

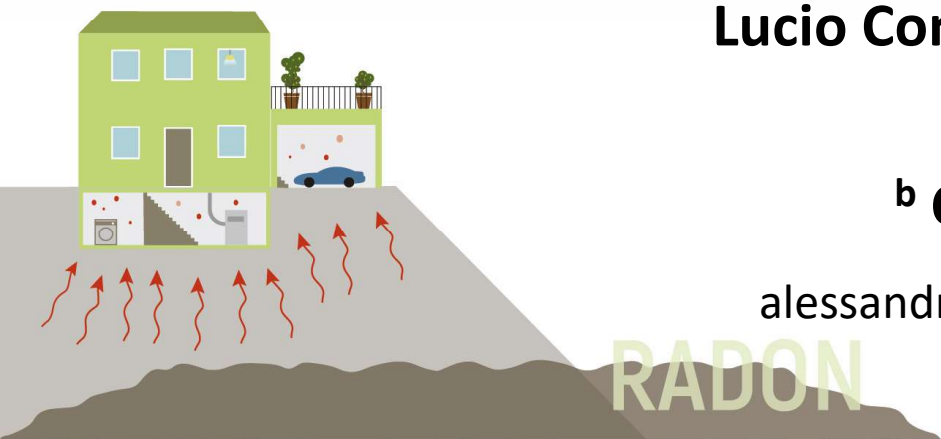
LA RIDUZIONE DEL RADON IN AMBIENTI CONFINATI SOTTOPOSTI A INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

**Alessandro Di Menno di Bucchianico ^a,
Lucio Confessore ^b, Clara Peretti ^b**

^a ISPRA

^b Consulente ISPRA

alessandro.dimenno@isprambiente.it

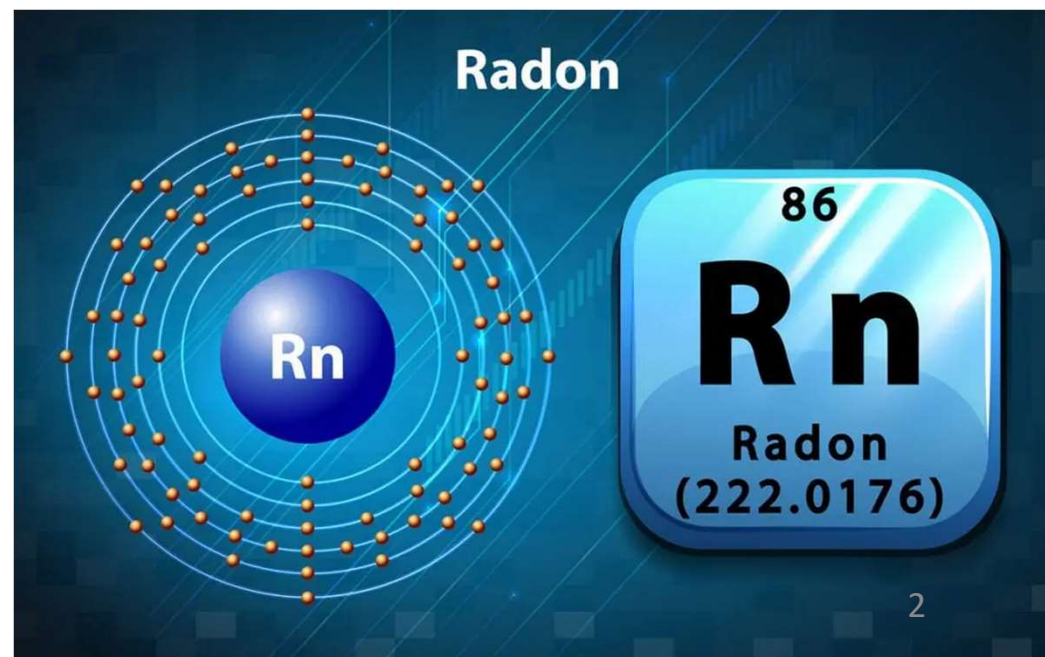


Il radon

Il **radon** è l'elemento chimico rappresentato dal simbolo **Rn** e numero atomico 86. Scoperto nel 1899 da Fredrich Ernst Dorn, Ernest Rutherford e Robert Owens, è un **gas nobile** e **radioattivo** che si forma dal **decadimento α** del **radio** (**N.A. 88**), generato a sua volta dal decadimento α dell'uranio. **Polonio** e **bismuto** sono i prodotti, estremamente tossici, del suo **decadimento** radioattivo. Il radon è un gas molto pesante, pericoloso per la salute umana se inalato in quantità significative. Uno dei principali fattori di rischio del radon è legato al fatto che, accumulandosi all'interno di abitazioni, è la causa di tumore al polmone. Recenti studi statistici effettuati dall'US-EPA stimano circa **21.000** morti all'anno negli **USA** attribuibili al radon residenziale; simili valori sono stati stimati per studi effettuati **nell'Unione Europea**.

I **gas nobili** si trovano nell'atmosfera, di cui costituiscono complessivamente circa l'**1%** in volume. Talvolta essi (particolarmente **Elio**, **Argon**) si trovano insieme ad altri gas (per lo più N_2 , CH_4) in sorgenti endogene, talaltra disciolti in acque minerali. Il **Radon**, che è radioattivo, si trova in norma associato con i radioelementi da cui deriva.

Studi statistici hanno stimato che nei paesi europei il **9%** delle morti per tumori ai polmoni e il **2%** di quelle complessive per tumori sono attribuibili al gas **radon residenziale**.

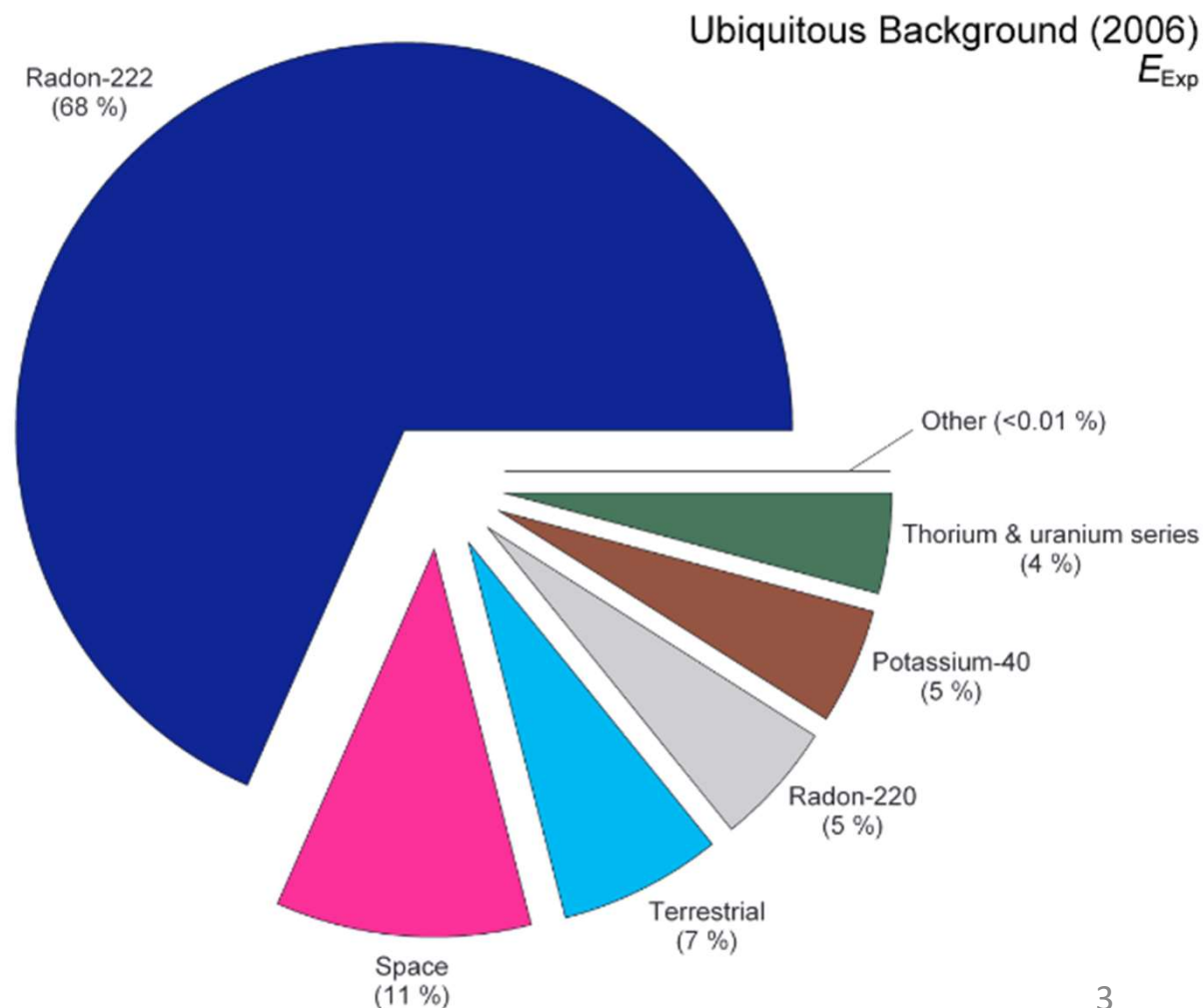


Radiazione naturale di fondo

La **radiazione di fondo naturale** è **ovunque** intorno a noi. La radiazione di fondo varia da luogo a luogo e nel tempo, a seconda della quantità di elementi radioattivi presenti in natura nel suolo, nell'acqua e nell'aria e per le condizioni meteorologiche.

Tutte le rocce e i terreni contengono tracce di radioattività naturale e talvolta possono essere ingeriti o inalati. Il radon è un gas che può concentrarsi negli ambienti chiusi ed essere inalato, insieme ai suoi prodotti di decadimento. Possiamo anche ingerire la radioattività dal cibo che mangiamo e dall'acqua che beviamo.

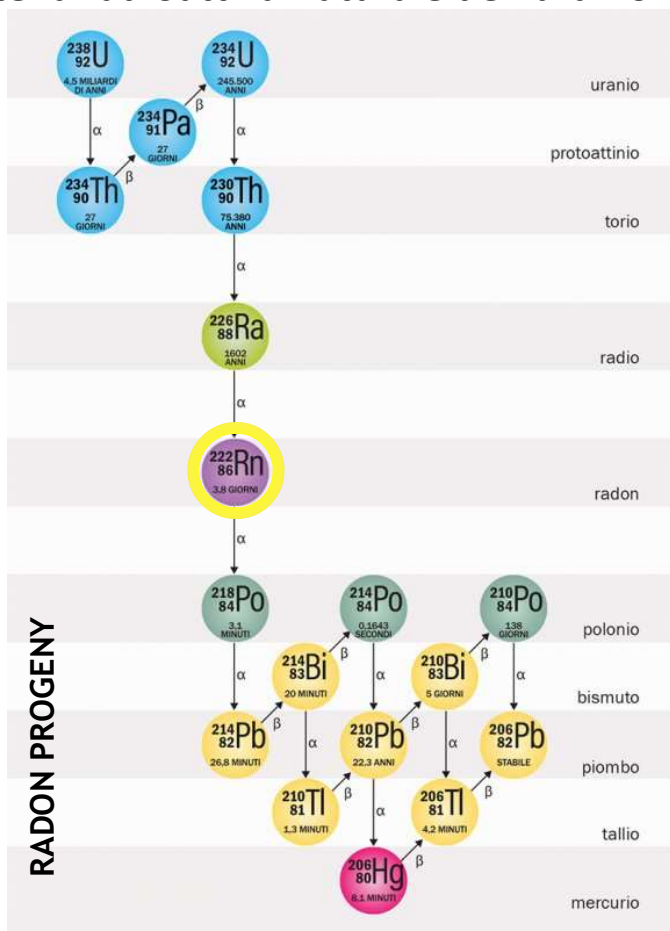
Numerosi fattori determinano la **dose annuale** ricevuta dalla radiazione di fondo.



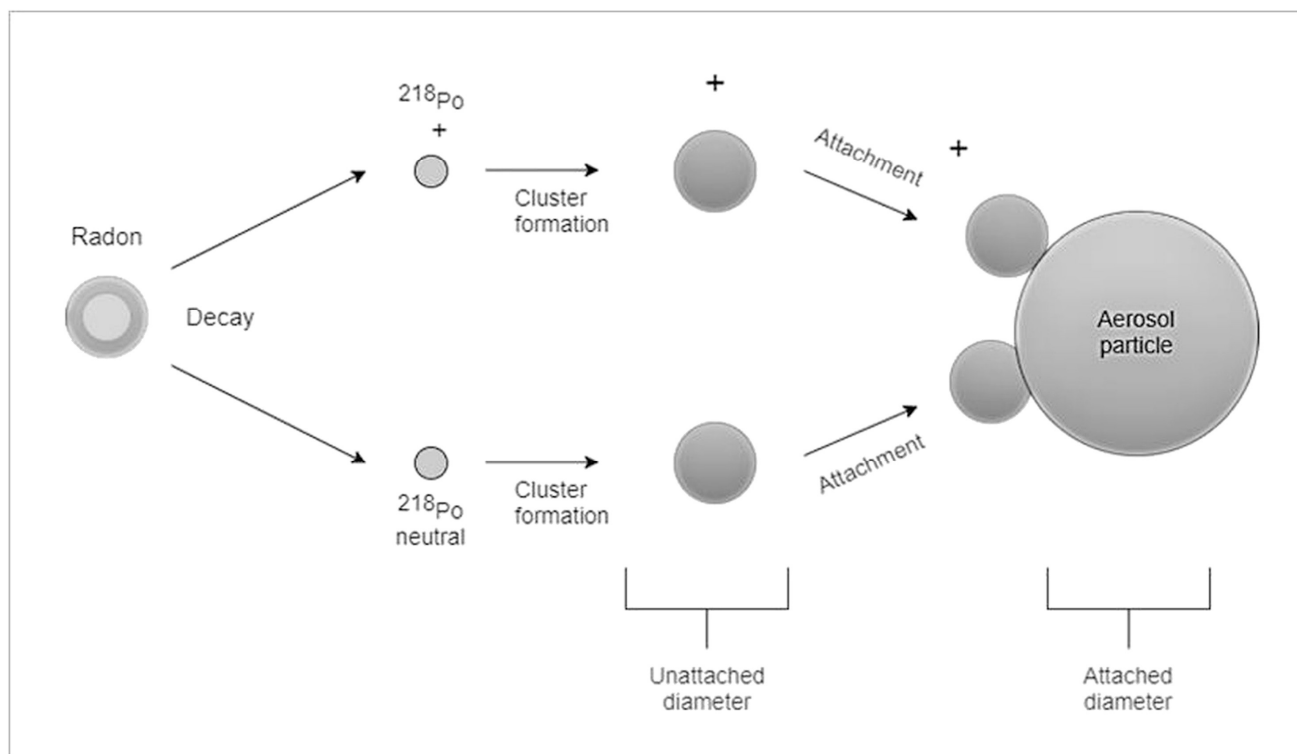
Percentuale della dose di radiazioni di fondo ricevuta annualmente da varie fonti naturali

Decadimento del radon

Catena radioattiva naturale dell'uranio-238



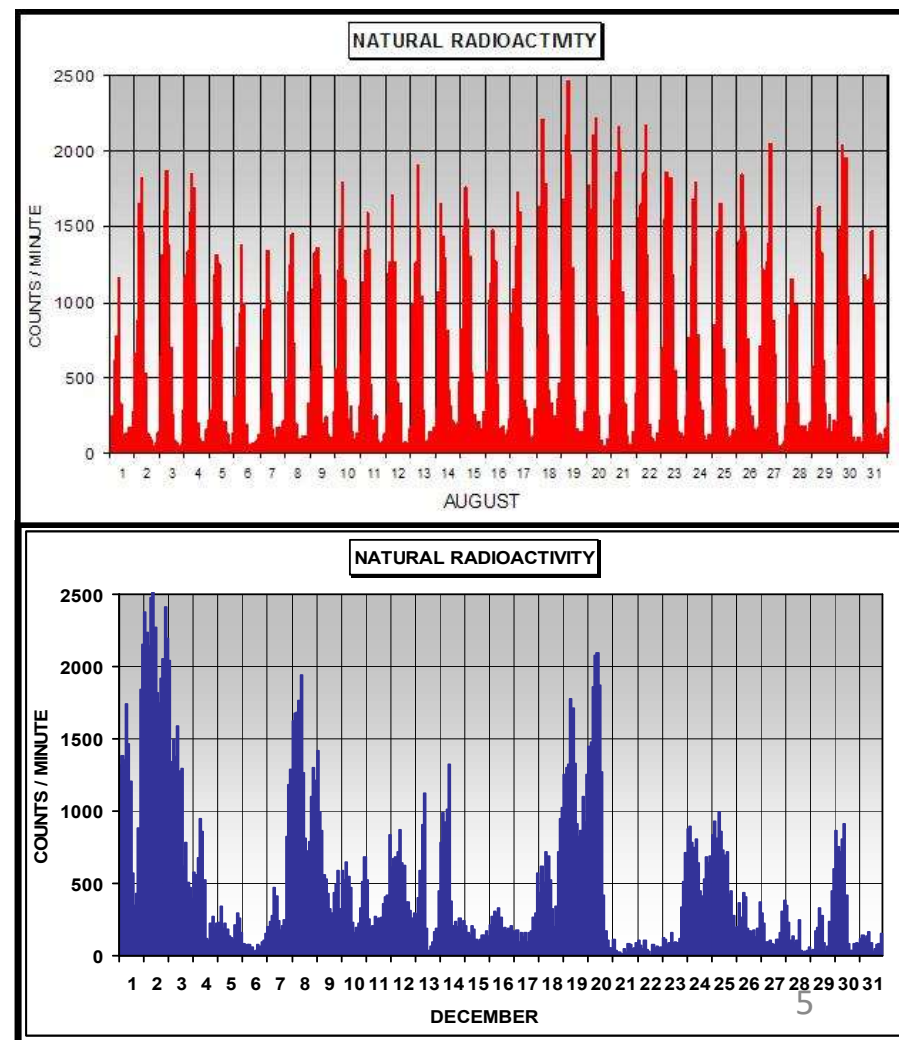
Processi di base della generazione di progenie del radon di breve durata nell'aria - frazione "unattached" e "attached"



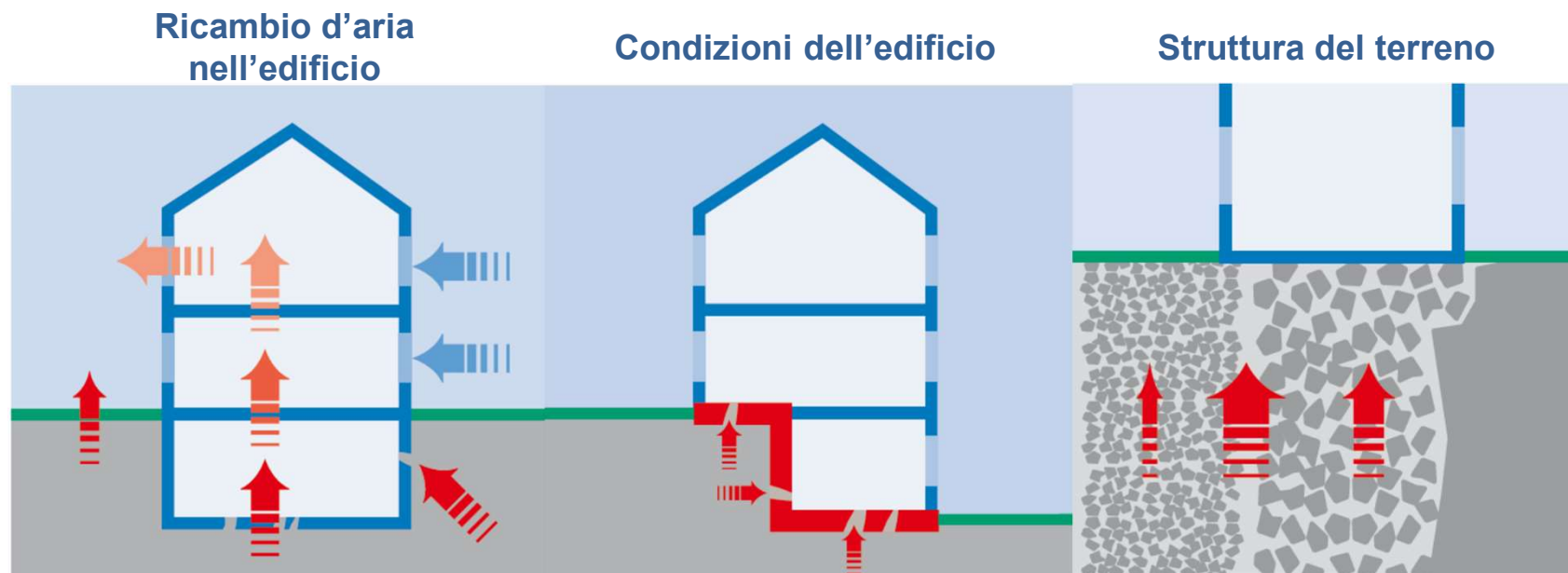
Confronto dell'andamento temporale della radioattività naturale in estate e in inverno

Durante i **mesi caldi** la radioattività naturale mostra un andamento temporale ben definito e modulato (tutti i giorni sono simili: stabilità notturna e miscelazione convettiva durante il giorno)

Durante i **mesi freddi** i periodi di alta pressione sono sporadici e spesso si verifica l'advezione. La miscelazione diurna è debole e di durata limitata



Fattori che incidono sulla concentrazione di radon nei locali interni

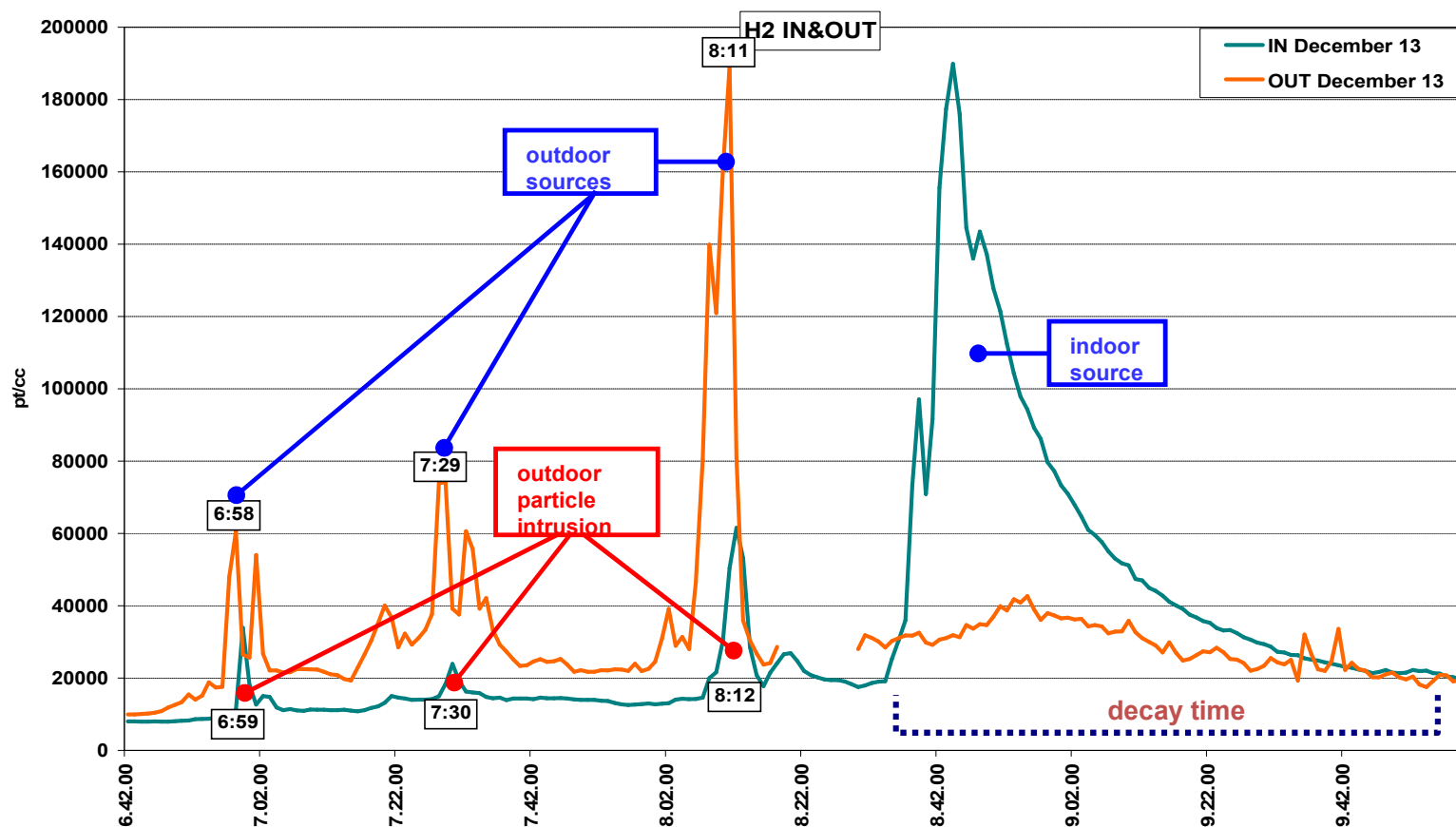


Lo scambio d'aria con l'ambiente esterno influisce in modo significativo sulla concentrazione di radon nei locali interni. Porte e finestre non stagne determinano indici di ricambio d'aria più elevati. Per contro, se il ricambio d'aria viene ridotto, per esempio con il montaggio di finestre e porte a chiusura stagna, la concentrazione di radon nell'aria interna può aumentare significativamente.

L'infiltrazione dell'aria del suolo in un edificio attraverso le fondamenta e la muratura a contatto con il terreno è un fattore determinante. La penetrazione può avvenire attraverso crepe e fessure, ma anche lungo i fori di passaggio di cavi e tubature. L'aria del suolo contenente radon viene aspirata nell'edificio dalla depressione che si crea al suo interno (effetto camino).

Oltre alla composizione del suolo e delle rocce (contenuto di uranio e radio), sono soprattutto la granulometria della roccia e la permeabilità del terreno (trasporto d'aria del suolo ricca di radon) a svolgere un ruolo determinante. Va prestata attenzione alle fasce detritiche e alle zone franose, ai terreni granitici, carsici e ghiaiosi, contrariamente invece ai terreni molto compatti e argillosi.

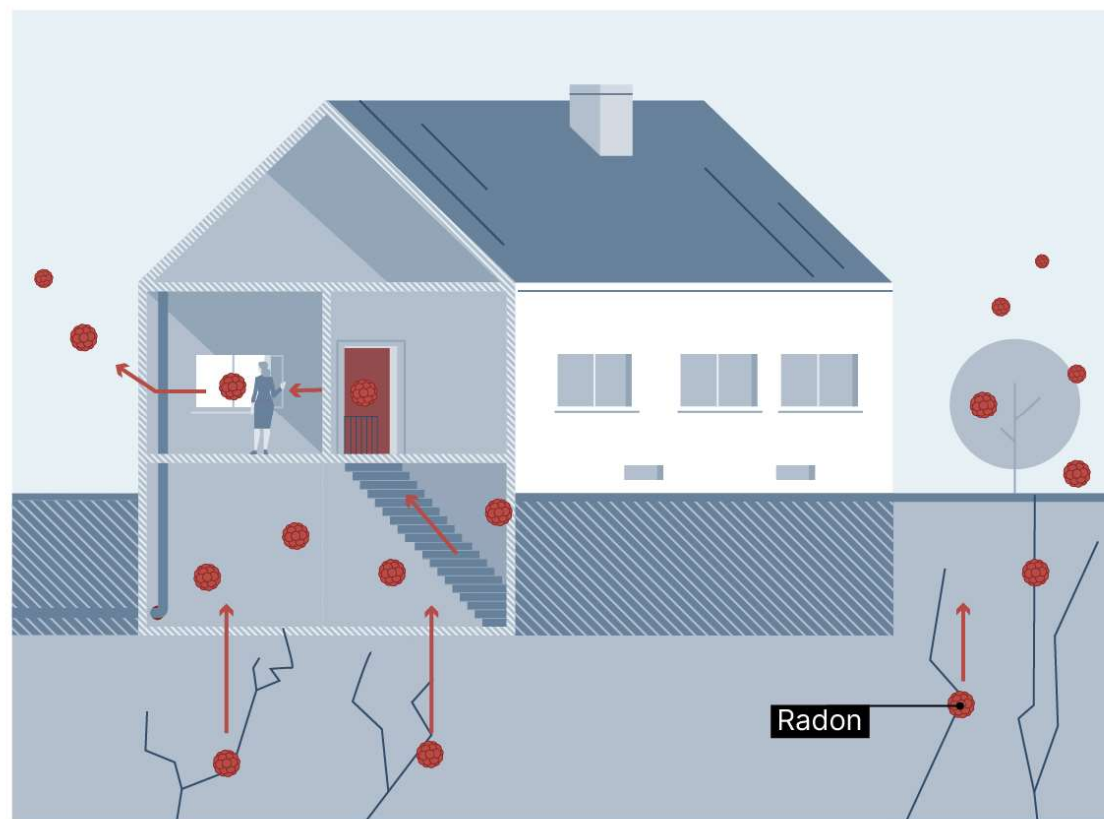
Accumulo e diluizione delle sorgenti interne



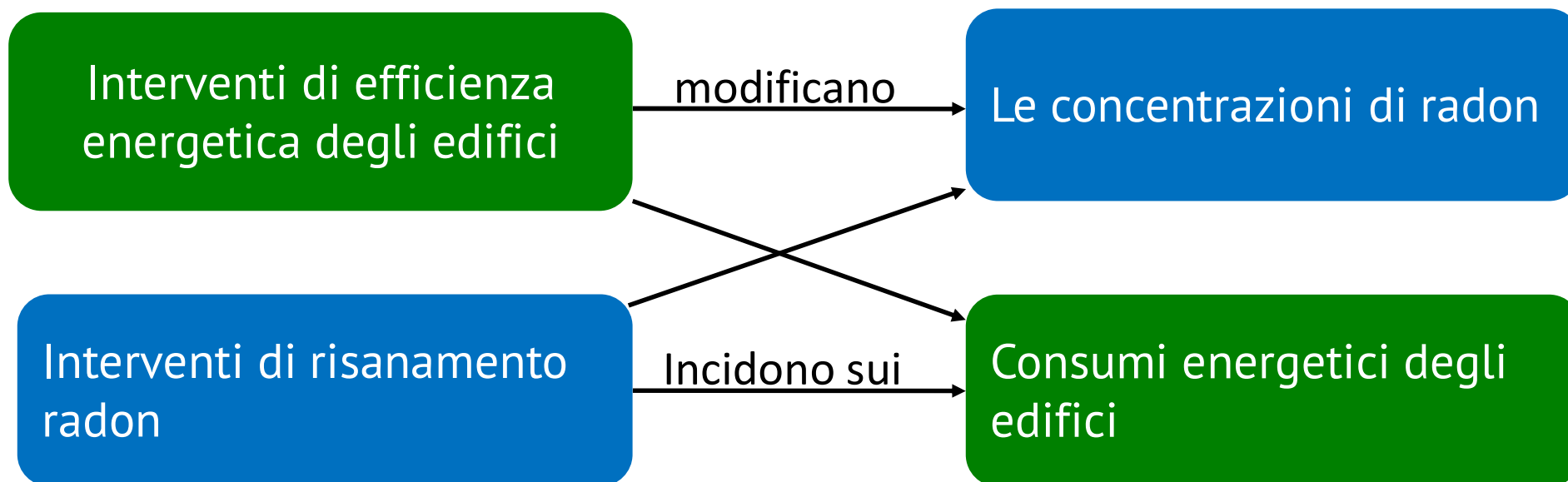
In ambienti con ventilazione naturale, la **velocità di scambio d'aria (Aer)** dipende dalla differenza di **temperatura** tra indoor e outdoor, la pressione del **vento** all'esterno dell'abitazione e dall'apertura/chiusura delle **finestre** (Fonte: ISPRA)

(Fonte: ISPRA)

Come è stato dimostrato da diversi studi scientifici, **gli interventi di efficientamento energetico applicati agli edifici, possono peggiorare la qualità dell'aria indoor ed in particolare produrre un aumento della concentrazione di radon se realizzati in assenza di interventi di prevenzione dell'accumulo di tale gas.** Ciò può rappresentare un problema rilevante per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dell'esposizione al radon e dei casi di tumore polmonare associati.



Rapporto tra radon e interventi di efficientamento energetico



Intersezione tra metodologie

METODOLOGIE PER LA
RIDUZIONE DEL RADON NEGLI
EDIFICI RESIDENZIALI

METODOLOGIE PER
L'INCREMENTO
DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

Best Practices per la riduzione del radon in ambienti indoor

Evidenze scientifiche

- vi è correlazione tra alcuni interventi di efficientamento energetico con l'aumento delle concentrazioni di radon
- I differenziali di pressione tra interno ed esterno sono uno dei driver delle variazioni di concentrazioni di radon
- oltre al terreno anche alcuni materiali da costruzione possono essere fonte di radon (es: granito, mattoni e cementi contenenti ceneri, ecc.)
- alcune misure di efficientamento energetico sono responsabili della riduzione del tasso di ventilazione negli edifici
- le misure che riducono il tasso di ventilazione di un ambiente possono aumentare il radon indoor.
- la sostituzione delle finestre, se non abbinata ad un sistema di ventilazione adeguato, è l'intervento che è correlato al maggior aumento delle concentrazioni di radon
- la tipologia di ventilazione (naturale, meccanica, ibrida) e la sua funzionalità influenzano le concentrazioni di radon (possono aumentarle oppure ridurle)
- i seminterrati abitabili presentano potenziale di rischio radon maggiore
- è necessario affrontare il tema del radon congiuntamente a quello del risanamento energetico
- le abitudini abitative incidono nelle concentrazioni di radon con particolare riferimento alla gestione di apertura e chiusura delle finestre, porte finestre ed aperture in generale

Best Practices per la riduzione del radon in ambienti indoor

Gli interventi per la riduzione del radon si possono distinguere e classificare in funzione di diverse variabili, tra queste:

- ☐ età dell'edificio (nuovo, ristrutturato, riqualificato, da riqualificare, esistente, storico...)
- ☐ destinazione d'uso (scolastico, residenziale, uffici, ecc.)
- ☐ tipologia edilizia
- ☐ collocazione dell'edificio (a contatto con il terreno, multipiano, ecc.)

I criteri generali che possono essere individuati:

- eliminazione delle fonti di radon
- aumento della resistenza dell'edificio all'ingresso del radon (mediante sigillatura)
- trattamento dell'aria (sistemi di filtrazione ed elettrostatici)
- allontanamento del radon (sistemi di pressurizzazione, aspirazione e ventilazione)

Tecniche provvisorie, di rimedio e preventive

Tecniche provvisorie

- Per edifici esistenti in attesa di tecniche di rimedio. Si basano generalmente su azioni di ventilazione indoor

AZIONI PASSIVE

- Ventilazione naturale dei locali interrati/seminterrati
- Ventilazione naturale
- Sigillatura di fessure ed intercapedini
- Isolamento della struttura

Tecniche di rimedio

- Per edifici esistenti con concentrazioni elevate di radon. Sono effettuate con tecniche di sigillatura

AZIONI ATTIVE

- Ventilazione meccanica dei locali
- Depressione/Pressurizzazione del suolo, del vesapio o dell'intero edificio

Tecniche preventive

- Per edifici di nuova costruzione

Variabili tecniche da considerare per gli interventi di risanamento

| | |
|-------------------|---|
| Sito | • Geomorfologia del suolo e del terreno |
| Sorgente di radon | • Terreno, materiali, acqua e loro combinazioni |
| Edificio | • Tipologia di materiali da costruzione, tipo di struttura portante, età, eventuali vincoli architettonici, presenza di vespai o locali tecnici |
| Luogo di lavoro | • Concentrazione di radon esistente se nota, interazione con altri inquinanti indoor, impatto sulla salubrità degli ambienti e sull'efficienza energetica |
| Attività svolta | • Impatto sulle abitudini di vita, sul comfort delle persone occupanti e sulla sicurezza degli occupanti |
| Costo | • Costo di progettazione, realizzazione e mantenimento |

Tipologie di interventi e fattore di riduzione

| Tipologia di Intervento | Efficienza | |
|--|-------------------|---------------|
| | Edifici esistenti | Nuovi edifici |
| Sigillatura di fessure e intercapedini | 10-60 % | |
| Incremento della ventilazione naturale dei locali abitati | Discreta | |
| Incremento della ventilazione del vano tecnico/vuoto sanitario | 60-90 % | |
| Pressurizzazione dei locali abitati | 40-80 % | |
| Depressurizzazione attiva sotto soletta | 70-85 % | 70-95% |
| Depressurizzazione del terreno di fondazione (Pozzo radon) | 70-95 % | |
| Depressurizzazione passiva sotto soletta | | 20-50 % |
| Isolamento mediante membrana impermeabile al radon | | 30-70 % |
| Sigillatura con membrane del giunto tra soletta e muro di fondazione | | 10-90 % |
| Sigillatura degli interstizi tra condotte e pareti/pavimenti a contatto con il suolo | | 10-90 % |

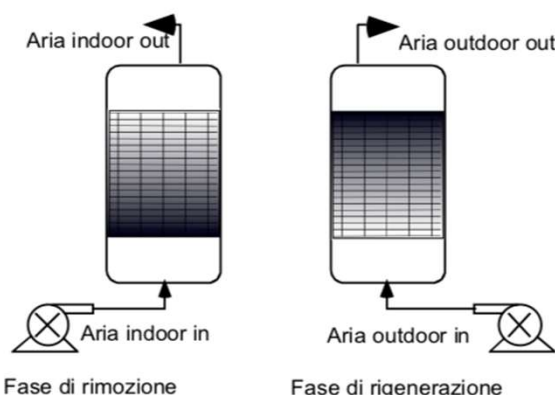
Utilizzo di apparecchiature

Esistono apparecchiature che sono in grado di ridurre la concentrazione dei prodotti di decadimento del radon, adsorbiti sul particolato:

Precipitatori elettrostatici: i prodotti di decadimento sono sottoposti ad un campo elettrico e possono essere raccolti da collettori ai quali è applicata una tensione negativa dell'ordine di qualche migliaio di Volt.

Generatori di ioni: si basano sullo stesso principio dei precipitatori elettrostatici, producono ioni negativi in aria sui quali si attaccano i prodotti di decadimento caricati positivamente aumentandone la deposizione sulle superfici interne dell'edificio e quindi riducendone la presenza in aria.

ventilatori e sistemi di filtrazione: si può effettuare anche la filtrazione diretta dell'aria sia con filtri in grado di trattenere il particolato atmosferico sul quale è attaccata una frazione dei prodotti di decadimento, sia con materiali tipo carbone attivo con il quale oltre alla filtrazione si ha anche un parziale adsorbimento del gas radon e dei suoi prodotti di decadimento.



I fattori di riduzione che si ottengono utilizzando questi metodi sono relativamente bassi



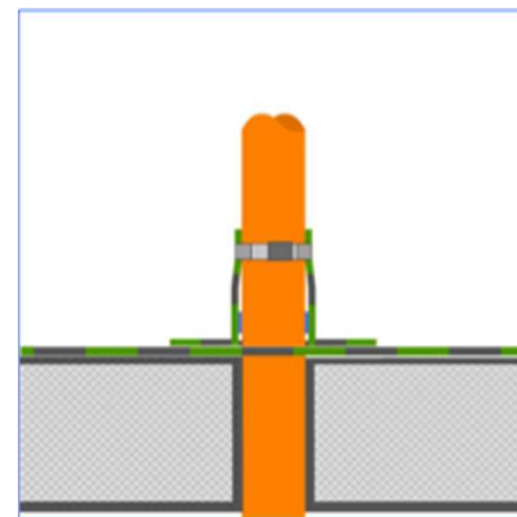
Esempi di filtri dell'aria

Sigillatura delle vie d'ingresso

La sigillatura delle vie di accesso del radon è la **tecnica** di abbattimento **passiva più semplice** e più indicata come azione immediata di rimedio e prevenzione rispetto alla presenza di radon. Essa tiene conto delle sue vie di ingresso dal sottosuolo attraverso le imperfezioni costruttive che non rendono la struttura impermeabile al passaggio del gas, ossia la presenza di fessure nei punti di giunzione tra condutture elettriche o dell'acqua e i muri o di crepe nelle condutture o rotture nella pavimentazione che offrono al radon una via di accesso preferenziale all'interno dell'edificio.



Possibili ingressi di radon dalle canalizzazioni di servizio



Esempio di sigillatura di tubazioni

(Evaluation of Radon Indoor Pollution Risk in High Efficiency Energy Buildings - J of Civil Engineering and Arc)

La sigillatura può riguardare solo le singole fessurazioni visibili oppure tutta la superficie del piano di calpestio ed eventualmente anche le pareti in contatto diretto con il terreno.

Tecniche di ventilazione e aspirazione

Le infiltrazioni attraverso l'involucro edilizio sono fenomeni non lineari comandati da due **forzanti**: il **vento** e l'**effetto camino** (innescato dalla differenza di temperatura tra ambiente interno ed esterno).

Il parametro che descrive la permeabilità all'aria del costruito è il tasso di ricambio orario del volume interno d'aria per una Δp creata di 50 Pa - n50 [1/h] - cioè, il tasso di ricambio orario del volume interno d'aria per una Δp creata di 50 Pa.



Esempio di misura della permeabilità mediante blower door test. a) manometro b) ventilatore; c) telaio ermetico

La minimizzazione del tasso di ventilazione può avere molte conseguenze per la qualità dell'aria: la riduzione del tasso di ventilazione peggiora la qualità dell'aria interna per alcuni inquinanti quando non sono adottate tecniche di ventilazione, per altri inquinanti non vi è ancora una chiara correlazione, questo ad esempio è il caso del radon.



Increased airtightness resulted in worsened IAQ



Increased airtightness resulted in improved IAQ



No clear relationship between airtightness and IAQ.

| IAQ Parameter | Impact |
|--|--------|
| CO ₂ | ☹️ |
| PM _{2.5} – in areas with high outdoor levels | 😊 |
| PM _{2.5} – in areas with average outdoor pollutant levels | 😐 |
| Formaldehyde | ☹️/😊* |
| VOC | ☹️/😊* |

| IAQ Parameter | Impact |
|---|--------|
| NO ₂ – in areas with high outdoor levels | 😊 |
| NO ₂ – in average areas | 😐 |
| Mould/moisture | 😐 |
| Radon | 😐 |
| CO | 😐 |

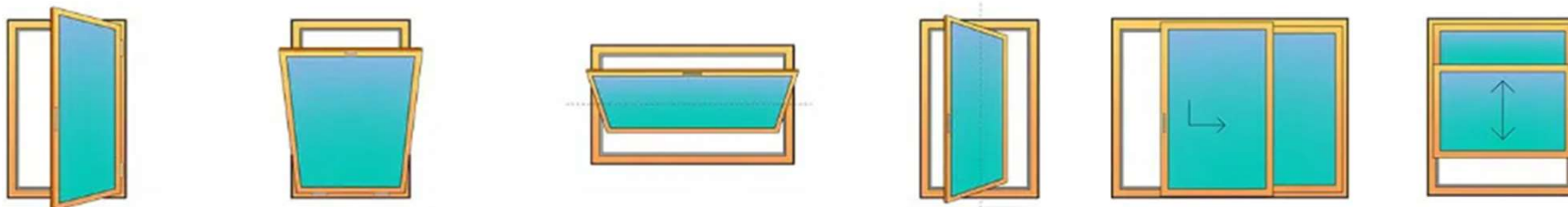
* Reviewed studies with Formaldehyde and VOC either identified no clear relationship, or a negative relationship. (Kempton et al. 2022)

Impatto dell'aumento dell'ermeticità sulla qualità dell'aria interna

Tecniche di ventilazione e aspirazione

Ventilazione dei locali

La ventilazione naturale dei locali è un'azione provvisoria da mettere in atto nel transitorio, in attesa dell'applicazione di misure definitive o a lungo termine.



Esempi di aperture negli infissi per favorire la ventilazione naturale

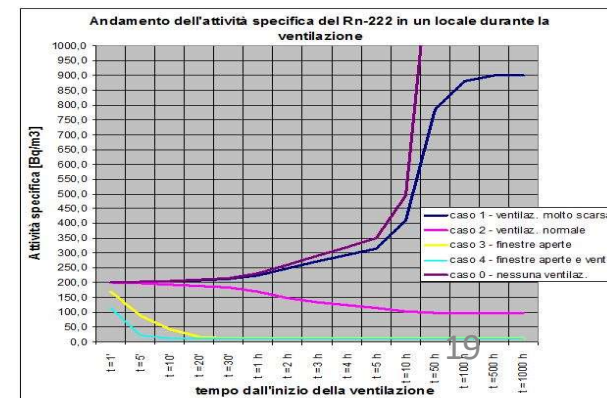
Ipotizzando un locale con ingresso di radon costante nel tempo, è possibile associare il **Fattore di Riduzione** (FR) al ricambio d'aria (λ) tramite la concentrazione di radon. Considerando come C_1 e C_2 le **concentrazioni** e come λ_1 e λ_2 i **ricambi d'aria** in assenza ed in presenza di misura di intervento, si ha:

$$FR = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Andamento della concentrazione di radon in funzione della ventilazione

Nel caso di un ricambio naturale di aria prossimo a zero (quindi λ_1 molto piccolo), un minimo incremento della ventilazione può produrre una notevole riduzione della concentrazione di radon. Ciò vuol dire che per ottenere sufficienti riduzioni della concentrazione di radon, occorre incrementare notevolmente la ventilazione degli ambienti, con possibili problemi di conservazione di energia.

Il grafico mostra l'andamento dell'attività del Rn-222 in funzione dei diversi casi di ventilazione ambientale: **nessuna**, **molto scarsa**, **normale**, **finestre aperte**, **finestre aperte con vento**.



Tecniche di ventilazione e aspirazione

Diminuzione della depressione interna ai locali

Un'altra tecnica che è possibile adottare per abbassare i livelli di concentrazione di radon all'interno degli ambienti interni è quella basata sulla **diminuzione della naturale depressione interna dei locali in modo da sfavorire l'ingresso del radon**.

Per attuare tale sistema è però necessario adottare una serie di accorgimenti tecnici ed operativi che sono elencati nel seguito:

- Prevedere dispositivi di areazione e ventilazione nelle cantine
- Porre una porta tra vano scala o tromba dell'ascensore e la zona cantine, evitando ogni tipo di collegamento
- Installare prese d'aria poste al di sopra del livello del suolo in modo da garantire che l'aria in ingresso sia in quantità uguale a quella aspirata
- Installare valvole di tenuta all'interno delle canne fumarie
- Ridurre quanto più possibile i flussi verticali di aria attraverso il pavimento tra un piano e l'altro
- Mantenere chiuse le eventuali aperture esistenti nelle coperture (botole, abbaini, finestre) al fine di ridurre l'uscita dell'aria
- Fare in modo di creare delle sovrappressioni all'interno dei locali abitati installando idonei impianti di ventilazione, meglio se dotati di recupero del calore
- Installare finestre ed infissi in generale con guarnizioni a tenuta
- Ridurre al minimo possibile la presenza di cavedi o intercapedini
- Evitare di mantenere una temperatura interna eccessivamente diversa da quella esterna soprattutto in inverno
- Limitare il più possibile l'utilizzo di aspiratori elettrici (per esempio nei bagni) e di cappe da cucina che aumentano la depressione interna pompando all'esterno più aria di quella che aspirano.

Tecniche di ventilazione e aspirazione

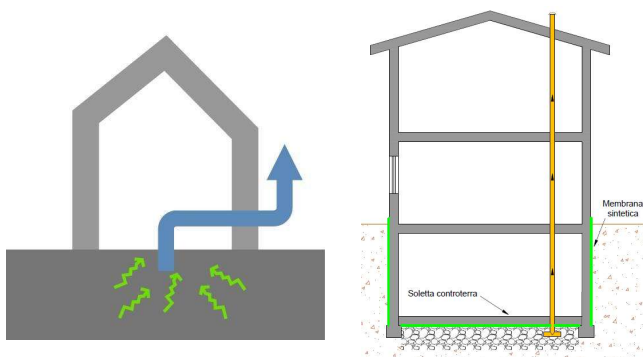
Depressurizzazione del terreno di fondazione (pozzo radon)

Quando solai degli edifici poggiano direttamente sul terreno, e quindi in assenza di intercapedini, vespai o locali interrati e seminterrati l'aspirazione dell'aria può essere fatta direttamente nel terreno al di sotto del perimetro tramite una condotta che conduce il flusso di gas alla quota di copertura dell'edificio stesso.

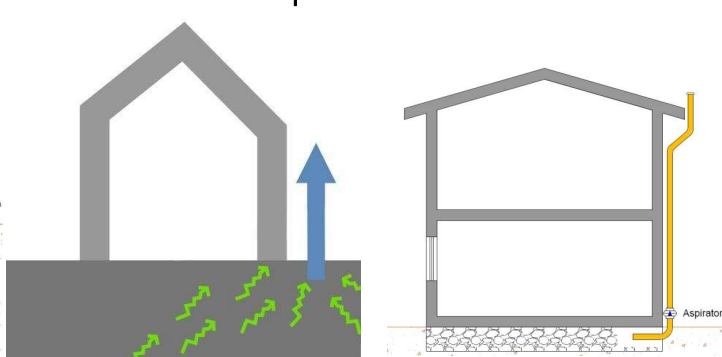
L'aspirazione di radon dal terreno è un sistema estremamente efficace in quanto viene attuata la riduzione dei livelli di concentrazione direttamente nel sottosuolo.

Qualora il **sistema passivo** non sia sufficiente a garantire l'estrazione dell'aria ricca di radon, è possibile installare un **ventilatore aspirante** nella parte terminale della condotta, avendo cura di posizionarlo in un locale non abitato.

Depressione nel terreno con scavo fatto al centro dell'edificio



Depressione nel terreno con scavo a ridosso del perimetro dell'edificio



(Linee Guida Regione Lombardia 2011)

Depressione tramite pozzetto



Aspirazione dell'aria con pozzetto interno realizzato centralmente



(Fonte: Regione Sardegna)

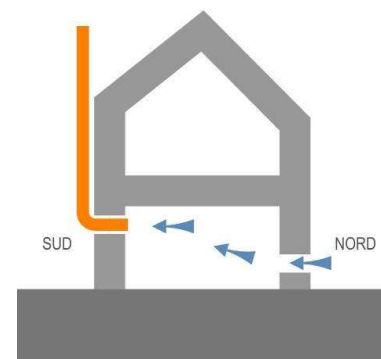
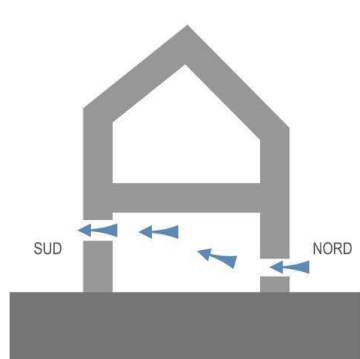
Tecniche di ventilazione e aspirazione

Ventilazione del vespaio

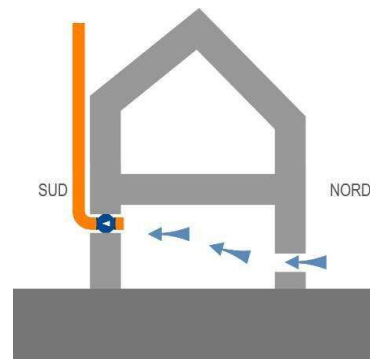
In caso di presenza di un vespaio o di volume tecnico sotto l'edificio, può essere applicata la tecnica di ventilazione naturale mediante la realizzazione di forature di circa un metro di diametro alla base perimetrale dell'attacco a terra. Laddove possibile è preferibile che tali bucaure siano presenti nei prospetti nord e sud ed in modo da tenere più alti i fori posti a sud per una migliore areazione.

In mancanza di risultati accettabili ottenuti con la ventilazione naturale, è possibile ricorrere a sistemi di movimentazione forzata dell'aria, per esempio mediante l'utilizzo di ventilatori collegati alle tubazioni esistenti ed inseriti direttamente nella muratura

Ventilazione del vespaio naturale (sin), per effetto Venturi (centro) e con ventilatore (dx)



(Linee Guida Regione Lombardia 2011)



Aspirazione forzata del vespaio



(ARPA Toscana)

Tecniche di ventilazione e aspirazione

Aspirazione del sistema di drenaggio dell'acqua

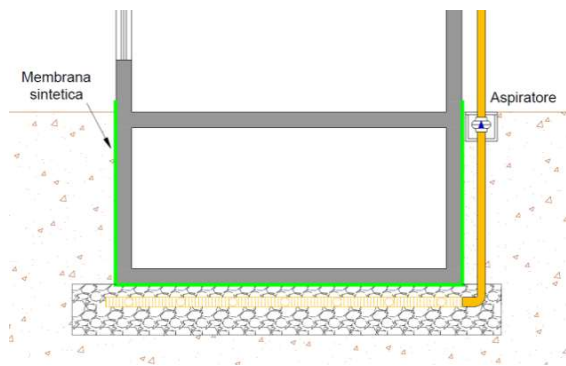
In taluni casi è necessario prevedere un sistema di drenaggio delle acque di falda o prevenire la risalita di acqua interstiziale per la presenza di acquiferi sotterranei superficiali.

Il sistema drenante viene portato in depressione attraverso un impianto di aspirazione.

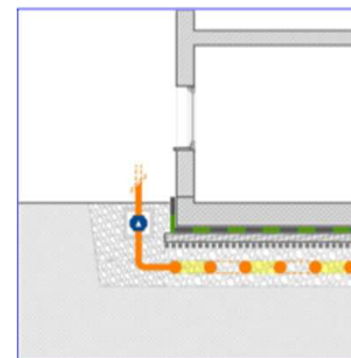
L'aria presente nel suolo sotto l'edificio viene aspirata utilizzando le tubazioni per il drenaggio dell'acqua installate in fase di costruzione.

Il **sistema può raggiungere ottimi risultati** (riduzioni della concentrazione di radon intorno al 50%) ma l'efficacia è condizionata dallo sviluppo delle canalizzazioni rispetto alla base dell'edificio e dalla tenuta del sistema di drenaggio.

Aspirazione del sistema di drenaggio delle acque di falda



Esempio di ventilazione della condotta di drenaggio



(Fonte: Regione Lombardia)

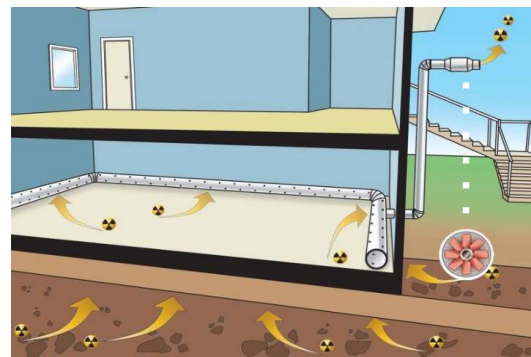
Tecniche di ventilazione e aspirazione

Aspirazione dell'aria da pavimenti con intercapedine

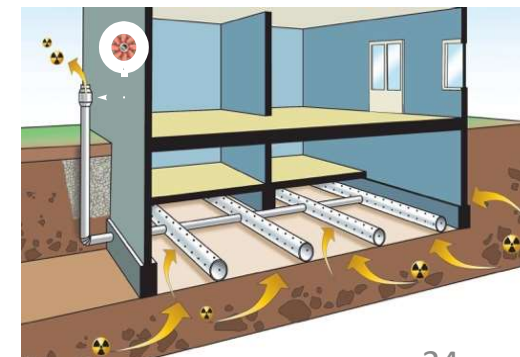
L'aspirazione dell'aria da pavimenti con **intercapedine** è una tecnica che prevede la realizzazione di un nuovo pavimento dotato di un'intercapedine e di un **sistema di aspirazione** dell'aria dall'intercapedine stessa. L'intercapedine è **collegata ad un ventilatore** che aspira l'aria ricca di radon e la veicola all'esterno attraverso una tubazione di scarico.

Una variante meno costosa dell'intercapedine ventilata che può essere applicata laddove non si possa rifare il pavimento, è quello che prevede la posa di apposite **canaline di raccolta**, applicate alla linea di congiunzione tra le pareti ed il pavimento della stanza, collegate ad un ventilatore che aspira l'aria ricca di radon e la veicola all'esterno sempre attraverso apposita tubazione.

Aspirazione dell'aria con intercapedine, con tubi di drenaggio e con canalina di raccolta



Sistema a platea con tubi di drenaggio



(Fonte: ISPESL Il radon in Italia - Guida per il cittadino - 2007)

Tecniche di ventilazione e aspirazione

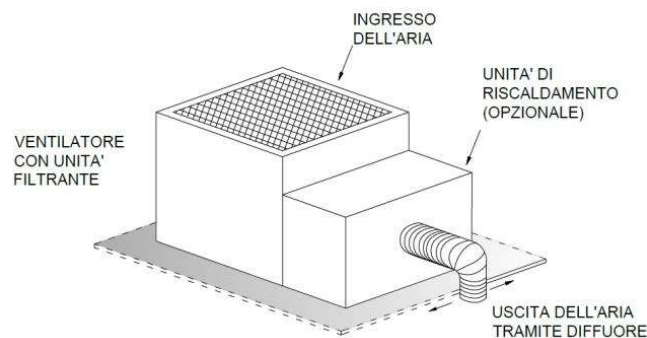
Tecniche di pressurizzazione

Le tecniche di **pressurizzazione** o **sovrapressione** rappresentano l'inverso di quelle basate sulla depressione e consistono nell'insufflare aria al di sotto dell'edificio in modo da creare un movimento che contrasta l'effetto risucchio creato dall'edificio nei confronti del terreno a causa della minore pressione interna e disperde il gas in atmosfera.

L'ingresso del radon proveniente dal suolo può essere contrastato applicando una debole sovrapressione mediante l'installazione di un ventilatore eventualmente dotato di unità di riscaldamento dell'aria di mandata.

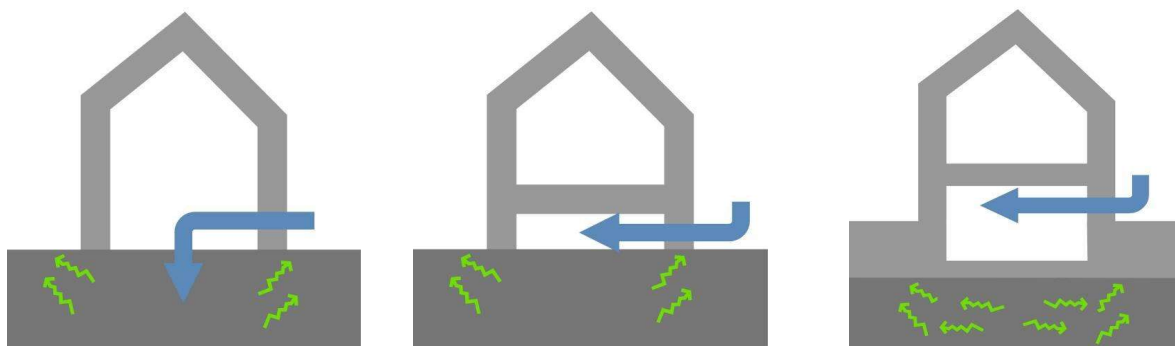
È possibile ottenere lo stesso effetto descritto mediante un impianto di ventilazione meccanica controllata, meglio se dotato di recupero di calore, che, tramite un sistema di canali di aspirazione ed immissione d'aria, consente di agire in maniera uniforme su tutto l'edificio.

Impianto di ventilazione meccanica



(Fonte: Regione Sardegna)

Pressurizzazione del terreno (sin), del vespaio (centro) o di locale alla base dell'edificio



(Fonte: Regione Lombardia)

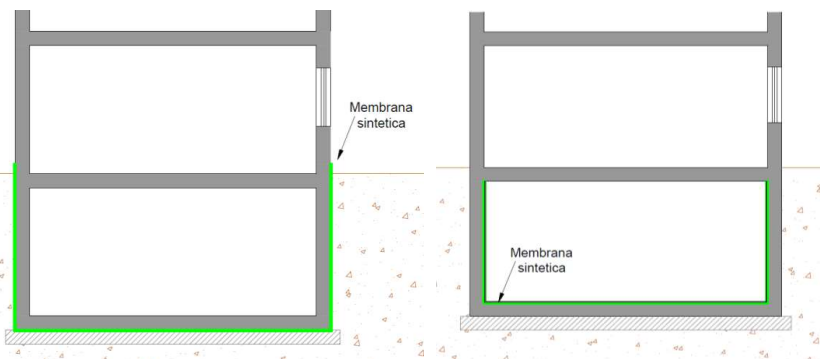
Barriere protettive

L'applicazione di **membrane sintetiche** nell'interfaccia suolo/edificio permette di isolare l'intera superficie di attacco a terra dello stabile. Nell'applicazione a pavimento, la membrana deve essere posizionata tra la superficie superiore del vespaio ed il massetto sul quale successivamente viene posata la pavimentazione.

Oltre alle resistenze a trazione, allungamento e resistenza al punzonamento statico (resistenza alle sollecitazioni meccaniche), è necessario valutare la permeabilità al gas radon (volume di gas che può attraversare l'unità di superficie sottoposta ad una differenza di pressione pari ad una atmosfera, in un intervallo di tempo pari a 24 ore).

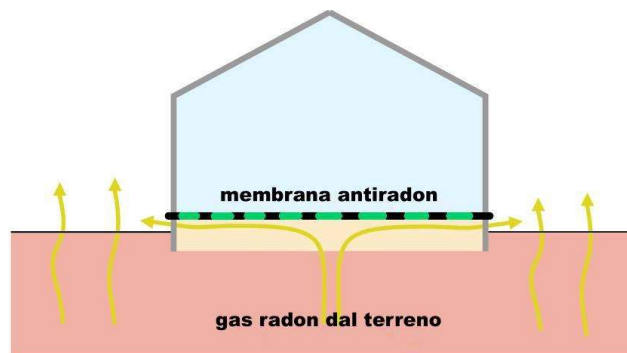
Qualora la sola protezione effettuata dalla membrana non sia sufficiente, è necessario **adottare le tecniche di allontanamento del gas mediante ventilazione**, ad **integrazione** delle misure di isolamento.

Membrane protettive per edificio nuovo ed esistente



(Fonte: Regione Sardegna)

Membrana protettiva



(Fonte: Regione Lombardia)

Posa di una barriera protettiva

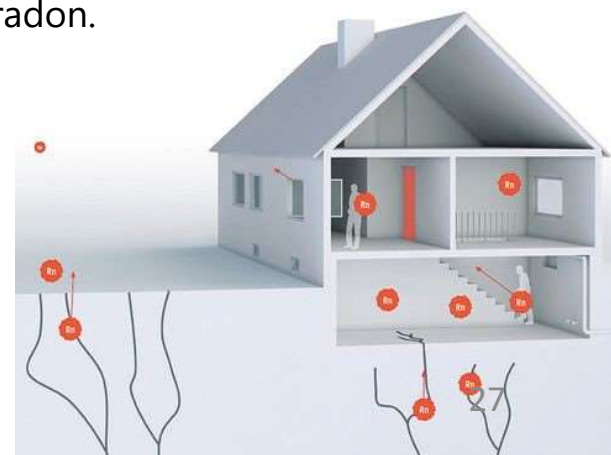


(Fonte: www.espertogasradon.it)

La prevenzione in caso di nuovi edifici ^{1/2}

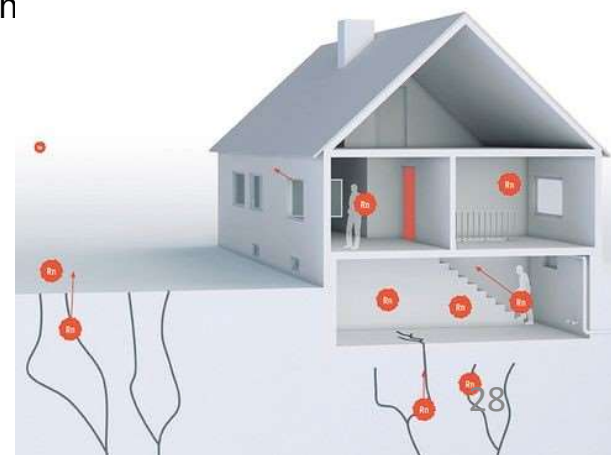
Ferma restando l'applicabilità di tutte le misure analizzate in precedenza, **esistono alcune regole di buona prassi che consentono di abbattere la presenza di radon negli edifici di nuova costruzione:**

- Prima della progettazione di un nuovo edificio occorre **verificare la tipologia di terreno** dove effettuare lo scavo per decidere gli interventi da realizzare, in particolare va analizzato se il terreno insiste su aree ad elevata concentrazione di radon.
- Particolare **attenzione** deve essere **posta durante lo scavo**, in quanto **anche i terreni argillosi**, notoriamente poco permeabili, **se vengono perforati, possono dar luogo ad elevare concentrazioni di radon** (NB è molto difficile prevedere con un buon margine di certezza quale sia la concentrazione del radon del terreno su cui saranno realizzate le fondamenta, in quanto lo scavo cambia completamente la situazione nel suolo)..
- Nella progettazione dei locali sarebbe opportuno **rinunciare all'utilizzo di vani interrati o seminterrati a scopo abitativo** e dotarli di un importante ricambio d'aria.
- Tutte le tecniche che mirano a separare dal suolo tali locali, contribuiscono a proteggere dal radon.
- È necessario progettare **strutture che non creino troppi canali di comunicazione tra aree abitate ed aree a diretto contatto con il terreno** che trasportano il radon nella parte abitata dell'edificio come vani ascensore, camini, condotte verticali.
- Le **cantine dovrebbero avere un accesso esterno indipendente** dai locali abitati ed in particolare se esse possiedono una pavimentazione naturale (terra); se ciò non è possibile, è opportuno sigillare adeguatamente le porte delle scale che conducono alle cantine.
- Anche dal punto di vista dell'isolamento termico conviene **pianificare uno strato d'isolamento tra l'interrato (cantina) ed il piano rialzato**.



La prevenzione in caso di nuovi edifici 2/2

- Tenendo conto che qualsiasi elemento dell'edificio che penetri nel terreno costituisce un potenziale punto d'infiltrazione di radon, le **condotte dell'acqua e del gas andrebbero introdotte dalle pareti laterali e non dal pavimento**.
- Lo stesso vale anche per condutture di piccolo diametro, come **cavi elettrici e d'antenna**, che vanno sigillati con materiali elastici.
- Prevedere il **minimo** indispensabile di **condotte di scarico**, possibilmente senza diramazioni e l'isolamento o lo sfiato delle condutture.
- È opportuno munire l'edificio di uno **strato d'isolamento termico e di una guaina a tenuta stagna appropriata**, tra i locali riscaldati e quelli non riscaldati ed anche per la parte esterna delle mura e sigillare lo strato isolante o interromperlo per un breve tratto, per permettere al radon di uscire all'aperto.
- L'aria presente nel sottosuolo che trasporta il radon dal suolo originariamente era aria esterna. Essa viene continuamente rinnovata e scambiata. Va **favorito lo scambio naturale** sotto la piastra di fondazione con il n
- Soprattutto in zone a rischio radon si consiglia di realizzare un **fondamento a platea in cemento armato** che ricopra tutta la superficie orizzontale dello scavo e di realizzare tutte le mura esterne nella parte interrata in cemento armato.
- La **scelta dei materiali da costruzione** è di fondamentale importanza per garantire un buon isolamento alla permeazione del radon, soprattutto per quel che riguarda le parti interrate. Per la realizzazione delle fondamenta e delle mura è preferibile utilizzare il **cemento** che fornisce le maggiori garanzie di isolamento rispetto ai **mattoni forati**.



Quaderni ISPRA

- **ISPRA, Quaderni Ambiente e Società 31/2024**

ISBN 978-88-448-1229-4

- **ISPRA, Quaderni Ambiente e Società 32/2024**

ISBN 978-88-448-1233-1

www.isprambiente.gov.it

Autori

Clara Peretti, Lucio Confessore - consulenti ISPRA

Barbara Bellomo, Silvia Brini, Pietro Bussu, Elisabetta De Maio,
Alessandro Di Menno di Bucchianico, Raffaella Gaddi, Giuliana
Giardi, Ilaria Leoni, Arianna Lepore, Silvia Mariotti, Sandra Moscone,
Sabrina Panico, Annarita Pescetelli, Elisa Raso, Daniela Santonico,
Stefania Viti - ISPRA

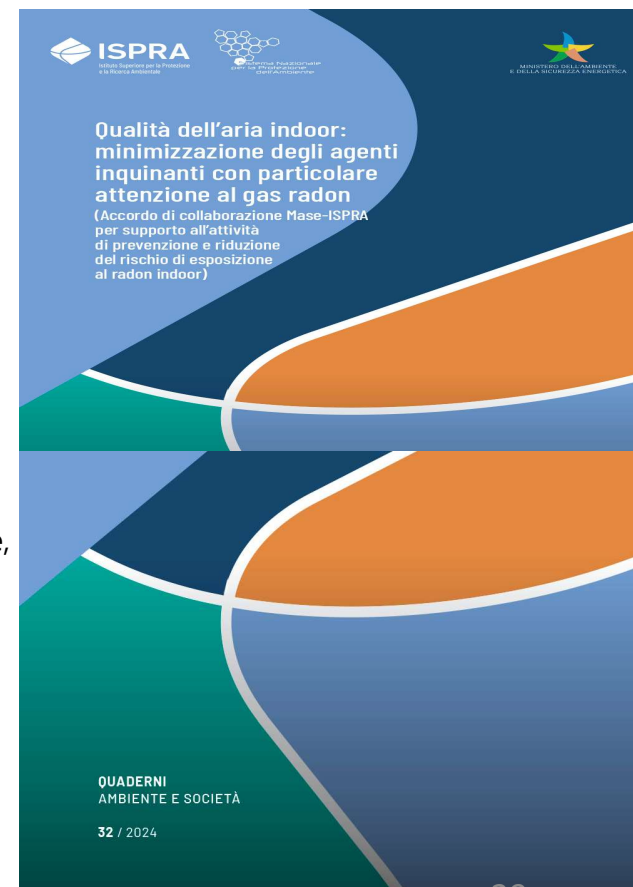
Margherita Arpaia, Federico Massimi – MASE

Elaborazione grafica

Elena Porrazzo - ISPRA

Coordinamento pubblicazione online

Daria Mazzella - ISPRA



Grazie per l'attenzione

