

COMUNE di CARUGO
Provincia di Como

REGOLAMENTO EDILIZIO
LR. 12/2005 - Art. 28



ALLEGATO TECNICO
D. Linee guida per la riduzione gas radon

(Dicembre 2015 - Approvazione)

Adottato con delibera del Consiglio Comunale	n. del
Approvato con delibera del Consiglio Comunale	n. del
Publicato sul BURL - serie Avvisi e Concorsi	n. del

Redatto da

Dott. Arch. GIACOMINO AMADEO

STUDIO AMBIENTE

Via San Carlo Borromeo, 1 - 20811 Cesano Maderno (MB)

Tel. +39 0362 500200 - Fax +39 0362 1580711

info@studioambiente.org - amadeo@pec.studioambiente

LINEE GUIDA PER LA PREVENZIONE DELLE ESPOSIZIONI AL GAS RADON IN AMBIENTI INDOOR

REGIONE LOMBARDIA - DECRETO D.G. SANITA' DEL 21/12/2012 N. 12678

ESTRATTO DI CUI ALL'ART. 133

INDICE

1. CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO E RISCIO RADON

2. TECNICHE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE

Barriere impermeabili

Depressione alla base dell'edificio

Pressurizzazione alla base dell'edificio

Depressione o pressurizzazione

Tipologie di vespaio

La linea separazione del "solaio a terra"

Depresurizzare o pressurizzare i vespai

Ventilazione naturale o ventilazione forzata

Temporizzazione degli edifici

Il problema rumore

3. TECNICHE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE - SCHEDE

1. CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO E RISCHIO RADON

I principali punti attraverso i quali l'aria carica di gas radon riesce a penetrare dal suolo nell'edificio sono le aperture, le fessurazioni, i giunti o le superfici particolarmente permeabili.

A parità di presenza di radon nel suolo e di differenza di pressione interno – esterno, l'effettiva concentrazione del gas radon è fortemente influenzata dalle caratteristiche tecniche dell'abitazione così come dalle sue caratteristiche di fruizione e di gestione (Tabella 1).

Tabella 1: fattori che facilitano la presenza di radon indoor

Caratteristiche dell'edificio che aumentano la probabilità di ingresso di radon	
Scavo di fondazione	<ul style="list-style-type: none"> - effettuato minando la roccia - in area di riempimento, su ghiaia o sabbia - in terreni di fondazione con crepe o molto permeabili, anche se al di fuori delle aree a rischio radon
Attacco a terra	<ul style="list-style-type: none"> - contatto diretto del primo solaio e/o di alcune pareti con il terreno - mancanza di vespaio areato
Superfici permeabili	<ul style="list-style-type: none"> - pavimenti naturali in terra battuta, ciotoli, ecc. - solai in legno - pareti in forati - muratura in pietrisco
Punti di infiltrazione	<ul style="list-style-type: none"> - fori di passaggio cavi e tubazioni - giunti o fessurazioni in pavimenti e pareti - pozzetti ed aperture di controllo - prese elettriche nelle pareti della cantina - camini, montacarichi, etc.
Distribuzione spazi	<ul style="list-style-type: none"> - locali interrati o seminterrati adibiti ad abitazione - presenza di scale aperte che conducono alla cantina
Fruizione	<ul style="list-style-type: none"> - nulla o scarsa ventilazione dei locali interrati - scarsa ventilazione dei locali abitati - lunga permanenza in locali interrati o seminterrati

2. TECNICHE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE

Il fattore su cui è più immediato e semplice intervenire per ridurre le esposizioni al gas radon nelle abitazioni è quello legato alla tipologia e alla tecnologia costruttiva dell'edificio.

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

- **barriere impermeabili** (evitare l'ingresso del radon all'interno degli edifici con membrane a tenuta d'aria);
- **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

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 1).

E' 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.

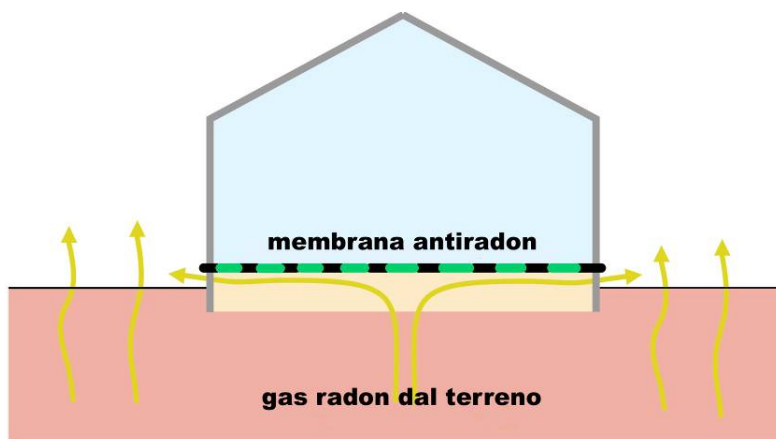


Figura 1: una membrana impermeabile antiradon di separazione fra l'attacco a terra e l'edificio è un sistema efficace nei confronti dell'ingresso del radon nelle abitazioni, purché attentamente posata.

In commercio sono disponibili numerose membrane "antiradon"; è opportuno tuttavia evidenziare che anche una membrana impermeabile (bituminosa, PVC, ecc.) fornisce adeguate prestazioni, specie se del tipo "barriera al vapore" e sottolineare che la posa in opera 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 risultare poco importante nell'arrestare la risalita nell'edificio dell'umidità ma sicuramente più critica per quanto riguarda il 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 2).

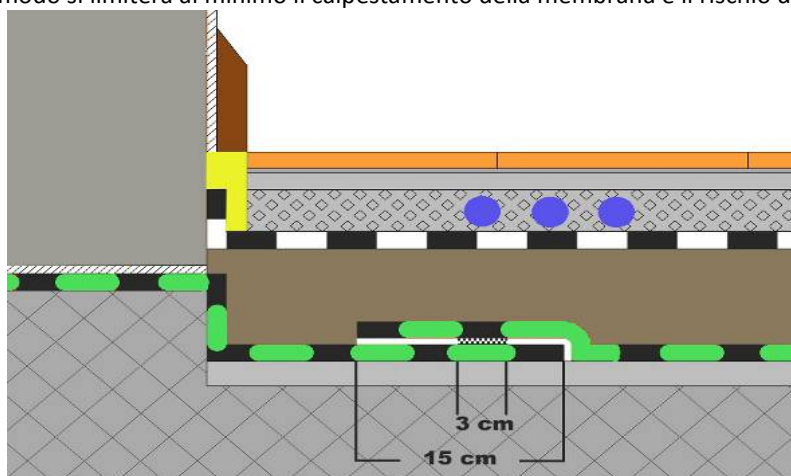


Figura 2: la membrana posta sulla superficie orizzontale andrà sovrapposta per circa 15 cm sulla membrana tagliamuro e sigillata o incollata per una perfetta tenuta all'aria.

Depressione alla base dell'edificio

È una tecnica basata sull'aspirazione del gas prima che possa trovare un percorso verso l'interno dell'edificio e che si realizza creando una depressione d'aria al di sotto o in prossimità dell'edificio tramite un ventilatore di adeguata potenza. Questo sistema di mitigazione può essere realizzato in diversi modi in funzione della tipologia della costruzione (in particolare dell'attacco a terra) e a seconda che si intervenga su edifici esistenti o di nuova costruzione.

I punti di aspirazione, di cui in seguito verranno illustrate le modalità esecutive, possono essere anche più di uno in funzione della dimensione del fabbricato e tenendo conto che, in linea di massima, l'efficacia di questo intervento si esplica all'interno di un raggio di 6-8 metri dal punto di aspirazione.

In caso di **edifici esistenti** l'aspirazione che mette in depressione la base dell'edificio può essere effettuata:

- direttamente nel terreno al di sotto o al perimetro dell'edificio in caso di costruzioni il cui solaio a terra poggia direttamente sul terreno senza alcuna intercapedine, vespaio, locale interrato e seminterrato o altri volumi fra locali abitati e terreno. In pratica si tratta di intercettare, con un sistema di aspirazione, le fratture, i vuoti, le

porosità attraverso le quali il gas trova un agevole percorso di risalita e in questi punti creare un risucchio che devii il percorso del gas canalizzandolo verso l'esterno dell'edificio.

Laddove al piano terra siano presenti locali di servizio (autorimesse, cantine, lavanderie) sarà possibile effettuare uno scavo al centro dell'edificio e canalizzare il gas all'esterno (Figura 3).

Se le finiture interne o le destinazioni d'uso non consentono questa tipologia di intervento, il punto di aspirazione può essere applicato nell'immediato perimetro dell'edificio, ovviamente con una minore efficacia nei confronti della superficie dell'edificio e quindi valutando l'opportunità di due o più punti contrapposti di aspirazione (Figura 4);

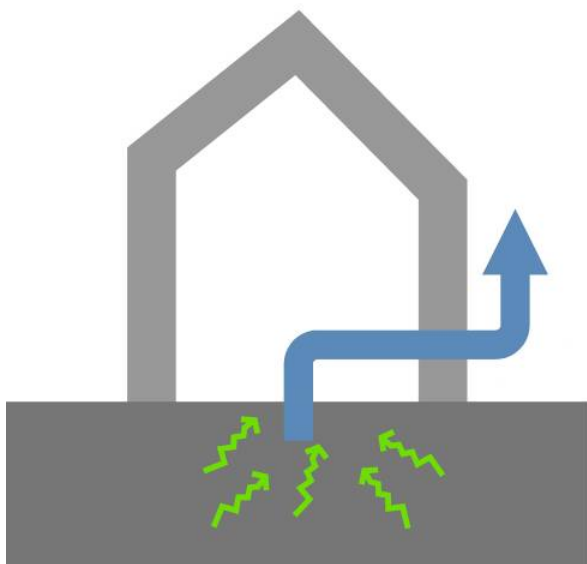


Figura 3: depressione del sottosuolo sotto l'edificio

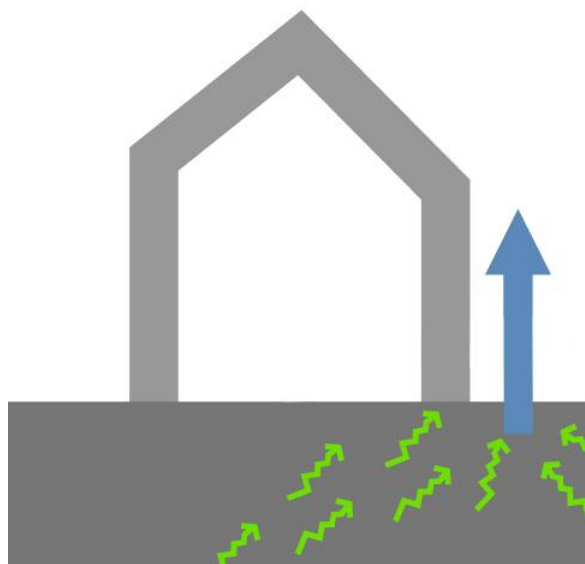


Figura 4: depressione del sottosuolo con aspiratore perimetrale

- all'interno di un volume preesistente, per esempio un vespaio, che funge da volume da mettere in depressione e che intercetta ed espelle il gas prima che entri nell'alloggio (Figura 5);

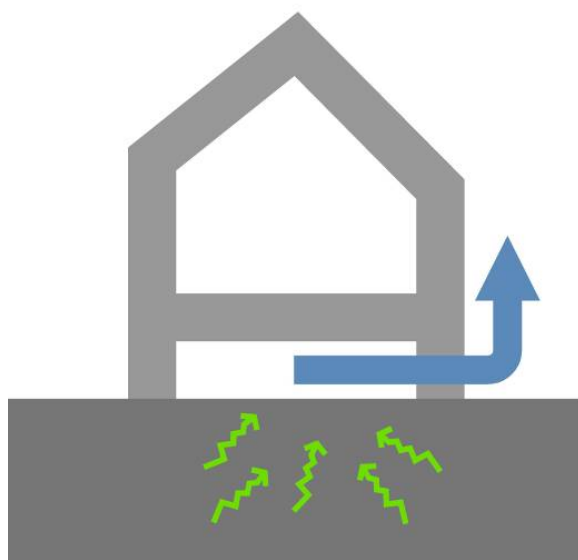


Figura 5: depressione del volume del vespaio

- il volume sul quale intervenire per creare una depressione sotto i locali abitati può anche essere un locale tecnico posto a piano terra, oppure seminterrato o interrato non direttamente destinato ad abitazione ma di utilizzo saltuario (anche giornaliero ma comunque non di soggiorno quotidiano) e che quindi possa essere utilizzato come "locale di sacrificio" da mettere in depressione (Figure 6 e 7). Le aperture di comunicazione con l'appartamento sovrastante dovranno essere munite di porta con guarnizioni a tenuta d'aria.

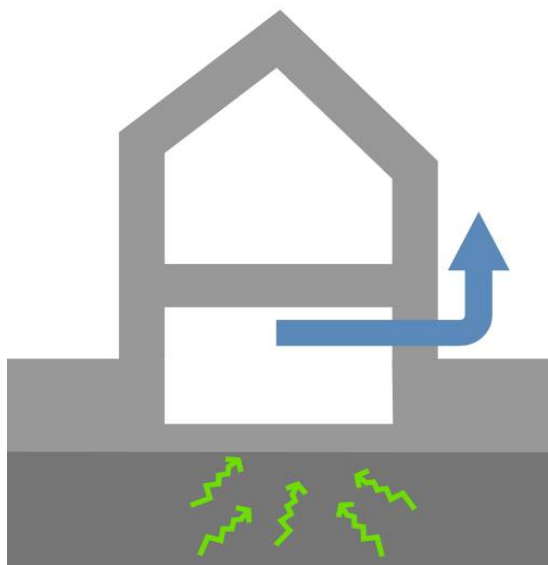


Figura 6: depressione di un volume tecnico sotto l'edificio

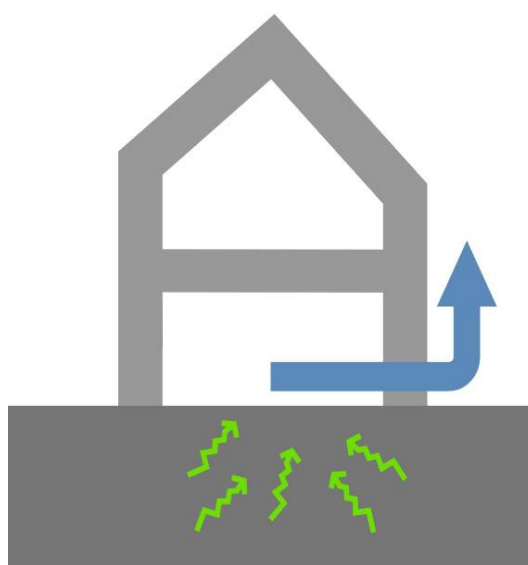


Figura 7: depressione di un volume tecnico alla base dell'edificio

In caso di **edifici di nuova costruzione** l'impianto di aspirazione che mette in depressione la base dell'edificio potrà essere solo predisposto, come già detto, e messo in funzione in caso di esito positivo della presenza del gas radon. Dato che la maggiore efficacia si ottiene con una aspirazione direttamente sotto l'edificio, le tecniche applicabili sono essenzialmente due:

- posizionare al di sotto dell'edificio un pozzetto di aspirazione collegato a una canalizzazione di evacuazione fino al perimetro dell'edificio (Figura 8). Il pozzetto di aspirazione, o comunque un altro tipo di punto di suzione, dovrà essere collegato a una tubazione, generalmente in pvc, canalizzata all'esterno fuori terra. In caso di necessità (livelli di radon elevati) potrà essere collegato, alla tubazione che raggiunge il perimetro dell'edificio, un sistema elettromeccanico di aspirazione che metterà in depressione il sottosuolo intercettando il flusso di gas;



Figura 8: depressione del sottosuolo tramite pozzetto.

- laddove sia previsto un sistema di tubazioni di drenaggio dell'eventuale acqua di falda, il sistema di prevenzione di ingresso del radon potrà essere predisposto semplicemente unendo fra loro queste tubazioni e canalizzando una delle estremità all'esterno fuori terra (Figura 9). Le tubazioni forate dell'impianto di drenaggio fungeranno anche da impianto di aspirazione distribuito al di sotto dell'intera superficie della costruzione evacuando l'acqua di falda nella sezione inferiore e il radon nella parte alta. L'accortezza dovrà essere quella di collegarle a serpentina in modo che un solo punto di aspirazione possa interessare tutta l'area su cui sorge l'edificio. Anche in questo caso l'aspiratore verrà installato solo in caso di verifica della presenza del gas in quantità eccessive prestando attenzione a che non interferisca con l'evacuazione dell'acqua.

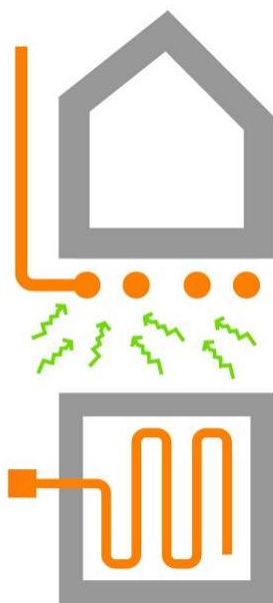


Figura 9: depressione del sottosuolo tramite tubazioni drenanti

- In entrambi i casi, trattandosi di nuove costruzioni sarà comunque sempre opportuno e particolarmente funzionale la messa in opera anche di una membrana impermeabile all'interno degli strati che costituiscono l'attacco a terra (Figura 10) che, già di per sé, costituirà un'efficace soluzione.



Figura 10: membrana impermeabile antiradon fra il terreno e l'edificio

Pressurizzazione alla base dell'edificio

L'inverso della tecnica precedente consiste nell'insufflare aria al di sotto dell'edificio per creare una zona di sovrappressione. In questo modo si crea un moto d'aria che tendenzialmente contrasta l'effetto risucchio creato dalla casa nei confronti del terreno (per minore pressione interna) e spinge il gas al di fuori del perimetro della costruzione lasciando che si disperda in atmosfera. Il radon, infatti, non esce dal terreno in pressione ma semplicemente per differenza di pressione fra edificio e terreno.

Si tratta quindi della medesima tecnica della depressione nel quale viene semplicemente invertito il flusso del ventilatore sulla canalizzazione.

E' una tecnica prevalentemente adatta al patrimonio edilizio esistente, in quanto nelle nuove costruzioni la predisposizione di una barriera antiradon e di un sistema aspirante fornisce migliori risultati e necessita di un impianto dimensionalmente più limitato e quindi meno costoso e comportante consumi inferiori.

La pressurizzazione può avvenire direttamente nei confronti del terreno oppure di un volume-vespaio sottostante l'edificio (Figura 11);

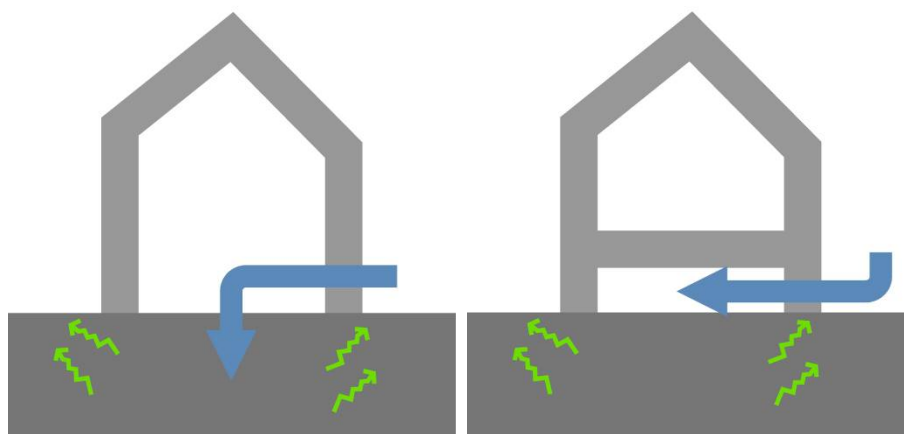


Figura 11: pressurizzazione del terreno o del vespaio

- è possibile anche creare una pressurizzazione all'interno di un locale posto a piano terra, oppure seminterrato o interrato (Figura 12). In questo caso, potrebbe anche essere un locale abitato e non esclusivamente un locale tecnico, in quanto la pressurizzazione impedisce l'ingresso del gas e la pressione interna non è così elevata da creare disagio agli abitanti. Sicuramente anche in questo caso le aperture di comunicazione del locale dovranno essere munite di porta con guarnizioni a tenuta d'aria, considerando comunque che la sovrappressione non è così elevata da spingere lontano il gas, ma tale da contrastare e invertire la naturale depressione che si crea fra terreno ed edificio;

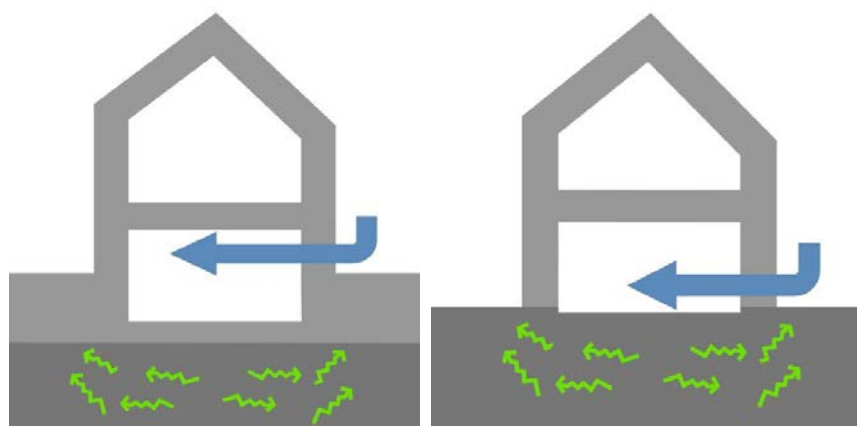


Figura 12: pressurizzazione di un locale tecnico alla base dell'edificio

- non si tratta invece di una soluzione funzionale la pressurizzazione del terreno al perimetro dell'edificio (Figura 13) in quanto, in caso di superfici ampie e/o di planimetrie complesse, il gas spinto lontano dal punto di sovrappressione potrebbe essere incanalato verso l'interno in altri punti dell'edificio. Inoltre i ventilatori necessari potrebbero risultare eccessivamente potenti, rumorosi e soprattutto energivori

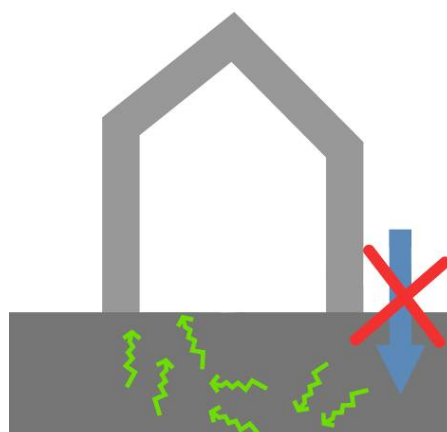


Figura 13: non pressurizzare il terreno al perimetro dell'edificio

Depressione o pressurizzazione ?

Dopo aver visto le due tecniche principali di mitigazione dell'inquinamento indoor da gas radon, fondamentalmente molto simili e anche identiche in alcuni punti per quanto riguarda i sistemi impiantistici da adottare, è possibile fare alcune valutazioni sulla relativa efficacia e sulle opportunità di impiego.

Non è infatti possibile definire a priori quale possa essere la tecnica migliore in quanto difficile, per quanto concerne l'edilizia esistente, conoscere esattamente le tecniche costruttive attraverso le quali è stato realizzato l'attacco a terra, soprattutto nei dettagli delle connessioni, del passaggio degli impianti, nei giunti, ecc., e tantomeno conoscere le caratteristiche geologiche del terreno sottostante.

In linea di massima si evidenziano alcuni punti:

- gli impianti di depressurizzazione o pressurizzazione da un punto di vista tecnologico sono i medesimi; la differenza consiste nell'inversione del flusso d'aria. Per questo risulta conveniente adottare delle tipologie di ventilatore che possano essere agevolmente invertiti sulla canalizzazione, oppure, adottare dei ventilatori che consentano, tramite un interruttore, l'inversione del flusso.
- la tecnica della depressione necessita di una tubazione che porti il gas aspirato in quota per disperderlo in atmosfera (Figura 14) ed evitare che rientri dalle finestre sui prospetti. Individuare questo percorso dal punto di aspirazione al tetto dell'edificio, che deve essere piuttosto lineare e poco invasivo dal punto di vista costruttivo ed estetico, è spesso il problema maggiore. Per la tecnica della pressurizzazione invece è sufficiente un punto di aspirazione alla base dell'edificio in prossimità del ventilatore (Figura 15);
- in casi di pressurizzazione il punto di aspirazione dell'aria, posto in prossimità della quota terra, necessita di un'opera di manutenzione e soprattutto di pulizia per evitare che venga parzialmente ostruito (Figura 15). Si tratta di una operazione semplice ma da prevedere e programmare, operazione che invece è assente in caso di depressione;
- la tecnica della pressurizzazione necessita, in linea di massima, di potenze maggiori rispetto alla depressione, e quindi maggiori costi di esercizio oltre ad un probabile aumento dei livelli di rumore;
- nelle nuove costruzioni, potendo più agevolmente prevedere i percorsi delle canalizzazioni soprattutto di evacuazione, si preferisce la depressione in quanto prevede consumi energetici più limitati e maggiore garanzia di efficacia;
- in situazioni con impianti in depressione il radon viene aspirato ed evacuato in punti noti e progettati. Con impianti di pressurizzazione il radon viene deviato su altri percorsi non definiti dal progettista e non noti;
- in caso di interruzione della corrente o rottura dell'impianto la pressurizzazione ostacola comunque, per un certo tempo, l'ingresso del gas che è stato spinto lontano; il fermo dell'impianto di depressione riapre invece immediatamente le vie di ingresso al gas che è nelle vicinanze.

In linea di massima comunque entrambe le soluzioni sono valide, si può ragionevolmente sostenere che la tecnica della depressione raggiunge più agevolmente i risultati di abbattimento delle concentrazioni di gas radon, invece per adottare la tecnica della pressurizzazione è necessaria una maggiore esperienza nel valutare le condizioni di progetto.

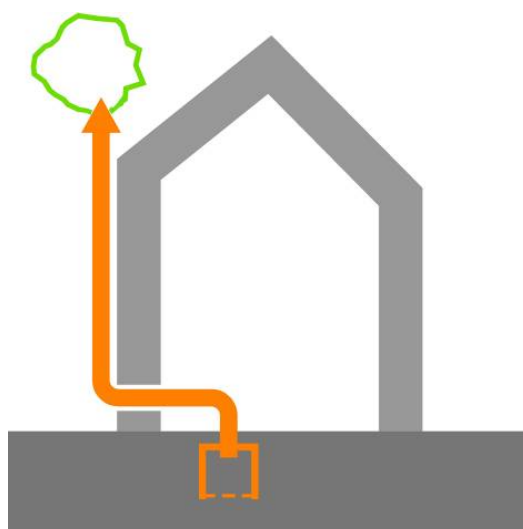


Figura 14: evacuazione del gas aspirato in quota oltre la linea di gronda dell'edificio



Figura 15: è necessario mantenere puliti i punti di aspirazione dell'aria

Tipologie di vespaio

Il termine vespaio viene usato in edilizia per intendere differenti configurazioni dell'attacco a terra e non in maniera propriamente univoca:

- può essere un volume interamente vuoto o riempito parzialmente o totalmente con materiale di varia natura: macerie, terra, ghiaia, ecc.;
- può essere interrato, parzialmente interrato o fuori terra;
- può avere altezze diverse, da un minimo di circa 10 centimetri fino anche a 60-70 centimetri;
- può essere praticabile, nel senso di accessibile per ispezione-manutenzione impianti, verifiche del solaio a terra, ecc. nel caso sia ovviamente vuoto;
- lo scopo principale è quello di separare la casa dall'umidità del terreno e in alcuni Regolamenti Edilizi viene prescritto come soluzione tecnica obbligatoria anche con il nome di "vuoto sanitario", a sottolineare appunto la funzione igienica per il mantenimento di adeguati valori di umidità relativa degli ambienti sovrastanti;
- in alcune tipologie di costruzione può essere assente e l'edificio poggia direttamente con il solaio a terra sul terreno (costruzioni d'epoca di modesto pregio) oppure su platee di fondazione in calcestruzzo (con il medesimo scopo di costituire una barriera all'umidità);

Ai fini della riduzione delle concentrazioni di gas radon, risulta particolarmente utile conoscere l'esistenza e caratteristiche del vespaio in quanto è il principale elemento tecnico sul quale è più agevole intervenire.

Per intervenire sul volume-vespaio si possono adottare tali soluzioni:

- se il vespaio ha un volume completamente vuoto (Figura 16), sono applicabili entrambe le tecniche di depressione e pressurizzazione individuando un punto idoneo al perimetro attraverso il quale forare il muro perimetrale e intercettare il volume;

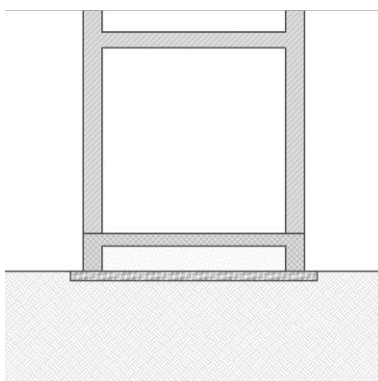


Figura 16: vespaio sotto l'edificio completamente vuoto

- se il vespaio è strutturalmente realizzato con tavelloni posti sopra muricci in mattoni nei quali siano state lasciate delle aperture che mettano in comunicazioni i diversi comparti (Figura 17), sarà sufficiente individuare un punto idoneo per intercettare il volume;

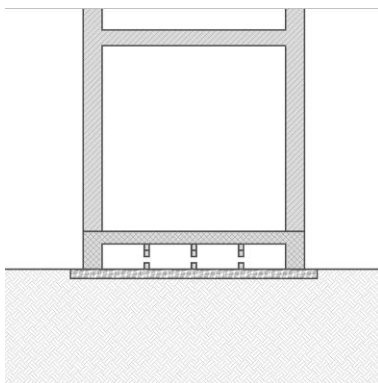


Figura 17: vespaio sotto l'edificio compartimentato aperto

- se il vespaio è realizzato con casseri a perdere in materiale plastico (igloo), ovvero la soluzione costruttiva che realizza un vespaio perfettamente ventilabile, sarà sufficiente individuare un punto di aspirazione che intercetti una sezione libera all'interno di uno dei casseri (Figura 18);

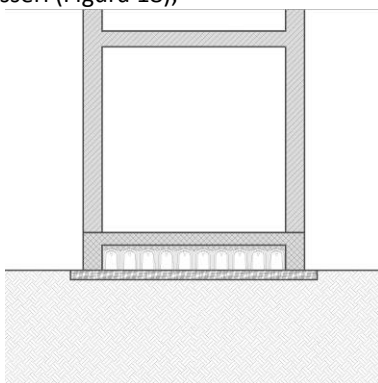


Figura 18: vespaio sotto l'edificio aperto con casseri a perdere in materiale plastico

- se il vespaio è strutturalmente realizzato con tavelloni posti sopra muricci in mattoni nei quali però non siano state lasciate delle aperture che mettano in comunicazioni i diversi comparti (Figura 19), sarà necessario individuare più punti di aspirazione-ventilazione a seconda del numero di compartimentazioni in modo da realizzare un sistema aspirante in ogni volume, con tubazioni poi eventualmente canalizzate al medesimo aspiratore ma che agisca comunque sull'intera superficie. Si tratta di un intervento che può risultare complesso e presentare costi elevati per cui potrà essere considerato come un solaio a terra poggiante direttamente sul terreno. In questo caso andrà anche verificata la presenza di eventuali aperture/crepe/fori nel punto di connessione fra solaio a terra e parete verticale che potrebbero costituire dei punti di ingresso/uscita dell'aria limitando gli effetti dell'impianto.

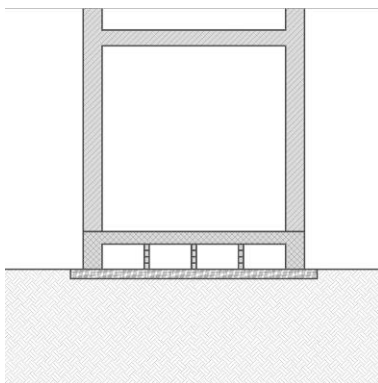


Figura 19: vespaio sotto l'edificio compartimentato chiuso

- se il vespaio è parzialmente o totalmente riempito con materiale di riporto, ghiaia, macerie, ecc. (Figura 20), si potranno adottare le medesime tecniche del vespaio vuoto con particolare attenzione a individuare un buon punto di aspirazione/pressurizzazione nella parte più libera del volume. In questo caso inoltre, avendo un volume di minore dimensione da mettere in depressione/pressione, potrà anche essere utilizzato un ventilatore di potenza ridotta. Trattasi quindi di una situazione favorevole per via dei limitati volumi nel quale però l'aria può circolare e quindi si possono ottenere risultati soddisfacenti con potenze e consumi ridotti.

Se al contrario il volume è stato completamente riempito con materiale compatto (sabbia, macerie miste a residui di leganti, ecc.) ci si dovrà ricondurre alla tipologie del solaio a terra poggiante direttamente sul terreno in quanto, con ogni probabilità, non si potrà avere alcuna circolazione d'aria.

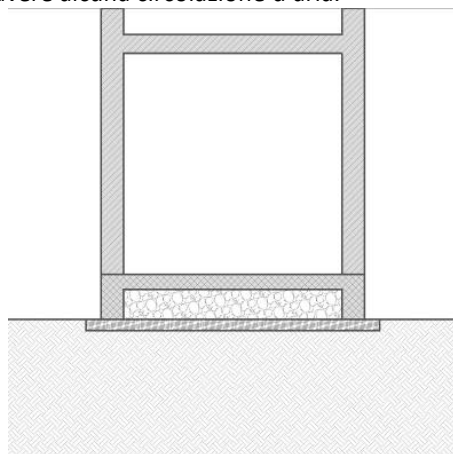


Figura 20: vespaio sotto l'edificio parzialmente o totalmente riempito

La linea separazione del "solaio a terra"

Gli schemi che seguono intendono fornire una prima classificazione delle possibili variabili che intervengono sulla linea che separa il gas dall'uomo (Figura 21).

In alcuni casi possono coesistere un volume-vespaio vuoto o parzialmente riempito sotto gli ambienti abitati, assieme a un secondo volume-vespaio pieno sottostante (interrato, seminterrato, controterra). Importante è quindi definire la linea orizzontale al di sotto della quale possono essere pensati degli interventi di mitigazione dell'ingresso del gas, quella comunemente costituita dall'elemento tecnico "solaio a terra" e inteso come l'elemento tecnico orizzontale più basso che separa gli ambienti abitabili da quelli non abitabili, ancorché eventualmente fruibili (cantine, rimesse, ecc.).



Figura 21: il solaio a terra costituisce la linea di separazione fra volumi abitati e volumi non abitati

Depressurizzare o pressurizzare i vespai ?

In merito alla tecnica più opportuna in funzione della tipologia di solaio, si può partire dal presupposto che la tecnica della pressurizzazione richiede in genere una maggiore potenza dei ventilatori rispetto alla depressione e risente maggiormente delle perdite dovute alla non perfetta tenuta del volume pressurizzato.

E' consigliabile pressurizzare un vespaio libero o con compartimenti comunicanti fra loro laddove le dimensioni volumetriche siano abbastanza contenute e la pianta non particolarmente complessa, in caso contrario è preferibile depressurizzare (Figura 22).

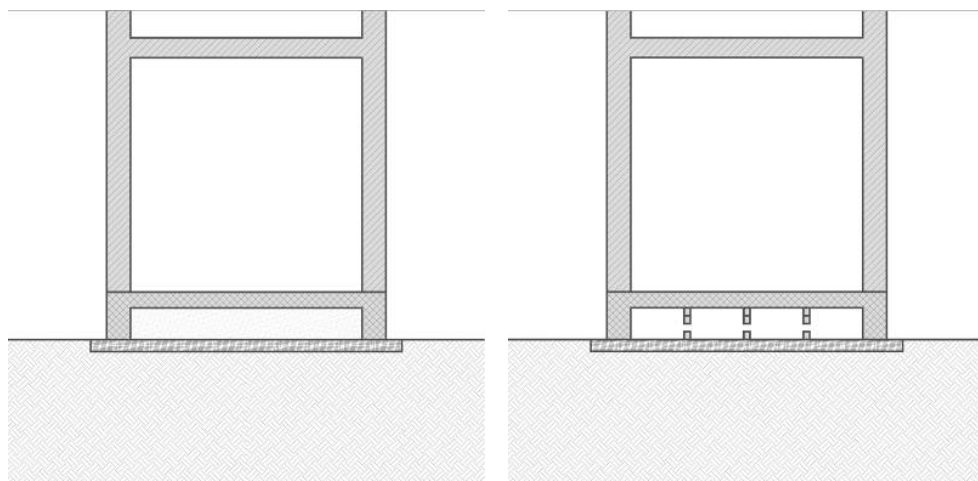


Figura 22: pressurizzare prevalentemente solo i vespai di volume ridotto, altrimenti meglio depressurizzare

I vespai realizzati con casseri a perdere in pvc di solito hanno una buona tenuta all'aria per la loro caratteristica costruttiva. In questo caso quindi le perdite di carico dovute alla tenuta del volume sono più limitate e la tecnica della pressurizzazione può dare dei risultati più interessanti anche per volumi abbastanza ampi (Figura 23). Le connessioni a incastro dei casseri e il successivo getto di completamento in calcestruzzo limitano infatti la permeabilità del sistema soprattutto verso gli ambienti abitati sovrastanti

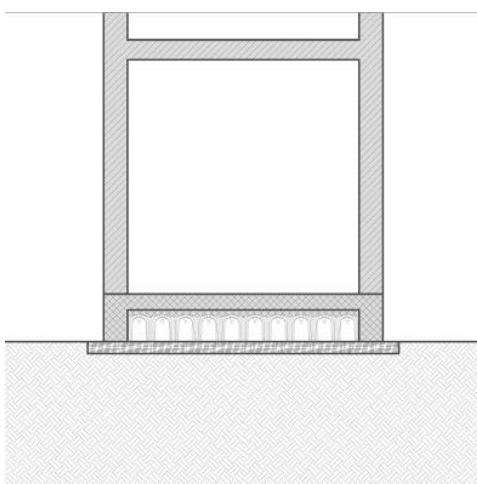


Figura 23: i vespai realizzati con casseri a perdere in materiale plastico hanno una buona tenuta all'aria

Nei vespai a compartimenti chiusi il successo della pressurizzazione è limitato e il rischio di avere dei volumi con pressioni diversificate può essere causa di trasmigrazione del gas da un volume all'altro fino a trovare una strada di ingresso per l'interno dell'edificio; in tali casi è preferibile utilizzare la tecnica della depressurizzazione (Figura 24).

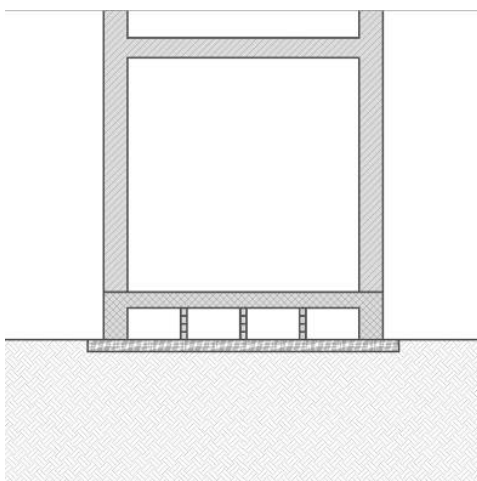


Figura 24: è sempre più opportuno depressurizzare i vespai compartimentati chiusi

Nel caso di un riempimento del vespaio poco poroso (terra, macerie fini e residui di legante, ecc.) senza alcuna lama d'aria nella parte alta entrambe le tecniche possono fallire e quindi è preferibile utilizzare la tecnica per il solaio a terra poggiante direttamente sul terreno (Figura 25).

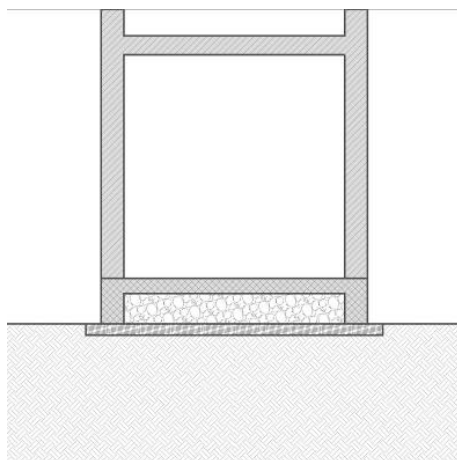


Figura 25: i vespai parzialmente o totalmente riempiti con materiale di riporto o terra possono essere pressurizzati o depressurizzati in funzione del riempimento.

Ventilazione naturale o ventilazione forzata ?

Disponendo di un volume tecnico sotto l'edificio o di un vespaio sufficientemente libero in cui non sono presenti detriti, può essere ipotizzabile in prima istanza ricorrere alla ventilazione naturale realizzando delle bucaure di 100-120 centimetri di diametro alla base perimetrale dell'attacco a terra (Figura 26). Laddove possibile è preferibile realizzare tali bucaure nei prospetti nord e sud con l'accortezza di tenere più alti i fori a sud per una migliore aereazione.

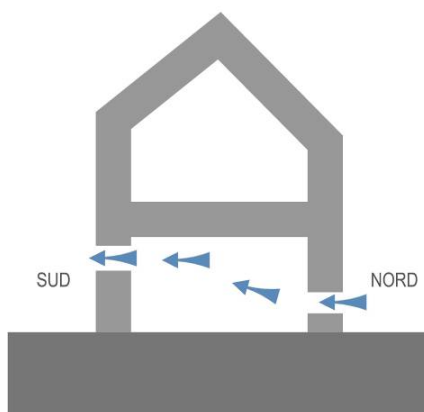


Figura 26: se il volume del vespaio è libero è possibile valutare la possibilità di una ventilazione naturale del volume.

Se i valori di concentrazione del radon ottenuti con questa tecnica non sono soddisfacenti e se desideri evitare l'uso di ventilatori, un sistema per incrementare la ventilazione naturale è quello di portare in quota una tubazione, oltre il cornicione di gronda (Figura 27), che grazie ai venti dominanti e all'effetto Venturi riesca a migliorare l'effetto aspirante.

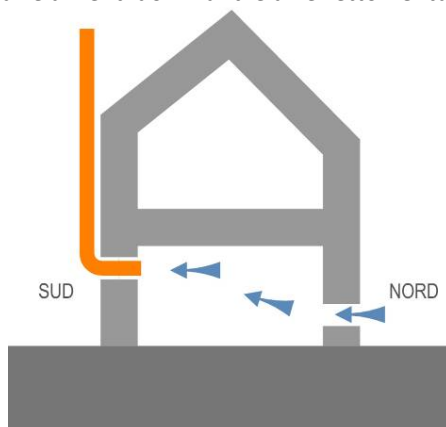


Figura 27: per incrementare la ventilazione naturale di un vespaio vuoto è possibile portare in quota la tubazione di evacuazione per innescare un effetto Venturi.

In mancanza di risultati soddisfacenti anche con questo accorgimento, è opportuno ricorrere alla posa di un ventilatore collegato alle tubazioni esistenti (Figura 28).

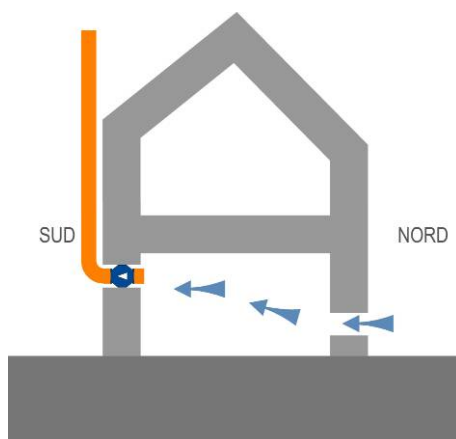


Figura 28: in mancanza di risultati adeguati con la ventilazione naturale sarà necessario utilizzare un ventilatore che potrà essere inserito nella canalizzazione già esistente

In caso di ventilazione naturale è indispensabile mantenere aperte una doppia serie di bucatore contrapposte - di ingresso e di uscita dell'aria (Figura 29) – al fine di intercettare il gas ed espellerlo dai fori di uscita. Nel caso di ventilazione forzata risulta più conveniente sigillare fori di ingresso dell'aria per realizzare una maggiore depressione/pressione nei confronti del terreno; tale modalità è preferibile in caso di pressurizzazione (Figura 30).

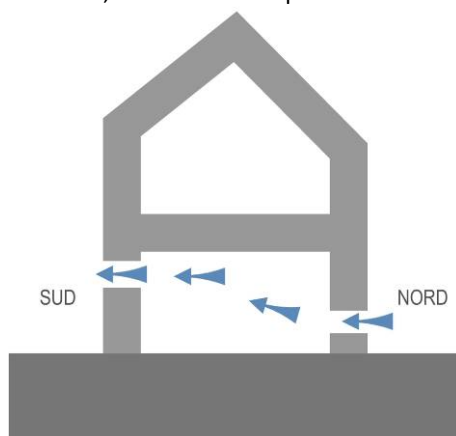


Figura 29: in caso di ventilazione naturale dovranno essere presenti bucatore su due lati contrapposti dell'edificio, possibilmente nord-sud.

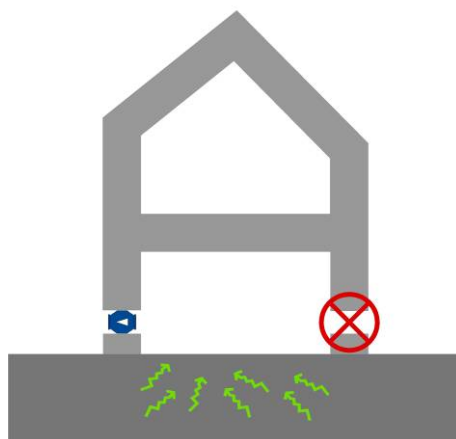


Figura 30: in caso di ventilazione forzata tramite ventilatore dovrà essere presente la sola bocca di aspirazione e chiuse tutte le altre bucatore al perimetro in modo che l'impianto agisca nei confronti del terreno e non sull'ingresso dell'aria dalla bucatra contrapposta.

Temporizzazione degli impianti

Le potenze dei ventilatori utilizzati per pressurizzare o depressurizzare variano dai 20 ai 120 Watt con portate da 200 a 1000 m³/h, a seconda della tipologia costruttiva, dei livelli di concentrazione del gas e della tecnica costruttiva dell'attacco a terra. In certi casi si tratta di potenze non modeste che possono portare a consumi energetici elevati. E' possibile anche temporizzare l'uso dei ventilatori in funzione dei livelli di concentrazione del radon indoor e soprattutto in funzione della velocità di discesa della concentrazione di radon dopo l'accensione e della sua velocità di risalita dopo lo spegnimento. Questo tipo di valutazione può essere fatto solo con una strumentazione di misura attiva (Figura 31).



Figura 31: Alcuni strumenti di misurazione attiva della concentrazione di radon

Seguendo un preciso protocollo spento/acceso/spento dei ventilatori, deve essere effettuato un monitoraggio in continuo delle concentrazioni di gas radon. Si propone di seguito un protocollo di misura:

- spento, almeno 9-10 giorni in modo da comprendere un fine settimana
 - acceso, almeno 9-10 giorni in modo da comprendere un fine settimana
 - spento, almeno due giorni (ora fissa)
 - acceso, almeno due giorni (ora fissa)
 - spento, almeno due giorni (ora fissa)
 - acceso, almeno due giorni (ora fissa)
- } in modo da comprendere un fine settimana

In questo modo si ottiene un andamento temporale delle concentrazioni di radon nelle diverse giornate e con ventilatori spenti e accesi (Figura 32), ma soprattutto si ottiene l'informazione circa la velocità di discesa del livello di radon dopo l'accensione e la sua velocità di risalita dopo lo spegnimento dei ventilatori.

La Figura 32 illustra un esempio dove sono visibili le variazioni di concentrazione che si registrano nel fine settimana, periodo durante il quale generalmente si modificano le abitudini di utilizzo degli edifici, e nel periodo diurno e notturno durante il quale gli scambi d'aria fra esterno e interno sono differenti.

Sulla base del monitoraggio temporale sarà quindi possibile valutare l'eventuale temporizzazione dei sistemi di ventilazione. Per esempio, se si tratterà di un edificio scolastico con presenza di personale e di alunni dalle ore 8 alle ore 16, i ventilatori potranno essere accesi dalle ore 06.00 alle ore 16.00 dei giorni in cui vi è attività scolastica, solo nel caso che l'attivazione dei ventilatori mostri significativi decrementi delle concentrazioni di gas radon nelle aule. Tale modalità gestionale consente notevoli risparmi in termini energetici.

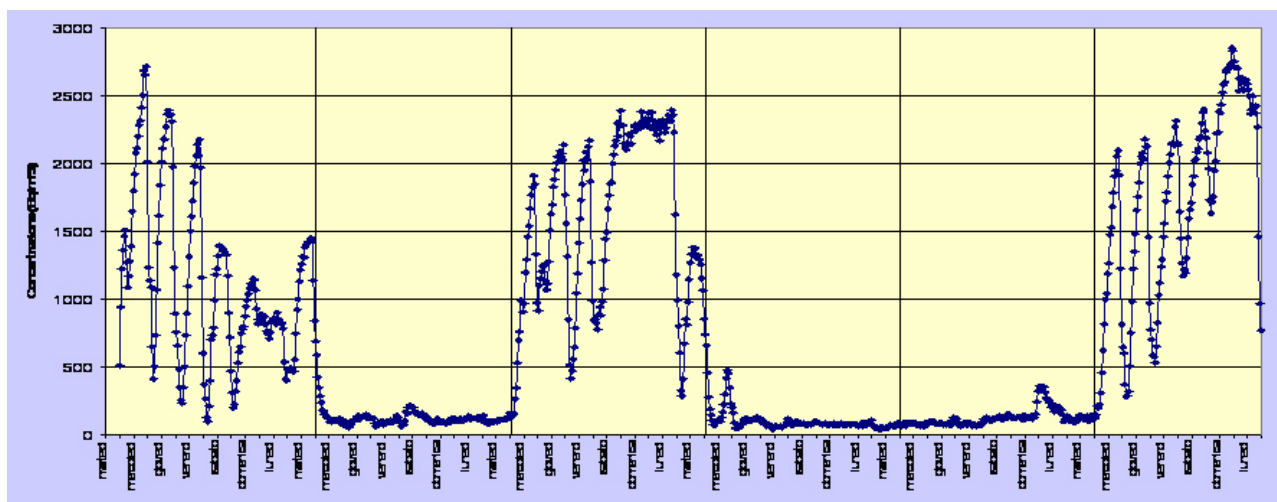


Figura 32: un esempio di andamento temporale della concentrazione del gas radon con ventilatori spenti durante il fine settimana in un edificio scolastico

Il problema rumore

Sistemi di ventilazione di una certa potenza possono generare rumori e vibrazioni che, nel tempo, possono diventare particolarmente fastidiosi.

Oltre alla possibilità di temporizzare gli impianti, con eventuale spegnimento nelle ore notturne laddove la concentrazione del gas e la destinazione d'uso dell'edificio lo consenta, un accorgimento opportuno è quello da adottare dei sistemi di fissaggio delle tubazioni e dei ventilatori che attenuino le vibrazioni e ne impediscano il trasferimento alle strutture dell'edificio (Figura 33).

A questo proposito in commercio sono disponibili diversi prodotti che permettono di fissare gli elementi in modo da evitare trasmissione di vibrazioni. E' anche possibile utilizzare sistemi di posa fonoassorbenti e fonoisolanti che consentono di rivestire le tubazioni degli impianti attenuando il rumore proveniente dalla sorgente (ventilatore).



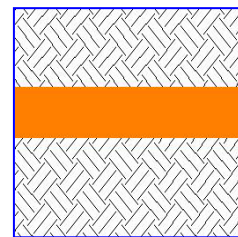
Figura 33: prodotti, materiali e sistemi per il fissaggio degli impianti e limitare la trasmissione di rumore e vibrazioni alle strutture dell'edificio.

3. TECNICHE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE - SCHEDE

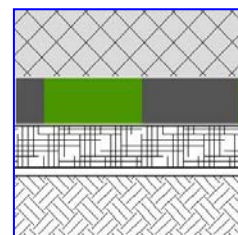
Negli schemi che seguono sono sintetizzate alcune soluzioni funzionali che rispecchiano modalità di intervento per la bonifica di edifici esistenti e la prevenzione delle nuove costruzioni.

Nei negli schemi grafici delle pagine successive, sono presenti alcune schematizzazioni grafiche interpretabili secondo la legenda che segue:

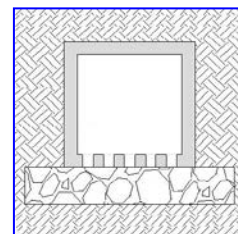
Tubazione in pvc, diametro normalmente 100-120 millimetri salvo altre esigenze di progetto.



Membrana impermeabile verde/nera (bituminosa, pvc, polietilene, barriera al vapore, antiradon, ecc. in funzione del progetto) stesa sopra lo strato di magrone lisciato, livellato e privo di asperità e massetto impiantistico superiore (o altro strato di completamento).

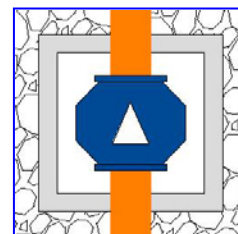


Pozzetto (in calcestruzzo, plastica, polietilene, ecc.) di dimensioni circa (50 x 50 x 50) centimetri aperto nella parte inferiore e posato su uno strato di ghiaia grossa di 10-12 centimetri di spessore. E' possibile impiegare anche un normale pozzetto in calcestruzzo "ribaltato", ossia con la faccia aperta verso il basso.



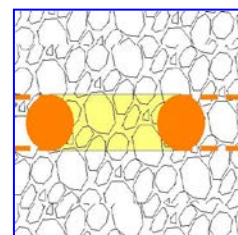
Pozzetto (in calcestruzzo, plastica, polietilene, ecc.) di dimensioni circa 50 x 50 x 50 centimetri e comunque idoneo ad alloggiare il ventilatore di progetto.

La tubazione in pvc potrà essere canalizzata su qualsiasi faccia del pozzetto in funzione del percorso previsto. Il coperchio del pozzetto nella parte superiore consentirà la messa in opera dell'impianto e la sua manutenzione. Andrà predisposto l'allacciamento elettrico.



Tubazioni drenanti (calcestruzzo, pvc, ecc.) presenti normalmente sotto le fondazioni di alcuni edifici per il drenaggio e l'allontanamento di eventuale acqua di falda in caso di risalita.

Il collegamento di queste tubazioni fra loro, nel momento della posa, consente di trasformarle in un sistema aspirante, laddove si verifichi la presenza eccessiva di radon, collegando una estremità a un ventilatore.



Tubazione in pvc, diametro normalmente 100-120 millimetri, salvo altre esigenze di progetto, all'estremità superiore collegata al ventilatore e destinata ad aspirare il radon nel terreno.

E' aperta all'estremità inferiore e presenta una serie di bucatore del diametro di 25-30 millimetri sul perimetro. E' avvolta e protetta da un tessuto-non-tessuto per evitare che il materiale di riempimento dello scavo, ghiaia di grossa pezzatura, penetri nella tubazione.

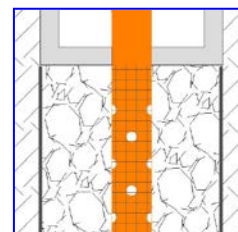


Figura 34: tecniche di prevenzione e mitigazione

scheda riassuntiva: depressione – pressurizzazione del sottosuolo

L'ingresso del radon può essere controllato:

- **aspirando** l'aria dal **terreno** sotto l'edificio, intercettando il gas ed evacuandolo in atmosfera prima che entri negli ambienti;
- **insufflando** aria nel **terreno** 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.

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.

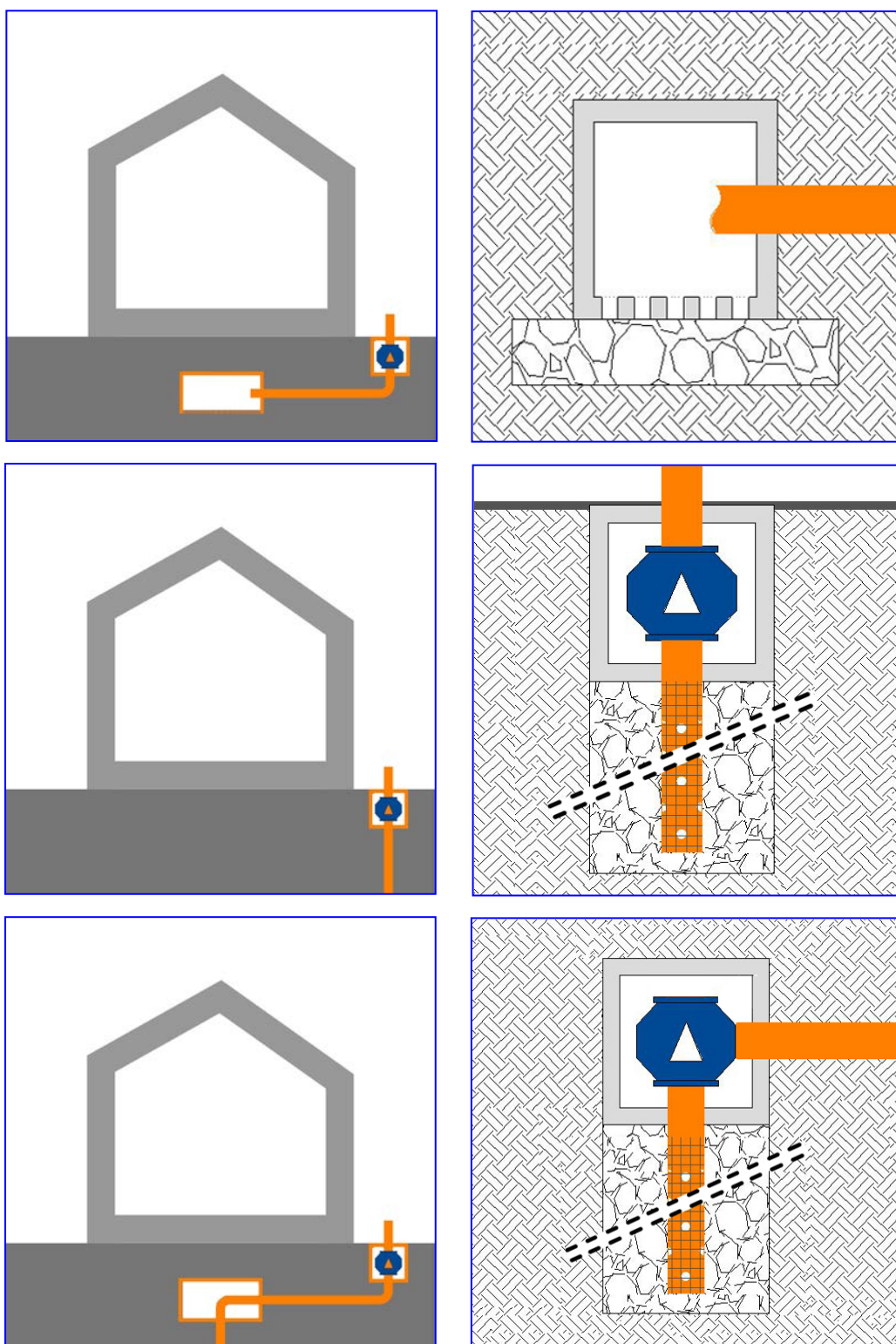


Figura 35: tecniche di prevenzione e mitigazione

scheda riassuntiva: depressione – pressurizzazione dei volumi alla base dell'edificio

L'ingresso del radon può essere controllato:

- **aspirando** l'aria dal **vespaio** o da locali tecnici (fuori terra, seminterrati o interrati) sotto l'edificio, intercettando il gas ed evacuandolo in atmosfera prima che entri negli ambienti superiori;
- **insufflando** aria all'interno del **vespaio** o nei locali tecnici al di sotto dell'edificio per creare un volume in sovrappressione che impedisca al gas di uscire dal terreno e lo respinga al di fuori del perimetro dell'edificio.

Il vespaio o il locale tecnico fanno le veci di un pozzetto.

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.

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.

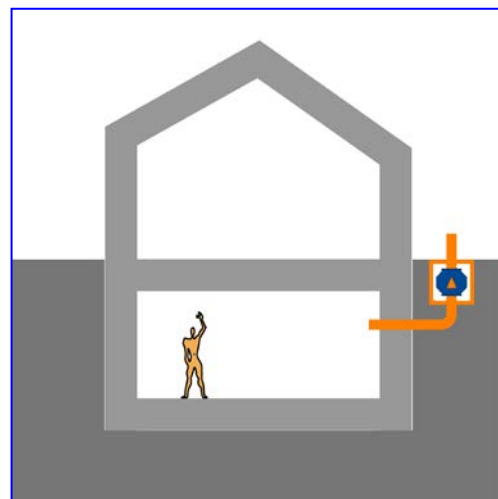
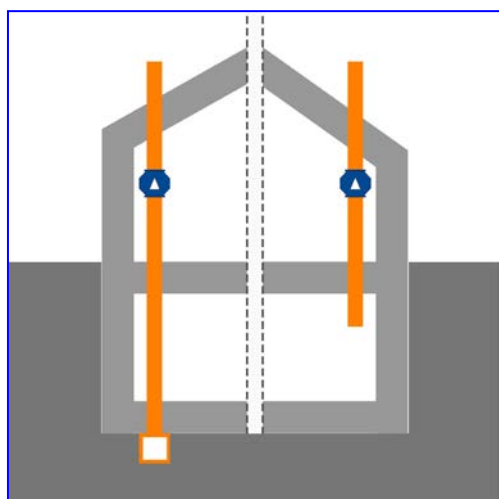
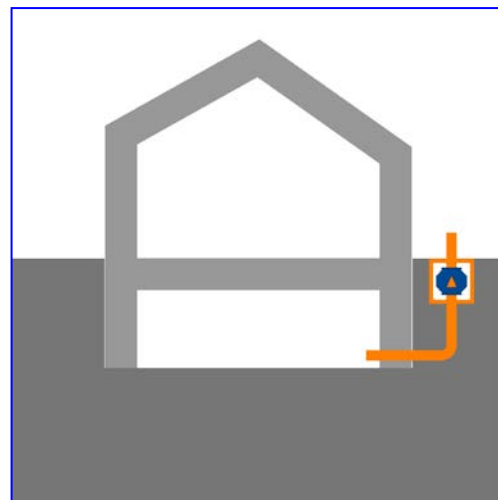
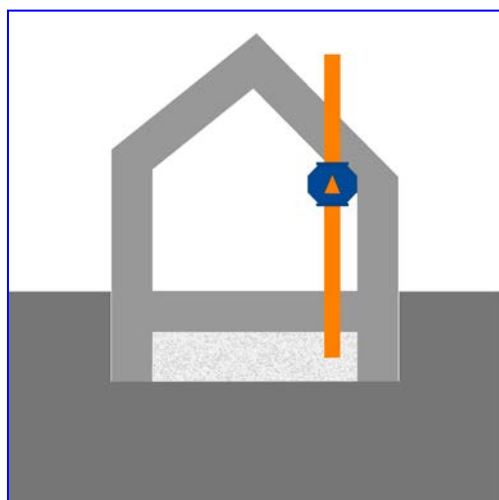
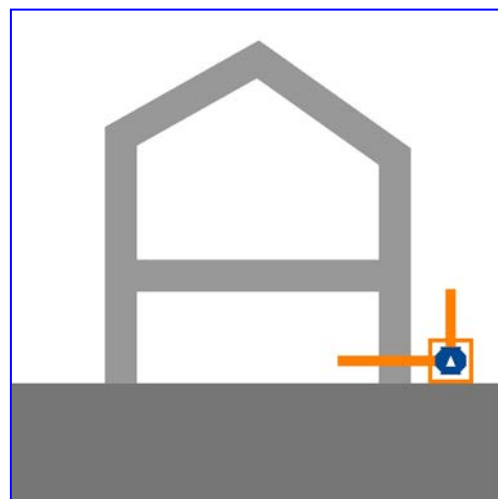


Figura 36: prevenzione nuova edificazione

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 in un'area di circa 8 metri di diametro).

Il pozzetto è forato nella parte inferiore e poggia su uno strato di circa 10-12 centimetri di ghiaia grossa.

E' collegato a un secondo pozzetto situato al perimetro dell'edificio tramite una tubazione in pvc di almeno 100-120 millimetri di diametro. Questo secondo pozzetto viene chiuso con il proprio coperchio alla medesima 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, terra, ecc.

Una volta conclusa la costruzione verranno eseguite delle misure per valutare il livello del radon eventualmente presente nell'abitazione. Laddove la concentrazione risulti sotto estremamente bassa 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.
- La medesima soluzione è adottabile in edifici direttamente controterra o con locali seminterrati e interrati.
- In caso di nuove costruzioni 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.

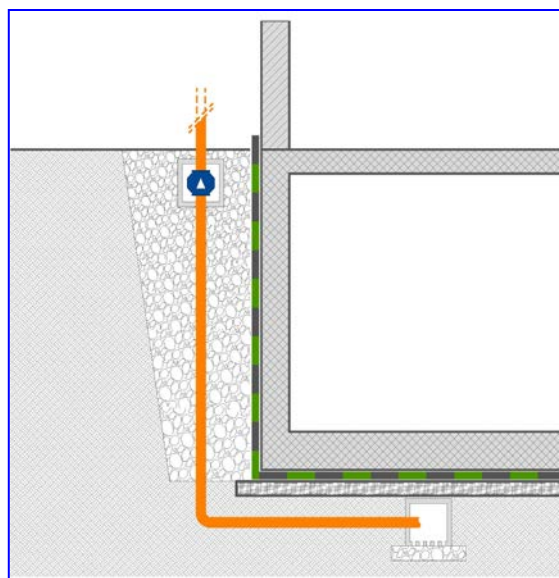
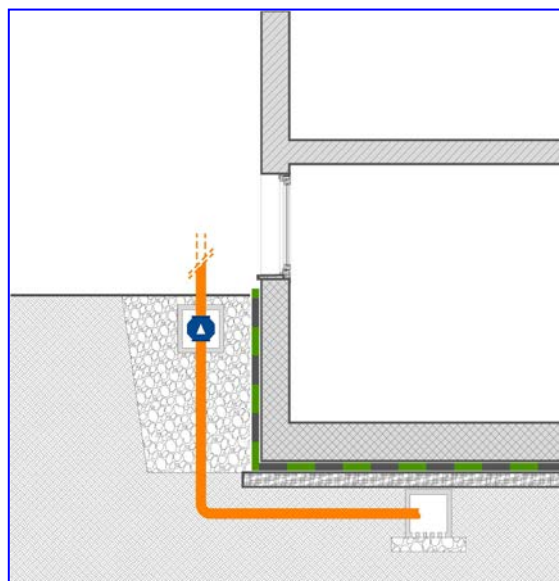
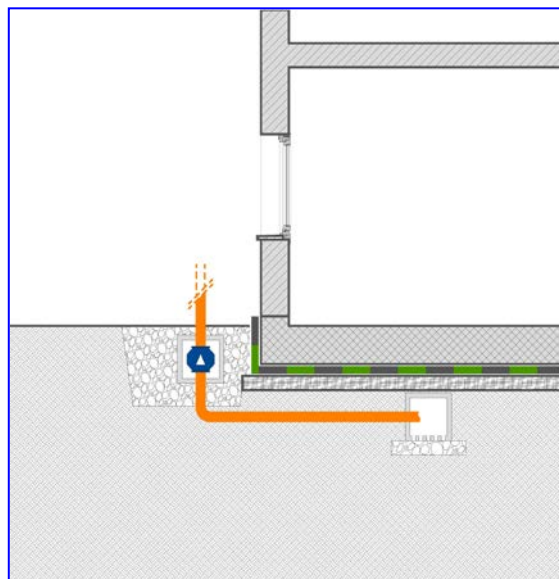
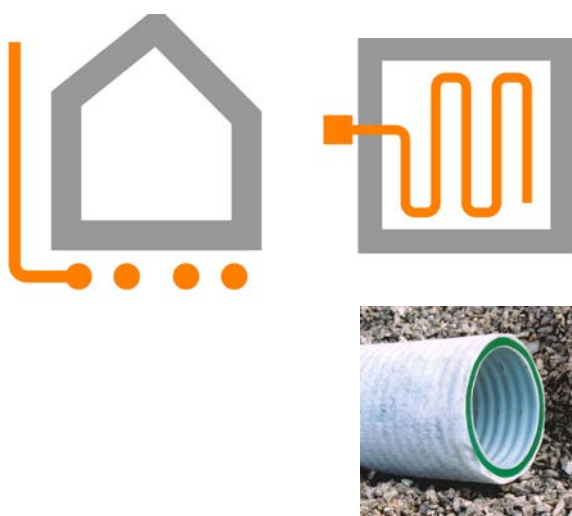


Figura 37: prevenzione nuova edificazione

aspirazione meccanica tramite tubazioni drenanti e membrana impermeabile

Laddove esista l'eventualità di una quota di falda piuttosto alta una ricorrente soluzione costruttiva consiste nel posizionare, al di sotto del solaio a terra, delle tubazioni drenanti per allontanare l'acqua dalle fondazioni dell'edificio.

Questo medesimo 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.

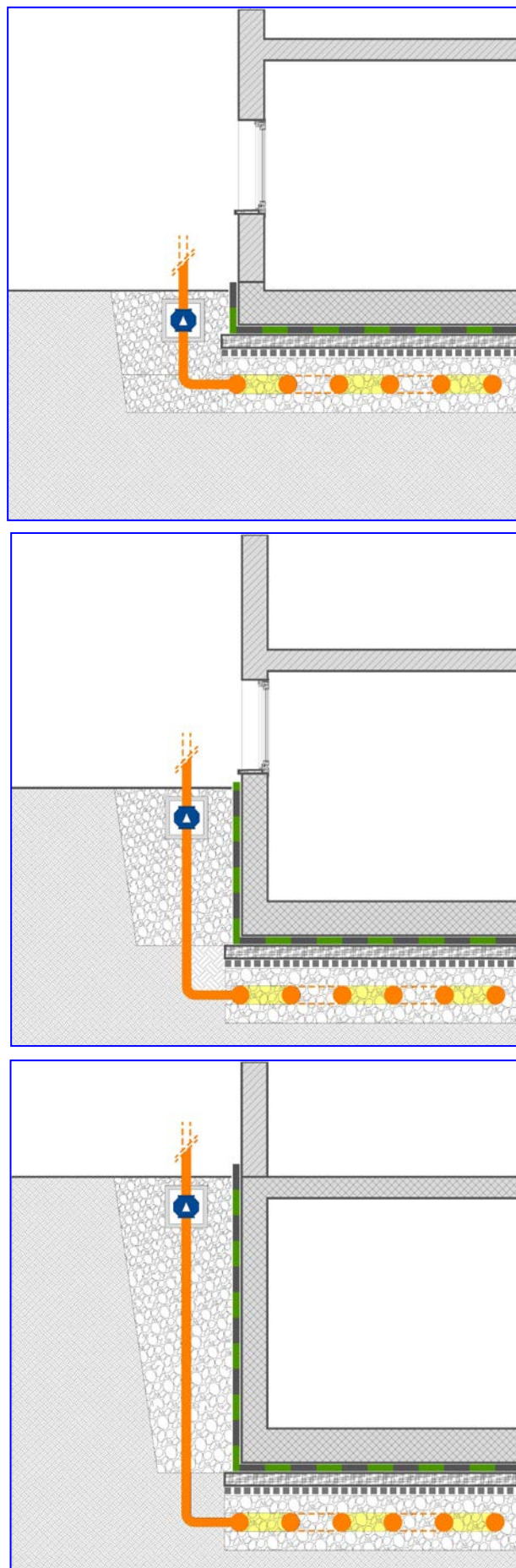


Figura 38: prevenzione nuova edificazione

bonifica edilizia esistente: ventilazione naturale del vespaio con casseri in pvc e membrana

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 completamente in calcestruzzo.

Nel caso di nuove costruzione 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 delle bucaure 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 caso di bonifica di costruzioni esistenti ritrovare questa tipologia di vespaio facilita l'intervento. Se le bucaure perimetrali sono già presenti, ma la concentrazione di radon è ancora troppo elevata, potrà essere collegato a una di queste bucaure un ventilatore per incrementare la circolazione. Se non ci sono bucaure presenti si potranno realizzare ed effettuare prima una tentativo solo con la ventilazione naturale.

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 giro d'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.
- 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.

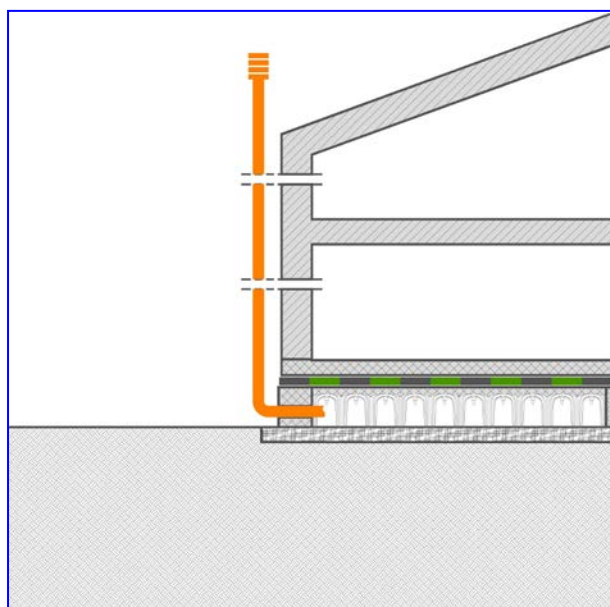
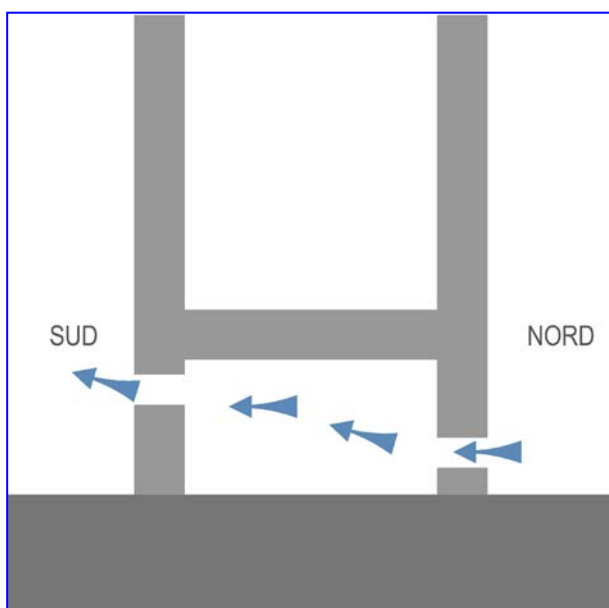
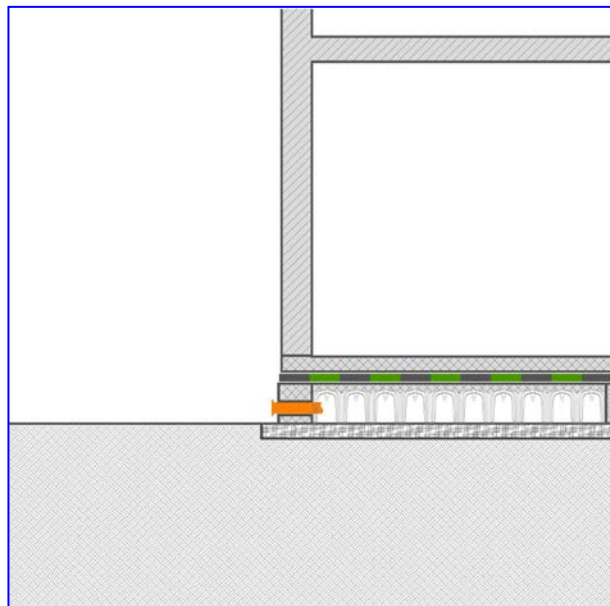
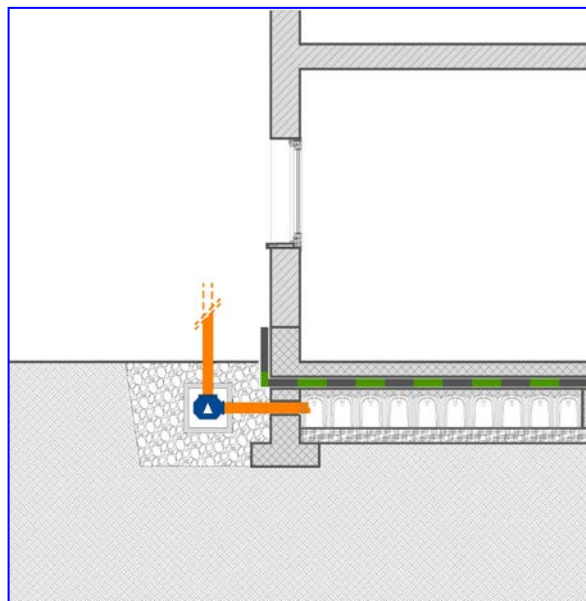


Figura 39: prevenzione nuova edificazione

bonifica edilizia esistente: ventilazione meccanica del vespaio con casseri in pvc e membrana

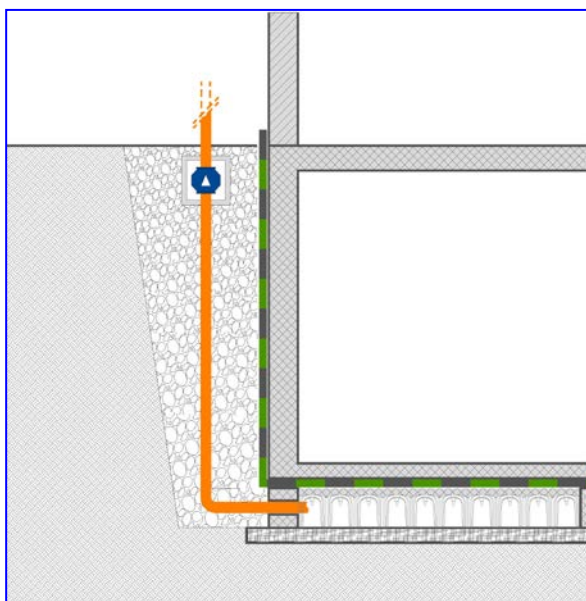
Se il vespaio si trova interrato, le perdite di carico causate dalle curve delle tubazioni spesso non consentono una ventilazione naturale, per cui sarà necessario predisporre un pozzetto limitrofo al vespaio nel quale alloggiare un ventilatore nell'eventualità si rilevino in seguito dei valori alti di inquinamento.

In caso di edilizia esistente, nota la tipologia del vespaio e la profondità non eccessiva, si potrà effettuare uno scavo per intercettare questo volume, canalizzandolo poi a un pozzetto con ventilatore.



Se questa tipologia di vespaio sottostà 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.

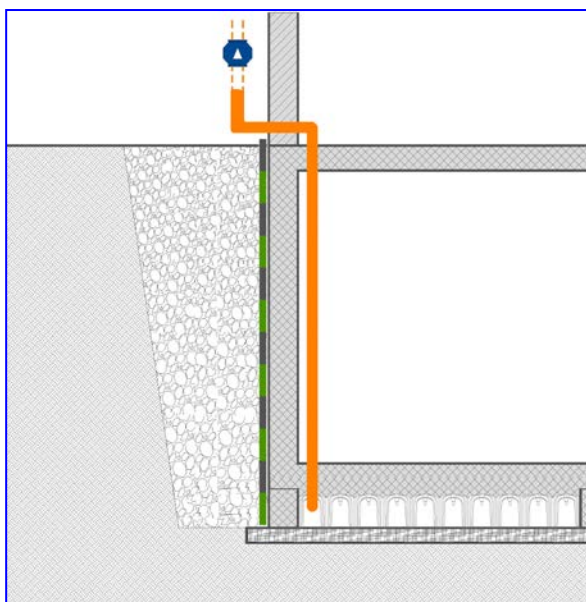
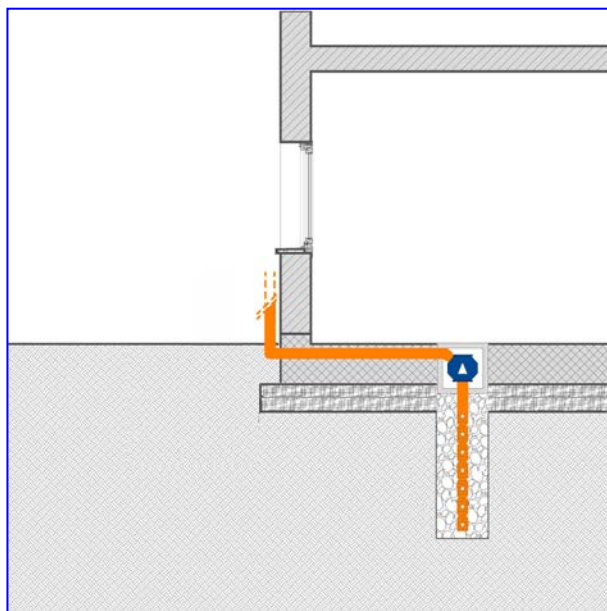


Figura 40: bonifica edilizia esistente ventilazione tramite pozzetto centrale o perimetrale

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.).

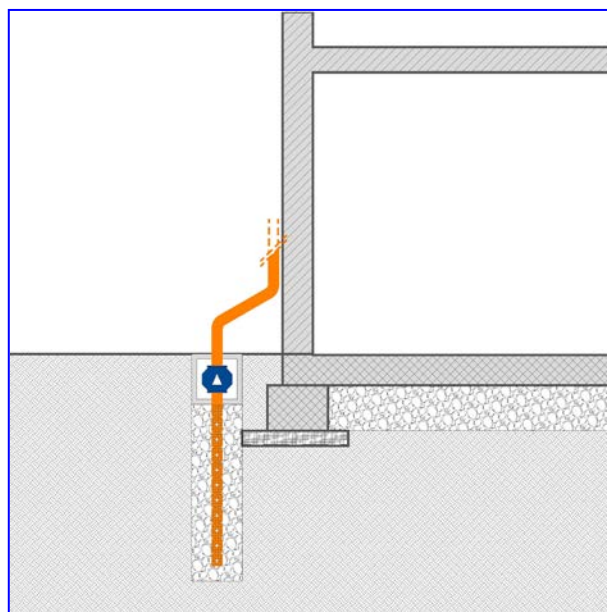
In alcuni casi un attento sopralluogo consente di individuare dei sottoscala, dei depositi o dei locali tecnici in cui è possibile questa installazione.



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 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.

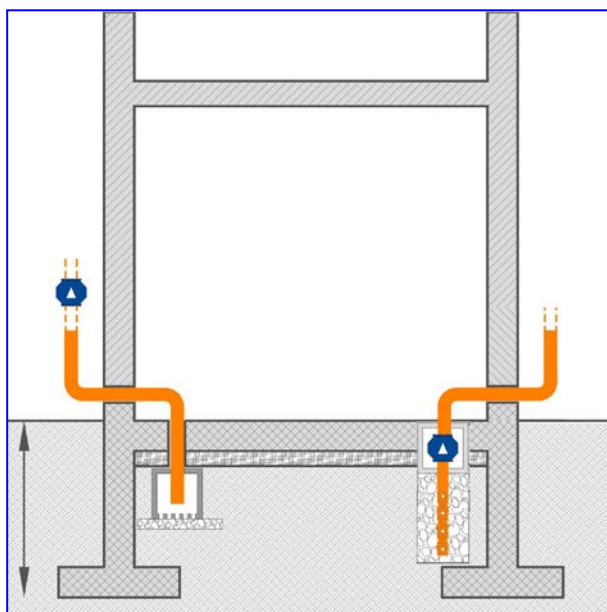


Figura 41: bonifica edilizia esistente

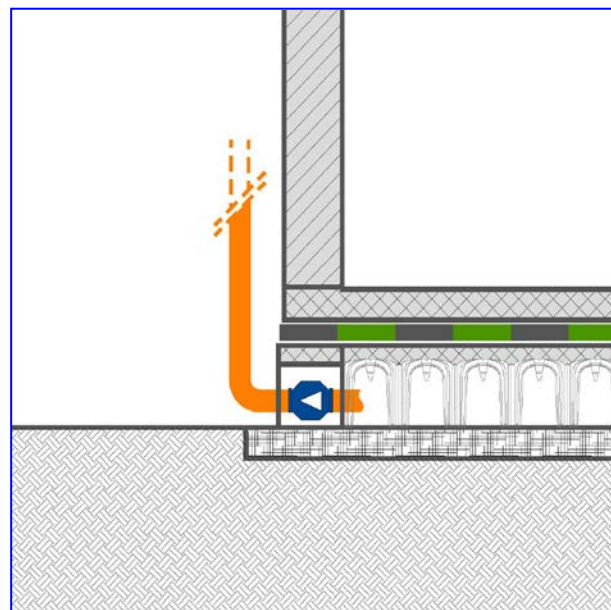
ventilazione meccanica con ventilatore a scomparsa nella muratura

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 quelli 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 sottogronda.

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.



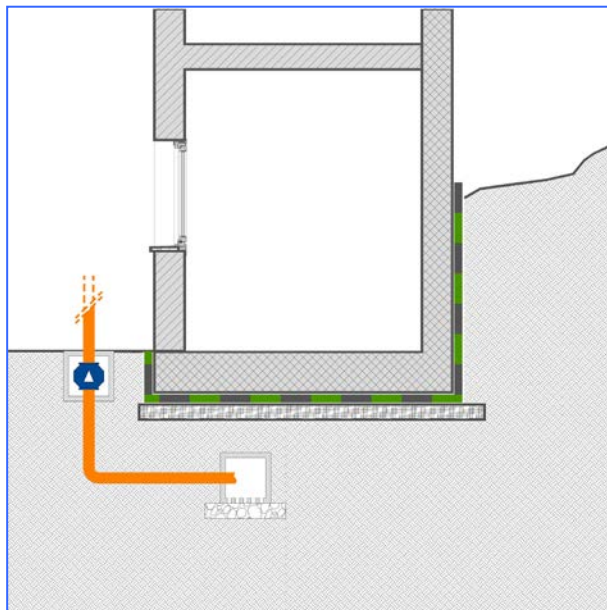
Oppure tutto l'impianto può essere collocato in esterno.

Figura 42: prevenzione nuova edificazione presenza di murature verticali controterra

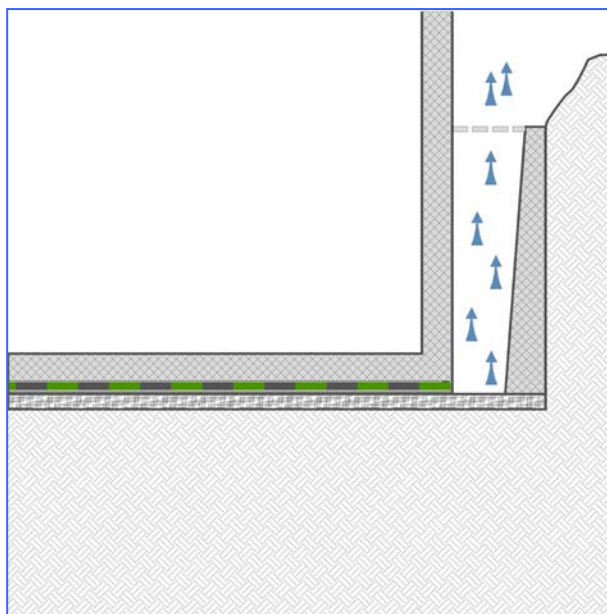
E' possibile che alcune pareti perimetrali dell'edificio siano muri di contenimento controterra, soprattutto in caso di edificazione in terreni non pianeggianti.

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.

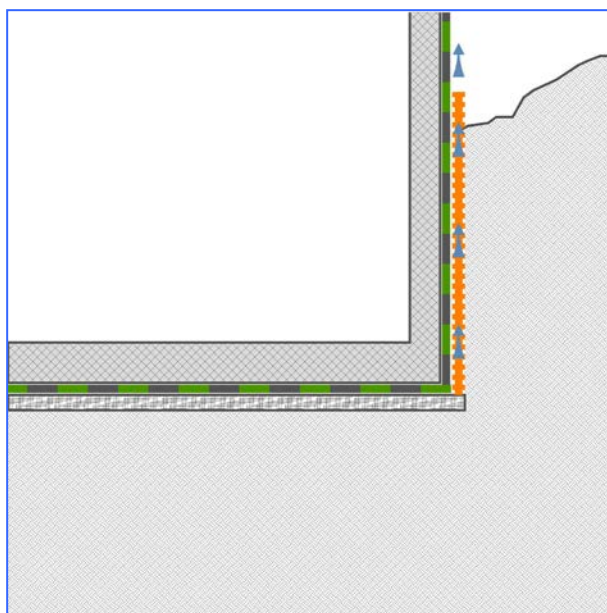
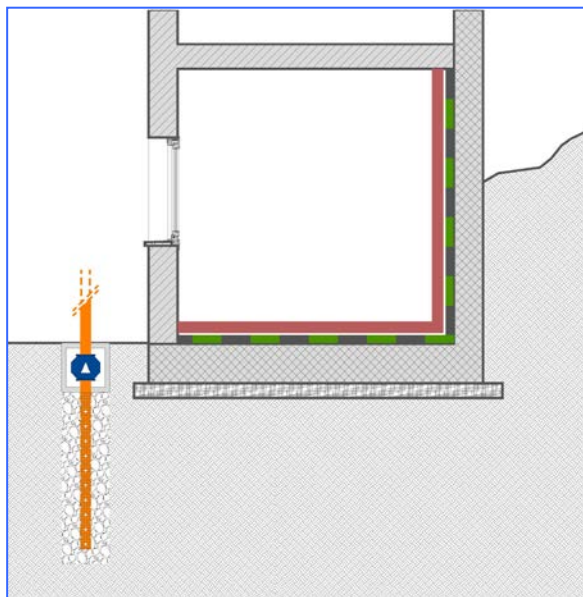
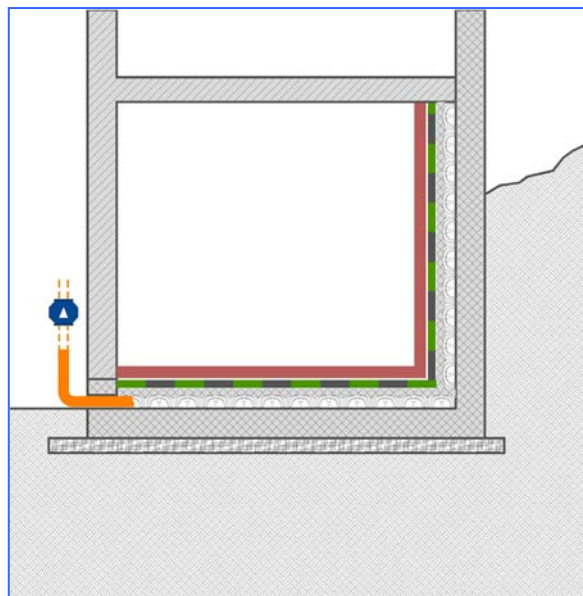


Figura 43: bonifica edilizia esistente presenza di murature verticali controterra

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. 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 efficace 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 impermeabile e con successivo rivestimento a pavimento e a parete.



Le tipologie edilizie riscontrabili in aree collinari o pedemontane, possono essere particolarmente articolate, le cui pareti perimetrali verticali controterra, gli ambienti interrati e/o seminterrati spesso seguono l'orografia e le curve di livello del terreno.

Le tecniche di bonifica per queste tipologie di edifici non sono così differenti da quelle presentate precedentemente; 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.

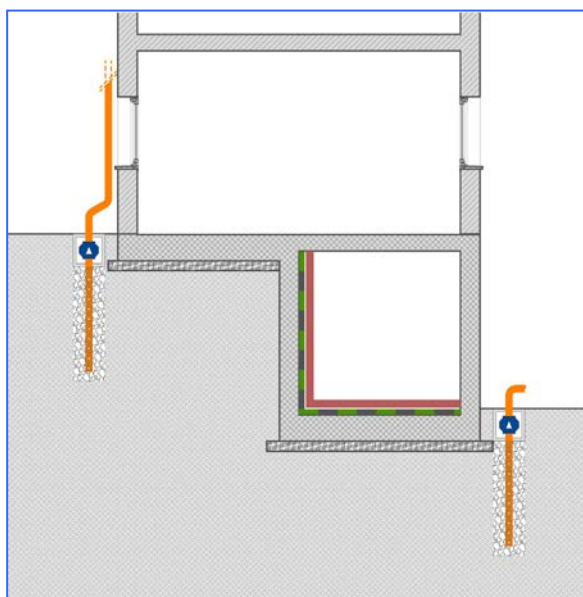


Figura 44: prevenzione nuova edificazione sigillatura delle tubazioni impiantistiche

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 allestimento della pavimentazione.

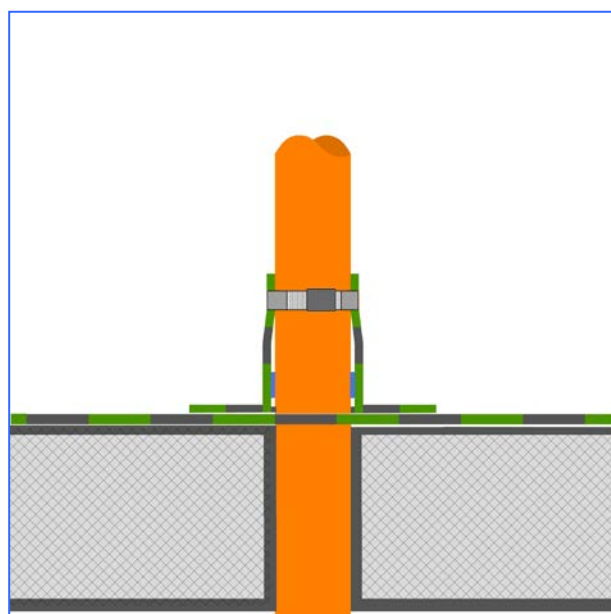
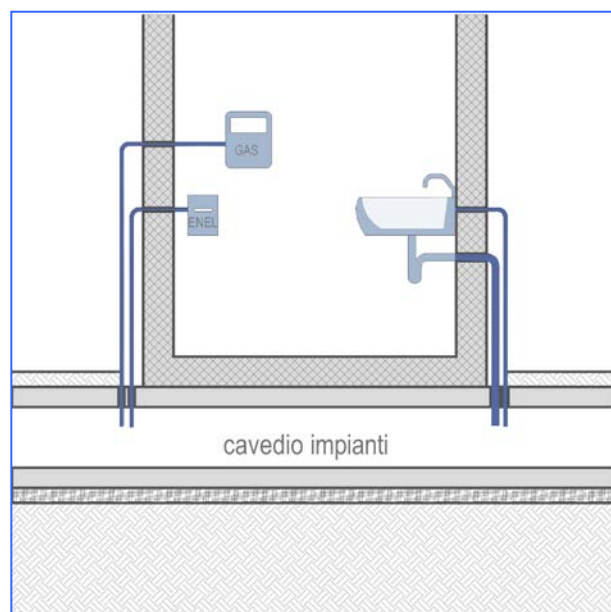
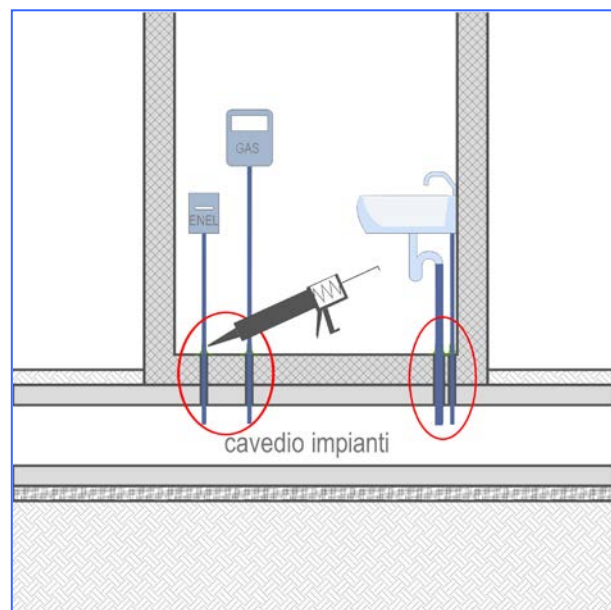
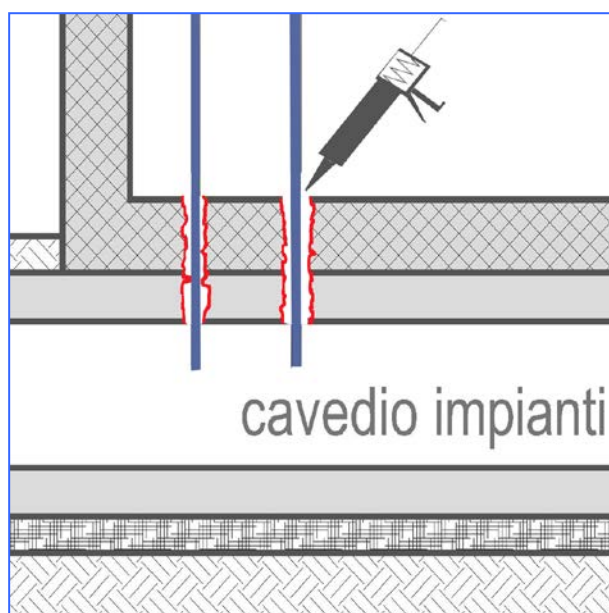


Figura 45: bonifica edilizia esistente
sigillatura delle tubazioni impiantistiche e del nodo solaio-parete

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.

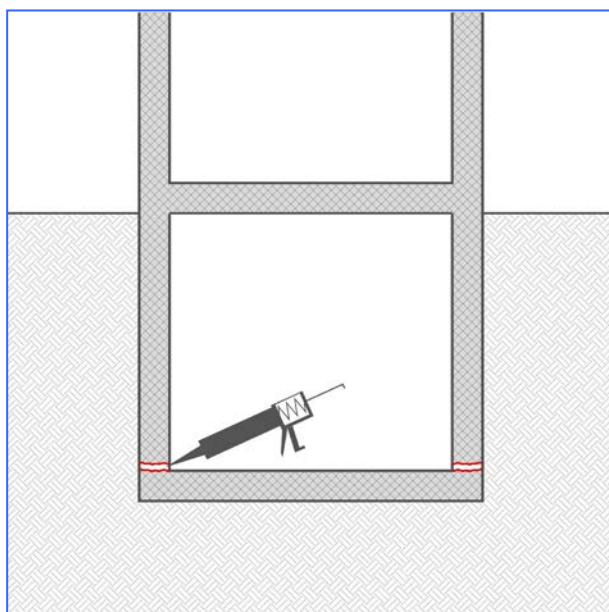
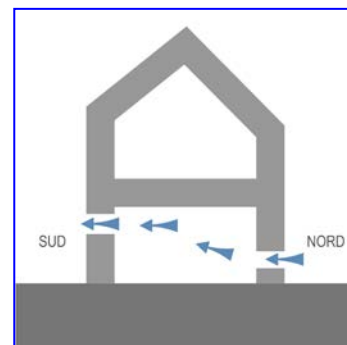


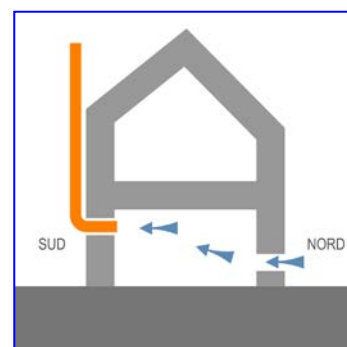
Figura 46: prevenzione nuova edificazione

bonifica edilizia esistente: modalità di ventilazione naturale o meccanica

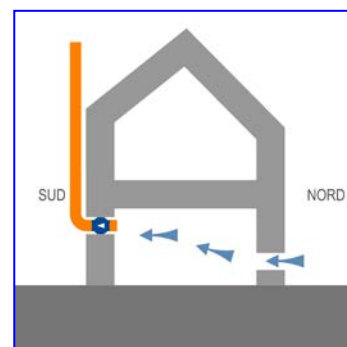
Disponendo di un volume tecnico sotto l'edificio, un vespaio sufficientemente libero e non particolarmente riempito con detriti, ghiaia, macerie, ecc. può essere ipotizzabile in prima istanza provare a innescare una ventilazione naturale realizzando delle bucaure di 100-120 millimetri di diametro alla base perimetrale dell'attacco a terra. Dove possibile è preferibile realizzare bucaure nei prospetti nord e sud con l'accortezza di tenere più alti i fori a sud per una migliore circolazione dell'aria.



Se i valori di concentrazione del radon ottenuti con questa tecnica non sono soddisfacenti e si desidera evitare l'utilizzo di ventilatori, un sistema per incrementare la ventilazione è quello di portare in quota una tubazione, oltre il cornicione di gronda, che, grazie ai venti dominanti e all'effetto Venturi, migliori la quantità di aria circolante.



In mancanza di risultati soddisfacenti anche con questo accorgimento, si ricorre ad un ventilatore collegato alle tubazioni esistenti.



Mentre in caso di ventilazione naturale è indispensabile mantenere aperte una doppia serie di bucaure contrapposte: di ingresso e di uscita dell'aria, per ventilare il volume del vespaio, In caso di ventilazione forzata il più delle volte risulta più conveniente chiudere i fori di ingresso dell'aria per realizzare una maggiore depressione/pressione, nei confronti del terreno. Soprattutto in caso di pressurizzazione.

In caso contrario si corre il rischio, soprattutto con planimetrie di una certa complessità di intervenire con la ventilazione solo in certe parti del volume del vespaio mentre in altre zone il gas può trovare in percorso di ingresso privo delle turbolenze del ventilatore che agisce in parte anche aspirando aria esterna dai fori di ingresso anziché agire esclusivamente nei confronti del terreno.

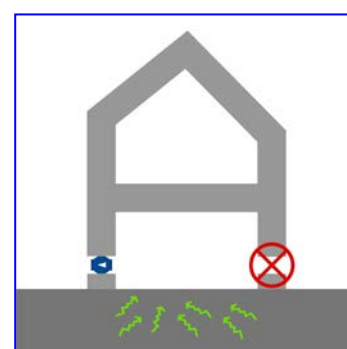
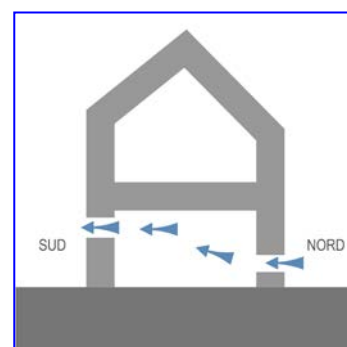
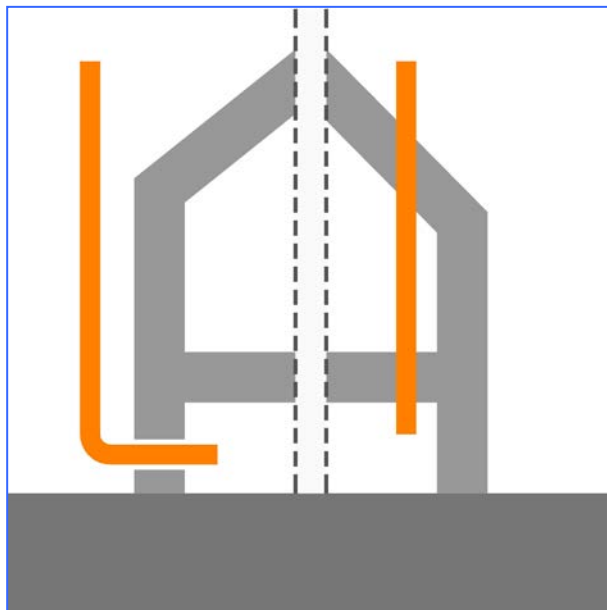


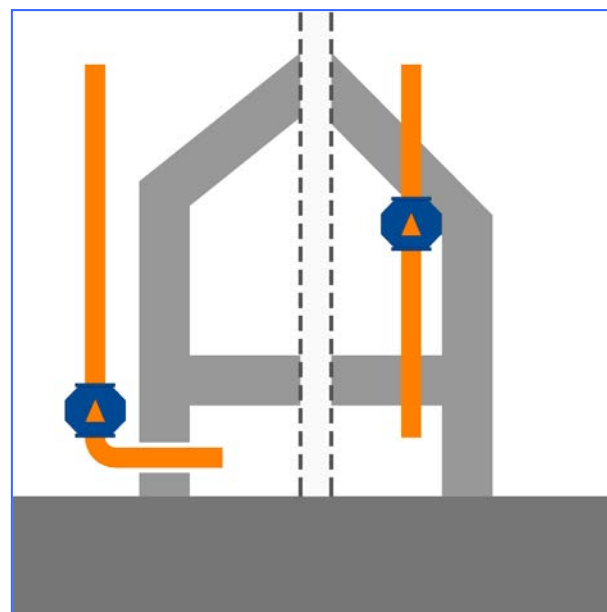
Figura 47: prevenzione nuova edificazione
 bonifica edilizia esistente: modalità di ventilazione naturale o meccanica

Nel caso sia presente un vespaio vuoto alla base dell'edificio, o comunque senza particolari riempimenti, può essere possibile porre il volume in depressione tramite semplice "effetto Venturi" e quindi senza impianti di aspirazione ma solo ricorrendo alla differenza di pressione innescata dal vento, di altezza e di temperatura.

Il percorso della canalizzazione può essere interno o esterno in funzione della necessità di ridurre al minimo il numero di curvature.



Qualora la presenza di venti dominanti o la differenza di pressione fra interno ed esterno non sia sufficiente a innescare un moto convettivo che richiami il gas del vespaio per disperderlo in quota, sarà necessario inserire un aspiratore nel punto ritenuto più funzionale.



Nelle eventualità il percorso delle tubazioni di evacuazione sia all'interno dell'edificio, è importante porre il ventilatore nel luogo più alto vicino al punto di uscita dell'aria e del gas in atmosfera in modo che l'intera canalizzazione sia in depressione. In questo modo, laddove ci siano delle perdite lungo il condotto dovute a un errato assemblaggio dei tubi, non si avranno delle dispersioni di gas all'interno dell'edificio.

Qualora la tubazione sia esterna, il ventilatore può essere collocato ovunque lungo tutta la lunghezza del tubo, compatibilmente alle esigenze di accessibilità per manutenzione.

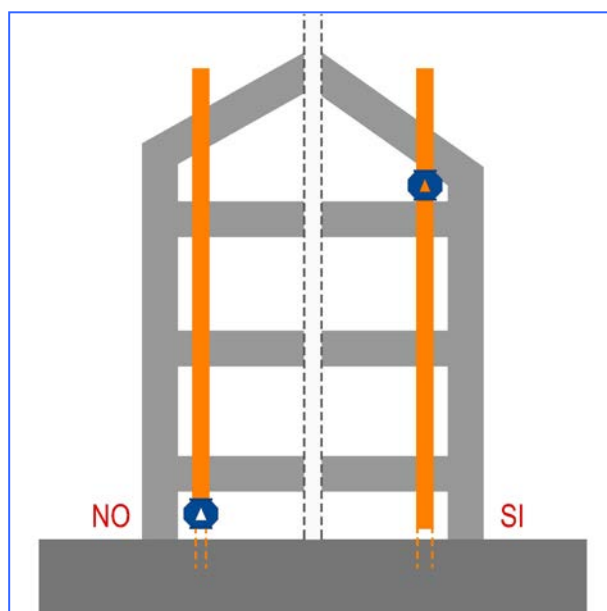


Figura 48: prevenzione nuova edificazione
 bonifica edilizia esistente: tipologie di pozzetti e di canalizzazioni di aspirazione

L'aspirazione nei confronti del sottosuolo può essere effettuata tramite diverse tecniche:

- un pozzetto di circa 50 x 50 x 50 centimetri di qualsiasi materiale caperto nel lato inferiore e posato su uno strato di ghiaia di grossa pezzatura, chiuso superiormente con un coperchio per mantenere l'ispezionabilità e collegato su uno dei lati verticali alla tubazione in pvc di aspirazione;
- un tubo in pvc di 100-120 millimetri di diametro, aperto all'estremità inferiore e forato al perimetro con fori da 25-30 millimetri e avvolto in un telo di tessuto-non-tessuto per evitare l'ingresso di terriccio o ghiaia; il tubo viene inserito in uno scavo di almeno un metro circa di profondità, riempito successivamente con ghiaia di grossa pezzatura. L'eventuale pozzetto superiore, non indispensabile, consente l'ispezione;
- laddove sia possibile, la collocazione di un maggior numero di tubazioni aspiranti aumenta l'efficacia del sistema.

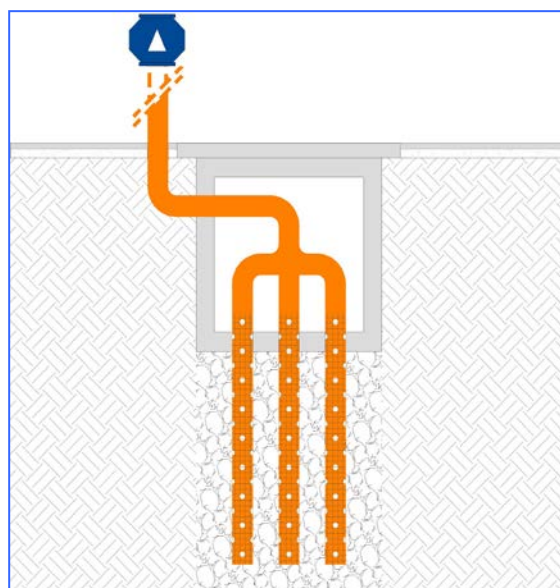
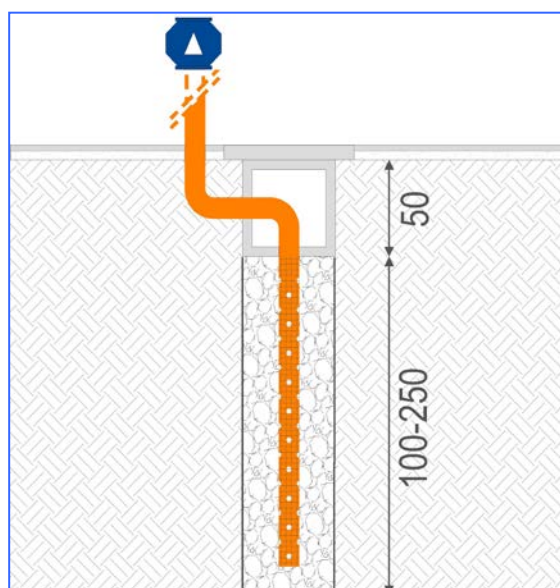
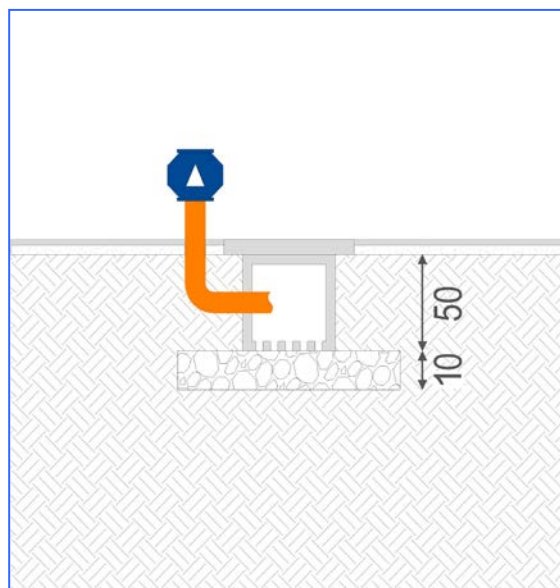


Figura 49: prevenzione nuova edificazione
 bonifica edilizia esistente: punti di evacuazione del radon

Ove si ricorra alla tecnica della depressione (del suolo o di volumi tecnici) e nei casi in cui il gas viene aspirato ed evacuato in atmosfera, particolare attenzione andrà posta al punto di uscita e dispersione del gas che dovrebbe avvenire sempre al di sopra della quota del cornicione di gronda in modo che possa essere più facilmente disperso.

Particolare attenzione andrà quindi posta alla vicinanza di aperture sui prospetti dell'edificio stesso ma anche di edifici adiacenti per evitare il re-ingresso del gas nei luoghi ove vi sia permanenza di persone.

L'apertura delle finestre, specie se contemporaneamente su fronti contrapposti oppure su livelli differenti, causa sempre una circolazione d'aria dall'esterno verso l'interno dell'edificio e se il punto di evacuazione del radon è nelle vicinanze, il re-ingresso del gas è possibile per non dire probabile.

Se il punto di evacuazione del gas si trova in un prospetto privo di bucaure – anche di edifici adiacenti – potrebbe essere possibile disperderlo in atmosfera senza necessariamente arrivare in quota gronda (soluzione comunque sempre più opportuna). Particolare attenzione andrà comunque posta agli eventuali giri d'aria, venti dominanti, distanza dall'apertura più prossima, ecc. per evitare rientri.

Nell'impossibilità o nella difficoltà di arrivare in quota gronda con il tubo di evacuazione del gas, è possibile disperderlo in atmosfera a quota terra allontanandosi dagli edifici di almeno cinque metri, ponendo sempre attenzione a eventuali giri d'aria, venti dominanti, distanza dall'apertura più prossima, ecc. per evitare rientri.

Il pozzetto disperdente sarà chiuso superiormente con una griglia pedonabile che consenta il deflusso del gas e aperto nella parte inferiore per il drenaggio dell'acqua meteorica e alloggerà anche il ventilatore che, in alternativa potrà anche essere posto in un pozzetto limitrofo.

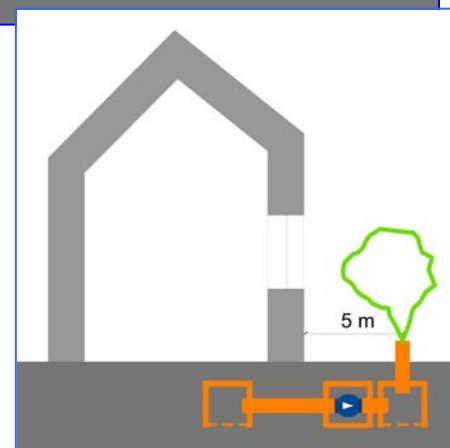
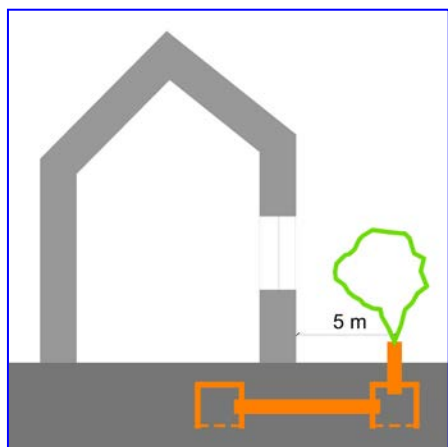
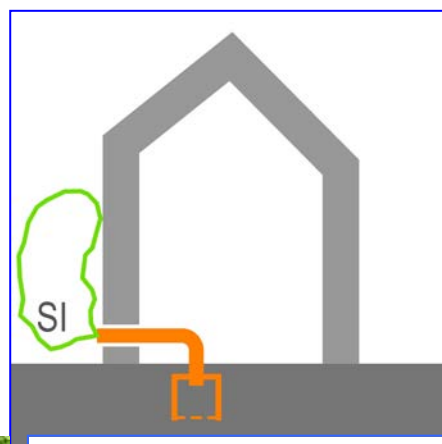
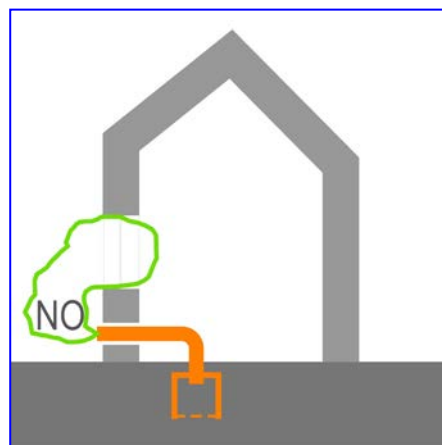
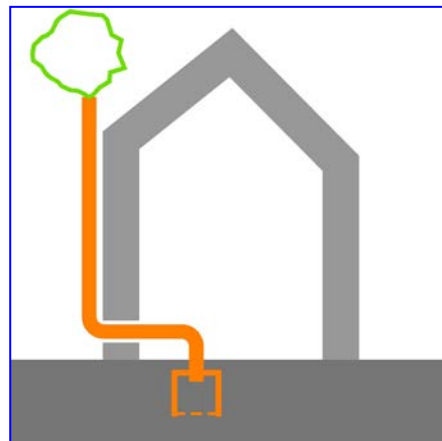
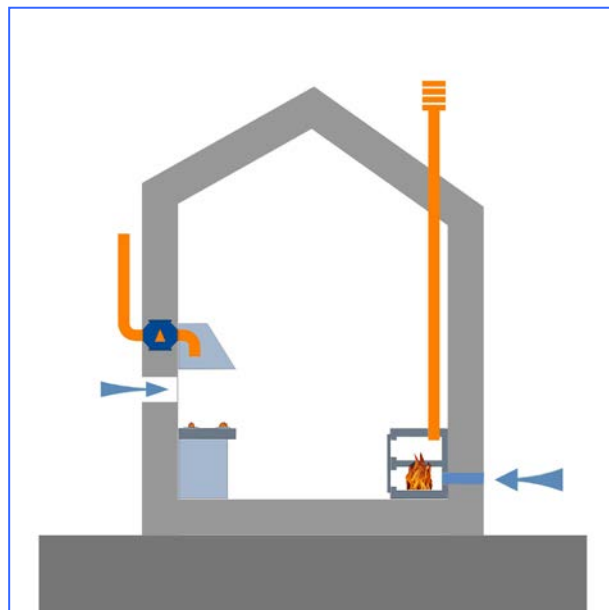


Figura 50: prevenzione nuova edificazione
 bonifica edilizia esistente: evitare la depressione ambiente

Alcuni impianti tecnici presenti nell'edificio possono aumentare la depressione dell'ambiente nei confronti del suolo più di quanto non faccia l'effetto camino innescato dall'edificio.

La caldaia del riscaldamento domestico, la cappa di aspirazione in cucina o il caminetto del soggiorno sono tutti elementi che possono aumentare il dislivello di pressione fra sottosuolo ed edificio. E' quindi opportuno considerare sempre questo aspetto e prevedere una presa d'aria esterna per questi sistemi impiantistici in modo da bilanciare il richiamo d'aria provocato da questi impianti.



Fra le possibili tecniche di bonifica di edifici esistenti con eccessive concentrazioni di radon vi è quella della ventilazione indoor che consiste nell'aspirare l'aria dall'ambiente tramite un ventilatore posto sulla parete perimetrale o sull'infilso.

Si tratta di una tecnica che può avere un sua funzionalità in caso di concentrazioni elevate e comunque in via provvisoria in attesa di interventi più radicali. Non può essere considerata una tecnica da bonifica definitiva in quanto il ventilatore, aspirando aria nell'ambiente, mette in depressione il volume abitato aumentando l'effetto risucchio nei confronti del terreno. Il radon viene in effetti espulso ma dopo che ha percorso l'intero volume ambiente ed è stato respirato dagli occupanti.

Provoca inoltre un dispendio energetico in quanto espelle aria climatizzata introducendone altra che deve quindi essere nuovamente trattata.

