

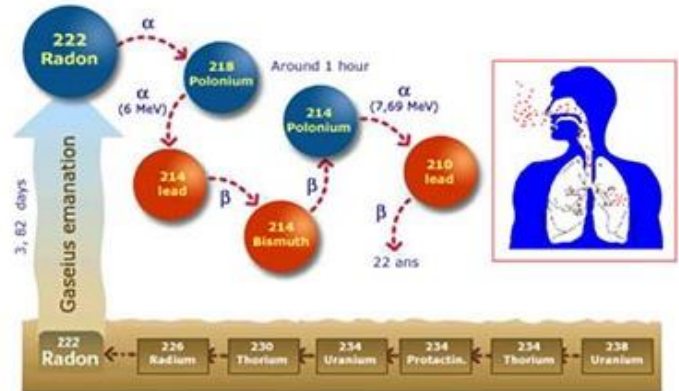
IL RADON

- Perché il radon è pericoloso?
- I livelli di riferimento
- Il Radon in Italia
- La mappatura del rischio Radon
- Come far per...

a cura del
Centro Regionale Radioprotezione (CRR)
ARPA Lombardia

IL RADON

- Il radon è un gas naturale radioattivo, incolore e inodore e proviene dal decadimento di uranio e radio, sostanze radioattive naturalmente presenti sulla Terra.
- E' presente nel suolo, nei materiali da costruzione (tufo, alcuni tipi di granito), nelle acque sotterranee; essendo gassoso, può facilmente fuoriuscire da tali matrici.



- All'aperto il radon si disperde e si diluisce, mentre in ambienti chiusi può accumularsi, raggiungendo a volte concentrazioni rilevanti.
- L'uranio è presente, in concentrazione variabile, in tutte le tipologie di rocce e di terreni; il radon, a sua volta, può essere presente ovunque, anche in suoli poveri di uranio, perché vi viene trasportato da flussi di aria o di acqua sotterranei

Quali sono gli ambienti più "a rischio" rispetto al radon?

- Come premesso, suolo, rocce, materiali da costruzione (tufo, granito) e falde acquifere sono le principali sorgenti di radon.
- Il radon proveniente dal suolo, penetra negli edifici attraverso le porosità del suolo stesso e del pavimento, le microfessure delle fondamenta, le giunzioni pareti - pavimento, i fori delle tubazioni.
- E' quindi più probabile trovare elevate concentrazioni in ambienti a contatto diretto col suolo stesso (interrati e seminterrati, piani terra privi di vespaio areato), soprattutto se costruiti in aree in cui il suolo sottostante è ricco di radon (o dei suoi "precursori", radio e uranio) ed è molto permeabile o fratturato.
- L'accumulo del gas radon in ambienti indoor è anche favorito da uno scarso ricambio d'aria.
- Potenzialmente si possono quindi avere elevate concentrazioni di radon in ambienti come miniere (prevalentemente di uranio ma non solo), grotte, catacombe e sottovie. Anche gli stabilimenti termali sono ambienti in cui si possono trovare elevate concentrazioni di radon, poiché può essere veicolato da acque che ne sono particolarmente ricche.

IL RADON: PERCHÉ È PERICOLOSO

- Il Radon è radioattivo, ma essendo un gas nobile, è poco reattivo chimicamente: generalmente viene espulso dall'organismo prima di decadere.
- Il vero pericolo sono i suoi prodotti di decadimento (i "figli"), anch'essi radioattivi, che si fissano al pulviscolo atmosferico e quindi irradiano il tessuto polmonare e bronchiale dove tale pulviscolo viene immesso tramite la respirazione.
- Il DNA delle cellule colpite può essere danneggiato e se i meccanismi di riparazione cellulare non sono sufficienti, si può sviluppare, anche a distanza di anni, un tumore polmonare.
- Gli studi epidemiologici relativi a lavoratori di miniere d'uranio (gruppo di persone particolarmente esposto al radon) hanno dimostrato la correlazione tra esposizione al radon e tumore polmonare.
- L'esposizione al radon non provoca con certezza l'insorgere della patologia, ma produce un incremento della probabilità che essa si manifesti: l'incremento è proporzionale alla concentrazione di radon presente negli ambienti di vita e di lavoro frequentati da un individuo, ma anche alla durata di tale esposizione, che per essere significativa, deve essere prolungata (diverse ore al giorno, per molti anni).
- L'Organizzazione Mondiale della Sanità considera il Radon un agente cancerogeno, il secondo maggiore responsabile del tumore polmonare dopo il fumo, con il quale agisce in sinergia: gli effetti di questi due agenti cancerogeni non si sommano semplicemente, ma si moltiplicano!
- Non è stata invece dimostrata alcuna correlazione fra esposizione al radon ed altre patologie e il consumo di acque ricche di radon risulta non essere correlato con tumori allo stomaco o con altre patologie a carico dell'apparato digerente.

LIVELLI DI RIFERIMENTO

- La concentrazione di radon in aria si misura in Bq/m³ (Becquerel per metro cubo).
- All'aria aperta, vicino al suolo, si possono misurare valori intorno a 10 Bq/m³, mentre in ambienti chiusi si possono raggiungere concentrazioni elevate, fino a migliaia di Bq/m³.

Ma qual è il valore reale?

- Dato che non è possibile avere in ambienti confinati una concentrazione di radon pari a zero, e quindi nemmeno azzerare il corrispondente rischio di tumore polmonare, sono stati stabiliti dei livelli di riferimento che corrispondono a un rischio ritenuto accettabile.

Livelli di riferimento per ambienti di lavoro

- Gli ambienti di lavoro sono soggetti alla normativa nazionale attualmente in vigore: D. Lgs. 101/2020. Il Titolo IV al capo I considera l'esposizione dei lavoratori o del pubblico a sorgenti di radioattività naturale, tra cui il radon, e richiede il controllo e il contenimento della concentrazione di radon nei luoghi di lavoro.
- Tra i luoghi di lavoro cui si applicano le disposizioni contenute nella Sezione II "Esposizione al radon nei luoghi di lavoro" ed in cui è quindi necessario procedere con l'esecuzione di misure, l'art.16 riporta:
 - a) luoghi di lavoro sotterranei;
 - b) luoghi di lavoro in locali semisotterranei o situati al piano terra, localizzati nelle aree di cui all'articolo 11;
 - c) specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel Piano nazionale d'azione per il radon di cui all'articolo 10;
 - d) stabilimenti termali.
- Il decreto stabilisce inoltre che la concentrazione media annua negli ambienti deve essere inferiore a 300 Bq/m³.
- Le misure di concentrazione media annua di attività di radon in aria devono essere eseguite secondo quanto descritto nella Sezione 1 dell'Allegato II del Decreto e devono essere effettuate da "servizi di dosimetria/organismi di misura riconosciuti" o, nelle more del riconoscimento, da "organismi idoneamente attrezzati", che devono soddisfare i requisiti minimi indicati nell'Allegato II della normativa.
- Le misure devono avere una durata annuale.

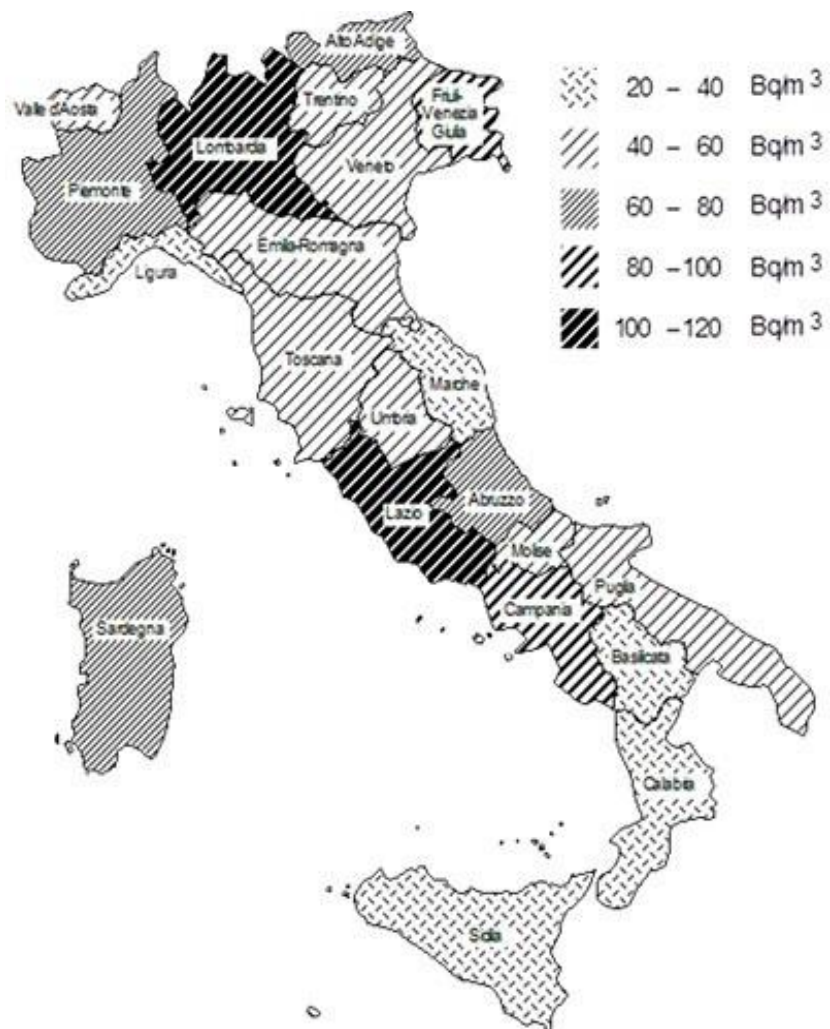
LIVELLI DI RIFERIMENTO

Livelli di riferimento per abitazioni

- Nel nuovo decreto 101/2020 sono stabiliti nuovi limiti per quanto riguarda la concentrazione di gas radon nelle abitazioni.
- Infatti all'art. 12 è stabilito che i livelli massimi di riferimento per le abitazioni, espressi in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria, sono:
 - a) 300 Bq m³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le abitazioni esistenti;
 - b) 200 Bq m³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024.
- Le modalità di misura sono le stesse di quelle utilizzate per i luoghi di lavoro.

IL RADON IN ITALIA

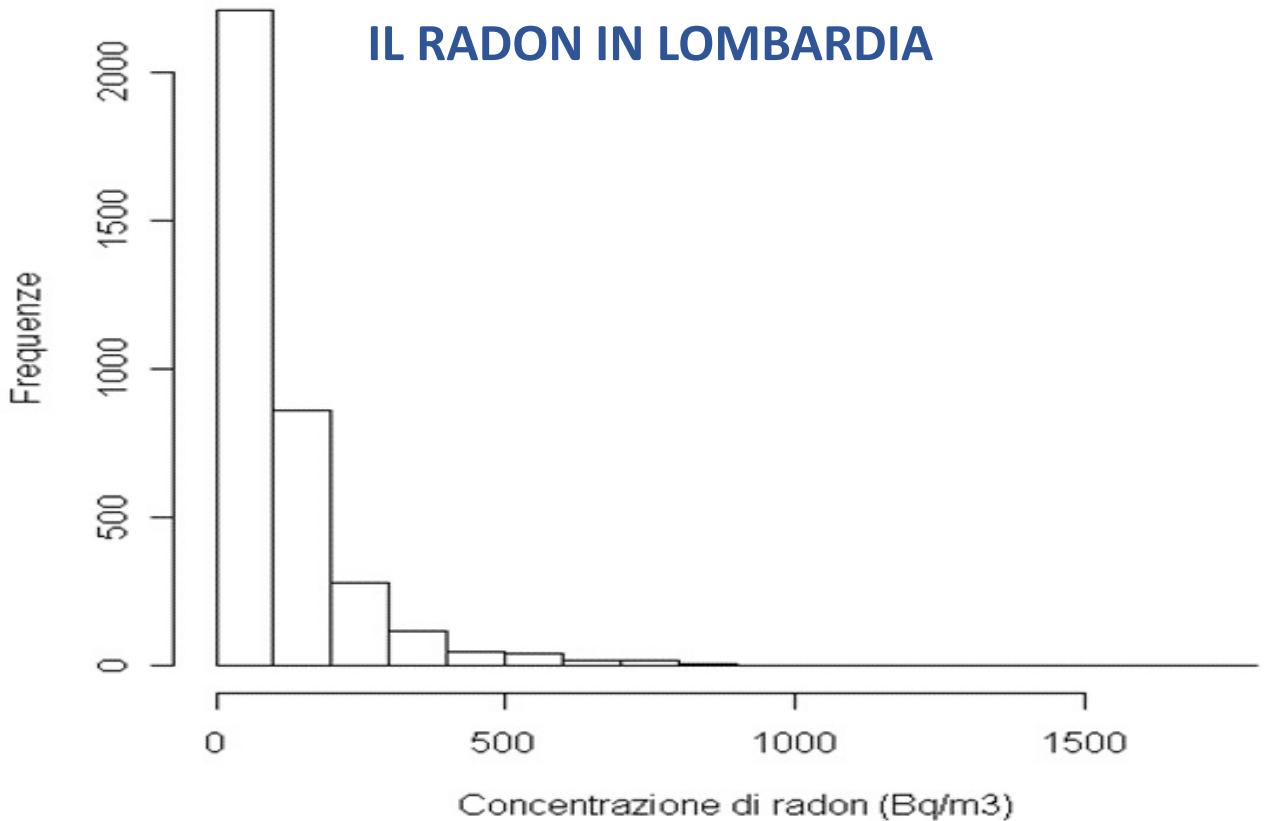
- Negli anni '90 è stata realizzata una campagna di misura nazionale per valutare l'esposizione al radon della popolazione italiana.
- Le misure sono state condotte per un anno, in alcuni comuni di ogni regione, in un totale di circa 5000 abitazioni situate a diversi piani.
- La media annuale nazionale della concentrazione di radon è risultata pari a 70 Bq/m³, superiore a quella mondiale che è stata stimata intorno a 40 Bq/m³.
- Nel 4,1 % delle abitazioni si è misurata una concentrazione superiore a 200 Bq/m³, e nello 0.9% una concentrazione superiore a 400 Bq/m³.
- I risultati sono mostrati nella figura, dove le regioni sono diversamente evidenziate in funzione del valor medio delle concentrazioni misurate. Si può notare come in Lombardia, così come nel Lazio, siano state riscontrate le più elevate concentrazioni di radon; seguono il Friuli Venezia Giulia e la Campania.



IL RADON IN LOMBARDIA

- La normativa italiana (il D. Lgs. 241 del 2000) prevedeva che le regioni e le Province autonome definissero le cosiddette “radon prone areas”, cioè le aree a maggiore rischio radon, entro il 31/08/05, secondo metodi e criteri stabiliti da una speciale Commissione Tecnica nazionale che, però, non è mai stata istituita.
- In assenza di indicazioni centrali e univoche, alcune Regioni e Province autonome hanno avviato iniziative indipendenti, in genere realizzando apposite campagne di misura in abitazioni (o in edifici di analoghe caratteristiche) e analizzandone i risultati in modalità differenti, al fine di realizzare la mappatura del proprio territorio.
- In Lombardia a tale fine è stata svolta nel **2003** una prima [campagna di misura su scala regionale](#), con una collaborazione tra ARPA Lombardia e i Dipartimenti di Prevenzione delle ASL (ora Dipartimenti di Igiene e Prevenzione Sanitaria delle ATS).
- La campagna ha coinvolto circa **3600** punti di misura in 541 comuni (1/3 circa del totale dei comuni lombardi), in locali al piano terra. In seguito, nel **2009-2010** è stata realizzata una [seconda campagna regionale](#) che ha riguardato circa **1000** punti di misura, collocati in abitazioni a diversi piani; i risultati di tale campagna hanno integrato e sostanzialmente confermato i risultati della campagna precedente.

IL RADON IN LOMBARDIA

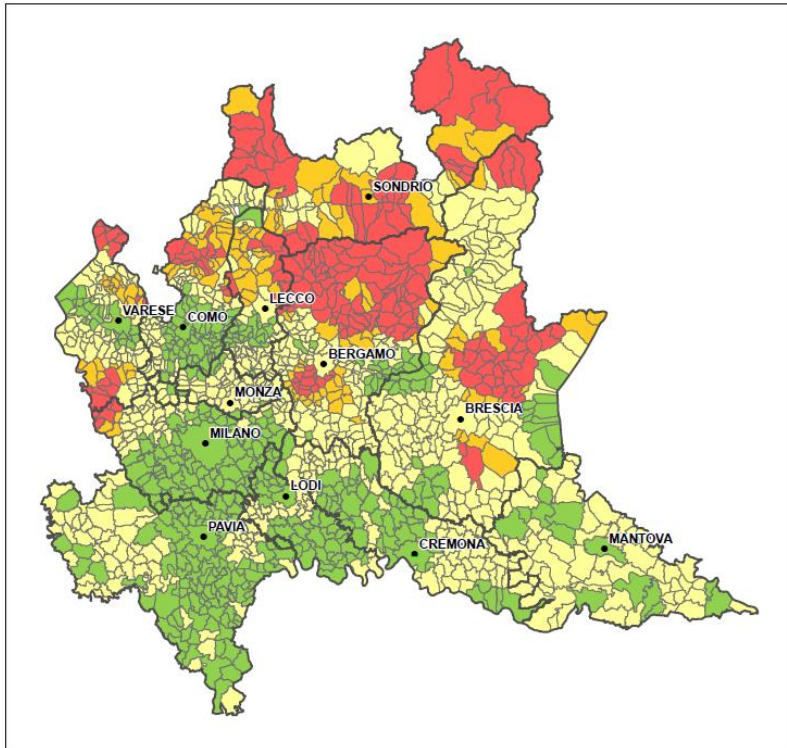


- In figura si può osservare la distribuzione statistica dei risultati della campagna di monitoraggio: la maggior parte delle misure è inferiore a 100 Bq/m³, ma si osserva una “coda” di valori più elevati.
- La media aritmetica delle misure è risultata pari a 124 Bq/m³, il 15% dei locali misurati ha presentato una concentrazione di radon indoor media annua superiore a 200 Bq/m³ e il 4% superiore a 400 Bq/m³.
- In generale i risultati delle campagne di misura hanno mostrato come nell’area di pianura, dove il substrato alluvionale, poco permeabile al gas, presenta uno spessore maggiore, la presenza di radon sia poco rilevante; nelle aree montane in provincia di Sondrio, Varese, Bergamo, Brescia e Lecco, le concentrazioni sono risultate invece decisamente più elevate.
- Le analisi statistiche sulle misure effettuate in Lombardia hanno inoltre mostrato che la concentrazione di radon indoor, oltre che alla zona geografica e quindi alle caratteristiche geomorfologiche del sottosuolo, è anche strettamente correlata alle caratteristiche costruttive, ai materiali utilizzati, alle modalità di aerazione e ventilazione e alle abitudini di utilizzo del singolo edificio/unità abitativa.

LA MAPPATURA DEL RISCHIO RADON

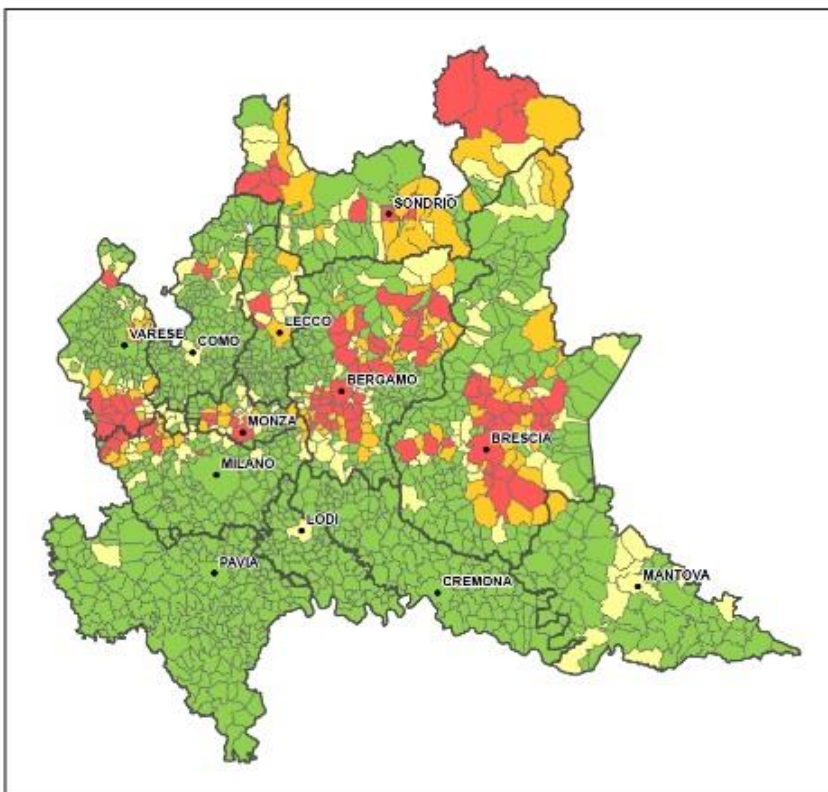
- Come si è detto, nelle due campagne di misura complessivamente sono stati misurati circa 4600 ambienti sparsi sull'intero territorio regionale; il numero di misure effettuate (almeno due per ogni ambiente) è molto alto: questo grande impegno è stato necessario per garantire significatività statistica alle successive elaborazioni dei risultati, e quindi per rendere attendibile la mappatura del territorio che su di esse si sarebbe basata.
- A questo proposito vale la pena di sottolineare come, nel corso del tempo, siano state pubblicate, sulla stampa o sul web, mappature del rischio radon realizzate da vari autori, basate su set di dati ridotti e aggregati senza criteri statistici: mappature che pertanto non possono essere considerate attendibili
- I risultati delle due campagne condotte da ARPA Lombardia sono stati elaborati con la collaborazione ed il supporto fondamentale del Dipartimento di Statistica dell'Università degli Studi Bicocca, che ha utilizzato metodi geostatistici, con i quali è stato possibile stimare la concentrazione media di radon anche in comuni nei quali non sono state effettuate misure.
- Non essendo definito un criterio univoco per l'elaborazione dei dati, ne sono stati impiegati diversi, che hanno originato **diversi tipi di mappe**: presentiamo in questa pagina alcune delle mappe possibili.
- Una prima possibilità è quella di rappresentare il **valore medio della concentrazione** di radon misurata o prevista in una determinata area.
- Nel caso del radon, è ancora più significativa, rispetto alla concentrazione media, **la probabilità che una generica abitazione a piano terra abbia una concentrazione di radon superiore a un livello ritenuto significativo, per esempio a 200 Bq/m³**.
- Questi valori di probabilità sono rappresentati nella mappa seguente, dove i comuni sono stati raggruppati in 4 categorie (vedi legenda). I comuni colorati in rosso sono quelli nei quali più del 20% delle abitazioni a piano terra potrebbe avere livelli di radon superiori a 200 Bq/m³.
- Anche se si tratta di una sovrastima (dal momento che non tutte le abitazioni si trovano a piano terra, dove le concentrazioni sono tipicamente più elevate rispetto agli altri piani), questo consente di individuare i comuni in cui il problema del radon dovrebbe essere affrontato con maggiore sollecitudine.

E' disponibile [l'elenco dei singoli comuni con le stime delle probabilità di superamento del livello di 200 Bq/m³](#)



Probabilità di superamento di 200 Bq/m³

Nella figura successiva è rappresentata una seconda mappa, realizzata moltiplicando le probabilità di superamento per il numero di abitazioni di ciascun comune (nell'ipotesi cautelativa che tutte si trovino a piano terra e che in media si abbiano 3 abitanti per abitazione), e quindi ottenendo una diversa classificazione di questi ultimi, basata sul numero di abitazioni che si prevede siano caratterizzate da una concentrazione media annua superiore a 200 Bq/m³.



Numero di abitazioni con concentrazione di radon superiore a 200 Bq/m³

- Come sopra detto, negli ultimi anni in Italia sono state realizzate diverse mappature con modalità e criteri differenti, ma, in mancanza di indicazioni univoche in merito, pochissime Regioni le hanno ratificate come previsto dal D. Lgs. 241/00, cioè come “aree a rischio-radon”: in tali aree sarebbero obbligatorie misure annuali in tutti i luoghi di lavoro (e non solo nei sotterranei).
- I risultati delle campagne di misura e delle conseguenti mappature forniscono però alle amministrazioni locali informazioni circa l’entità del problema nel territorio.
- **La Regione Lombardia ha scelto di privilegiare l’aspetto della prevenzione**, pubblicando, nel 2011, delle linee guida che danno indicazioni sia per il risanamento di edifici esistenti, sia per la prevenzione da radon nella costruzione di nuovi edifici e tramite le ASL ha raccomandato a TUTTI i comuni lombardi di rivedere i Regolamenti Edilizi entro la fine del 2014 alla luce di tali linee-guida.

COME FARE PER.....

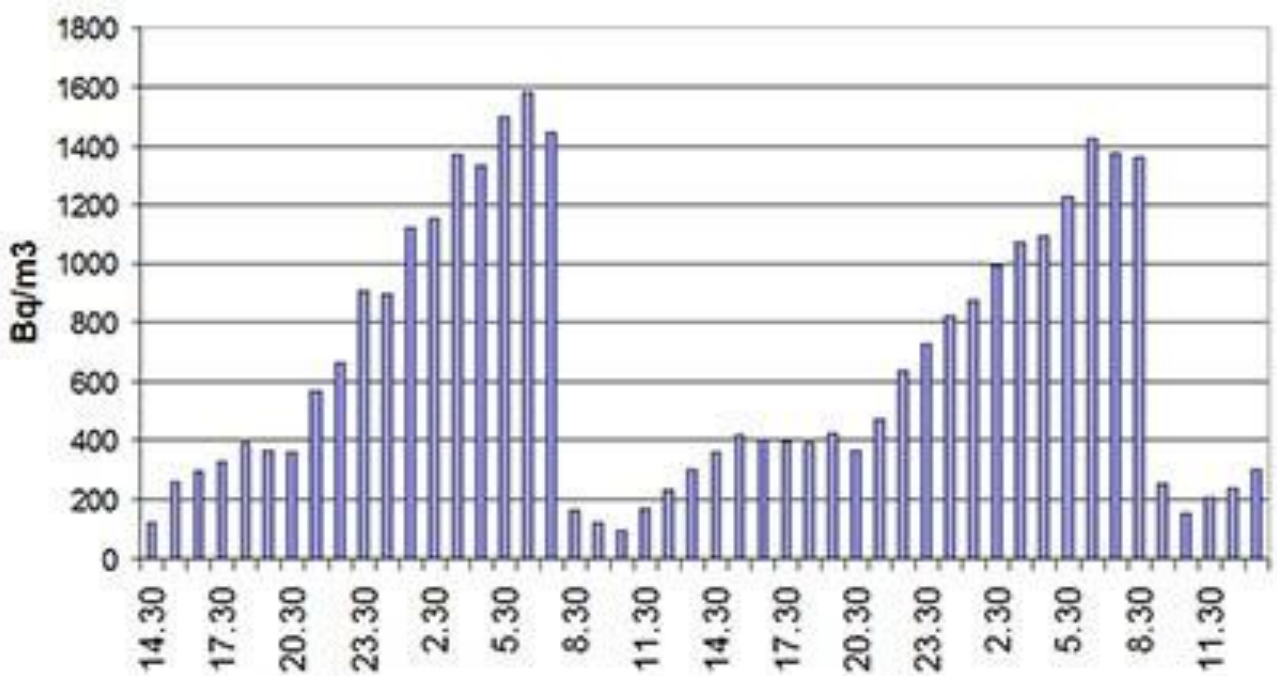
Come fare per ridurre la concentrazione di radon indoor?

- Premesso che, almeno provvisoriamente, può essere sufficiente la ventilazione degli ambienti, che consente la diluizione del gas, l'ingresso e la concentrazione del radon negli ambienti confinati si possono ridurre mediante varie tecniche, dove possibile associate tra loro:
 - ✓ Posa di membrane impermeabili al radon
 - ✓ Sigillatura di giunti, crepe, fessure, tubazioni
 - ✓ Chiusura di condotte d'aspirazione non utilizzate
 - ✓ Posa di tubi drenanti sotto l'edificio
 - ✓ Realizzazione di pozzetti interni o esterni all'edificio per pressurizzazione oppure, al contrario, depressurizzazione del vespaio o del suolo sottostante l'edificio
- Utili indicazioni sull'applicazione di tali tecniche sono presenti nel già citato documento: "[Linee guida per la prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor](#)".
- A titolo di esempio, si rimanda alla [descrizione dei risanamenti svolti presso alcuni edifici scolastici in provincia di Bergamo negli anni 2009-2010](#), ai quali ARPA Lombardia ha collaborato eseguendo misure preliminari, di monitoraggio e di verifica dell'efficacia della bonifica.

Come si misura la concentrazione di radon in un ambiente?

- La scelta del metodo di misura (tecnica, durata e condizioni di misura) dipende dallo scopo e dalle informazioni che si desiderano ottenere:
 - ✓ per la valutazione dell'esposizione delle persone **in un luogo di lavoro** è necessaria una misura di durata annuale, eventualmente ripetuta;
 - ✓ per valutare la concentrazione di radon **in un'abitazione** è consigliabile una misura almeno di qualche mese, nella stagione invernale, in normali condizioni d'uso e di ventilazione, almeno un punto di misura al piano più a contatto con il terreno, uno nella zona giorno e uno nella zona notte;
 - ✓ per valutare l'efficacia di un **risanamento** è utile integrare tecniche diverse: dopo misure di breve durata è necessario verificare i risultati anche con misure di lunga durata.
- L'impostazione delle misure e l'interpretazione dei risultati devono tenere conto dei molteplici fattori che possono influenzare la concentrazione di radon in un locale.

- Infatti la concentrazione di radon in un ambiente dipende dalle caratteristiche idrogeologiche del suolo e dalle caratteristiche costruttive dell'edificio e del locale, ma anche da altri fattori contingenti: temperatura, pressione atmosferica, umidità e polverosità, condizioni meteorologiche, ventilazione dei locali, differenza di temperatura e di pressione tra ambiente interno ed esterno.
- In uno stesso ambiente la concentrazione di radon è soggetta a fluttuazioni orarie e stagionali dovute alle variazioni di tutti questi fattori.
- Per questo sono consigliabili misure di durata abbastanza lunga da mediare su queste variazioni.



Esempio di andamento orario della concentrazione di radon in un locale, con la tipica fluttuazione giorno-notte

A chi rivolgersi per le misure?

- Alcune ARPA o APPA eseguono misure di radon, anche a richiesta, altre svolgono esclusivamente campagne di monitoraggio.
- ARPA Lombardia svolge misure radon di vario tipo mediante le tecniche disponibili presso alcune delle proprie sedi; svolge campagne di monitoraggio istituzionali e, sporadicamente, misure puntuali a richiesta a pagamento, previa verifica della disponibilità da parte del laboratorio ed esclusivamente a favore di enti o soggetti di interesse pubblico.
- Per chiedere informazioni più puntuali in merito si rimanda alla sezione [URP - Ufficio Relazioni con il Pubblico](#). Esistono inoltre diverse aziende e laboratori in Italia che effettuano misure di radon. Tali aziende sono facilmente reperibili in internet. Va specificato che le misure in luoghi di lavoro previste dal D. Lgs. 241/00 (art. 107) devono essere svolte da "organismi riconosciuti" o, in attesa del riconoscimento, da "organismi idoneamente attrezzati". Poiché attualmente non esistono organismi riconosciuti, i requisiti minimi di quelli idoneamente attrezzati sono stati definiti nelle [Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei emanate dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome – 2003](#).
- Un elenco di aziende che hanno fornito la garanzia di operare con le caratteristiche di "organismo idoneamente attrezzato" è disponibile in internet a questo indirizzo: <http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/agenti-fisici/radiazioni-ionizzanti/radon/come-si-misura-1/elenco-di-organismi-ritenuti-idoneamente-attezzati-per-misurazioni-di-radon-in-aria-allinterno-delle-abitazioni-del-territorio-veneto>.

E' consigliabile che le misure vengano eseguite da laboratori in grado di garantire il rispetto di tali requisiti, non solo nel caso di luoghi di lavoro, ma anche nel caso di ambienti residenziali.