

L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente di Bolzano
- Laboratorio di chimica fisica (29.8)
informa



in Alto Adige

Stato delle indagini
2003

Con esempi di contromisure e
risultati di risanamenti realizzati in Alto Adige

Testo: Laboratorio di chimica fisica - Dott. Luigi Minach
Collaboratori: Dott. Luca Verdi, Claudia Marchesoni, Claudio Amadori

Il presente rapporto è pubblicato anche su Internet
(www.provincia.bz.it/agenzia-ambiente/radon/index_i.htm)

Indice	pagina
Che cos'è il radon ?	3
Il radon rappresenta un pericolo per la nostra salute	6
La normativa	
In edifici residenziali	7
In ambienti di lavoro in Italia	7
La situazione in Alto Adige	10
Il questionario radon	12
La misura del radon	14
Il metodo passivo	14
Il metodo attivo	15
Quando e dove misurare	16
Dove è rilevabile il radon in Alto Adige? La mappa del radon	18
I risultati dei singoli comuni (tabella)	20
Il radon nelle acque sorgive	23
Perché si presenta il problema del radon? Le case con radon hanno particolari caratteristiche?	25
Perché il radon penetra nelle case?	28
Le contromisure	31
Arieggiare di più	31
In caso di nuove costruzioni	32
Chiarire la situazione di partenza	32
Le misure nel terreno	32
La progettazione della casa nuova	33
L'isolamento del fondamento per la casa nuova	34
In caso di risanamenti	38
Cosa è stato fatto in Alto Adige? Alcuni risultati di risanamenti realizzati in Alto Adige	44

1. Che cos'è il radon? Il radon è un gas nobile radioattivo presente in natura

Il radon è stato scoperto all'inizio del 1900 e il termine "radon" gli è stato dato nel 1918 per indicare l'elemento con la massa atomica 222 ed il numero atomico 86, cioè l'isotopo Rn-222. In totale esistono 26 isotopi del radon, compresi tra il Rn-199 ed il Rn-226. Solo tre di questi si riscontrano in natura: l'**attinon (Rn-219)** della serie dell'uranio (U-235), il **toron (Rn-220)** della serie di decadimento del torio (Th-232) ed il **radon (Rn-222)** della serie di decadimento dell'uranio (U-238). Il decadimento naturale dell'uranio (U-238) produce in totale altri tredici prodotti radioattivi. I rappresentanti più noti della serie sono il radon (Rn-222) ed il suo diretto predecessore, il radio (Ra-226). La catena di decadimento termina con il piombo (Pb-206) stabile.

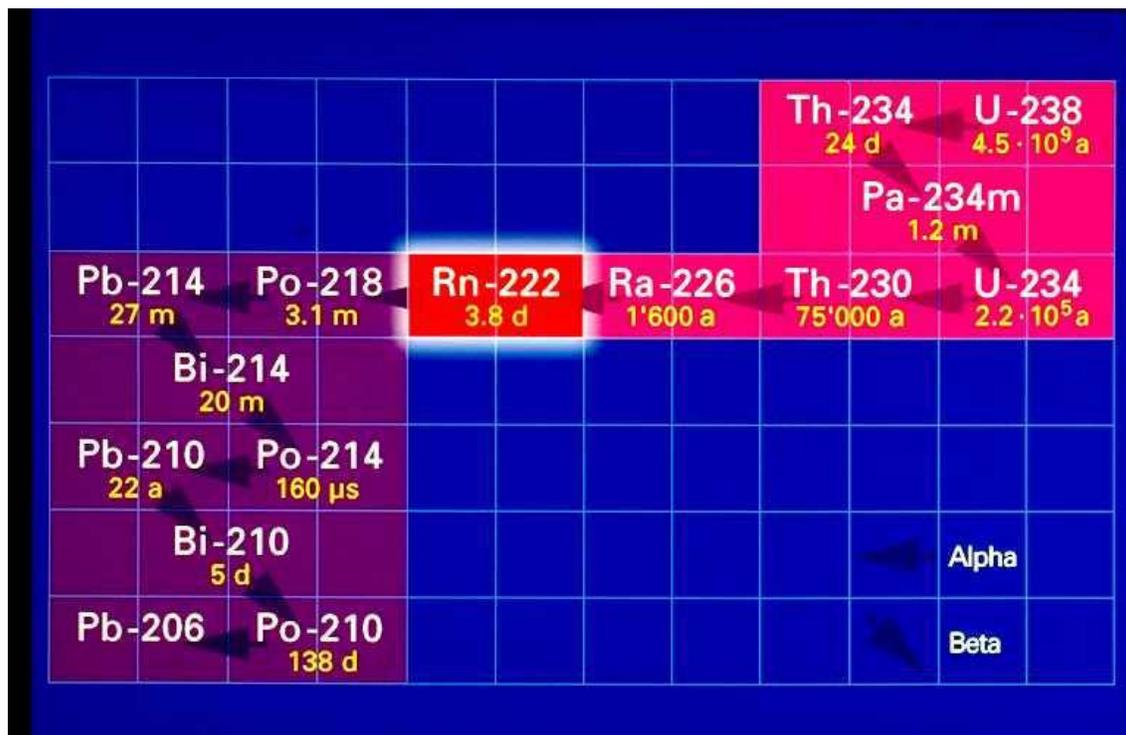
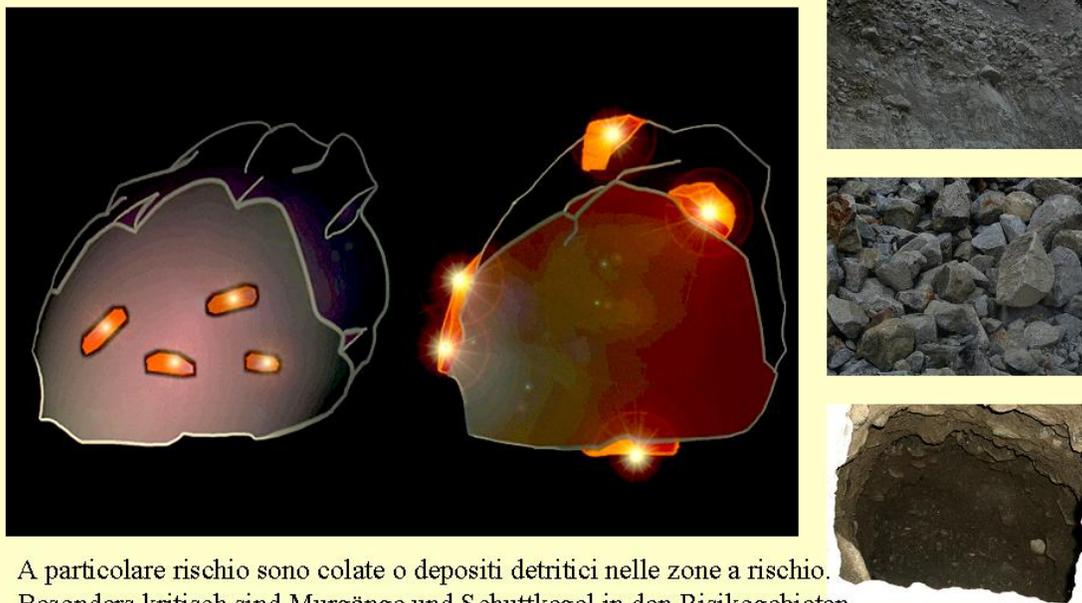


FIGURA 1) La serie di decadimento dell'uranio-238 (U-238) con indicato il tipo di decadimento ed il tempo di dimezzamento

A differenza degli altri prodotti di questa serie, il radon è gassoso e può spostarsi dal punto d'origine. Affinchè da un minerale comune possa verificarsi un'efficiente emanazione di radon, esso deve formarsi entro i primi 0,02- 0,07 μ m dalla superficie. Tale è la distanza di rinculo di un atomo di radon all'istante della sua formazione da un atomo di radio. Il radon che si forma più in profondità rimane imprigionato e decade sul posto nei suoi sottoprodotti solidi. Possiamo quindi affermare che il potere d'emanazione non dipende solo dal contenuto di radio, ma essenzialmente dalle caratteristiche strutturali del materiale.

Radonabgabe von der Gesteinsoberfläche Cessione del radon dalla superficie dei minerali

(foto a sinistra: Radon, Ufficio federale d. sanità pubblica di Berna, CH)



A particolare rischio sono colate o depositi detritici nelle zone a rischio.
Besonders kritisch sind Murgänge und Schuttkegel in den Risikogebieten.

FIGURA 2) L'immagine più grande a sinistra vuole indicare che normalmente un'efficiente emanazione di radon avviene solamente se questo si forma in prossimità della superficie del minerale, altrimenti rimane imprigionato dentro. Le foto più piccole mostrano una colata detritica. Normalmente questi terreni sono molto permeabili

Chimicamente il radon è un gas nobile, incolore, inodore, insapore e quasi inerte. Esso è solo moderatamente solubile nell'acqua. Ad una temperatura di 20 °C il coefficiente di solubilità è di 0.25, ciò significa che il radon preferisce distribuirsi in aria piuttosto che in acqua. Perciò il radon fuoriesce facilmente dall'acqua facendovi gorgogliare attraverso dell'aria oppure semplicemente agitandola vigorosamente. Anche nel caso di una sorgente dove l'acqua scaturisce dalla roccia, la maggiore parte del radon si volatilizza velocemente. Contrariamente all'acqua, il radon è molto solubile nei liquidi organici p. es. per l'olio d'oliva, il coefficiente di solubilità è di 29,0 (a 18 °C).

Il radon (Rn-222) è presente in tracce nel sottosuolo quasi ovunque. La sua concentrazione nel terreno varia da qualche centinaio a più di un milione di Bq/m³. Le rocce che hanno un maggiore contenuto d'uranio/radio (tufi, granito e porfido) possono emanare maggiori quantità di radon. Questo vale soprattutto per rocce permeabili o fratturate. In una roccia compatta, invece, il radon rimane imprigionato nel materiale. In terreni con rocce molto fratturate, con molti spazi vuoti, il radon può essere trasportato da correnti d'aria o dall'acqua sorgiva o piovana infiltrata. Molte volte sono proprio le fratture e le faglie ad essere associate a concentrazioni elevate di radon; è proprio lì che l'acqua trasporta l'uranio favorendone l'accumulo. Più il sottosuolo è permeabile (detriti), più è facile che il radon riesca ad arrivare fino in superficie. Mentre nel suolo le concentrazioni di radon possono essere molto elevate all'aperto il radon si volatilizza rapidamente (normalmente circa 10 Bq/m³, UNSCEAR 2000). Negli ambienti chiusi (edifici) esso può concentrarsi raggiungendo concentrazioni anche molto elevate, per via del ridotto ricambio d'aria o in conseguenza d' altri effetti esposti di seguito. Il radon

penetra nelle case attraverso crepe, fessure o punti aperti delle fondamenta. Le abitazioni nei seminterrati o al pianterreno sono particolarmente interessate dal fenomeno. Se i suddetti tipi di rocce sono usati come materiali da costruzione, possono egualmente emettere radon. Si dovrebbe quindi evitare di impiegarli all'interno degli edifici.

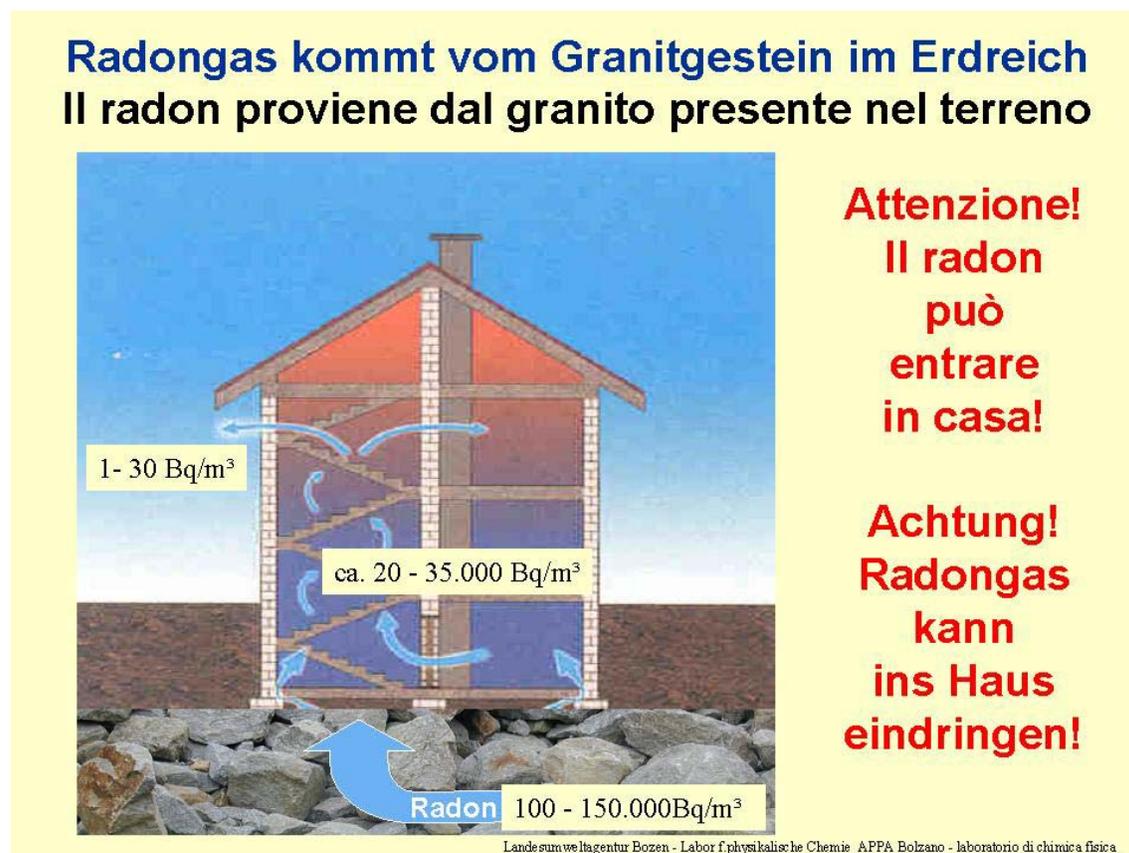


FIGURA 3) Il radon può penetrare in casa e concentrarsi. La figura indica gli intervalli di concentrazione del gas radon misurati in Alto Adige nel terreno, in casa ed all'aperto

Ogni sostanza radioattiva ha una propria velocità di decadimento, caratterizzata dal suo tempo di dimezzamento, cioè il tempo dopo il quale rimane la metà del numero iniziale degli atomi radioattivi. Mentre p. es. il radio ha un tempo di dimezzamento molto lungo (1600 anni), quello del radon ($Rn-222$) è relativamente breve (3,8 giorni). Quindi, se fosse presente del gas radon al momento dell'imbottigliamento di un'acqua minerale, dopo un mese di stoccaggio quasi tutto il radon sarebbe decaduto.

Gli altri isotopi dell'elemento radon decadono ancora più rapidamente e perciò in confronto al radon hanno una minore importanza. Il toron ($Rn-220$) ha un tempo di dimezzamento di 55,6 secondi, di conseguenza la distanza che può raggiungere fuoriuscendo dai materiali è minima. L'attinon ($Rn-219$) con un tempo di dimezzamento di 3,96 secondi rimane imprigionato nel materiale e normalmente può essere trascurato.

2. Il radon è un pericolo per la nostra salute – aumenta il rischio di cancro polmonare

Il radon ed in particolare i suoi discendenti sono importanti dal punto di vista radioprotezionistico in quanto decadendo emettono particelle alfa e beta. Soprattutto le particelle alfa sono caratterizzate da un'elevata energia ed efficacia biologica. Inalati, il radon e soprattutto i suoi figli che si depositano sul tessuto polmonare, causano un irraggiamento delle cellule epiteliali, in particolare nella regione bronchiale. A causa della sua ubiquità il radon è la fonte dominante dell'esposizione umana alle radiazioni ionizzanti.



FIGURA 4) Il radon rappresenta un pericolo per la nostra salute.

Agli inizi del XVI secolo si era già constatato che alcuni minatori erano affetti da una patologia polmonare cronica, denominata la "malattia dei minatori". Nella prima metà del XIX secolo, nella regione mineraria della Sassonia tale patologia veniva chiamata "malattia dello Schneeberg". Nel 1879, per la prima volta fu ipotizzata la diagnosi per questo male: cancro ai polmoni, anche se la causa rimaneva ancora sconosciuta. Intorno al 1900 si individuò l'elemento "radon" e si fecero le prime scoperte sul principio della radioattività: in seguito si osservò anche che le radiazioni ionizzanti possono provocare tumori. Solo negli anni '50 si svelò il mistero dei minatori dello Schneeberg: grazie ad indagini epidemiologiche su lavoratori di miniere d'uranio si scoprì che il radon e i suoi prodotti di decadimento sono in grado di provocare il cancro polmonare.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO-OMS) ha dichiarato già dal 1988, attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), che il radon è una delle 75 sostanze cancerogene per l'uomo assieme al benzene, all'amianto, al fumo di tabacco. In Ger-

mania, secondo il Bundesamt für Strahlenschutz si può parlare di un incremento significativo del rischio relativo di neoplasie polmonari a partire da 250 Bq/m³. Sono stati inoltre da poco (settembre 2000) presentati i risultati preliminari ufficiali di uno studio secondo cui il rischio relativo aumenta circa del 10% se la concentrazione di radon aumenta di 100 Bq/m³. Questa stima approssimativa è in accordo con BEIR VI, come è stato ribadito nell'ambito della „5th International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects“ tenuta a Monaco dal 4 al 7 settembre 2000.

Sul supplemento ordinario n.252 della G. U. n. 278 del 27/11/01 è stato pubblicato l'accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente: "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati". Nel rapporto si afferma che in Italia, l'esposizione al radon è responsabile di un numero di casi di tumore polmonare compreso tra 1500 e 6000 per ogni anno.

Per ulteriori informazioni:

- National Research Council, Health Effects of Exposure to Radon, BEIR VI, Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR VI), Board on Radiation Effects Research, Commission on Life Sciences, National Academy, Washington, DC (1998).
- H.Lubin et al. Estimating lung cancer mortality from residential radon using data for low exposures of miners, Radiation Research 147, 126 – 134 (1997).
- R.William Field, Philippe J. Duport, Exposure to residential radon causes lung cancer. Medical Physics 30, pp.485 – 488 (2003).

3. La normativa vigente in Italia

Il radon è un gas ubiquitario e perciò non è possibile eliminarlo totalmente. Di conseguenza tutte le normative in materia hanno come caratteristica generale quella di fissare dei cosiddetti **livelli di azione o intervento**, ossia dei valori di concentrazione di radon superati i quali raccomandare (o imporre) delle azioni di rimedio per ridurre la concentrazione. Sotto questi livelli il potenziale rischio è considerato “accettabile”.

3.1. In edifici residenziali

A livello europeo è in vigore la raccomandazione 90/143/Euratom del 21/02/90 che per gli edifici residenziali esistenti consiglia una soglia d'intervento di 400 Bq/m³, per quelli nuovi (ancora in fase di progetto) di 200 Bq/m³. In caso di superamento è raccomandata l'adozione di contromisure per abbassare la concentrazione di radon. In Italia a riguardo non esiste ancora un limite di legge.

3.2. In ambienti di lavoro

Per questi, in Italia, il 01.01.2001 è entrato in vigore il Decreto Legislativo 26.05.2000 n. 241 (pubblicato sulla G.U. n. 203 del 31.08.2000 N.140/L). È stata così recepita la direttiva 96/29/Euratom del 13.05.96 in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti, che riguardo alle sorgenti naturali di radiazioni (p.es. radon) chiede agli stati membri di individuare le attività lavorative a rischio, di eseguire adeguati controlli e di imporre dei limiti per gli ambienti di lavoro. Il D.L. 241 va ad integrare il D.L. 17.03.1995 n. 230 (in materia di radiazioni ionizzanti) nel quale inserisce il Capo III bis introducendo gli articoli da 10 bis a 10 octies per disciplinare, ai fini della sicu-

rezza dei lavoratori e, ove occorra, della popolazione, le attività lavorative nelle quali sono presenti sorgenti naturali di radiazioni (in particolare prodotti di decadimento del radon, del toron o radiazioni gamma).

Si riassumono di seguito le attività lavorative d'interesse, i livelli d'azione ed i tempi per l'attuazione delle relative disposizioni (vedi anche Circolare n. 5 /2001 del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale):

3.2.1. Art.10 bis, comma 1, lettera a) - attività lavorative in tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei o interrati: il datore di lavoro è tenuto ad effettuare la misurazione della concentrazione di radon entro 24 mesi dall'inizio dell'attività, secondo linee guida emanate dalla cosiddetta Commissione "radon" istituita dall'art. 10 septies.

Regime transitorio: l'obbligo predetto entra in vigore il 1 marzo 2002, fermo restando i 24 mesi di tempo, a partire da quest'ultima data, per effettuare le misure. (art.37, comma 2, D.Lgs.241/00).

Esistono due livelli d'azione: la concentrazione di radon (Rn-222) misurata come media annuale non deve superare il livello d'azione fissato in: 500 Bq/m³. Se si supera questo livello si valuta un secondo livello d'azione di 3 mSv/a (per 2000 ore lavorative; 3×10^{-9} Sv/Bqhm³ x 2000h x 500 Bq/m³ = 0,003 Sv/a). Contrariamente al primo questo secondo livello d'azione tiene anche conto del tempo di permanenza. Attenzione! Questo secondo livello d'azione non è valido per scuole dell'obbligo, scuole materne e asili nido. Per questi vale tassativamente il livello di 500 Bq/m³.

Perciò fatta eccezione per gli esercenti di asili nido, scuola materna e scuola dell'obbligo, il datore di lavoro, in caso di superamento del livello d'azione per il radon di 500 Bq/m³, può non adottare azioni di rimedio se dimostra, tramite un esperto qualificato, che nessun lavoratore è esposto ad una dose superiore a 3 mSv/anno (ad esempio in base alle limitate ore annue di permanenza nei locali ove si superano i predetti 500 Bq/m³).

Obblighi del datore di lavoro:

- **fare eseguire le misure di esposizione di radon nei luoghi di lavoro.**
- richiedere una relazione tecnica contenente i risultati di misura.
- fare ripetere ogni anno le misurazioni se i valori misurati sono compresi tra 0,8 e 1,0 dei livelli di azione.
- in caso di superamento dei livelli di azione, darne comunicazione agli organi di vigilanza (Arpa, Appa, A.S.L., e Direzioni Provinciali del Lavoro). Le direzioni provinciali dovranno trasmettere i predetti dati al Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale al fine del loro inserimento in un archivio nazionale. La periodicità e la modalità di trasmissione saranno rese note con successiva circolare.
- in caso di superamento dei livelli d'azione, sentito l'esperto qualificato, adotta subito le necessarie azioni di rimedio che devono essere completate (con relative misure di controllo) entro 3 anni dal rilascio della relazione tecnica.
- se, nonostante le azioni di rimedio non si è riusciti a rientrare nella norma, il datore di lavoro deve porre in atto la sorveglianza fisica di radioprotezione, come imposto dal Capo VIII del DL 230 ove applicabile (classificazione dei lavoratori, sorveglianza fisica, sorveglianza medica ecc.).

3.2.2. Art.10 bis, comma 1, lettera b) - attività lavorative in superficie in zone ben individuate: il datore di lavoro è tenuto ad effettuare le misure di concentrazione di radon, a partire dai locali seminterrati o al piano terreno, entro 24 mesi dall'inizio dell'attività o dall'individuazione effettuata dalle Regioni e Province Autonome, sempre secondo le linee guida della

Commissione radon. Le regioni devono in ogni caso effettuare la prima individuazione delle zone entro cinque anni dal 31 agosto 2000. Gli adempimenti di cui sopra dovranno quindi essere attuati solo nei luoghi di lavoro che si trovano nelle aree individuate a rischio. Precisiamo che in Alto Adige la mappatura del radon è stata completata.

Livelli d'azione ed obblighi del datore di lavoro: come nel caso 1): in entrambi i casi 1) e 2) si può presumere che la sorgente di maggiore emissione è il suolo, pertanto la nuova legge interessa in particolare gli ambienti di lavoro sotterranei in zone considerate a rischio. Nei seguenti casi 3) c), d) ed e) la fonte d'esposizione più rilevante è data dai radionuclidi naturali presenti nei materiali utilizzati in alcune lavorazioni speciali o nei rifiuti prodotti.

3.2.3. Art.10 bis, comma 1, lettera c), d) ed e):

(c) attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi, ma contenenti radionuclidi naturali.

(d) Attività lavorative che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi, ma contenenti radionuclidi naturali.

(e) Attività lavorative in stabilimenti termali o attività estrattive non disciplinate dal capo IV.

Le attività lavorative c) e d) sono individuate nell'allegato I bis e mutate da documenti comunitari e comprendono in particolare l'uso di minerali fosfatici e depositi per il commercio per fertilizzanti, l'estrazione e la raffinazione di petrolio, la lavorazione di alcuni minerali (es. bauxite), di sabbie zirconifere, di terre rare, la produzione di materiali refrattari, l'impiego di composti del torio per la produzione di elettrodi, di vetri ottici e di reticelle per lampade a gas, la produzione di pigmento al biossido di titanio. Il datore di lavoro è tenuto ad effettuare, entro 24 mesi dall'inizio dell'attività, una valutazione preliminare sulla base di misurazioni espletate secondo le indicazioni e le linee guida della Commissione.

Regime transitorio: l'obbligo di effettuare le valutazioni delle esposizioni entra in vigore il 1 settembre 2003, fermo restando i 24 mesi di tempo per effettuarle.

Livelli d'azione:

1 mSv/a di dose efficace per i lavoratori, con esclusione del contributo dovuto al radon presente nell'ambiente per caratteristiche geofisiche e costruttive, fatta eccezione degli stabilimenti termali, dove si deve tenere conto anche del radon.

0,3 mSv/a di dose efficace per la popolazione, fatta eccezione degli stabilimenti termali.

Se l'esposizione valutata non supera 1 mSv/anno, si ripetono le valutazioni ogni 3 anni o nel caso di variazioni significative del ciclo produttivo.

Se l'esposizione supera 1 mSv/anno, il datore di lavoro deve effettuare l'analisi dei processi lavorativi ai fini della valutazione della dose e, se quest'ultima è superiore a 0,8 mSv/anno, deve ripetere la valutazione annualmente.

3.2.4. Art.10 bis, comma 1, lettera f) - Attività lavorative su aerei: al personale navigante che effettua voli a quota non inferiore a 8000 metri si applicano le norme di cui al Capo VIII, fatta eccezione per alcuni articoli ritenuti non applicabili per la particolare attività, quali ad esempio l'obbligo di classificazione e di segnalazione delle zone, l'obbligo dell'EQ di effettuare l'esame preventivo dei progetti, la prima verifica e la sorveglianza ambientale.

3.2.5. Art. 10 septies: La nuova legge prevede una Commissione tecnica che avrà il compito di elaborare delle linee guida sui seguenti punti:

- sulle metodologie e tecniche di misura più appropriate

- elaborare criteri per l'individuazione di zone o luoghi di lavoro con caratteristiche determinate ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon e altro, come riportato nella presente legge.
- proposte ai fini della adozione omogenea di misure correttive e di provvedimenti e volte ad assicurare un livello ottimale di radioprotezione

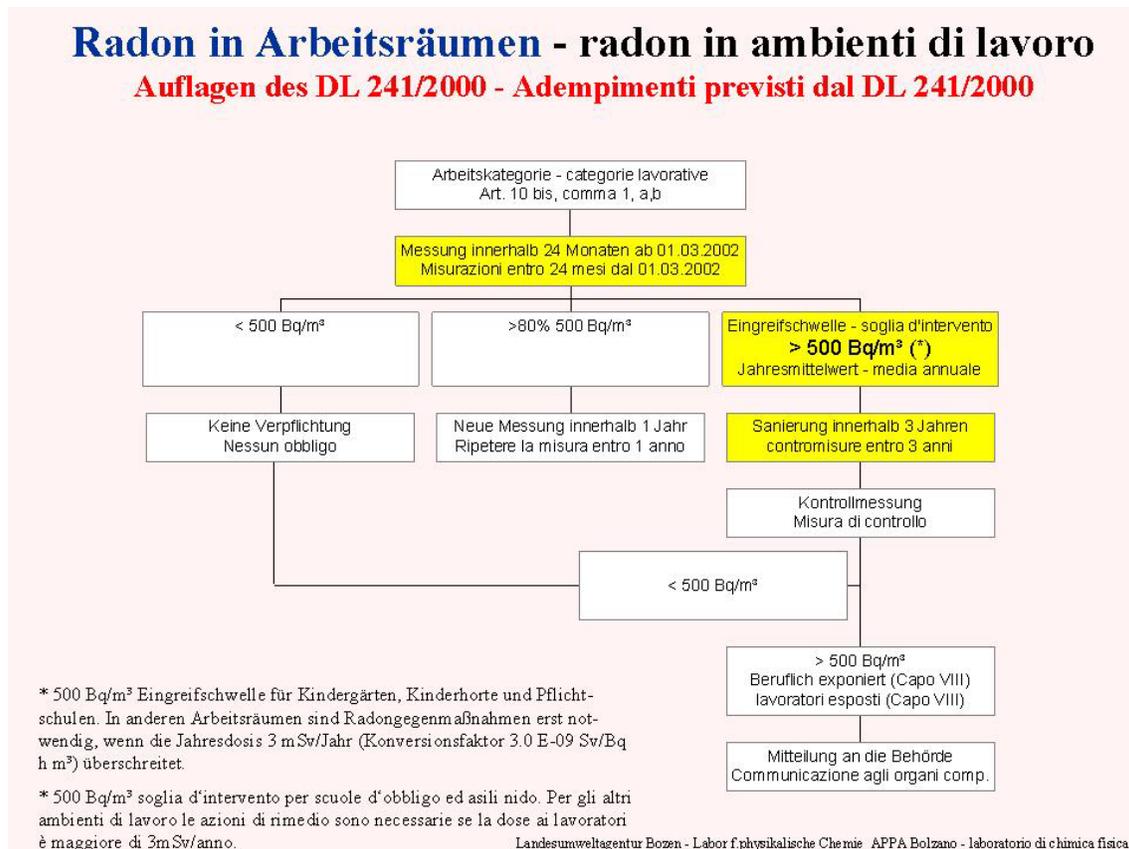


FIGURA 5) Schema degli adempimenti previsti dal DL 241/2000 riguardo al radon in ambienti di lavoro

3.3. La normativa in Alto Adige

Nonostante le concentrazioni relativamente elevate di radon indoor registrate in Alto Adige, non esiste a riguardo una propria normativa provinciale. Ad ogni modo, già nel 1998 su iniziativa del laboratorio in collaborazione con il consorzio dei comuni è stato introdotto nel formulario di richiesta della concessione edilizia un passo sul radon che invita il cittadino ad informarsi in merito presso il proprio comune o il laboratorio, come riportato di seguito:

Testo nel formulario per la concessione edilizia in Alto Adige

Prevenzione Radon: *Richieda informazioni sulla presenza di radon nel luogo d'interesse (vedi mappatura del radon). Nel caso questa zona fosse maggiormente interessata dal fenomeno, si consiglia di prevedere delle contromisure atte a limitare l'ingresso del radon. Per informazioni rivolgersi all'Agenzia per l'ambiente – laboratorio di chimica fisica di Bolzano.*

Alcuni esempi di contromisure in zone con presenze maggiori di radon:

- *Prevedere un ottimo isolamento del fondamento p.es. un fondamento a platea, evitando delle perforazioni (realizzare le uscite di condotte ecc. lateralmente). Evitare di fare cantine senza pavimentazione (solo terra); evitare collegamenti aperti tra la parte interrata ed il giroscale.*
- *Prevedere sotto un basamento impermeabile uno strato permeabile collegato all'esterno con un canale di scarico, dal quale possa fuoriuscire il radon o eventualmente essere aspirato.*
- *Prevedere le condotte o i camini in modo che non possano fungere da vie di trasporto per il radon negli ambienti abitativi.*
- *Prevedere l'areazione in modo che non si creino delle depressioni nelle parti basse della casa. Prevedere una presa d'aria esterna per impianti di riscaldamento a fiamma.*

Riguardo agli ambienti di lavoro in Alto Adige viene adottata la regolamentazione nazionale. Vengono regolarmente svolti controlli presso le terme di Merano e sono stati eseguiti controlli in molti edifici pubblici (scuole, asili, uffici, biblioteche, ecc) e ambienti di lavoro particolari (p. es. centrali idroelettriche e tunnel). In diverse scuole ed asili sono già state realizzate con successo o sono in fase di realizzazione delle contromisure. Per edifici pubblici la prevenzione radon è già obbligatoria.

Al fine di poter individuare le attività lavorative oggetto del decreto legislativo no. 241/2000, art. 10 bis, comma 1, lettera a) e per indirizzare meglio le future indagini, il Laboratorio ha realizzato un apposito questionario spedito nell'agosto 2001 a tutti i datori di lavoro nelle zone fino ad oggi considerate a rischio radon. Circa il 40% ha risposto. Si riporta di seguito il questionario.

Questionario riferito alle attività lavorative oggetto del Decreto Legislativo 26.05.2000 nr. 241.

1) Comune:

Nome, Indirizzo:

3) Indicare il tipo di attività lavorativa:

.....

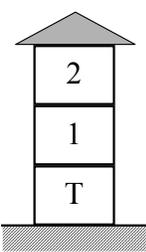
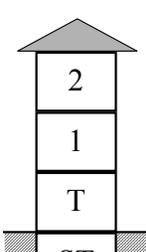
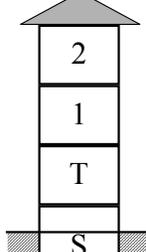
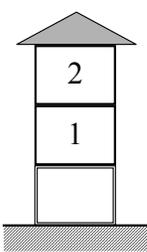
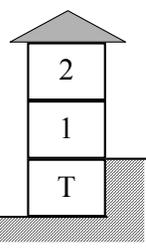
Segnare nella casella vuota a destra il numero o i numeri corrispondenti al proprio caso (se necessario indicare anche più di un numero).

4)	Tipo di attività: pubblici esercizi ed alberghieri (1), artigianato (2), industria (3), commercio (negozio) (4), ufficio (5), edificio pubblico (6), edilizia (7), terme (8), centro fitness (9), miniera (10), costr. gallerie (11), banca (12), affittacamere (13), altri (14).	
5)	Numero medio di dipendenti: meno di 5 (1), 5 – 10 (2), 11 – 20 (3), più di 20 (4)	
6)	L'attività lavorativa viene svolta fra aprile – settembre (1), ottobre – marzo (2), durante tutto l'anno (3).	
7)	L'attività lavorativa viene svolta prevalentemente: all'aperto (1), in ambienti semichiusi (2), all'aperto ed in ambienti chiusi (3), solo in ambienti chiusi (4), anche in ambienti interrati (5).	
8)	Gli ambienti seminterrati o totalmente interrati sono adibiti solo per una permanenza saltuaria delle persone p.es. deposito o garage senza custode (1) o effettivamente anche a posto di lavoro con permanenza prolungata (2).	

9) Scegliere dalle seguenti figure il tipo d'edificio che meglio descrive la propria situazione ed indicare con una croce dove si trovano gli ambienti di lavoro, p. esempio:

1. caso: alcuni posti di lavoro si trovano al piano terra, altri al 2. piano in una casa senza un sotterraneo: segnare con una croce la T ed il 2 in figura 1.

2. caso: questa volta il posto di lavoro si trova solo al piano terra, però la casa si trova su di un pendio ed un lato della casa è più basso dell'altro: segnare la T in figura 5.

					
Figura 1: Senza un sotterraneo	Figura 2: Con un sotterraneo	Figura 3: Con un seminterrato	Figura 4: Casa su pilastri	Figura 5: Interrato (semint.) su alcuni lati	Figura 6: Altro

Segnare nella casella vuota a destra il numero o i numeri corrispondenti al proprio caso (se necessario indicare anche più di un numero).

10)	<i>Tipo di edificio: monofamigliare (1), condominio (2), casa a schiera (3), casa a torre (4), grande officina (5), albergo/ristorante (6), fattoria (7).</i>	
11)	<i>Indicare la data approssimativa di costruzione: dopo il 1980 (1), 1965 – 1979 (2), 1950 – 1964 (3), 1930 – 1949 (4), 1900 – 1929 (5), prima del 1900 (6).</i>	
12)	<i>L'edificio è stato risanato nella parte interrata o al piano terra negli ultimi 10 anni (1), no (2).</i>	
13)	<i>Le mura nella parte interrata ed al piano terra sono state realizzate prevalentemente con mattoni e cemento (1), pietra (2), legno (3), altro:</i>	
14)	<i>La pavimentazione negli ambienti di lavoro è stata realizzata prevalentemente con: cemento (1), solo con lastricato o piastrelle di pietra (2), solo con tavole di legno (3), terreno naturale (terra) (4), altro:</i>	
15)	<i>Sotto la pavimentazione negli ambienti di lavoro si trova un vespaio ventilato (1), no (2).</i>	
16)	<i>Nell'edificio le stanze a diretto contatto con il terreno (p. es. la cantina) hanno una pavimentazione bene isolata (p. es. cemento)(1), o poco isolata (3) p. es. costituita solo da lastricato, piastrelle di pietra (4) o terreno naturale (terra) (5).</i>	
17)	<i>Negli ambienti di lavoro si osservano infiltrazioni d'acqua (2), no (1)</i>	
18)	<i>Gli ambienti di lavoro sono riscaldati d'inverno (2), no (1)</i>	
19)	<i>Gli ambienti di lavoro hanno durante tutto l'anno un ricambio d'aria forzato, automatico p.es. un ventilatore, un impianto di condizionamento (1), no (4), solo d'inverno(2), solo d'estate (3).</i>	
20)	<i>Gli ambienti di lavoro sono forniti di un proprio sistema di aspirazione (1), no (2). I macchinari sono forniti di un sistema d'aspirazione proprio (3). no (4).</i>	
21)	<i>Agli ambienti di lavoro sono muniti di porte d'accesso diretto all'esterno e queste sono normalmente aperte (2), anche d'inverno (1). Sono comunque usate di frequente (3). Non vi sono porte d'accesso diretto all'esterno (4) e queste sono normalmente chiuse (5).</i>	
22)	<i>Sono presenti finestre in tutte le stanze (2), solo in alcune stanze (3). Le finestre sono normalmente aperte (1), sono normalmente chiuse (4).</i>	
23)	<i>L'edificio è posto in una zona piana (1), pendio medio (2), pendio forte (3).</i>	
24)	<i>L'esposizione dell'edificio al sole è: scarsa (1), media (2), forte (3).</i>	
25)	<i>L'esposizione dell'edificio al vento è: scarsa (1), media (2), forte (3).</i>	
26)	<i>In alcuni ambienti di lavoro sono presenti tubazioni a vista (2), no (1), scoli nella pavimentazione (3).</i>	
27)	<i>Negli ambienti di lavoro vengono impiegati o depositati i seguenti materiali: fertilizzanti (2), minerali fosfatici (3), produzione di biossido di titanio (4), bauxite (5), materiali refrattari (6), sabbie zirconifere (7), materiali contenenti torio (8). No (1).</i>	
28)	<i>Negli ambienti di lavoro sono già state eseguite misure del radon (1). il valore misurato era superiore a 500 Bq/m³ (2). È stato fatto un risanamento radon (3), di che tipo?</i>	

4. La misura del radon - semplice e poco costosa

4.1. Il dosimetro passivo

Per misurare la concentrazione di radon il nostro laboratorio adopera rivelatori di tracce nucleari a stato solido che hanno le dimensioni di una scatola di fiammiferi. Il dosimetro può essere inviato per posta al richiedente e collocato nell'ambiente in cui misurare il radon, p. es. su un armadio o scaffale per alcuni mesi. Il dosimetro non richiede una presa di corrente e non è nocivo. Alla fine dell'esposizione il dosimetro viene rispedito al Laboratorio per la valutazione. Come risultato si ottiene la concentrazione media di radon in Becquerel per metro cubo (Bq/m³). Il risultato viene comunicato per iscritto e trattato come un dato personale.

Die Radonmessung mit passivem Dosimeter
La misura del radon con un dosimetro passivo



Das Dosimeter wird Ihnen in einer Aluminiumtüte verpackt mit der Post zugeschickt. Zu Hause öffnen Sie die Tüte, notieren das Datum und legen das Dosimeter auf einen Schrank oder ein Regal im zu messenden Raum. Es bleibt dort einige Monate. Dann wird es wieder in die Aluminiumtüte gegeben, das Datum notiert und ans Labor zur Auswertung zurückgeschickt.

Die Messung dauert einige Monate - la misura dura alcuni mesi

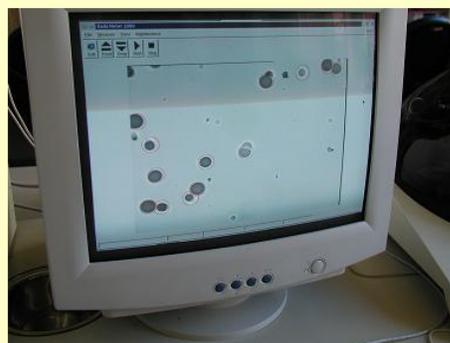
Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APFA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 6) La figura mostra la busta di trasporto e due diversi tipi di dosimetro passivo. Il dosimetro viene esposto per la durata di alcuni mesi. Alla fine dell'esposizione il dosimetro viene rimesso nella busta e rispedito al laboratorio

Il principio di misurazione: Il dosimetro è costituito da un contenitore (camera di diffusione) nel quale si trova una speciale pellicola (LR115 o CR39) sensibile al radon. Il dosimetro non esposto viene conservato e quindi spedito al cliente in una confezione sigillata a prova di radon p. es. una busta di alluminio plastificato. La misura ha inizio con l'apertura della busta. Ora il radon può penetrare nel contenitore. Il radon ed i suoi prodotti di decadimento emettono radiazioni alfa che colpendo la pellicola vi formano dei fori microscopici (tracce). Al termine del periodo di esposizione il dosimetro viene rimesso nella busta d'alluminio e rispedito al laboratorio. In laboratorio le pellicole vengono tolte dal dosimetro, trattate in un bagno

di soda caustica in modo che dalle tracce si formano dei veri e propri buchi visibili al microscopio. I buchi vengono contati con un apposito dispositivo di conteggio; il loro numero è proporzionale alla concentrazione di radon nella stanza dove il dosimetro era esposto. I dosimetri sono sottoposti regolarmente a controlli ed interconfronti in Inghilterra (presso il NRPB).

Die Auswertung im Labor - l'analisi in laboratorio



Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APFA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

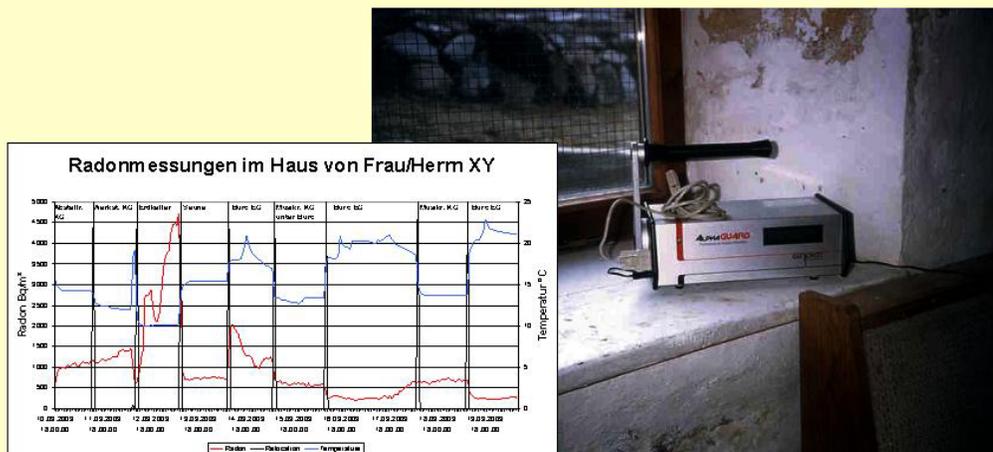
FIGURA 7) Le figure mostrano lo sviluppo e la lettura dei dosimetri in laboratorio

4.2. La misura attiva

Oltre ai metodi passivi descritti, esistono anche sistemi di misura attivi. Si tratta di sistemi di monitoraggio elettronici portatili, che hanno il vantaggio di dare un risultato in tempo quasi reale e permettono un'analisi degli andamenti giornalieri p.es. sulla base delle medie orarie. Normalmente si lascia lo strumento per 24 – 48 ore in una stanza, poi per altre 24 – 48 ore nella stanza seguente, e così via. La misura attiva ha il vantaggio di poter rilevare in pochi giorni elevate concentrazioni di radon.

Dato che le concentrazioni di radon sono soggette a notevoli fluttuazioni stagionali, per ottenere un dato rappresentativo, soprattutto riguardo alla media annuale, è necessario ripetere le misure per diverse volte nell'arco dell'anno. La misura attiva è indicata per confermare le misure eseguite con i dosimetri passivi. Misurando nelle diverse stanze di una casa lo strumento permette di individuare i punti d'ingresso del radon. In questo modo è possibile pianificare meglio le contromisure. In particolare la misura attiva è indispensabile per verificare l'efficacia delle contromisure adottate.

Die aktive Messung mit einem Gerät La misura con strumentazione attiva



Die Messung dauert nur wenige Tage und kann der Reihe nach in mehreren Räumen durchgeführt werden. Sie liefert einen ersten Übersichtswert, der aber vielfach sehr aufschlussreich sein kann.

La misura dura pochi giorni e può essere eseguita in diverse stanze. Si tratta di una misura orientativa, che in molti casi è molto utile per la pianificazione delle contromisure.

Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APPA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 8) La figura mostra uno strumento portatile per misurare il radon e l'andamento grafico del radon misurato in diverse stanze di una casa.

4.3. Quando e dove effettuare le misurazioni?

L'esperienza insegna che in Alto Adige le concentrazioni di radon sono più elevate nelle cantine, nei seminterrati e nei locali al pianterreno con diretto contatto con il terreno. Nei piani più alti le concentrazioni di radon sono normalmente inferiori.

Mediamente in Alto Adige le concentrazioni di radon d'inverno sono il doppio di quelle estive. In alcuni casi il radon è presente solo nella stagione fredda. Si consiglia perciò di fare eseguire le misure soprattutto durante il periodo freddo, da ottobre a marzo. Le stanze nelle quali viene eseguita una misura devono essere utilizzate e normalmente ventilate. D'inverno la casa dovrebbe essere riscaldata.

In ogni caso si consiglia di effettuare una misura del radon prima di una ristrutturazione della casa.

Per richiedere una misura del gas radon rivolgersi al Laboratorio di chimica fisica dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente di Bolzano, Via Amba Alagi 5, 39100 Bolzano. Tel. 0471 291324, Fax 0471 283264.

Die Radonmessung - la misura del radon

- **Wohnen Sie in einem Haus oder einer ebenerdigen Wohnung, in welchem/-er in nächster Zukunft Sanierungsarbeiten geplant sind? Wir empfehlen vorsorglich vorher im Winter eine Radonmessung durchführen zu lassen. Radonsanierungsmaßnahmen lassen sich im Rahmen genereller Sanierungsarbeiten mit geringerem Kostenaufwand einplanen und realisieren.**
- INFO oder eine Radonmessung können Sie bei der Landesumweltagentur - Labor f. physikalische Chemie, Amba Alagi Str. 5, 39100 Bozen beantragen. Tel. 0471/291324, Fax 0471/283264, e-Mail: Luigi.Minach@provinz.bz.it ; Angabe von Name, Adresse, Tel. Nummer, kurze Standortbeschreibung, Grund der Messung und vom Antragsteller Geburtsort, Geburtsdatum und Steuernummer.
- Eine passive Messung mit Dosimeter dauert einige Monate und kann pro Dosimeter nur in einem Raum durchgeführt werden. Kosten: 25 Euro + IVA
- Eine aktive Messung dauert wenige Tage und kann hintereinander in mehreren Räumen durchgeführt werden. Kosten: 50 Euro + IVA

- **Abitate in una casa o un appartamento al piano terra ed avete intenzione di eseguire dei risanamenti nel prossimo futuro, conviene prima misurare la concentrazione del gas radon. Ricordiamo che le contromisure per il radon realizzate nell'ambito di una ristrutturazione generale sono più efficaci e meno costose.**
- Per richiedere informazioni o una misura del gas radon rivolgersi al Laboratorio di chimica fisica dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente di Bolzano, Via Amba Alagi 5, 39100 Bolzano, Tel. 0471 291324, Fax 0471 283264, e-mail Luigi.Minach@provincia.bz.it; indicare: nome, indirizzo, nr. telefonico, breve descrizione del sito e causale della misura, del richiedente data e luogo di nascita e codice fiscale.
- Una misura con un dosimetro passivo dura alcuni mesi e per dosimetro può essere eseguita in una sola stanza. costo: 25 euro +IVA
- La misura con uno strumento attivo dura alcuni giorni e può essere eseguita di seguito in diverse stanze. Costo: 50 euro + IVA.

Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APPA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 9) Informazioni generali sulla misura radon

terminante per il successo dell'indagine è stata la preziosa collaborazione dei comuni, sia nella scelta delle case da esaminare che nella fase di distribuzione e di ritiro dei dosimetri.

Allo scopo di poter valutare la media annuale in molti case le misure sono state eseguite anche durante il periodo estivo, determinando un rapporto medio tra inverno ed estate di 2 : 1. Le concentrazioni di radon d'inverno sono pertanto mediamente il doppio di quelle estive. Considerando tale rapporto si ottiene per tutto l'Alto Adige un concentrazione media di circa 170 Bq/m³ (vale solo per abitazioni al piano terra). In base agli studi fino ad ora eseguiti in Italia la media nazionale è di circa 70 Bq/m³ (vale per abitazioni in generale), una media nettamente inferiore. Relativamente alla media annuale si può affermare che in totale circa nell'11% delle case esaminate in Alto Adige al piano terra si supera la soglia d'intervento di 400 Bq/m³ raccomandata dall'UE; in ca. il 2 - 3% delle case i valori misurati risultano addirittura superiori a 1000 Bq/m³.

Come dato di riferimento per la classificazione dei comuni è stato scelto il 75°-percentile delle concentrazioni di radon misurate in ogni comune (vedi ultima colonna della tabella in 5.1). In prima approssimazione tale valore è confrontato con le soglie d'intervento di 200 e 400 Bq/m³ (media annuale) raccomandate dall'UE. Se p. es. il 75°-percentile di un comune è pari a 400 Bq/m³, questo vuole dire che un quarto delle case di tale comune presenta concentrazioni di radon indoor maggiori di 400 Bq/m³. Più elevato è il valore, maggiore è il rischio radon. Alcuni esempi di valori del 75°-percentile rilevati: Bolzano = 125 Bq/m³, Merano = 146 Bq/m³, Brunico = 224 Bq/m³, Silandro = 753 Bq/m³, Pfalzes = 821 Bq/m³ (ulteriori dati vedi nella tabella). Per il momento la classificazione dei comuni in „basso rischio radon“, „leggero rischio radon“, „medio rischio radon“ e „più elevato rischio radon“ è ancora provvisoria. Una classificazione definitiva sarà possibile quando a livello nazionale saranno stati emanati criteri unitari di valutazione.

La mappatura del radon è però già adesso un importante strumento di pianificazione per il settore edilizio, in quanto indica, se siano da richiedere delle misure radon nel caso di risanamento di una casa esistente o, nel caso di costruzione di una casa nuova, se siano da pianificare preventivamente delle contromisure per il radon.

5.1. La mappatura del radon dell'Alto Adige - 2003 - i risultati dei comuni Radonkarte von Südtirol - 2003 - Messwerte der einzelnen Gemeinden

Einstufung der Gemeinden Classificazione dei comuni	< 200 Bq/m ³	gering radonbelastet - basso rischio radon
	200 – 300 Bq/m ³	leicht radonbelastet - leggero rischio radon
	300 – 400 Bq/m ³	mittel radonbelastet - medio rischio radon
	> 400 Bq/m ³	höher radonbelastet - più elevato rischio radon

codice	comune	n.dati	med.a.	50° perc.	med.g.	max	<400	400-1000	>1000	75° perc.
Kodex	Gemeinde	Werte	a. Mtw.	50° Perz.	g. Mtw	Max	Bq/m ³	Bq/m ³	Bq/m ³	75° Perz.
1	ALDINO Aldein	20	164	108	113	740	95%	5%	0%	234
2	ANDRIANO Andrian	23	147	123	122	308	100%	0%	0%	224
3	ANTERIVO Altrei	20	165	115	101	1208	95%	0%	5%	180
4	APPIANO Eppan	42	149	99	112	595	93%	7%	0%	183
5	AVELENGO Haffling	19	84	70	70	308	100%	0%	0%	92
6	BADIA Abtei	28	167	72	108	1258	96%	0%	4%	221
7	BARBIANO Barbian	17	181	112	120	665	88%	12%	0%	254
8	BOLZANO Bozen	81	123	78	93	702	95%	5%	0%	125
9	BRAIES Prags	19	235	134	138	870	79%	21%	0%	358
10	BRENNERO Brenner	26	239	96	123	1282	85%	8%	8%	218
11	BRESSANONE Brixen	41	258	136	143	1621	78%	17%	5%	228
12	BRONZOLO Branzoll	30	213	122	130	1563	87%	10%	3%	190
13	BRUNICO Bruneck	94	225	113	141	1348	84%	14%	2%	224
14	CAINES Kuens	15	154	117	118	553	87%	13%	0%	162
15	CALDARO Kaltern	31	167	102	105	906	90%	10%	0%	232
16	CAMPO TRENS Freienfeld	19	155	118	118	481	90%	11%	0%	202
17	C. TURES Sand in Taufers	74	136	80	90	837	95%	5%	0%	161
18	CASTELBELLO-CIARDES	26	339	161	219	1796	77%	15%	8%	392
19	CASTELROTTO Kastelruth	20	131	81	103	385	100%	0%	0%	192
20	CERMES Tscherms	19	198	177	164	540	90%	11%	0%	239
21	CHIENES Kiens	21	351	252	247	1177	71%	19%	10%	427
22	CHIUSA Klausen	50	296	129	151	1949	76%	18%	6%	359
23	CORNEDO Karneid	20	138	97	109	731	95%	5%	0%	160
24	CORTACCIA Kurtatsch	19	127	75	89	529	95%	5%	0%	168
25	CORTINA Kurtinig	17	103	82	92	223	100%	0%	0%	114
26	CORVARA IN BADIA	20	134	72	77	844	95%	5%	0%	142
27	CURON VENOSTA Graun	20	312	167	181	1139	80%	10%	10%	387
28	DOBBIACO Toblach	20	142	103	116	378	100%	0%	0%	200
29	EGNA Neumarkt	24	195	103	122	1196	88%	8%	4%	194
30	FALZES Pfalzen	54	587	346	361	2362	57%	20%	22%	821
31	FIE' ALLO SCILIAR Völs	22	103	88	82	308	100%	0%	0%	130
32	FORTEZZA Franzensfeste	19	436	191	245	1409	63%	26%	11%	809
33	FUNES Villnöss	20	176	104	106	1226	95%	0%	5%	194
34	GAIS	34	431	259	302	1382	68%	21%	12%	665
35	GARGAZONE Gargazon	24	154	106	132	377	100%	0%	0%	202
36	GLORENZA Glurns	33	242	203	172	1413	85%	12%	3%	280
37	LACES Latsch	21	267	162	189	1139	81%	14%	5%	261
38	LAGUNDO Algund	25	151	115	125	583	96%	4%	0%	145
39	LAION Lajen	20	98	47	61	601	95%	5%	0%	107
40	LAIVES Leifers	29	216	96	118	1994	93%	3%	3%	218
41	LANA	57	161	115	116	794	95%	5%	0%	203
42	LASA Laas	102	560	426	478	1925	41%	45%	14%	658
43	LAUREGNO Laurein	14	80	47	51	530	93%	7%	0%	56

codice	comune	n.dati	med.a.	50° perc.	med.g.	max	<400	400-1000	>1000	75° perc.
Kodex	Gemeinde	Werte	a. Mtw.	50° Perz.	g. Mtw	Max	Bq/m³	Bq/m³	Bq/m³	75° Perz.
44	LUSON Lüsen	20	316	144	166	1139	70%	20%	10%	502
45	MAGRE' Margreid	20	157	92	122	660	95%	5%	0%	175
46	MALLES Mals	40	276	196	221	801	80%	20%	0%	356
47	MAREBBE Enneberg	20	239	171	181	808	85%	15%	0%	294
48	MARLENGO Marling	23	228	130	166	1131	87%	9%	4%	228
49	MARTELLO Martell	23	523	246	314	1864	70%	13%	17%	625
50	MELTINA Mölten	25	79	60	65	225	100%	0%	0%	95
51	MERANO Meran	31	137	108	117	423	97%	3%	0%	146
52	MONGUELFO Welsberg	33	207	112	129	907	88%	12%	0%	224
53	MONTAGNA Montan	20	102	65	74	466	95%	5%	0%	123
54	MOSO I. P. Moos i.P.	39	57	41	46	217	100%	0%	0%	73
55	NALLES Nals	22	160	121	134	644	96%	5%	0%	168
56	NATURNO Naturns	47	160	99	120	1275	94%	4%	2%	160
57	NAZ-SCIAVES Natz Schabs	20	103	95	86	230	100%	0%	0%	147
58	N. LEVANTE Welschnofen	21	226	98	125	1022	81%	14%	5%	278
59	N. PONENTE Deutschnofen	20	64	43	48	203	100%	0%	0%	85
60	ORA Auer	19	142	91	113	411	95%	5%	0%	172
61	ORTISEI St. Ulrich	21	140	71	74	817	91%	10%	0%	107
62	PARCINES Partschins	20	161	99	122	493	90%	10%	0%	226
63	PERCA Percha	33	278	149	166	949	70%	30%	0%	427
64	PLAUS	20	131	116	119	254	100%	0%	0%	164
65	P. GARDENA Weidbruck	13	136	106	125	274	100%	0%	0%	164
66	POSTAL Burgstall	21	194	85	118	838	86%	14%	0%	292
67	PRATO STELVIO Prad	46	301	174	202	1851	78%	17%	4%	291
68	PREDOI Prettau	10	155	55	78	817	90%	10%	0%	83
69	PROVES Proveis	16	47	35	41	137	100%	0%	0%	55
70	RACINES Ratschings	50	211	93	111	1048	86%	12%	2%	273
71	RASUN ANTERS. Rasen Ant.	15	390	263	293	1031	60%	33%	7%	570
72	RENON Ritten	21	153	105	111	649	91%	10%	0%	155
73	RIFIANO Riffian	14	129	67	89	561	93%	7%	0%	149
74	RIO DI PUSTERIA Mühlbach	34	160	105	123	927	97%	3%	0%	181
75	RODENGO Rodeneck	18	219	111	134	1322	89%	6%	6%	207
76	SALORNO Salurn	20	213	109	129	806	85%	15%	0%	318
77	SAN CANDIDO Innichen	33	323	220	196	1592	76%	18%	6%	377
79	SAN GENESIO Jenesien	20	158	122	119	372	100%	0%	0%	251
80	S.LEONARDO St. Leonhard	25	151	111	113	478	92%	8%	0%	205
81	S. LORENZO St. Lorenzen	20	261	170	178	750	85%	15%	0%	376
82	S. MARTINO B. St. M. i.Thurn	21	242	128	113	1683	86%	10%	5%	212
83	S. MARTINO P. St. Martin	20	96	46	61	563	95%	5%	0%	84
84	S. PANCRAZIO St. Pankraz	18	196	112	119	728	83%	17%	0%	184
85	S. CRISTINA St. Christina	20	228	97	124	1973	90%	5%	5%	182
86	SARENTINO Sarntal	32	396	196	233	1709	75%	9%	16%	397
87	SCENA Schenna	20	112	69	78	446	95%	5%	0%	163
88	SELVA D. MOLINI Mühlwald	18	86	77	74	206	100%	0%	0%	116
89	SELVA GARD. Wolkenstein	26	172	96	92	1931	96%	0%	4%	128
91	SENALES Schnals	20	402	198	233	1835	80%	5%	15%	355
92	SESTO Sexten	17	159	119	120	519	88%	12%	0%	229
93	SILANDRO Schlanders	19	479	309	334	1488	58%	32%	11%	753
94	SLUDERNO Schluderns	19	247	164	194	582	79%	21%	0%	370
95	STELVIO Stilfs	57	329	216	235	1815	70%	28%	2%	431

codice	comune	n.dati	med.a.	50° perc.	med.g.	max	<400	400-1000	>1000	75° perc.
Kodex	Gemeinde	Werte	a. Mtw.	50° Perz.	g. Mtw	Max	Bq/m³	Bq/m³	Bq/m³	75° Perz.
96	TERENTO Terenten	18	300	177	202	1224	78%	17%	6%	359
97	TERLANO Terlan	32	148	95	106	688	91%	9%	0%	160
98	TERMENO Tramin	31	184	68	95	1549	87%	10%	3%	265
99	TESIMO Tisens	20	115	92	101	277	100%	0%	0%	127
100	TIRES Tiers	23	185	120	140	770	87%	13%	0%	179
101	TIROLO Tirol	24	124	94	110	477	96%	4%	0%	122
102	TRODNA Truden	19	145	108	123	344	100%	0%	0%	198
103	TUBRE Taufers i. MT	136	470	255	308	1898	65%	21%	14%	627
104	ULTIMO Ulten	44	182	92	105	1112	89%	7%	5%	199
105	VADENA Pfatten	18	103	86	94	353	100%	0%	0%	105
106	VALDAORA Olang	20	170	92	125	541	85%	15%	0%	225
107	VAL DI VIZZE Pfitsch	19	248	128	136	1095	79%	11%	11%	214
108	VALLE AURINA Ahrntal	64	122	63	75	1047	94%	5%	2%	127
109	VALLE DI CASIES Gsies	20	240	104	143	1090	85%	10%	5%	333
110	VANDOIES Vintl	42	278	148	172	1687	88%	5%	7%	262
111	VARNA Vahrn	22	125	96	101	530	96%	5%	0%	135
112	VERANO Vöran	20	84	69	77	164	100%	0%	0%	108
113	VILLABASSA Niederdorf	20	313	246	213	1061	70%	25%	5%	410
114	VILLANDRO Villanders	19	174	141	134	440	95%	5%	0%	284
115	VIPITENO Sterzing	29	155	101	95	800	90%	10%	0%	175
116	VELTURNO Feldthurns	20	170	122	137	540	95%	5%	0%	213
117	LA VALLE Wengen	19	139	83	95	639	90%	11%	0%	124
118	SENALE-S. F. U.I.F. im Walde	17	113	63	70	674	94%	6%	0%	102
codice	comune	n.dati	med.a.	50° perc.	med.g.	max	<400	400-1000	>1000	75° perc.
Kodex	Gemeinde	Werte	a. Mtw.	50° Perz.	g. Mtw	Max	Bq/m³	Bq/m³	Bq/m³	75° Perz.
tot.	Alto Adige Südtirol	3265	227	119	135	2362	85,4%	11,0%	3,6%	251

Bem.: Die angegebenen Messwerte beziehen sich nur auf das Wintersemester und wurden im Parterrebereich mit Kernspurdosimetern ermittelt.

Nota: i valori riportati si riferiscono solo alla stagione invernale e sono stati misurati al piano terra delle case con rivelatori a tracce.

In der Tabelle verwendete Abkürzungen – Abbreviazioni utilizzate nella tabella:

- **Kodex/codice:** Die Zahl entspricht dem Gemeindekodex, auch in der Radonkarte angegeben / il numero corrisponde al codice comunale, esso è indicato anche nella mappa del radon.
- **Werte/n.dati:** Anzahl der Häuser in denen die Radonmessungen durchgeführt wurden / numero di case nelle quali sono state eseguite le misure.
- **a. Mtw. / media a.:** Arithmetischer Mittelwert / media aritmetica in Bq/m³
- **50° Perz. / 50° perc.:** Medianwert / mediana in Bq/m³
- **g. Mtw. - media g.:** geometrischer Mittelwert / media geometrica in Bq/m³
- **Max. - max.:** Maximalwert / valore massimo in Bq/m³
- **< 400 Bq/m³:** Prozentsatz der Werte kleiner als / percentuale dei valori minori di 400 Bq/m³
- **400 - 1000 Bq/m³:** Prozentsatz der Werte zwischen / percentuale dei valori tra 400 e 1000 Bq/m³
- **>1000 Bq/m³:** Prozentsatz der Werte größer als / percentuale dei valori superiori a 1000 Bq/m³
- 75° Perz. / perc.:** 75° Perzentilwert (wurde zur Klassifizierung der Risikogebiete herangezogen) / 75° percentile (utilizzato per la classificazione delle zone a rischio radon) in Bq/m³

6. Il radon nelle acque sorgive

Concentrazioni di radon elevate nelle acque sorgive possono essere un utile indicatore di una maggiore presenza di radon in una certa zona. Il laboratorio ha analizzato finora circa 1430 sorgenti in tutto l'Alto Adige. Il sistema di misura e campionamento adottato dal Laboratorio è estremamente comodo, semplice e preciso. Il campionamento dell'acqua di sorgente avviene per mezzo di una comune siringa di plastica, con la quale sul posto si prelevano 10 cc di acqua. Questi vengono subito immessi tramite un tappo a septum in una bottiglietta (vial) di vetro contenente 10cc di liquido scintillatore (Opti Fluor O). Dato che il radon è molto volatile, questo metodo riduce ad un minimo la perdita durante la fase di campionamento. Normalmente di ogni campione d'acqua vengono prelevati due campioni: essi vengono portati in laboratorio e analizzati automaticamente per mezzo della scintillazione liquida. Il metodo permette di analizzare un grande numero di campioni.

La misura del radon nell'acqua sorgiva Die Radonmessung im Quellwasser



FIGURA 11) La figura mostra a sinistra la siringa e l'immissione del campione d'acqua nel vial tramite il tappo a septum. A destra il sistema di misura a scintillazione liquida con il piano del cambiacamioni, dove vengono posizionate le vials per la misura automatica.

Le misure hanno dato una buona concordanza tra la concentrazione di radon nell'acqua sorgiva e la presenza di radon indoor, come si osserva confrontando le due cartine (figura 10 e figura 12).

Alcuni dati statistici: nel 15% delle fonti di acqua potabile la concentrazione di radon risulta superiore a 50 Bq/l, nel 6% ca. è superiore a 100 Bq/l, mentre nello 0,7% circa è superiore a 400 Bq/l. Il prelievo è stato effettuato direttamente alla captazione della sorgente, poiché il

gas radon è estremamente volatile. Le misure comparative effettuate nelle case hanno mostrato valori nettamente inferiori; un'eccezione è costituita da quelle sorgenti le cui captazioni sono sprovviste di un sistema di ventilazione.

Mentre l'inalazione del radon può provocare cancro polmonare, da studi epidemiologici è risultato che il rischio associato all'ingestione d'acqua contenente radon è molto contenuto e per questo la concentrazione di radon nell'acqua potabile non è ancora regolamentata da una normativa a livello nazionale. In base ad una direttiva comunitaria (2001/928/Euratom) recente non sono necessarie azioni correttive se la concentrazione è inferiore a 100 Bq/l, mentre a partire da 1000 Bq/l, si ritiene che un'azione correttiva sia giustificata.

Radon im Quellwasser - Gemeinden in denen erhöhte Radonwerte im Wasser vorkommen
Radon nell'acqua di sorgente - Comuni con valori elevati di radon in acque sorgive

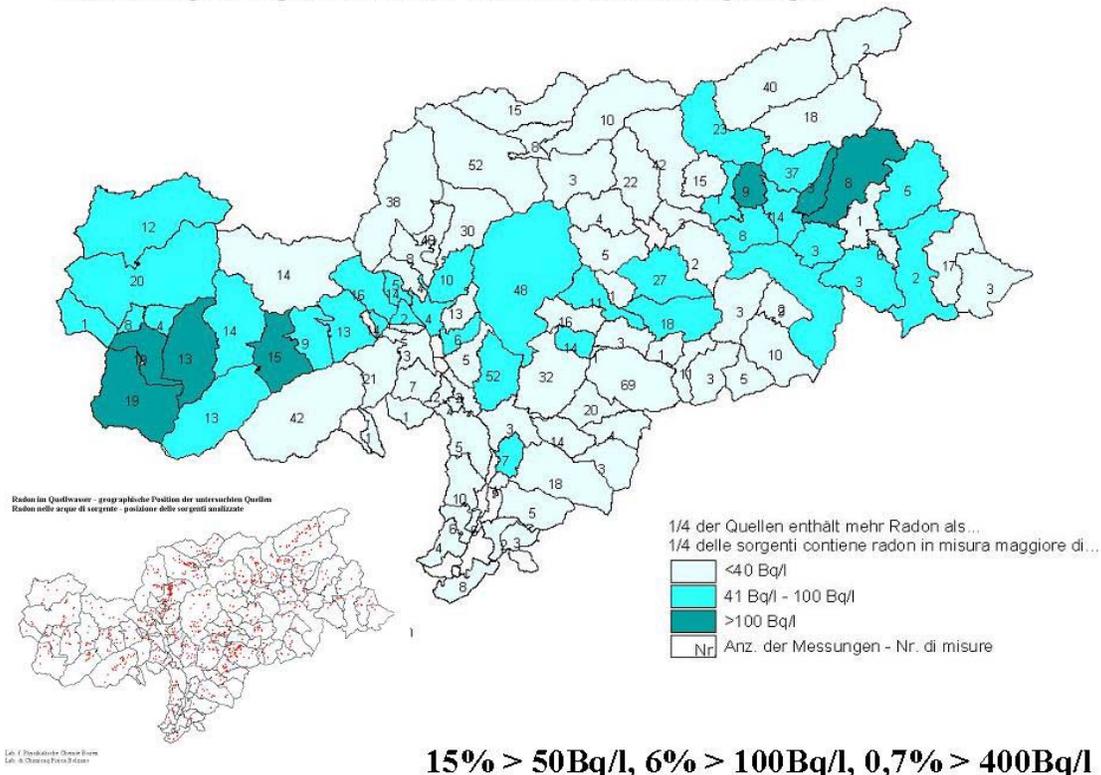


FIGURA 12) La cartina mostra i comuni con le concentrazioni di radon in acqua più elevate. La cartina piccola mostra la posizione delle sorgenti esaminate.

7. Perché si presenta il problema del radon? Le case con radon hanno particolari caratteristiche?

È risaputo che la presenza del gas radon è collegata a determinate formazioni geologiche quali i graniti, il porfido, la fillade quarzifera, i tufi, ecc. che contengono maggiori concentrazioni di uranio o radio. Perciò informazioni sulla geologia di una zona possono dare delle indicazioni molto utili a riguardo. Normalmente queste conformazioni sono abbastanza estese e permettono di individuare delle zone a rischio. In alcuni casi però questi minerali possono affiorare in spazi molto ristretti e causare solo in questi punti concentrazioni elevate. Un esempio è la zona di Ganda vicino ad Appiano, dove lo strato superficiale è composto da calcare, mentre in profondità si trova il porfido. Attraverso larghe crepe e fenditure nel terreno le correnti d'aria possono trasportare elevate concentrazioni di radon in superficie. Ciò è capitato in una casa che in cantina presentava una profonda crepa, dalla quale usciva aria fredda contenente radon.

Il valore di radon in una casa non dipende solo dalla concentrazione di uranio/radio presenti nel terreno ma anche, in modo decisivo, da altri fattori contingenti del sito quali la permeabilità del terreno, il modo in cui è costruita la casa ecc. In genere si può dire che basse concentrazioni di radio in un terreno molto permeabile, possono causare un inquinamento da radon maggiore che elevate concentrazioni di radio in un terreno poco permeabile.

In generale ogni casa è un caso a parte. Perfino case vicine e dello stesso tipo di costruzione possono presentare concentrazioni di radon totalmente diverse. Un'informazione certa la si ottiene solamente facendo eseguire una misura del gas radon nella casa in oggetto. D'altra parte si può cercare di individuare degli elementi comuni tipici di case con concentrazioni maggiori di radon. Di seguito si riportano alcuni esempi tipici:

a) La zona:

- La casa / l'abitazione si trova in una zona identificata a **rischio radon**, perciò normalmente terreni con una elevata componente cristallina come graniti, gneis, ecc.. Vedi la cartina del radon.

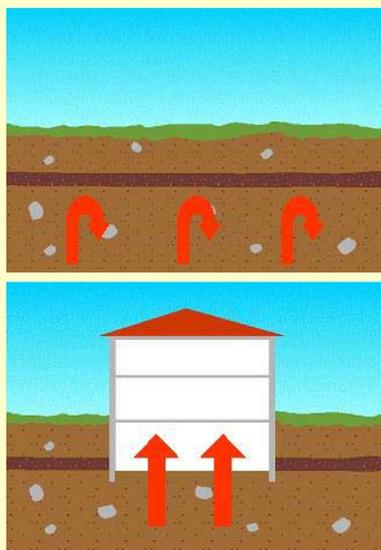
b) Il luogo: i fattori di seguito elencati possono avere un'influenza talmente grande sui processi di deflusso del radon dal suolo, che anche in zone normalmente non ritenute a rischio radon, possono sorgere problemi.

- La casa / l'abitazione si trova **su un pendio** (colata detritica, deposito detritico con terreni molto permeabili).
- Nella fase di costruzione della casa / dell'abitazione è stato perforato uno strato di copertura poco permeabile p. es. limo.
- La casa / l'abitazione si trova su di una faglia o un terreno molto fratturato.
- La casa / l'abitazione si trova su un terreno molto eterogeneo p.es. in parte su di un letto di un fiume o materiale di riempimento.

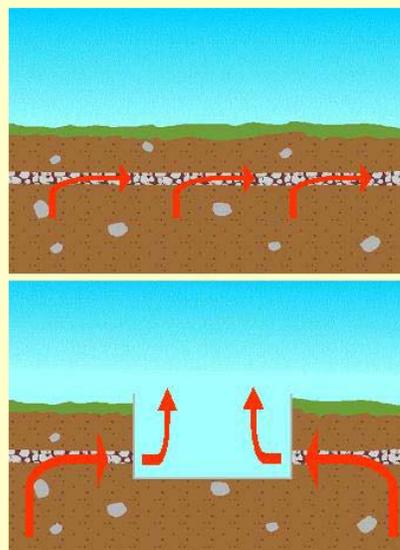
Ricordiamo che in generale un terreno molto fratturato, o la prevalenza di sabbia e sassi nello scavo indicano un suolo permeabile. Questi terreni sono generalmente a rischio radon, anche in zone non espressamente dichiarate tali.

Situazioni a rischio - Risikosituationen

Strato di argilla - Lehm



Strato di ghiaia - Kies



- La stessa situazione si può verificare spesso semplicemente
- se lo strato superiore del terreno è meno permeabile del terreno sottostante.

FIGURA 13) Una situazione a rischio potrebbe sussistere se nello scavo per la casa viene perforato uno strato d'argilla impermeabile al radon o uno strato permeabile di ghiaia vicino alle fondamenta della casa. Nel primo caso „si apre una finestra,, al radon presente nel terreno. Nel secondo caso il ghiaio può raccogliere il radon dalle zone circostanti e farlo affluire verso la futura casa.

c) La casa ed il tipo di costruzione: Dato che normalmente il radon proviene dal terreno, gli ambienti più colpiti si trovano al piano terra. In questo caso i fattori determinanti sono la tenuta (isolamento) della pavimentazione e quali vie il radon può utilizzare per diffondersi nel resto della casa. Si riportano solo alcuni esempi tipici:

- La **pavimentazione** ed alcune pareti della casa sono **a diretto contatto con il terreno** p.es. case su di un pendio.
- La pavimentazione e le pareti con diretto contatto con il terreno sono **scarsamente isolate** p.es. la classica stube tirolese con pavimentazione in legno, pavimento a piastre, pareti senza drenaggio, ecc..
- Le stanze si trovano sopra una cantina poco ventilata con **pavimento naturale** ed un soffitto in legno senza isolamento aggiuntivo.
- Le stanze (punti 2 e 3) d'inverno sono riscaldate con una stufa a legna.
- Si tratta di un vecchio edificio con **mura** realizzate in **pietrisco** piccolo e **spesse oltre un metro**. In questo caso attraverso le pareti il radon può arrivare anche ai piani alti.
- Le pareti della cantina (interrata) sono state realizzate con mattoni forati.

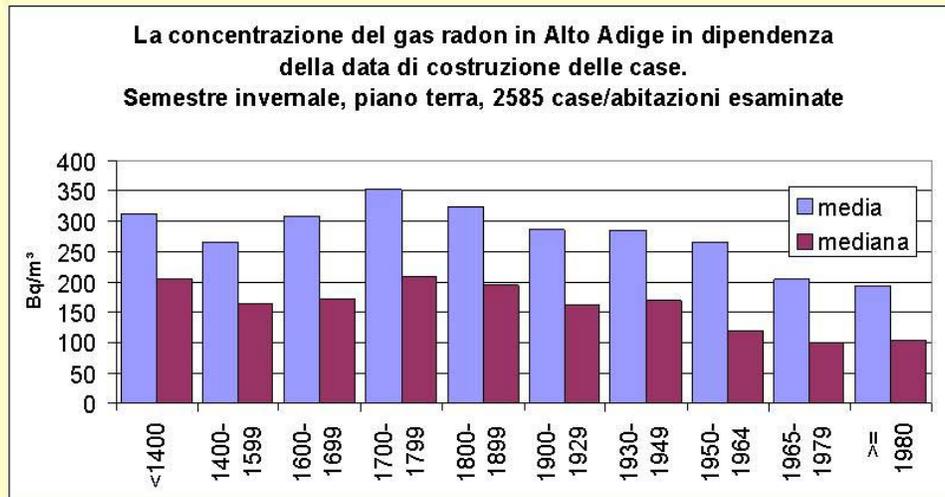
- Infine, in alcune regioni d'Italia anche i materiali da costruzione (tufi) possono dare un notevole apporto alla concentrazione di radon indoor. In Alto Adige tale contributo è normalmente trascurabile.



FIGURA 14) La figura riassume alcuni dei fattori che possono facilitare l'ingresso del radon in casa: la cantina con pavimento naturale, un soffitto in legno senza isolamento aggiuntivo, vecchia stube tirolese con pavimentazione in legno, mura di pietrisco molto spesse, mattoni forati in cantina.

Il fenomeno interessa anche le case di nuova costruzione! Molte persone credono che il fenomeno del radon si presenti solamente nelle case vecchie, con mura permeabili o pavimentazioni poco isolate. Dai dati ottenuti in Alto Adige risulta che le case più vecchie mediamente presentano concentrazioni maggiori di radon indoor, però capita spesso di trovare case costruite recentemente con concentrazioni di radon molto elevate. Si ribadisce perciò l'importanza della prevenzione radon ove si intenda costruire in una zona a rischio.

Attenzione, il problema del radon interessa anche le case nuove!
Achtung, auch Neubauten sind betroffen!



Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APPA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 15) La figura mostra l'andamento della concentrazione media di radon indoor in funzione della data di costruzione delle case. Dal grafico si evince un calo della concentrazione di radon per le case costruite dopo la seconda guerra mondiale.

8. Perché il radon penetra nelle case?

In Alto Adige tipicamente il radon entra nelle case direttamente dal suolo attraverso fessure, crepe, cantine con pavimentazione naturale, tubazioni, ecc.; in confronto la quantità di radon dovuta a processi di diffusione attraverso i componenti in muratura bene sigillati è quasi trascurabile. La principale causa dell'afflusso di radon negli ambienti chiusi è la differenza di pressione che si viene a creare tra l'interno e l'esterno degli edifici. Normalmente l'interno delle case è in depressione rispetto all'esterno. Questa depressione (solo pochi Pascal) è causata soprattutto da due fenomeni: l'effetto camino e l'effetto vento (*).

(*) Bibliografia: **M. Woolliscroft**. The principles of radon remediation and protection in UK dwellings. Rad. Prot. Dos. Vol. 42 No.3 pp. 211 – 216 (1992) **W.W. Nazarof, A.V. Nero** Radon and its Decay Products in Indoor Air 1988 ISBN 0-471-62810-7 (p.92-106) **BRE Report**: Radon Sumps: ISBN 0851255388 (1992)

L'effetto camino è dovuto alla differenza di temperatura tra interno ed esterno della casa, in funzione della quale si forma una differenza di pressione ΔP . In conseguenza di questa de-

pressione interna l'aria fredda contenente radon viene risucchiata dal terreno. Quanto più caldo è l'interno della casa e quanto più freddo è l'esterno, tanto più marcato sarà l'effetto. Normalmente in ambienti o case non riscaldate la concentrazione di radon è minore. Spesso il problema del radon si presenta solamente in concomitanza della fase di riscaldamento.

Il ΔP può essere calcolato come segue (*):

$$\Delta P = \alpha \left(\frac{1}{t_e + 273} - \frac{1}{t_i + 273} \right)$$

t_e e t_i sono la temperatura esterna ed interna in (°C) e α è una costante pari a 3462 Pa°K. Con una differenza di temperatura di 30 °C, si avrà una depressione di circa 1,3 Pa. Di conseguenza attraverso una crepa larga 1mm e lunga qualche metro, possono essere aspirati diversi metri cubi d'aria all'ora dal terreno.

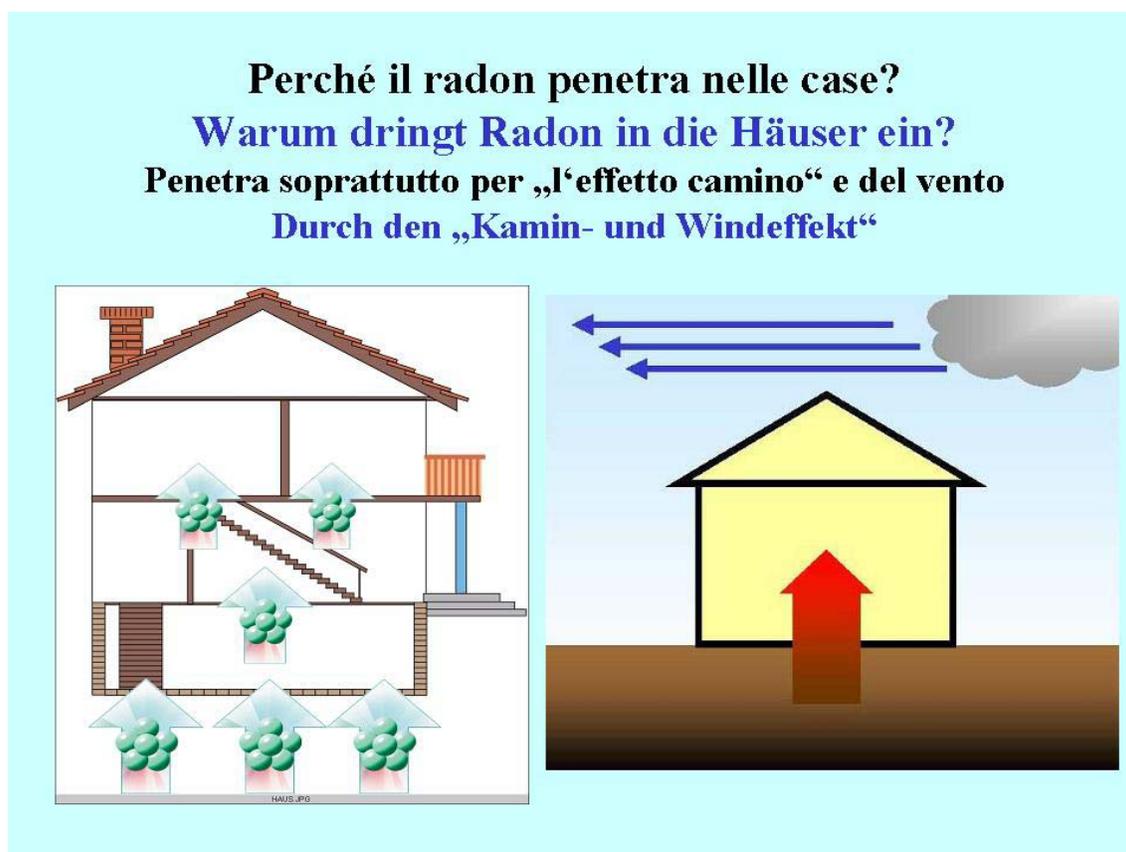


FIGURA 16) La figura mostra schematicamente l'effetto camino ed effetto vento.

È importante ricordare che anche il funzionamento di una stufa o di sistemi d'aspirazione nei bagni, in cucine, ecc. producono un effetto di risucchio dell'aria e possono far aumentare le concentrazioni di radon all'interno degli edifici.

L'effetto vento è invece dovuto alla differenza di velocità dell'aria tra esterno ed interno della casa. La pressione esercitata su una parete può essere calcolata come segue:

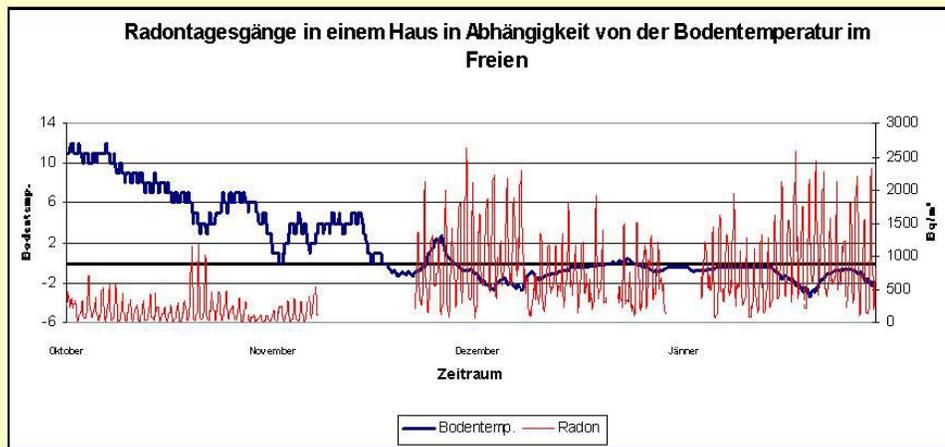
$$P = P_0 + C_p \left(\frac{1}{2} \rho v^2 \right)$$

P_0 è la pressione statica, v la velocità del vento, ρ la densità dell'aria e C_p il coefficiente di pressione (va determinato in via sperimentale in una galleria del vento).

In sintesi, secondo le condizioni di pressione relativa presenti in una casa, la concentrazione di radon può subire sensibili variazioni giornaliere e stagionali. In genere i valori di radon più elevati si osservano nelle prime ore del mattino, quando la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno è maggiore. Per lo stesso motivo (a parte la diversa ventilazione) d'inverno le concentrazioni sono mediamente maggiori di quelle estive. Ci sono però anche delle case nelle quali le massime concentrazioni sono osservate durante l'estate. Quest'effetto è probabilmente da attribuire ai venti di valle oppure a correnti d'aria all'interno di terreni molto permeabili p.es. pendii esposti al sole.

In Alto Adige si è potuto osservare con apposite misure che la concentrazione di radon in casa aumenta quando il terreno ghiaccia. Verosimilmente il gelo ostacola la fuoriuscita del radon dal terreno, favorendone la fuga laddove il terreno non è gelato (nelle cantine).

Bodenfrost erhöht die Radonkonzentration im Haus Con il gelo aumenta il radon in casa



Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APPA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 17) La figura illustra come le variazioni giornaliere della concentrazione di radon, misurate in una casa campione da ottobre a gennaio, variano in dipendenza dalla temperatura del suolo (all'aperto). La concentrazione di radon in casa aumenta quando il terreno ghiaccia. Verosimilmente il gelo ostacola la fuoriuscita del radon dal terreno, favorendone la fuga laddove il terreno non è gelato (nelle cantine).

9. Le contromisure Esistono misure preventive o misure di ripiego – una misura provvisoria è quella di arieggiare di più gli ambienti.

Riguardo ai risanamenti il Laboratorio si trova in stretta collaborazione con l'Ufficio federale della Sanità pubblica – Divisione Radioprotezione – Servizio tecnico e d'informazione sul radon – di Berna (www.ch-radon.ch) ed il "Bundesamt für Strahlenschutz" in Germania. In proposito possiamo accennare che entrambi hanno realizzato un'ottima guida tecnica, da cui sono state in parte anche riprese alcune indicazioni pratiche di carattere generale.

- "Radon:Guida tecnica". Ufficio federale della Sanità pubblica – Divisione Radioprotezione – Servizio tecnico e d'informazione sul radon – 3003 Berna.
- "Radon-Handbuch Deutschland" – SSK – Geschäftsstelle beim Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Postfach 120629, 53048 Bonn, Görrestrasse 30, 53113 Bonn.

Per ulteriori informazioni:

- "A Physician's Guide - Radon: The Health Threat with a Simple Solution" United States Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation (6604J), EPA Document /402-K-93-008, September 1993
- "A Radon Guide for Tenants" Environmental Law Institute (ELI) and the U.S. Environmental Protection Agency, 1996, EPA /402-K-98-004
- "Model Standards and Techniques for Control of Radon in New Residential Buildings" U.S. Environmental Protection Agency, Air and Radiation (6604-J), 1994, EPA 402-R-94-009
- "Building Radon Out. A step-by-step guide on how to build radon-resistant homes" U.S. Environmental Protection Agency, 2001, EPA /402-K-01-002

Le contromisure di seguito riportate mirano soprattutto ad impedire o limitare l'ingresso del radon dal suolo. Un problema a parte sono le emissioni dei materiali da costruzione che non sono discusse nel seguente testo.

In generale, sia per le misure preventive (casa in fase di progetto) che per i risanamenti (case esistenti con concentrazioni elevate) le metodiche sono simili. Tuttavia mentre nel caso di nuove costruzioni le misure preventive possono essere coordinate in modo chiaro e conducono quasi sicuramente al successo, nel caso di risanamenti è spesso necessario valutare attentamente le diverse alternative possibili ed è a volte difficile prevederne il risultato ed i costi. Per le nuove costruzioni, i costi aggiuntivi delle contromisure sono normalmente molto contenuti. In ogni caso è molto importante valutare la situazione iniziale. A lavoro ultimato, sono necessarie delle misurazioni di controllo per verificare l'efficacia delle contromisure.

9.1. Aerare di più: è solo un accorgimento provvisorio!!

In caso di livelli di radon leggermente elevati, la soluzione più semplice è di arieggiare più spesso (p.es. più volte al giorno aprire le finestre per qualche minuto per creare un giro d'aria, lasciare aperte le finestre delle cantine ecc..) ottenendo subito un certo miglioramento. In caso di valori più elevati (> 1000 Bq/m³) si è sperimentato che le probabilità di successo sono modeste; normalmente si riesce a dimezzare la concentrazione di radon. L'arieggiare i locali comporta d'inverno una notevole perdita di calore e le persone sensibili al freddo e alla corrente d'aria mal sopportano queste condizioni, per cui tale misura può essere solo una soluzione provvisoria.

9.2. La prevenzione in caso di nuove costruzioni

9.2.1. Chiarire la situazione di partenza

Prima dell'effettiva progettazione dell'edificio riguardo al sito prescelto occorre verificare se per il sito si verificano le condizioni già esposte nel capitolo 7:

- se lo scavo si trova in un'area ad elevata concentrazione di radon.
- se lo scavo si trova su un pendio (colata detritica, deposito detritico), una faglia o un terreno molto fratturato, un terreno molto eterogeneo (p.es. in parte su di un letto di un fiume o materiale di riempimento). I terreni di fondazione con delle crepe o molto permeabili sono comunque a rischio radon, anche se si trovano al di fuori delle aree riconosciute ad elevata concentrazione di tale gas. In pendii esposti al sole i moti convettivi nei terreni molto permeabili possono trasportare elevate quantità di radon.
- se un edificio è fondato su terreni argillosi. Terreni argillosi in genere garantiscono una bassa concentrazione di radon. Se però durante lo scavo lo strato d'argilla viene perforato, il rischio radon può aumentare.
- per quanto tempo il terreno rimane gelato? Durante tale periodo il rischio radon è maggiore.
- se la casa del vicino ha problemi con il radon.

9.2.2 La misura del radon nel terreno

Spesso ci viene chiesto se non sia possibile misurare la concentrazione di radon direttamente nel terreno, prima che venga costruita la casa. A riguardo possiamo rispondere che al giorno d'oggi non è ancora possibile prevedere con un buon margine di certezza quale sia la concentrazione del gas radon in un edificio esistente o in un edificio nuovo sulla base della sua tipologia edilizia e delle indagini sulle caratteristiche del suolo su cui saranno realizzate le fondamenta.

Il Laboratorio è in grado di misurare la concentrazione di radon presente nel terreno. Il problema non è la misura del radon di per sé, ma l'esecuzione della trivellatura molto costosa ed impegnativa, poiché, come abbiamo visto negli esempi precedenti, per ottenere un risultato assolutamente affidabile, le misure dovrebbero essere eseguite anche in diverse profondità (in proposito esistono però differenti opinioni!), p.es. fino 5 m sotto la superficie, o almeno fino alla profondità dello scavo per le fondamenta della futura casa. Eseguire le misure del radon nell'ambito dello scavo delle fondamenta della casa non dà risultati certi, in quanto lo scavo cambia completamente la situazione nel terreno.

Dalle esperienze fatte in Alto Adige, possiamo dire di non avere trovato fino ad ora una correlazione chiara tra la concentrazione del radon misurata nel terreno e le misure radon indoor a livello puntuale. Se da una parte abbiamo notato che già a partire da concentrazioni di radon nel terreno di circa 10.000 Bq/m³, si possono trovare aree con notevoli concentrazioni di radon indoor (anche in case di nuova costruzione), dall'altra parte abbiamo zone con concentrazioni uguali o maggiori che in base alle misure radon indoor non risultano essere a rischio. Inoltre mediamente in Alto Adige le concentrazioni di radon nel terreno sono superiori a 10.000 Bq/m³, perciò, se questo fosse il criterio di scelta, bisognerebbe adottare delle contro-misure in quasi tutto l'Alto Adige.

Allo stato attuale delle conoscenze, possiamo perciò affermare che una certa attenzione verso il problema del radon è opportuna in quasi tutto l'Alto Adige, però è sicuramente indicata per le zone identificate a rischio (vedi mappatura) ed in particolare sui pendii.

9.2.3. Come verrà progettata la casa nuova

Molte scelte effettuate a livello di progettazione possono aumentare o diminuire il rischio d'esposizione al radon. I fattori più importanti sono:

a) I materiali da costruzione: che tipo di materiale s'intende utilizzare? Cemento armato, mattoni, legno, pietra,...? Normalmente per la realizzazione delle fondamenta e le mura nelle parti interrato, il cemento dà le maggiori garanzie di isolamento da radon e sono da preferire ai mattoni forati. Riguardo alla parte superiore della casa, da questo punto di vista, la scelta dei materiali è meno critica. Ricordiamo che la stabilità dei materiali utilizzati è particolarmente importante per tutti gli isolamenti.

b) La progettazione e destinazione dei locali: di regola il problema del radon riguarda soprattutto ambienti a contatto diretto con il terreno; soprattutto in edifici costruiti su pendii (su materiale fratturato). Sono colpite però anche abitazioni al piano terreno situate sopra cantine o ambienti vuoti. Perciò sarebbe opportuno rinunciare all'utilizzo d'interrati o seminterrati a scopo abitativo. Garage o depositi sempre aperti, al piano terra o interrato, possono proteggere le stanze superiori dal radon. Questo vale in particolare per i cosiddetti vespai. Tutte le strategie che mirano a "separare" dal suolo i locali, contribuiscono a proteggere dal radon.

c) I giroscale, i vani degli ascensori, i condotti verticali, i camini: progettare in modo tale che non si creino canali di comunicazione tra aree abitate ed aree a contatto con il terreno che trasportano il radon nella parte abitata della casa. Le scale che conducono a cantine, almeno in un punto, si dovrebbero poter chiudere con una porta ben sigillata. Meglio ancora sarebbe un accesso esterno e separato alle cantine. Questo vale soprattutto se la cantina possiede una pavimentazione naturale (terra).

d) Passaggi di condotte dal terreno: qualsiasi parte dell'edificio penetri nel terreno, costituisce un potenziale punto d'infiltrazione di radon. Le condotte dell'acqua e del gas, le condotte del gasolio da riscaldamento provenienti da serbatoi interrati, serbatoi per la raccolta dell'acqua piovana, ecc. andrebbero introdotte dalle pareti laterali e non dal pavimento, assicurando una buona ventilazione della tubazione in prossimità della casa (riempimento con ghiaia, lastre di drenaggio). Lo stesso vale sostanzialmente anche per condutture di piccolo diametro, come cavi elettrici e d'antenna, che vanno sigillati con materiali elastici. Un impianto di fognatura dovrebbe attraversare il pavimento della cantina nel minor numero possibile di punti. Attenzione il riempimento con terra dei canali di sterro scavati per le canalizzazioni spesso fungono da vero e proprio veicolo per l'ingresso del radon. Il progetto delle fognature dovrebbe dunque prevedere il minimo indispensabile di condotte di scarico, possibilmente senza diramazioni ed isolamento o sfiato delle condutture.

e) Isolamento termico: un edificio costruito o risanato a regola d'arte dovrebbe essere munito di uno strato d'isolamento termico e di una guaina a tenuta stagna appropriata tra i locali riscaldati e quelli non riscaldati. Anche nel caso dell'isolamento esterno delle mura di una casa bisogna prestare attenzione al radon. Se il rivestimento isolante penetra nel terreno, il radon può diffondersi fino ai piani alti della casa attraverso gli spazi vuoti dello strato isolante. È

importante o sigillare completamente lo strato isolante o interromperlo per un breve tratto, per permettere al radon di uscire all'aperto.

f) Il sistema di aerazione: pianificare il sistema di aerazione in modo tale da evitare che al piano terra e in cantina si crei una depressione. Questa depressione aumenta in presenza di: finestre aperte sul lato dell'edificio protetto dal vento, ventilatori in bagni e cucine (cappe di ventilazione), correnti termiche ascensionali in camini in caso d'aperture di aerazione assenti o insufficienti.

g) L'impianto di riscaldamento: p. es. riscaldamento a pavimento, stufa a legna, centralizzato con termosifoni, impianto di condizionamento con ricambio forzato dell'aria, ecc.. Nel caso del riscaldamento a pavimento bisogna prestare la massima attenzione ad un buon isolamento, poichè con il calore si dilatano le crepe. Le stufe a legna senza un proprio rifornimento d'aria esterna aumentano la depressione in casa. Un impianto di condizionamento con ricambio forzato dell'aria normalmente riduce il problema del radon.

h) La ventilazione naturale del suolo: l'aria presente nel sottosuolo che trasporta il radon dal suolo, originariamente era aria esterna. Essa viene continuamente rinnovata e scambiata. Conviene favorire questo scambio naturale p. es. collegando opportunamente lo strato (relativamente permeabile) al di sotto della piastra di fondazione con il materiale di riempimento laterale, altrettanto permeabile. In questo modo l'aria sotto l'edificio si rinnoverà più rapidamente e la concentrazione di radon diminuirà.

9.2.4. L'isolamento del fondamento per la casa nuova

Bisogna precisare subito che a riguardo attualmente non esistono ancora esperienze sufficientemente lunghe per dare delle indicazioni definitive e univoche. I seguenti suggerimenti vanno considerati come delle indicazioni di base che vanno poi valutate e rielaborate da esperti del settore edilizio, allo scopo di giungere alla fine ad un regolamento edilizio per zone a rischio radon. Si premette che in una regione a rischio radon la principale misura precauzionale consiste nel prevedere un ottimo isolamento del fondamento. In proposito esistono diverse possibilità:

a) Il fondamento a platea in cemento armato: in zone a rischio radon si consiglia di realizzare un fondamento a platea in cemento armato (spessore ca. 30 cm) che ricopra tutta la superficie orizzontale dello scavo della futura casa; di realizzare tutte le mura esterne (verticali) nella parte interrata in cemento armato (spessore ca. 30 cm), prestando la massima attenzione alla congiunzione tra muro e platea (punto estremamente critico). Importante sarebbe anche evitare assolutamente di bucare la platea. Se questo non fosse possibile, si consiglia di isolare tutte le perforazioni (condotte di tubazioni, corrente elettrica ecc.) con materiali isolanti o flange elastiche. A proposito ricordiamo che il successo della prevenzione radon si basa soprattutto sulla scrupolosa esecuzione dei lavori di dettaglio. In aggiunta è possibile realizzare il fondamento a platea su di uno strato in cemento armato e fra questi posare uno strato isolante (membrane impermeabilizzanti in polimeri bituminosi plastificati o membrane di plastica). Non è ancora chiaro se allo scopo sia meglio utilizzare delle membrane in plastica impermeabili, ma di maggiore costo, come vengono per esempio usate per impermeabilizzare le discariche, oppure siano sufficienti delle semplici coperture in bitume o plastica molto bene incollate fra di loro. Dalle esperienze conseguite fino ad ora in Svizzera, sembrerebbe che possa bastare una copertura semplice. Se si è deciso di isolare aggiuntivamente con una membrana in plastica, questa va posata sul ripiano dello scavo di fondazione su uno strato

sufficientemente resistente di cemento armato (ev. la membrana ai due lati va protetta da un tessuto non tessuto): sopra va collocata la fondazione a platea e una volta costruita la cantina, la membrana va tirata su lungo le pareti esterne. Si raccomanda di sigillare con cura le giunzioni, incollare o saldare le membrane senza lasciare fessure, sigillare accuratamente tutti i punti di perforazione. Per l'impermeabilità al radon è essenziale l'assenza di fessure nella barriera impermeabile installata. In zone con concentrazioni di radon molto elevate può essere opportuno stendere aggiuntivamente uno strato di ghiaia (con tubi di drenaggio) orizzontalmente sotto il fondamento a platea e verticalmente a ridosso delle mura della cantina intorno a tutta la casa. Si consiglia in ogni caso di proteggere all'esterno le pareti interrato con della ghiaia e delle lamine di plastica isolanti. Lo strato di ghiaia oltre a permettere una fuoriuscita naturale del radon, è anche un'ottima protezione contro l'umidità. Anche lo strato orizzontale di ghiaia sotto la platea ha un vantaggio: nel caso che dopo anni, in conseguenza del deterioramento dei materiali, dovesse entrare del radon in casa, esisterebbero già tutti i presupposti per realizzare un sistema di aspirazione di aria dal suolo (vedi di seguito punto 9.3.e). Per motivi statici (deformazione e conseguente formazione di crepe) il fondamento a platea può essere più indicato per edifici di piccole dimensioni.

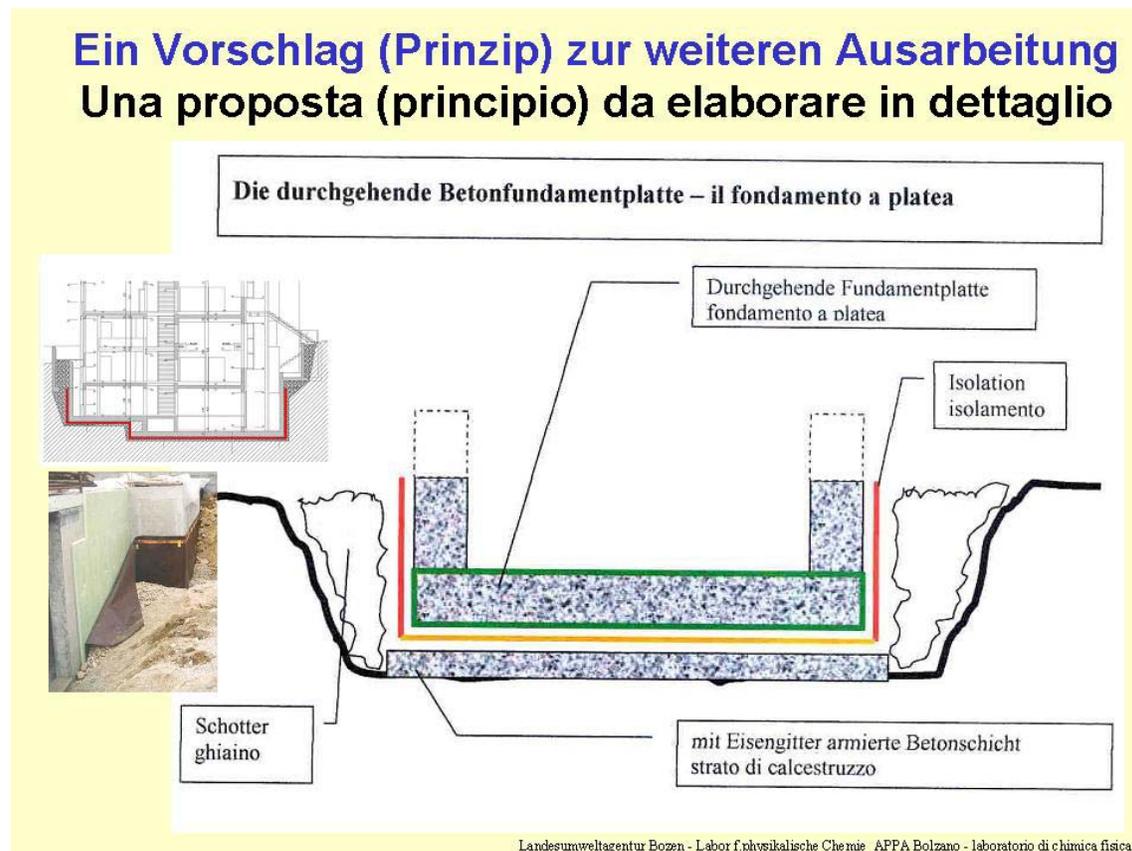


FIGURA 18) Il fondamento a platea

b) Le contromisure nel caso di fondazioni a strisce: In linea di massima per piccoli edifici in zone con elevata concentrazione di radon, alle fondazioni a strisce, è da preferire la fondazione a platea. Se contrariamente a quanto detto vengono progettate delle fondazioni a strisce, è assolutamente necessario realizzare la pavimentazione in cemento, con uno strato iso-

lante d'ottima fattura. Lo strato isolante non dovrebbe ricoprire solo la pavimentazione, ma anche almeno 0.5m delle pareti interne. Occorre in ogni caso prestare la massima attenzione a non danneggiare le membrane isolanti, evitando curvature a spigoli.

Si consiglia in ogni caso di proteggere all'esterno le pareti interrato con della ghiaia e delle lamine di plastica isolanti. Inoltre è indispensabile prevedere un sistema d'aspirazione di aria dal suolo. Allo scopo sotto la pavimentazione vanno messi dei tubi di drenaggio in uno strato di ghiaia (vedi la figura 20). La ghiaia va posata direttamente sul terreno compattato, nel caso di un terreno poco o mediamente permeabile. In terreni molto permeabili conviene invece posare la ghiaia su di uno strato di cemento magro, che funge da strato isolante verso il terreno. In questo modo, aspirando l'aria con un ventilatore, diventa più semplice realizzare una depressione. I tubi di drenaggio vanno posati in parallelo e collegati tra loro da una conduttura collettiva. Se possibile collegare lo strato di ghiaia con aperture laterali, in modo che vi possa entrare aria esterna (bisogna però anche prevedere la possibilità di poter chiudere queste aperture).

Se entra aria esterna, bisogna prevedere un adeguato isolamento termico per la pavimentazione. Il tubo collettore può condurre direttamente fuori casa, oppure arrivare internamente fino al tetto. In tal modo si crea un'aspirazione naturale che fa fuoriuscire il radon dal terreno. Se ciò non basta, si può aumentare l'azione aspirante con un piccolo ventilatore. In questo caso può essere più conveniente chiudere le aperture laterali alla ghiaia (questo va appurato sperimentalmente). Riguardo al tubo collettore è importante sapere che l'aria estratta dal terreno è molto umida e perciò d'inverno si formano notevoli quantità di ghiaccio che possono ostruire il tubo. Conviene perciò prevedere un condensatore, oppure realizzare tutti i tubi in pendenza, di modo che l'acqua di condensa formatasi possa defluire nel terreno.

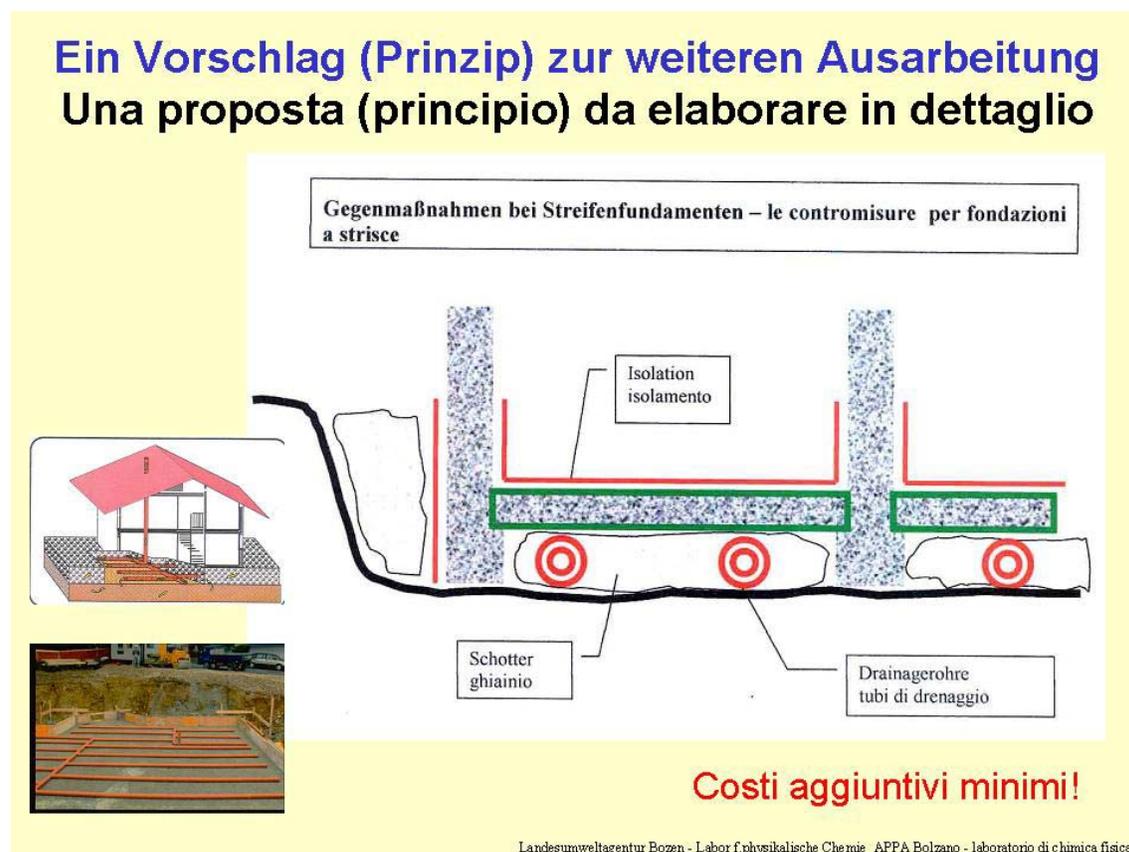


FIGURA 19) Proposta di un sistema d'aspirazione dell'aria dal sottosuolo per mezzo di una rete di tubi di drenaggio incorporati nella ghiaia.

Einbau der Drainagerohre in die Schottererschicht Sistemazione dei tubi di drenaggio nel ghiaio



Achtung: Die Drainagierung alleine bietet keinen absoluten Radonschutz. Entscheidend ist eine ausreichende Durchlüftung der Schottererschicht, die notfalls mit einem kleinen Ventilator verstärkt werden muss.

Attenzione: i tubi di drenaggio di per se non garantiscono una protezione totale dal radon. Decisiva è una sufficiente aerazione dello strato di ghiaio, che se necessario, deve essere aumentata con un piccolo ventilatore.

Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APPA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 20) Realizzazione pratica di un sistema d'aspirazione dell'aria dal sottosuolo per mezzo di una rete di tubi di drenaggio incorporati nella ghiaia.

c) Isolamento tra i diversi piani: Anche dal punto di vista dell'isolamento termico conviene pianificare uno strato d'isolamento tra l'interrato (cantina) ed il piano rialzato p.es. con delle membrane di plastica o altro. Se possibile converrebbe realizzare un'intercapedine ventilata (vespaio) che assicura un'ottima protezione dal radon.

Al di fuori delle regioni ad alta concentrazione di radon, normalmente sarà sufficiente che il piano interrato sia interamente costruito in cemento armato per proteggere sufficientemente dal radon proveniente dal sottosuolo. Una certa attenzione è sempre opportuna soprattutto per i pendii.

9.3. Il risanamento in case con concentrazioni di radon elevate

Contro il radon esistono diverse possibilità d'intervento e quale delle possibili contromisure convenga adottare dipende da molteplici fattori, p. es. l'entità dei valori di radon misurati, la permeabilità del terreno, la distribuzione delle stanze, il tipo di costruzione, ecc.. Normalmente questa decisione va presa da un esperto in materia in base ad accertamenti fatti sul posto. In ogni caso è necessario fare nuovamente delle misure di controllo per individuare i punti più critici ed intraprendere delle azioni mirate. Normalmente si comincia con il metodo meno invasivo e che nello specifico caso dia le maggiori garanzie di successo. Se il metodo adottato ha funzionato o meno, lo si vedrà solamente a lavori ultimati.

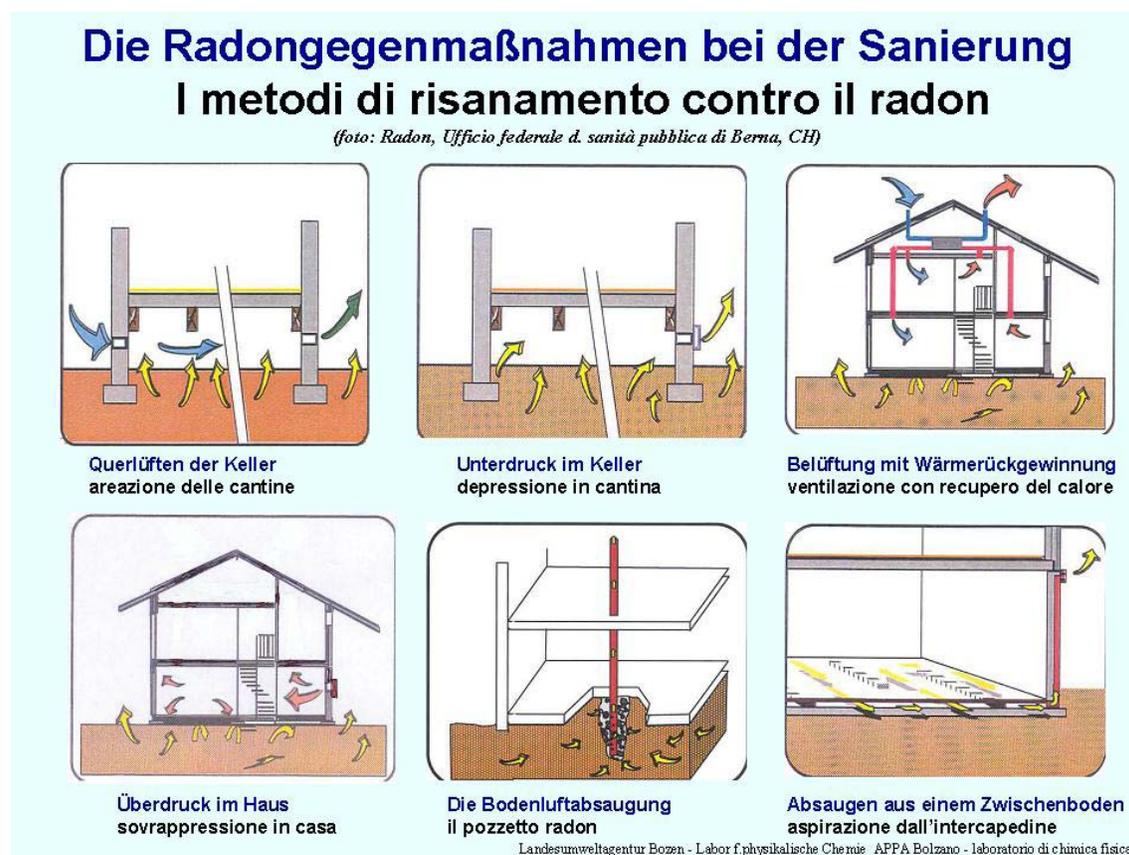


FIGURA 21) I metodi di risanamento contro il radon più comunemente utilizzati.

a) La finestra della cantina socchiusa: il radon penetra nelle case per via dell'effetto camino, cioè in conseguenza della depressione che va a crearsi nella parte bassa della casa. Se porte e finestre della casa sono ben chiuse, verrà anche aspirata aria dalla fondazione. Un mezzo efficace per ridurre la depressione in casa è quello di tenere socchiusa una finestra in cantina, oppure di realizzare una apertura di ventilazione nel muro della stanza. Questo accorgimento molto semplice può ridurre di molto la concentrazione del gas radon.

b) Sigillare crepe, fessure e fughe con materiali isolanti e membrane adatti, tenendo conto che la zona di collegamento tra pavimento e muro è un punto particolarmente critico, può servire ridurre le concentrazioni di radon. In caso di valori elevati ($> 1000 \text{ Bq/m}^3$) e di su-

perfici maggiori, un isolamento duraturo è costoso e difficile da realizzare e difficilmente da solo risolve la situazione. In ogni caso, se il radon penetra attraverso grosse crepe nella roccia sottostante la casa sarà importante sigillare queste aperture in modo adeguato. Occorre anche fare attenzione agli scarichi ed alle condutture elettriche. Le perforazioni rimaste aperte ai lati dei tubi, i rivestimenti delle tubazioni e le canaline di plastica possono essere un ottimo conduttore per il radon dalla cantina ai piani superiori. Lo stesso vale per le perforazioni per le condotte delle tubazioni che vanno sigillate con cura.

L'isolamento esterno ed interno Die Außen- und Innenisolierung

La tenuta dell'isolamento non dipende tanto dal materiale impiegato, ma soprattutto dalla cura con cui è stato eseguito il lavoro. Spesso una semplice copertura di polimeri bituminosi stesa bene a caldo è meglio di una costosa membrana speciale, ma male incollata.

(foto: Radonhanbuch, Bundesamt f. Strahlenschutz, Germania)

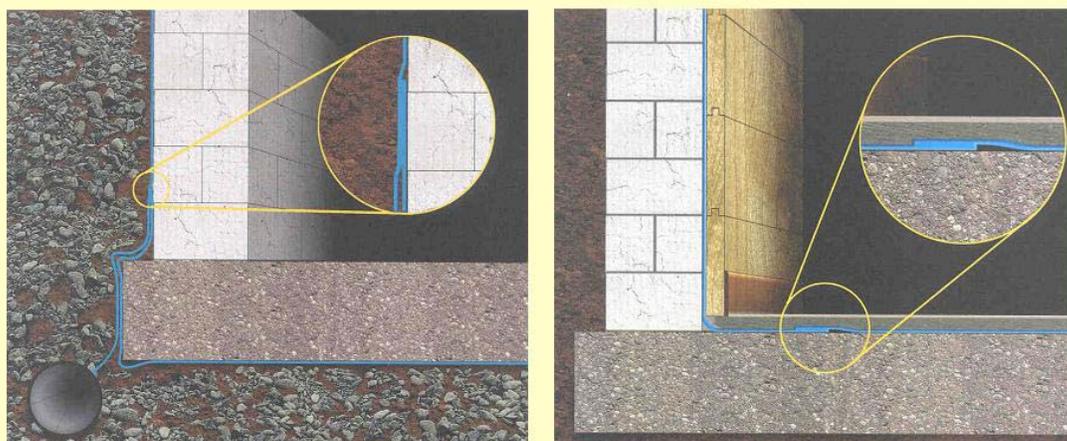


FIGURA 22) L'isolamento con membrane impermeabili.

c) In presenza di un terreno naturale in cantina, spesso un metodo valido è quello di **isolare e cementare il pavimento in cantina**. In presenza di concentrazioni elevate (>1000 Bq/m³) questo provvedimento normalmente non è sufficiente, dato che con il tempo è normale che si formino delle crepe. Come punti deboli rimangono le congiunzioni tra le pareti ed il pavimento. Sigillare questi punti in maniera duratura è molto difficile. Qualora nell'ambito di una generale ristrutturazione venisse rifatta la pavimentazione, converrebbe in ogni caso prevedere al di sotto di essa una specie di intercapedine o una rete di tubi di drenaggio incorporati nella ghiaia per bloccare ed asportare l'aria carica di radon.

d) **Areazione ed espulsione di aria da cantine e vespai:** In molti casi può essere sufficiente aumentare il ricambio d'aria nelle cantine o in un vespaio eventualmente presente sotto le stanze con valori elevati di radon. Ove possibile, si può anche aspirare con un ventilatore l'aria dal vespaio creando così una depressione in questo spazio.

e) **Aspirazione dell'aria dal sottosuolo.** Nella maggiore parte dei casi questo metodo è semplice da adottare, è molto efficace e pertanto particolarmente indicato per elevate concentrazioni di radon. In pratica consiste nello scavare un pozzetto nel pavimento della casa dal quale in modo adeguato si estrae l'aria carica di radon dal sottosuolo prima che possa entrare in casa. Per una maggiore efficienza, il pozzetto va realizzato più vicino possibile al punto d'ingresso del radon e possibilmente in un punto centrale della casa.



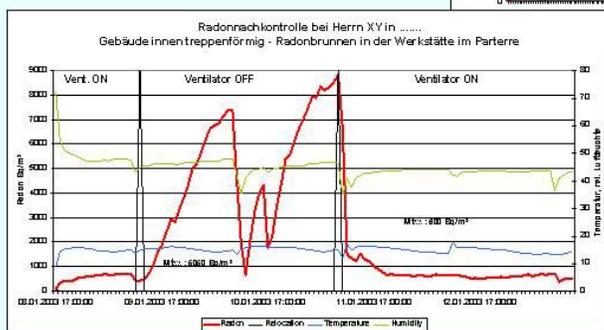
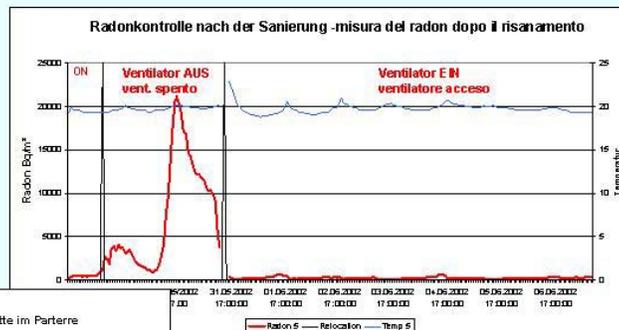
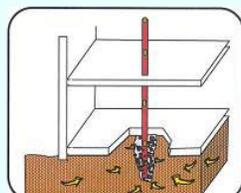
FIGURA 23) Le figure mostrano la fasi di realizzazione pratica di un pozzetto radon in casa. Se viene rinnovato tutto il pavimento, allo stesso scopo si può realizzare anche una rete di tubi di drenaggio incorporati nella ghiaia.

Il metodo è particolarmente indicato in una casa senza stanze interrato. In questi casi con un pozzetto profondo 1,5 – 2 m e largo circa 0,5 m ed un ventilatore da ca. 24 Watt, si riesce a risanare un'area di circa 200 m².

Se le stanze a contatto con il terreno si trovano invece a diverse profondità (p. es. in una casa su di un pendio), le possibilità d'ingresso per il radon aumentano notevolmente e diventa più difficile individuare una buona posizione per il pozzetto radon. Normalmente in questi casi l'efficienza del pozzetto diminuisce e può essere necessario aspirare l'aria da più buchi posizionati in diverse stanze e collegati tra di loro con un tubo collettore, oppure realizzare sotto l'intera superficie della pavimentazione un sistema con tubi di drenaggio, come già descritto per gli edifici nuovi (vedi 9.2.4.b). Se anche le pareti sono a contatto con il terreno, può essere conveniente scavare il pozzetto orizzontalmente, praticando un foro nelle pareti.

Il costo dell'impianto per una casa di medie dimensioni (100 - 200m²) va da alcune centinaia di euro (fai da te) a qualche migliaia di euro se si incarica una ditta. In dipendenza dalla concentrazione di radon misurata, il ventilatore deve funzionare in continuo o può essere utilizzato in modo discontinuo.

Die Bodenluftabsaugung - il pozzetto radon



Diese Methode wird vor allem bei sehr hohen Radonkonzentrationen empfohlen. Nach den bisher in Südtirol gesammelten Erfahrungen liegen die Erfolgsaussichten bei ca. 80%. Questo metodo è indicato per livelli elevati di radon. In base alle esperienze acquisite in Alto Adige le probabilità di successo sono buone (circa 80%).

Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APPA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 24) Le misure di controllo dimostrano l'efficacia del pozzetto radon. I grafici riportano gli andamenti giornalieri della concentrazione del radon e ben visibile la differenza dei valori tra ventilatore acceso e ventilatore spento.

Perché il metodo dell'aspirazione dell'aria dal sottosuolo funziona, è necessario che nel pozzetto si crei una leggera depressione. Solo in questo caso l'aria carica di radon dal terreno convergerà verso quest'ultimo, e potrà essere espulsa, piuttosto che diffondersi in casa. Dalle esperienze conseguite in Alto Adige possiamo dire che questa metodica è normalmente molto efficace per terreni con una permeabilità "media". In generale, in base alle nostre esperienze le probabilità di successo sono nell'ordine del 80%. Nel caso di terreni molto permeabili, l'afflusso d'aria nel terreno può essere talmente elevato che con un normale sistema d'aspirazione non si riesce a creare il vuoto sufficiente per il buon funzionamento del sistema. In questo caso conviene ripiegare su altre tecniche. Anche in presenza d'acqua nel sottosuolo della casa il metodo non è applicabile.

Nel caso in cui l'inquinamento da radon interessi più case vicine l'una all'altra ed il terreno sia molto permeabile, è anche possibile realizzare un sistema unico, costituito da un pozzo scavato vicino alle case, dal quale si estrae l'aria con un ventilatore di maggiore potenza. Quest'ultima possibilità va però valutata con molta cura e in ogni caso conviene fare prima delle misure di permeabilità nel terreno.

Attenzione: in base a nuove conoscenze, si avverte che tale metodo non è applicabile se nelle stanze abitate che si trovano direttamente sopra il pozzetto o sono adiacenti ad esso, sono utilizzati sistemi per il riscaldamento a fiamma aperta, cioè stufe a legna, caminetti, stufe a gas

ecc. che non dispongano di una presa separata per l'aria esterna o se nelle stanze non vi è un'apertura che garantisca in ogni caso una sufficiente ventilazione.

Non si può escludere che in presenza di già esistenti o future crepe nella pavimentazione o nelle mura, il ventilatore possa causare una leggera depressione anche nelle stanze sopra o vicine al pozzetto e, di conseguenza, se le stanze non sono sufficientemente ventilate, provocare una pericolosa emissione di monossido di carbonio (gas tossico) dalla stufa accesa.

f) Aspirare l'aria da pavimenti con intercapedine. A volte può risultare più conveniente realizzare un nuovo pavimento con intercapedine e aspirare l'aria dall'intercapedine anziché con tubi di drenaggio o pozzi per radon sotto il pavimento. I pavimenti con intercapedine possono essere di vario tipo. Sul mercato ci sono anche diversi prodotti prefabbricati che normalmente vengono impiegati per la costruzione di uffici, dove l'intercapedine viene utilizzata come spazio per le installazioni.

Ricordiamo che lo spessore dell'intercapedine necessario è minimo, qualche centimetro di spazio vuoto è più che sufficiente per raccogliere il radon e convogliarlo verso un punto di raccolta, dal quale viene aspirato con un piccolo ventilatore, oppure per mezzo di un tubo che porta fino al tetto. In quest'ultimo caso può essere anche conveniente realizzare l'intercapedine con dei punti d'ingresso per l'aria esterna. In questo modo si formerà un ricambio naturale dell'aria presente nell'intercapedine. Se si aspira aria esterna bisognerà però isolare anche termicamente la pavimentazione per evitare la formazione di condensa nei mesi freddi.

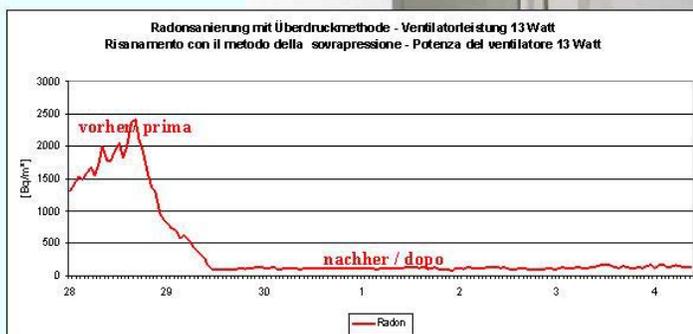
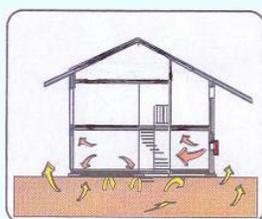
In ogni caso va ricordato che a protezione dal radon sopra l'intercapedine va posata con la massima cura una membrana isolante che deve non solo coprire il pavimento ma essere anche saldamente incollata per almeno mezzo metro alle pareti laterali. Nel caso di terreni molto permeabili può essere utile isolare anche la superficie inferiore dell'intercapedine, in modo da ridurre l'afflusso d'aria dal terreno. In questo caso, di volta in volta, dovrà essere valutato se convenga tenere aperti i punti d'ingresso laterali per l'aria esterna (circolazione naturale dell'aria) oppure chiuderli utilizzando un ventilatore che lavori in depressione.

Attenzione: in base a nuove conoscenze si avverte che tale metodo non è applicabile se nelle stanze abitate sono utilizzati sistemi per il riscaldamento a fiamma aperta, cioè stufe a legna, caminetti, stufe a gas ecc. che non dispongano di una presa separata per l'aria esterna o se nelle stanze non vi è un'apertura che garantisca in ogni caso una sufficiente ventilazione.

Non si può escludere che in presenza di già esistenti o future crepe nella pavimentazione o nelle mura, il ventilatore possa causare una leggera depressione anche nelle stanze e, di conseguenza, se le stanze non sono sufficientemente ventilate, provocare una pericolosa emissione di monossido di carbonio (gas tossico) dalla stufa accesa.

g) Sovrappressione artificiale nell'edificio. Per impedire infiltrazioni d'aria del sottosuolo ricca di radon, anziché creare una depressione sotto la pavimentazione dell'edificio, si può anche creare una leggera sovrappressione all'interno delle stanze con un ventilatore. Affinchè il metodo funzioni l'edificio deve essere il più possibile isolato p. es. con guarnizioni alle porte e finestre. Solo allora potrà formarsi una sovrappressione nelle stanze. Se le stanze sono a tenuta sono sufficienti ventilatori molto piccoli (ca. 10 – 20 W) per ridurre il problema del radon. D'inverno può essere necessario riscaldare l'aria immessa. Il metodo è semplicissimo e poco costoso da realizzare (p.es. un piccolo ventilatore nella finestra) solo che richiede una certa attenzione da parte degli inquilini (chiudere sempre le porte ad ogni passaggio).

Die Überdruckmethode - sovrappressione in casa



Mit Hilfe eines kleinen Ventilators im Fenster erzeugt man im Haus einen leichten Überdruck, der dem Eindringen des Radongases entgegenwirkt. Die Methode ist sehr einfach zu realisieren und besonders für Säle oder größere Räume in Neubauten geeignet; weniger für ältere Bausubstanz.

Con un piccolo ventilatore montato nella finestra, in casa si crea una leggera sovrappressione che si oppone all'ingresso del radon. Il metodo è molto semplice da realizzare è particolarmente indicato per sale o stanze di maggiori dimensioni in edifici di recente costruzione; meno per l'edificato più vecchio.

Landesumweltagentur Bozen - Labor f. physikalische Chemie APPA Bolzano - laboratorio di chimica fisica

FIGURA 25) Sovrappressione artificiale nell'edificio.

f) Sovrappressione artificiale nel terreno sotto la casa. Questo metodo è relativamente nuovo e per quanto ne sappiamo raramente impiegato. Solitamente è stato adottato quando, in conseguenza di una permeabilità estremamente alta del terreno, le altre contromisure sono risultate inefficaci. Il metodo consiste nell'immettere con un ventilatore l'aria interna della cantina, attraverso il pozzetto radon o il sistema di drenaggio, nel terreno sotto l'edificio. In pratica si crea un cuscino d'aria sotto la casa che riduce l'infiltrazione del radon in casa oppure ne diluisce la concentrazione. È assolutamente importante che nei mesi freddi non venga pompata aria esterna (fredda) nel sottosuolo, dato che il terreno potrebbe gelare (dilatazione) e compromettere la stabilità dell'edificio. Il metodo è estremamente efficiente e, in un caso sperimentato in Alto Adige, è stato l'unico metodo con il quale si è riusciti ad abbassare significativamente la concentrazione del radon. Almeno per il momento, dopo tre anni di funzionamento (solo nei mesi invernali), non sono stati rilevati problemi all'edificio.

Però attenzione: In particolare riguardo al caso appena esposto, a tutt'oggi non vi sono elementi per stabilire se pompare aria nel sottosuolo modifichi sostanzialmente la struttura del terreno e possa quindi a lungo andare compromettere la stabilità dell'edificio (p.es. formazione di ghiaccio sulla parte esterna delle pareti). Si tratta perciò di un provvedimento molto efficace ma assolutamente provvisorio e da realizzarsi esclusivamente sotto la propria responsabilità.

L'aspirazione di aria dal sottosuolo è un intervento meno problematico e fino ad oggi le esperienze maturate da diversi anni in Svizzera ed Alto Adige non hanno evidenziato problemi in merito. In un solo caso, ad Umhausen, in Austria, in un edificio nel quale sono state realizzate molte perforazioni nelle pareti dell'interrato, dopo nove anni di aspirazione, sono comparse delle piccole crepe che però non preoccupano più di tanto il proprietario. Il

problema è ancora aperto e dovrà essere studiato a fondo. È sicuramente chiaro che in molti casi l'aspirazione d'aria dal suolo è l'unico metodo sufficientemente efficace per risanare una casa con concentrazioni di radon molto elevate.

In sintesi il metodo prescelto non deve essere solo efficace ma anche essere sicuro e funzionale nell'utilizzo. In ogni caso un controllo del buon funzionamento dell'impianto e il rispetto del modo d'utilizzo è fondamentale. Qui di seguito si riportano i risultati di risanamenti eseguiti in Alto Adige con le tecniche descritte.

9.4. Cosa è stato fatto in merito in Alto Adige?

Oltre che delle misure del gas radon, il laboratorio di chimica fisica dell'APPA di Bolzano si occupa da circa 4 anni della sperimentazione di contromisure per il radon e dà consulenza in merito. Tale attività è nata dal fatto che nell'ambito delle misure sono state riscontrate molte case con concentrazioni di radon elevate e di conseguenza sia i proprietari che la popolazione in generale hanno incominciato a richiedere consigli ed informazioni su come risanare le case esistenti e quali metodi di prevenzione adottare per le case nuove.

La seguente tabella riassume in maniera sintetica i risultati di alcuni interventi realizzati in Alto Adige sotto il coordinamento del laboratorio. Per facilitare la valutazione dell'efficienza del metodo di risanamento prescelto, per ogni caso si riportano le concentrazioni massime misurate nella fase di controllo prima dell'intervento e dopo l'intervento. Se in base alle misure invernali era possibile con sufficiente certezza ritenere che anche la media annuale fosse sotto la soglia d'intervento, il risultato del risanamento è stato giudicato positivo. Le misure integrate a lungo termine seguono.

In sintesi, in base alle esperienze conseguite ad oggi possiamo dire che nella maggiore parte dei casi i risanamenti radon possono avere successo con mezzi molto semplici ed a costi relativamente bassi. Ogni casa rimane però un caso particolare ed è molto difficile prevedere il successo o meno di un metodo. Di regola si inizia con gli interventi più semplici, p. es. isolare ed arieggiare di più le stanze. Poi seguono i sistemi che creano una sovrappressione nelle stanze o una depressione sotto i pavimenti. Se anche questi accorgimenti non fossero sufficienti bisognerà passare ad interventi più pesanti e costosi, come ristrutturare l'intera pavimentazione o le pareti ed introducendo p. es. un sistema di ventilazione con tubi di drenaggio.

Come si può ben immaginare, tali interventi sono particolarmente gravosi per i proprietari di case appena ristrutturate o case completamente nuove. Si sottolinea perciò ancora un volta l'importanza di fare eseguire delle misure radon in case esistenti prima dell'esecuzione di interventi di ristrutturazione. Anche se si trovano concentrazioni di radon elevate normalmente le contromisure radon possono essere inserite nel progetto di risanamento con costi aggiuntivi minimi. Mentre nel caso di edifici nuovi non dovrebbero presentarsi problemi con il radon, se sono stati presi gli accorgimenti prima descritti.

Risultato di alcuni risanamenti radon eseguiti in Alto Adige Resultate einiger in Südtirol durchgeführter Radonsanierungen

Methode contromisura	Gemeinde comune	Gebäude edificio (nr = codice interno)	Stock piano	Radon Max.werte – valori mass in Bq/m ³		Resultat risultato
				vorher prima	nachher dopo	
Bodenluftabsaugung pozzetto radon	Brixen Bressanone	Wohnung abitazione 4	0	1.000	200	positiv positivo
	Gais	Wohnhaus casa priv. 21	0	14.000	2000	nicht abgeschl non concluso
	Klausen Chiusa	Wohnung abitazione 28	-1	2.000	200	positiv positivo
		Wohnhaus casa priv. 32	0	700	700	negativ negativo
	Laas Lasa	Wohnhaus casa priv. 35	0	1.500	< 200	positiv positivo
		Wohnhaus casa priv. 37	-1	1.200 Kel- ler/cantina	450 Kel- ler/cantina	positiv positivo
	Mals Malles	Wohnhaus casa priv 47	0	10.000 inverno 1200 estate	- < 200 estate	nicht abgeschl non concluso
	Pfalzen Falzes	Wohnhaus casa priv. 56	-1	7.000	2.000	nicht abgeschl non concluso
	Prad St. J. Prato St.	Wohnhaus casa priv. 61	0	20.000	350	positiv positivo
	Schlanders Silandro	öffen.Geb. edif. pubbl 73	0	2.500	400	positiv positivo
		Wohnhaus casa priv. 85	-1	5.000	500	nicht abgeschl non concluso
		Wohnhaus casa priv. 88	0 1	10.000 2.000	600 < 200	positiv positivo
	Vintl Vandoies	Wohnhaus casa priv. 111	0	2.000	< 200	positiv positivo
Unterboden Drainage Drenaggio s. il pav- mento	Laas Lasa	Wohnhaus casa priv. 112	0	1300 (med invernale)	300 (med. invernale)	positiv positivo
Überdruck Sovrappressione	Leifers Laives	Wohnhaus casa priv. 43	-1	3.000 Kel- ler/cantina	600 Kel- ler/cantina	positiv positivo
	Sarntal Sarentino	öffen.Geb. edif. pubbl 66	0	800	450	positiv positivo
	Schlanders Silandro	öffen.Geb. edif. pubbl 84	-1	3.000	200	positiv positivo
		Wohnhaus casa priv. 77	-1	2.500	400	positiv positivo
Überdruck im Boden Sovrappressione nel terreno	Schnals Senales	Wohnhaus casa priv. 70	0 -1	13.000 17.000 cantina	1.400 800 cantina	nicht abgeschl non concluso
Unterdruck im Keller Depressione in cantina	Prad St. J. Prato St.	Wohnhaus casa priv. 62	+1	3500	600	positiv positivo
nur Isolationsmaßnahme solo Isolamento	Eppan Appiano	Wohnhaus casa priv. 17	-1	4000 Kel- ler/cantina	200	positiv positivo
	Laas Lasa	Wohnhaus casa priv. 42	0	1000	350	positiv positivo
	Pfalzen Falzes	Wohnhaus casa priv. 59	0	2000	200	positiv positivo

Resultat positiv / risultato positivo = wenn der effektiv gemessene oder auf Grund einer kürzeren Messung geschätzte Jahresmittelwert unter der Eingreifschwelle liegt / se la media annuale effettivamente misurata o stimata in base ad una misura più breve è inferiore alla soglia d'intervento.

Per ulteriori informazioni potete rivolgerVi al Laboratorio di chimica fisica dell'Agencia provinciale per la protezione dell'ambiente di Bolzano, Via Amba Alagi 5, 39100 Bolzano. Tel. 0471291324, Fax 0471283264.

Non è possibile eliminare il radon dal terreno. Senza grandi spese aggiuntive possiamo però costruire e risanare le nostre case in modo che in futuro non si presenti più il problema del radon.

Dr. Luigi Minach