzetto e una traccia per la canalizzazione di evacuazione (per es. in autorimesse, cantine e locali tecnici).

In caso contrario sarà necessario intervenire al perimetro dell'edificio esistente tenendo conto che l'area sulla quale agirà il sistema di ventilazione sarà per metà esterna all'edificio e quindi potrebbero essere necessari più ventilatori per bonificare l'intera costruzione. In questo caso verrà effettuato uno scavo nel quale inserire una tubazione in PVC di 100-120 mm di diametro aperta all'estremità e con una serie di forature perimetrali di 25-30 mm di diametro. La tubazione sarà avvolta in un tessuto non-tessuto per evitare l'ingresso di materiale nel tubo e lo scavo sarà poi riempito con ghiaia di grossa pezzatura.

In questo caso il pozzetto servirà per l'alloggiamento del ventilatore dal quale partirà poi la tubazione di evacuazione. In caso di fondazioni continue (travi rovesce, cordoli) di una certa profondità il pozzetto posto perimetralmente all'esterno dell'edificio come nella soluzione precedente potrebbe non svolgere una funzione sufficientemente efficace (soprattutto in caso di pressurizzazione) in quanto la profondità della fondazione potrebbe costituire una barriera che impedisce che l'effetto dei ventilatori agisca nei confronti del terreno sotto l'edificio.

In questo caso sarebbe necessario individuare un punto, sia pur perimetrale ma all'interno dell'edificio, dove collocare l'impianto.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo con concentrazioni medio-alte che riguardano tutto l'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente nel terreno e realizzazione di una depressione nel sottosuolo rispetto agli ambienti interni.

Effetto dell'intervento

Tutto l'edificio. Ogni pozzetto radon ha effetto tipicamente fino a 6-10 metri dal punto di estrazione, in funzione della permeabilità del terreno e dal dimensionamento dell'impianto.

Efficacia

Media (riduzione 50-70 %)

Costo

Medio/alta

La spesa per l'intervento, è molto variabile in funzione del pavimento e delle fondazioni presenti.

Deve essere inoltre valutata la spesa per la gestione e la manutenzione dell'estrattore elettromeccanico.



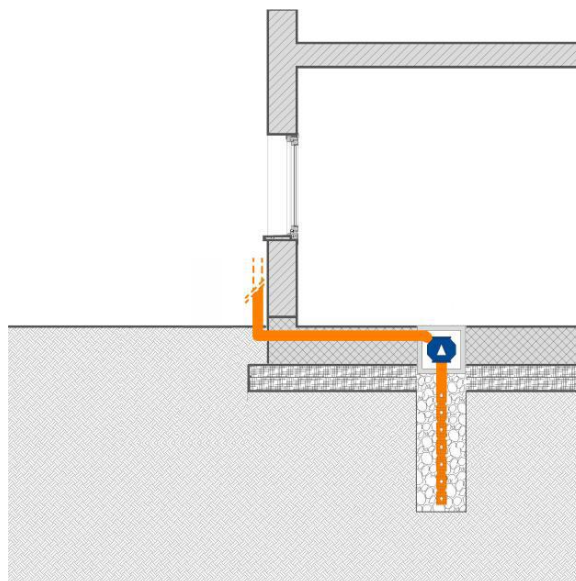
Vantaggi

- ✓ Effetto esteso a tutto l'edificio

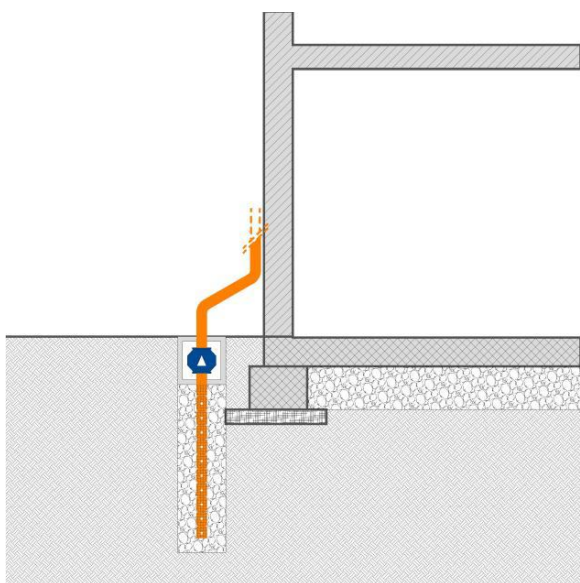
Svantaggi

- ✗ Necessità di intervenire all'interno dell'edificio, nel caso del pozzetto centrale.
- ✗ Possibili difficoltà nel posizionamento delle tubazioni.
- ✗ Costo di esercizio e manutenzione dell'impianto di estrazione (necessaria verifica frequente del funzionamento degli estrattori).
- ✗ Possibili problemi per il rumore prodotto dall'estrattore.

Ventilazione meccanica con pozzetto centrale.



Ventilazione meccanica con pozzetto perimetrale.

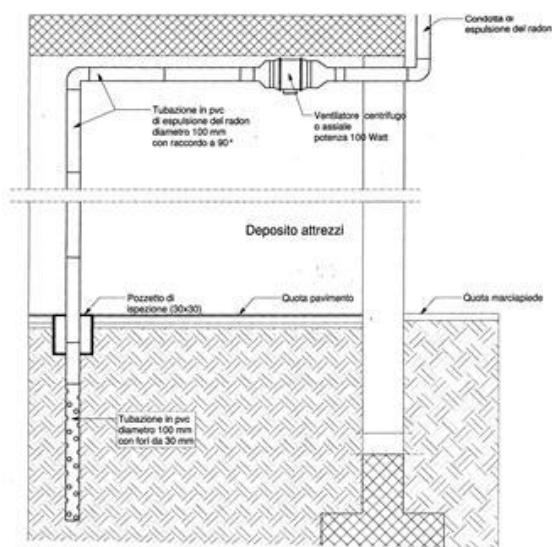


Realizzazione

Il pozzetto

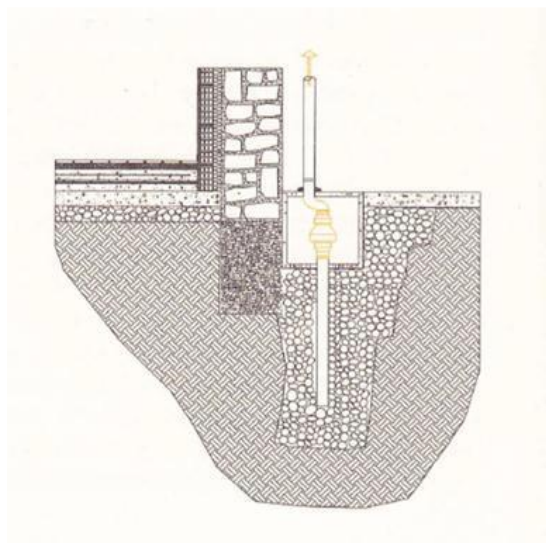
Lo scavo deve essere realizzato ben al di sotto del pavimento in modo da penetrare completamente nel terreno. Lo scavo può avere forma arbitraria, ma nessuna dimensione dovrebbe essere inferiore a 50 cm.

Schema di esecuzione dei pozzetti di suzione da posizionare all'interno dell'edificio.



L'interno della cavità può essere riempito con della ghiaia oppure è possibile utilizzare un contenitore in cemento forato su tutti i lati in modo da garantire la penetrazione dell'aria della cavità per l'aspirazione all'esterno.

Schema di esecuzione dei pozzetti di suzione da posizionare all'interno dell'edificio.



Le condutture

Per connettere il pozzetto con l'esterno è opportuno utilizzare i comuni tubi in PVC di diametro di 10 cm o del diametro adatto per poter essere accoppiato con l'eventuale aspiratore.

È importante che le giunzioni dei vari segmenti di tubazione e il foro di ingresso siano ben sigillati, in modo da garantire la tenuta lungo tutto il percorso della tubazione.

Sistema di estrazione

L'aspirazione dal sottosuolo si ottiene per mezzo di ventilatori, tenendo in considerazione l'entità del livello di radon, l'ampiezza della superficie interessata, l'efficacia della depressione naturale, i costi di realizzazione della canalizzazione e dell'esercizio del ventilatore. L'estrattore va collocato in linea con la tubazione.



Scheda X - Bonifica Edilizia Esistente.

Ventilazione meccanica del vespaio con ventilatore a scomparsa nella muratura.

Descrizione

Qualora sia necessario installare un ventilatore per la depressione/pressurizzazione del vespaio, è possibile inserirlo all'interno della muratura, se lo spessore è adeguato, rendendolo meno visibile e più protetto. È sufficiente una contenitore metallico simile ai quello dei contatori di altre utenze per contenere il ventilatore collegato al vespaio. Dal medesimo punto può partire un finto pluviale anche in rame per l'evacuazione del gas fino almeno alla quota del cornicione sotto gronda. Adottando inoltre la tecnica della pressurizzazione l'impianto diventa meno invadente dal punto di vista estetico in quanto non necessita di tubazione di scarico in quota. Oppure tutto l'impianto può essere collocato in esterno.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo con concentrazioni medio-alte che riguardano tutto l'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente nel

Effetto dell'intervento

Tutto l'edificio..

Efficacia

Media (riduzione 50-70 %)

Costo

Medio

Deve essere valutata la spesa per la realizzazione dell'alloggiamento nella parete e la gestione e la manutenzione dell'estrattore elettromeccanico.

Vantaggi

- ✓ Effetto esteso a tutto l'edificio.

Svantaggi

- ✗ Necessità di intervenire all'interno della muratura dell'edificio.
- ✗ Possibili difficoltà nel posizionamento delle tubazioni.
- ✗ Possibili problemi per il rumore prodotto dall'estrattore.



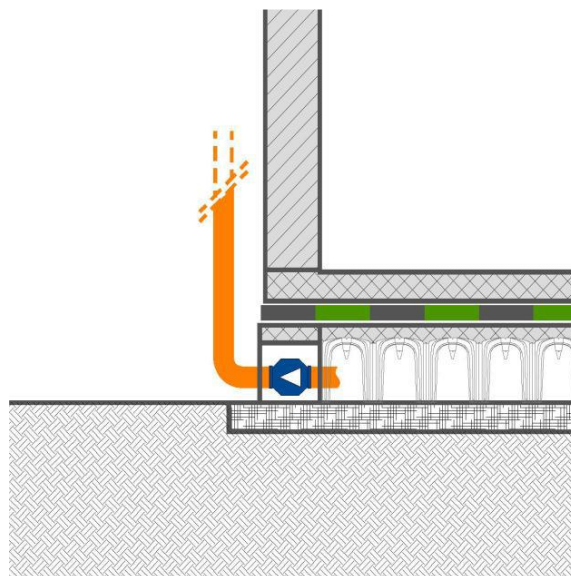
Realizzazione

Va praticata una cavità alla base della muratura all'interno della quale va inserito l'aspiratore meccanico.

Sistema di estrazione

L'aspirazione dal sottosuolo si ottiene per mezzo di ventilatori, tenendo in considerazione l'entità del livello di radon, l'ampiezza della superficie interessata, l'efficacia della depressione naturale, i costi di realizzazione della canalizzazione e dell'esercizio del ventilatore. L'estrattore va collocato in linea con la tubazione.

Ventilazione meccanica con ventilatore a scomparsa nella muratura.



Scheda XI – Bonifica Edilizia Esistente.

Ventilazione meccanica in presenza di murature verticali controterra e membrana antiradon.

Descrizione

In caso di intervento su edifici esistenti nei quali siano stati riscontrati valori di radon oltre la soglia suggerita, e che presentino alcune pareti perimetrali di contenimento controterra, può essere sicuramente funzionale la messa in opera di un pozzetto al perimetro dell'edificio per la messa in depressione del terreno o dell'eventuale vespaio. Lungo la parete controterra inoltre, per una efficace opera di mitigazione della concentrazione di radon, sarà necessario la realizzazione, con particolare cura, di una membrana antiradon all'interno della muratura che, in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente, potrà essere lasciata a vista oppure protetta di una parete di rivestimento. Operazione analoga andrà eseguita sul solaio controterra con il rifacimento della pavimentazione.

In una situazione di questo tipo ancora più funzionale risulta la realizzazione di una intercapedine ventilata meccanicamente realizzata all'interno dell'edificio tramite la messa in opera di casseri a perdere in plastica (igloo) di basso spessore sia sul solaio a terra che sulla parete verticale controterra, previa messa in opera di una membrana impermeabile e con successivo rivestimento a pavimento e a parete.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo con concentrazioni medio-alte che riguardano tutto l'edificio.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente nel terreno con ventilazione meccanica e membrana antiradon

Effetto dell'intervento

Tutto l'edificio.

Efficacia

Elevata (riduzione 70-95 %)

Costo

Medio/alto

La spesa per l'intervento, oltre quelle per la ventilazione forzata, aumentano sensibilmente per la realizzazione dell'intercapedine d'aria, sia essa alla parete controterra o al pavimento, da aggiungere ai costi della membrana.

Deve essere inoltre valutata la spesa per la gestione e la manutenzione dell'eventuale estrattore elettromeccanico.



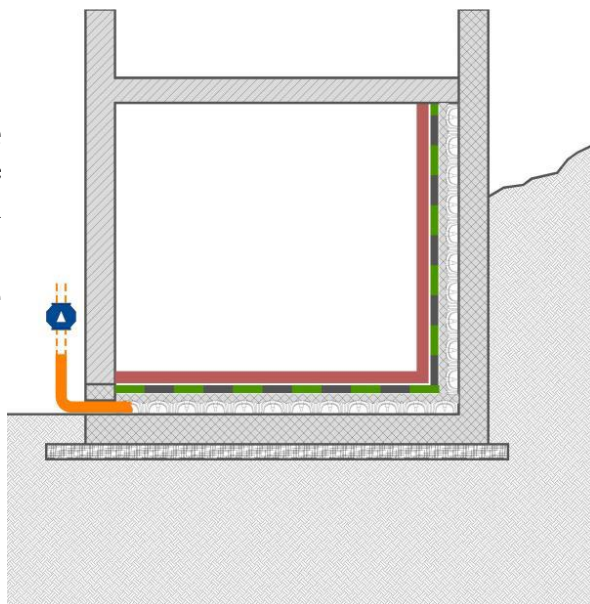
Vantaggi

- ✓ Elevata efficacia dell'intervento
- ✓ Effetto esteso a tutto l'edificio

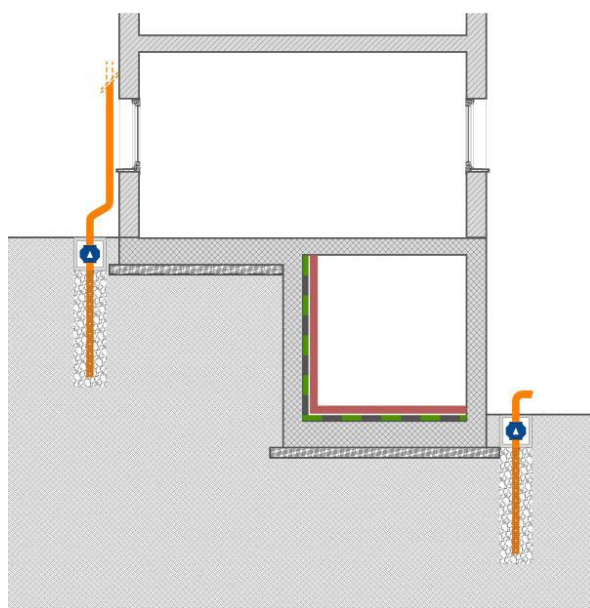
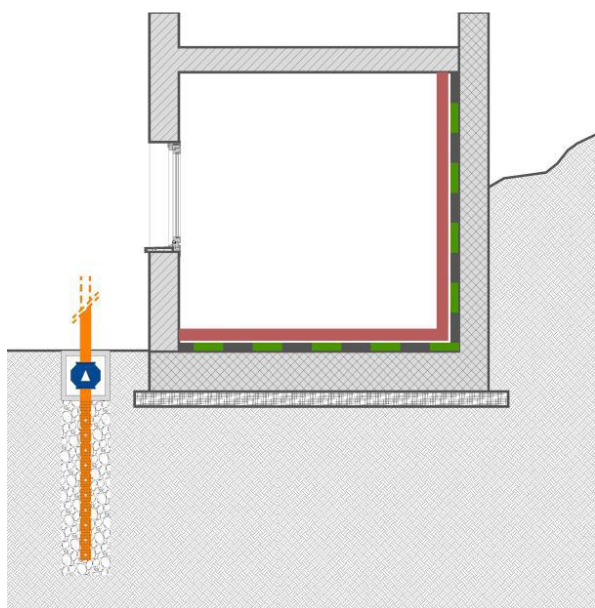
Svantaggi

- ✗ Costo di esercizio e manutenzione dell'eventuale impianto di estrazione (necessaria verifica frequente del funzionamento degli estrattori).
- ✗ Possibili problemi per il rumore prodotto dall'estrattore.

Schema di estrazione meccanica collocata all'esterno della base dell'edificio.



Schema estrazione meccanica con depressurizzazione del suolo.



Realizzazione

L'intercapedine

L'intercapedine, ventilata meccanicamente, va realizzata all'interno dell'edificio tramite la messa in opera di casseri a perdere in plastica (igloo) di basso spessore sia sul solaio a terra che sulla parete verticale controterra, previa messa in opera di una membrana antiradon e con successivo rivestimento a pavimento e a parete.

Sistema di estrazione

L'aspirazione dal sottosuolo può avvenire assistendola per mezzo di ventilatori

L'estrattore va collocato al termine della condotta direttamente in linea con la tubazione.



Scheda XII - Bonifica Edilizia Esistente.

Ventilazione forzata dell'aria sotto il pavimento

Descrizione

Questo sistema è basato sulla realizzazione di un'intercapedine d'aria al di sotto del pavimento tramite l'applicazione di una stuoia in plastica (di spessore 10-20 mm) dotata di struttura alveolare.

L'intercapedine creata tra il pavimento e il solaio viene collegata ad una tubazione che arriva fino alla sommità dell'edificio e permette, tramite un sistema di aspirazione, di convogliare l'aria estratta al di fuori dell'edificio.

Nel caso in cui la tubazione di aspirazione sia verticale e attraversi internamente l'edificio, si può anche sfruttare la ventilazione naturale dovuta al riscaldamento della conduttura consentendo l'utilizzo di aspiratori di bassa potenza.

Vantaggi

- ✓ Elevata efficacia

Indicazioni

Radon proveniente dal terreno.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente alla base dell'edificio.

Effetto dell'intervento

Globale, su tutto l'edificio.

Efficacia

Medie attorno 70 – 85 %.

Costo

Molto alto.

Svantaggi

- ✗ Costi elevati per il rifacimento del pavimento
- ✗ Impatto sull'isolamento termico del piano terreno dell'edificio
- ✗ Consumo energetico per i sistemi di aspirazione

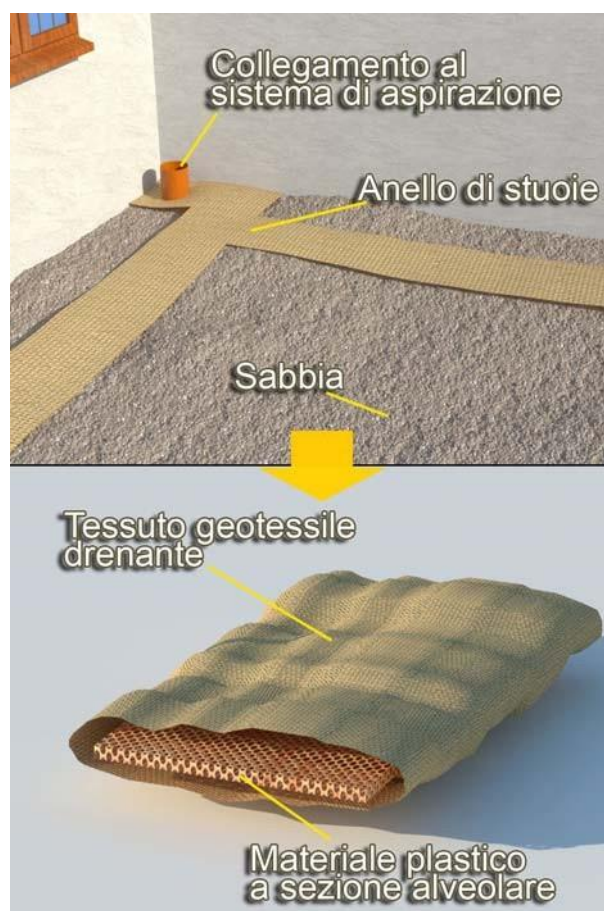
Realizzazione

La realizzazione del sistema comporta la rimozione della vecchia pavimentazione al fine della stesura della stuoia alveolare e alla posa in opera di un nuovo pavimento.

Alternativamente, per evitare la rimozione della vecchia pavimentazione, si può optare per l'applicazione di un nuovo rivestimento sopra quello esistente in modo tale da installare la stuoia alveolare tra le due pavimentazioni.

Le stuoie vanno posizionate in modo da formare un anello chiuso, collegato ad un sistema di aspirazione ed espulsione all'esterno del gas estratto, eventualmente assistito da un ventilatore elettrico. L'anello di stuoie deve essere posizionato internamente alla stanza, rispettando una distanza dal bordo di circa 50 centimetri.

Nella realizzazione può essere valutata la possibilità di temporizzare l'attivazione dell'impianto, in modo da conseguire un risultato adeguato ma, al contempo, ridurre il consumo di energia elettrica ed allungare la vita delle apparecchiature.



Esempio di posa in opera dell'anello di stuoie da collocare sotto la pavimentazione e dettaglio della struttura alveolare della stuoia.



Scheda XIII - Bonifica Edilizia Esistente.

Ventilazione locali seminterrati.

Descrizione

La ventilazione dei locali seminterrati costituisce una prima linea di intervento per attuare una diminuzione della concentrazione del gas radon.

Il principio di azione si basa sulla diluizione della concentrazione del radon prima che lo stesso possa risalire verso i piani superiori.

Come tutte le operazioni in cui è previsto un aumento della ventilazione, la contropartita è data da un decadimento delle prestazioni energetiche; in questo caso, tuttavia, il problema affligge prevalentemente solo l'ambiente delle cantine e, limitatamente, gli altri ambienti dell'edificio.

Vantaggi

- ✓ Facile attuazione
- ✓ Costi contenuti

Svantaggi

- ✗ Efficacia limitata
- ✗ Perdita di climatizzazione nelle cantine e nei piani sovrastanti

Realizzazione

L'intervento consiste nel permettere libera circolazione dell'aria esterna nelle cantine poste al di sotto del piano abitabile dell'edificio; essa può essere ottenuta tenendo aperte finestre ed altre aperture esistenti, oppure prevedendo nuove prese d'aria, eventualmente assistite da ventilatori elettrici. In quest'ultimo caso è importante avere cura

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo e risalente ai piani superiori. Potrebbe non essere applicabile in luoghi soggetti a temperature particolarmente rigide.

Principio di azione

Ridurre la concentrazione di radon presente alla base dell'edificio.

Effetto dell'intervento

Globale a tutto l'edificio.

Efficacia

Media, attorno 50 %.

Costo

Basso.

La ventilazione naturale della cantina tramite aperture fisse si ottiene a costo zero.

In caso di apertura di nuove prese d'aria e/o di ventilazione attiva i costi sono comunque contenuti.

affinché non si venga a creare né una depressurizzazione, la quale potrebbe incrementare l'afflusso di radon dal terreno (pressione negativa), né un incremento di pressione che potrebbe spingere il radon assieme a masse di aria fredda verso gli ambienti abitati superiori (pressione positiva).

A tale scopo, assieme ad eventuali sistemi attivi di ventilazione è necessario prevedere prese d'aria per consentire un riequilibrio delle pressioni.

Particolare attenzione deve essere posta alla

tenuta della separazione della cantina rispetto ai piani abitati superiori, in modo da limitare il disagio costituito dal raffreddamento degli ambienti ed allo scopo di impedire l'eventuale risalita del radon verso l'alto. Per tale motivo, le eventuali porte di comunicazione interna fra la cantina e gli altri locali abitati devono essere a tenuta d'aria.

Schema dell'intervento di ventilazione forzata delle cantine.



Scheda XIV - Bonifica Edilizia Esistente.

Sigillatura delle tubazioni impiantistiche e di crepe

Descrizione

Il radon che ha origine dal sottosuolo trova una via di ingresso nell'edificio attraverso le imperfezioni costruttive che non rendono la struttura impermeabile al passaggio del gas.

Ad esempio, la presenza di fessure nei punti di giunzione tra condutture elettriche o dell'acqua e i muri, la presenza di crepe nelle condutture o rotture nella pavimentazione offrono al radon una via di accesso preferenziale all'interno dell'edificio.

Inoltre gli impianti tecnici (riscaldamento, impianto idraulico ed elettrico) sono sviluppati generalmente attraverso una rete di canalizzazioni verticali attraverso la quale il radon si muove spostandosi tra piani e ambienti diversi.

La sigillatura di tali vie di accesso contrasta l'ingresso del radon; in alcuni studi effettuati in vari paesi Europei, si riporta una efficacia nella riduzione del radon tra il 10 e il 60%, quindi molto variabile.

Questa tipologia di intervento non riesce a garantire da sola un completo risanamento, ma è comunque importante se associata ad altre tecniche di mitigazione.

Indicazioni

Radon proveniente dal suolo. Presenza di concentrazioni eccessive di radon anche ai piani superiori al piano terra. Da associare ad altri interventi.

Principio di azione

Impedire l'accesso del radon all'edificio.

Effetto dell'intervento

Effetto globale su tutto l'edificio.

Efficacia

Modesta e variabile a seconda dei casi.

Costo

Basso.

Indicativamente il costo medio per intervento per singola unità immobiliare è abbastanza contenuto. L'intervento richiede una manualità minima e può essere svolto senza ricorrere a personale specializzato.

Vantaggi

- ✓ Costo contenuto dell'intervento
- ✓ Effetto esteso a tutto l'edificio
- ✓ Migliora l'efficacia di altri tipi di intervento
- ✓ Effetti positivi anche dal punto di vista energetico dovuti ad un migliore isolamento termico degli ambienti.

Svantaggi

- ✗ Efficacia molto variabile a seconda



delle situazioni e dell'accuratezza del lavoro

- ✗ Scarsa durevolezza
- ✗ Difficoltà ad individuare le vie preferenziali di ingresso del radon

Realizzazione

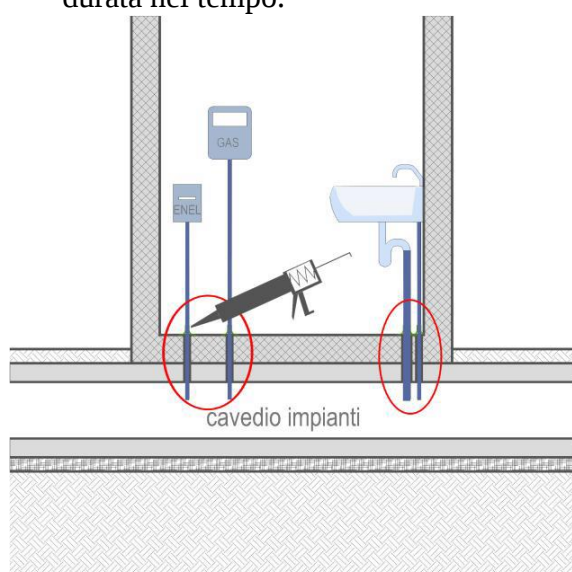
Valutazioni preliminari

Nel corso del sopralluogo preliminare devono essere individuati i punti di infiltrazione dell'aria visibili e non, e misure spot di concentrazione di radon possono fornire indicazioni dei punti preferenziali di ingresso del radon.

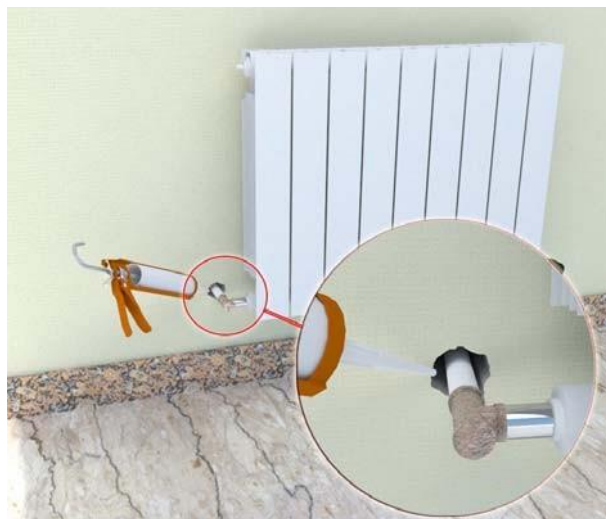
La sigillatura deve essere comunque il più possibile sistematica e accurata, in quanto dopo la sigillatura di alcuni punti di ingresso del radon, altri punti che non rappresentavano vie preferenziali di ingresso, se non sigillati, potrebbero diventarlo.

Intervento alle tubazioni

Nel caso di piccole aperture attorno alle tubazioni che escono dal muro, ad esempio quelle dell'impianto di riscaldamento e dell'impianto idrico, possono essere impiegati i comuni sigillanti elastici, dotati di buone prestazioni in termini di tenuta e di ottima durata nel tempo.



Sigillatura dell'impianto sanitario.



Sigillatura del bordo della tubazione dell'impianto di riscaldamento.

Crepe nei muri, giunzioni tra elementi murari

A seconda dell'entità della crepa e del risultato estetico atteso può essere deciso come intervenire; piccole crepe in posizione non visibile possono essere trattate con la stessa modalità degli interventi alle tubazioni.

Nel caso sia necessario intervenire su crepe o giunzioni di grandi dimensioni, oppure qualora sia necessario mantenere l'estetica originaria, si può intervenire riempiendo la crepa con malta e ripristinando l'aspetto con intonaco e successiva tinteggiatura.

Pavimenti rotti

Rotture del pavimento possono essere trattate semplicemente sostituendo l'elemento o la zona fratturata, ripristinando con elementi uguali o simili, oppure riempiendo il vuoto creato dalla rimozione delle mattonelle con cemento in modo da ricreare un piano continuo, resistente al calpestio.

Se tuttavia il problema riguarda una area estesa, oppure se le mattonelle risultano generalmente poco stabili e prive di fughe integri, potrebbe essere il caso di valutare una completa sostituzione della pavimentazione oppure l'impiego di membrane a bassa permeabilità. In caso di rifacimento completo del pavimento è raccomandata la posa di membrana a bassa permeabilità.