



Guida tecnica per le misure di concentrazione media annua di radon in aria in luoghi di lavoro, abitazioni, scuole e luoghi aperti al pubblico

Dott. Luigi VITUCCI, Dott. Alfonso Gerardo CELESTE, Dott. Giuseppe ROSELLI

U.O.S. Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti, Dipartimento Provinciale di BARI – ARPA Puglia
Via Oberdan n.18/E, 70126 – BARI, Tel. 0808643113, Fax. 0805539344 E-mail: dapba.radiazioni@arpa.puglia.it



ARPA PUGLIA
Agenzia regionale per la prevenzione e la protezione dell'ambiente

U.O.S. Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti
Dipartimento provinciale di BARI

Premessa

Nella Regione Puglia, la tutela dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti generate dal gas radioattivo di origine naturale denominato radon è disciplinata oltre che dalla normativa nazionale, con il D.lgs. 230/95 e sue successive modifiche e integrazioni, le cui disposizioni si applicano a determinati attività lavorative e luoghi di lavoro, anche dalla recente Legge Regionale n. 30 del 3.11.2016 "Norme in materia di riduzione dalle esposizioni alla radioattività naturale derivante dal gas 'radon' in ambiente confinato" che ha come campi di applicazione gli edifici destinati all'istruzione, compresi gli asili nido e le scuole materne, gli edifici non destinati all'istruzione e aperti al pubblico, con esclusione dei residenziali.

La normativa vigente sia nazionale sia regionale, fermo restando le possibili modifiche che potranno seguire al recepimento, da parte dello Stato italiano (entro febbraio del 2018), della Direttiva 2013/59/EURATOM, tra i cui ambiti di applicazione vi è, appunto, l'esposizione dei lavoratori o di individui della popolazione al radon in ambienti chiusi, prevede, ad ogni modo, che per la valutazione dell'esposizione dal gas radon vengano eseguite misure dirette di concentrazione media annua del gas radon in aria.

Il Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti di Arpa Puglia, pertanto, con la presente guida tecnica, raccogliendo in maniera organica e sintetica le indicazioni riportate nelle precedenti ed autorevoli "Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei"[1] e "Linee guida per le misure di radon in ambienti residenziali"[2], illustra le modalità di misura della concentrazione media annua di gas radon in aria in luoghi di lavoro, abitazioni, scuole e luoghi aperti al pubblico che l'Agenzia osserva per le esecuzioni delle analisi e misurazioni di gas radon richieste da privati cittadini, enti pubblici e aziende private.

[1] Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, "Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei", a cura del Coordinamento delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano, Versione definitiva approvata il 6 febbraio 2003;

[2] APAT, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, "LINEE GUIDA PER LE MISURE DI RADON IN AMBIENTI RESIDENZIALI", RTI CTN_AGF 4/2004

INDICE

CAPITOLO 1 - METODI DI MISURA DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA DI RADON MEDIANTE STRUMENTAZIONE PASSIVA.....	4
Introduzione.....	4
Tecnica di misura mediante dispositivi passivi – I rivelatori a tracce nucleari.....	4
Taratura del metodo e controllo di qualità dei dati.....	7
CAPITOLO 2 - TECNICA DI MONITORAGGIO IN AMBIENTI CONFINATI.....	8
Introduzione.....	8
Posizionamento e punti di misura.....	8
Particolari indicazioni per misure nei luoghi di lavoro previste dalla normativa nazionale vigente - D.Lgs. 230/95 e s.m.i.	8
Particolari indicazioni per misure nelle abitazioni.....	8
Misure nelle scuole e nei luoghi aperti al pubblico	8
CAPITOLO 3 - ORGANISMI DI MISURA	9
Introduzione.....	9
Requisiti degli organismi di misura	9
Rapporto di prova a cura dell'organismo di misura.....	9
CAPITOLO 4 - TRASMISSIONE DATI DI MISURA AGLI ENTI PREPOSTI DA PARTE DELL'ESERCENTE	11
Modalità di trasmissione dei dati.....	11
BIBLIOGRAFIA	12

CAPITOLO 1 - METODI DI MISURA DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA DI RADON MEDIANTE STRUMENTAZIONE PASSIVA

Introduzione

Per la misura della concentrazione media annua di gas radon la tecnica prescritta dalla normativa regionale ed adottata dall'ARPA Puglia, è quella che prevede l'utilizzo di strumentazione passiva. Tale tecnica oltre ad essere la più economica e la più affidabile, è quella che più si presta per monitoraggi su larga scala ed inoltre permette di conservare l'informazione del valore misurato nel tempo, rendendola disponibile a ripetute e successive letture qualora fossero, ad esempio, richieste dall'ente di controllo.

Tecnica di misura mediante dispositivi passivi – I rivelatori a tracce nucleari

Per tecnica di misura di concentrazione di radon in aria con strumentazione passiva si intende l'utilizzo di dispositivi, nei quali è presente un elemento sensibile alla radiazione del gas radon e nei quali l'aria diffonde spontaneamente senza richiedere l'apporto di energia esterna.

I dispositivi passivi maggiormente impiegati sono i rivelatori a tracce nucleari, tipo CR-39 (utilizzato da ARPA Puglia) o LR-115, lastrine sensibili alle radiazioni alfa, costituite da polimeri i cui legami chimici vengono danneggiati dal passaggio della radiazione.

La misura consiste nell' esporre i dispositivi nei locali da monitorare, sottoporre, successivamente, gli stessi a trattamento chimico, in modo da rendere maggiormente visibili i danni da radiazione (le cosiddette tracce latenti) ed infine procedere alla loro lettura mediante microscopio ottico.

La sensibilità dei rivelatori a tracce nucleari è in genere molto elevata ed indicata anche per concentrazioni di radon di poche decine di Bq/m³ ed i tempi di esposizione sono superiori al mese e vanno fino ad un massimo, indicativamente, di un anno.

Le caratteristiche principali dei rivelatori a tracce nucleari sono di seguito riportate:

- sensibili alle radiazioni alfa e insensibili ad altri tipi di radiazioni, in particolare alla radiazione gamma;
- forniscono un valore della concentrazione media di radon su lunghi periodi (da alcuni mesi a un anno) per cui sono gli strumenti che meglio soddisfano le richieste della normativa comunitaria e italiana, oltre che quelli prescritti dalla normativa regionale vigente;
- forniscono una risposta in genere indipendente dalle condizioni ambientali;
- consentono un conteggio automatico delle tracce, quindi permettono un notevole risparmio dei tempi di analisi;
- si possono conservare e sottoporre nuovamente a lettura anche dopo diversi anni;
- sono robusti e hanno un basso costo.

La determinazione della concentrazione di radon, qualunque sia il sistema passivo di misurazione impiegato, dipende, oltre che dal tipo di elemento sensibile alle radiazioni, anche dalle modalità di campionamento del gas, dalla geometria del contenitore del rivelatore, nonché dal tipo di protezione adottata per il dispositivo prima e dopo l'esposizione.

In particolare, i dispositivi passivi a tracce nucleari (CR-39) utilizzati da Arpa Puglia sono di tipo chiuso: il rivelatore è posto all'interno di un involucro di PVC (Figura 1a), nel quale il radon entra per diffusione.

I dosimetri sono preparati in laboratorio, ove, le lastrine di CR-39 vengono pulite e posizionate all'interno del contenitore in PVC (Figura 1a - 1b).



Figura 1a. Immagine del CR-39 e del contenitore in PVC.



Figura 1b. CR-39 in busta impermeabile al radon.

Le specifiche tecniche dei dosimetri CR-39 sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1 - Specifiche tecniche dei dosimetri radon utilizzati da ARPA Puglia.

Tipo dosimetro	SSNTD "chiuso"
Rivelatore	CR-39
Periodo di esposizione raccomandato	6 mesi
Campo di esposizione	20 kBq/m ³ fino a oltre 40000 kBq/m ³ , corrispondente ad un'esposizione a concentrazione di 9000 Bq/m ³ per sei mesi
Minima Concentrazione Rilevabile (MCR)	10 Bq/m ³ per un'esposizione di tre mesi

Per ogni set di misure eseguite in un dato luogo (in uno o più ambienti) è opportuno preparare anche un ulteriore dosimetro (detto di transito/trasporto) che segue i dosimetri di misura fino al momento dell'installazione. Al termine delle operazioni, il dosimetro di transito viene sigillato in una bustina impermeabile al radon (Figura 1b) e trasportato al laboratorio. Tale dosimetro è utilizzato al fine di determinare il valore della concentrazione di fondo, da sottrarre al valore misurato dai dosimetri esposti nei punti di misura.

Questa tipologia di dosimetri, prima della esposizione alla radiazione e successivamente al termine della stessa, nella fase di trasporto per la consegna al laboratorio di misura, deve essere custodita in bustine di materiale non permeabile al radon in modo tale da evitare esposizioni aggiuntive a quelle del locale monitorato.

Il laboratorio di sviluppo e analisi provvede quindi al trattamento chimico del rivelatore e al conteggio delle tracce.

Lo sviluppo chimico del rivelatore viene eseguito al fine di evidenziare le rotture provocate dalle particelle α : le dimensioni dei fori, generati dalle particelle α , devono essere dell'ordine di 10 μm in modo tale che possano essere osservate con il microscopio. I dosimetri vengono immersi in una soluzione di idrossido di sodio in acqua distillata al 25%, alla temperatura di 98 °C per un'ora, successivamente immersi in una soluzione di acido acetico al 2 % per 45 minuti circa ed infine sottoposti a risciacquo finale in acqua distillata per un periodo di tempo minimo pari a 60 minuti.

Al termine delle operazioni di risciacquo, i dosimetri vengono asciugati e archiviati in busta trasparente sigillata, pronti per essere sottoposti a misure mediante sistema ottico automatico.

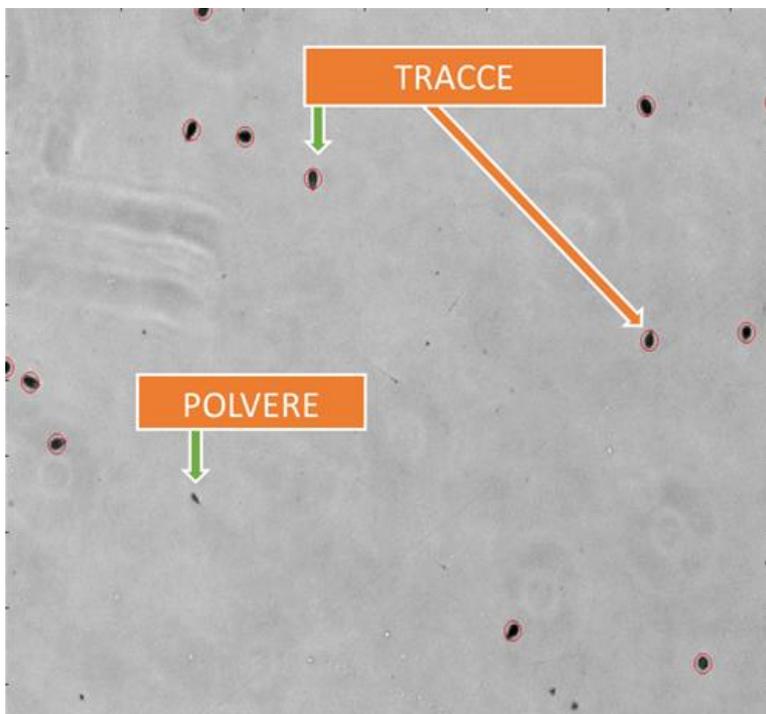


Figura 2. Immagine al microscopio delle tracce di particelle alfa emesse dal radon sulla superficie del CR-39 dopo trattamento chimico.

Dal conteggio del numero di tracce presenti sulla superficie del rilevatore (Figura 2), che è proporzionale sia alla concentrazione di radon presente nell'ambiente in cui il materiale è stato esposto sia al tempo di esposizione, è possibile ricavare **il valore della concentrazione media annua di radon (C_{ANNUA})**, specifico del locale monitorato durante il periodo di misura. Si riportano di seguito le espressioni di calcolo della concentrazione media annua di radon C_{ANNUA} .

Siano:

- Esp_i = valore di esposizione in $[KBq \cdot h/m^3]$ misurato dal singolo dosimetro nell'ambiente oggetto di indagine;
- $Esp_{i(Transito)}$ = valore di esposizione in $[KBq \cdot h/m^3]$ misurato sul dosimetro di transito;
- σ_{Esp_i} = incertezza associata al valore di esposizione in $[KBq \cdot h/m^3]$ misurato dal singolo dosimetro nell'ambiente oggetto di indagine;
- $\sigma_{Esp_{i(Transito)}}$ = incertezza associata al valore di esposizione in $[KBq \cdot h/m^3]$ misurato sul dosimetro di transito.

La concentrazione di radon misurata dall'i-esimo dosimetro, relativa al periodo di misura T_s (espresso in ore), è data da:

$$C_{Si} [Bq/m^3] = (Esp_i - Esp_{i(Transito)}) \times \frac{1000}{T_s} \quad (Eq.1)$$

L'incertezza associata alla concentrazione di radon misurata dall'i-esimo dosimetro è data da:

$$\sigma_{C_{Si}} [Bq/m^3] = \sqrt{(\sigma_{Esp_i})^2 + (\sigma_{Esp_{i(Transito)}})^2} \times \frac{1000}{T_s} \quad (Eq.2)$$

Pertanto la **concentrazione media annua C_{ANNUA}** , calcolata sui due semestri mediante media pesata sulle durate temporali (T_{s1} e T_{s2}) dei periodi di misura, è data da:

$$C_{ANNUA} \left[\frac{Bq}{m^3} \right] = \frac{C_{s1} \cdot T_{s1} + C_{s2} \cdot T_{s2}}{T_{s1} + T_{s2}} \quad (Eq.3)$$



ARPA PUGLIA
Agenzia regionale per la prevenzione e la protezione dell'ambiente

U.O.S. Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti
Dipartimento provinciale di BARI

$$\sigma_{C_{ANNUA}} [Bq/m^3] = \sqrt{\frac{(\sigma_{C_{S1}})^2 \cdot T_{S1}^2 + (\sigma_{C_{S2}})^2 \cdot T_{S2}^2}{(T_{S1} + T_{S2})^2}} \quad (\text{Eq.4})$$

ove $\sigma_{C_{ANNUA}}$ è l'incertezza associata alla C_{ANNUA} .

Taratura del metodo e controllo di qualità dei dati

Il sistema di lettura dei dosimetri radon CR-39 deve essere tarato mediante dosimetri campione, esposti a concentrazioni note presso un Istituto Metrologico Primario.

Ai fini del controllo di qualità dei dati è necessario partecipare periodicamente (almeno ogni tre anni) a circuiti di interconfronto radon.



ARPA PUGLIA
Agenzia regionale per la prevenzione e la protezione dell'ambiente

U.O.S. Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti
Dipartimento provinciale di BARI

CAPITOLO 2 - TECNICA DI MONITORAGGIO IN AMBIENTI CONFINATI

Introduzione

Nel monitoraggio della concentrazione media annua di radon mediante utilizzo di dispositivi passivi, non vi sono sostanziali differenze nelle tecniche di campionamento (scelta dei punti di misura) in ambienti confinati, qualunque essi siano. Le differenze che potrebbero emergere a seconda che si tratti di luoghi di lavoro, abitazioni, scuole e luoghi aperti al pubblico sono, comunque, evidenziate nei paragrafi seguenti.

Posizionamento e punti di misura

Gli ambienti, per quanto riguarda il numero di punti di misura, possono essere per semplicità classificati sulla base delle loro dimensioni in due categorie principali: Locali separati di piccole dimensioni (inferiori a 50 m²) e di medie e grandi dimensioni.

Pertanto il numero dei punti di misura in funzione dell'ampiezza dei locali è il seguente:

- Per locali separati di piccole dimensioni (inferiori a 50 m²) è sufficiente una misura in ciascun locale;
- Per locali separati di medie e grandi dimensioni è consigliabile una misura ogni 100 m² di superficie.

Una volta individuato il numero di punti di misura i dosimetri impiegati per effettuare le misure di radon dovranno essere posizionati ad una altezza compresa fra circa 1 e 3 metri, in un'area lontana da fonti di calore (stufe, termosifoni, caloriferi climatizzatori) e di ricambio d'aria (finestre e porte). Non va posizionato all'interno di armadi e contenitori chiusi. Durante tutto il periodo di misura nelle stanze vanno mantenute "normali" condizioni di uso (inclusa la ventilazione).

Particolari indicazioni per misure nei luoghi di lavoro previste dalla normativa nazionale vigente - D.Lgs. 230/95 e s.m.i.

Le misure devono essere pianificate in modo da essere rappresentative dell'esposizione del personale. Perciò in linea di massima le misure non dovranno essere condotte in locali che non siano occupati con continuità dai lavoratori, come per esempio i locali di servizio, gli spogliatoi e gli ambienti di passaggio come i corridoi.

Altri ambienti come i magazzini o locali nei quali il personale entra senza occupare una vera e propria postazione di lavoro, ma che rimangono chiusi a lungo, non dovranno essere sottoposti a misura a meno che il personale nel suo complesso non vi trascorra una frazione di tempo significativa, che viene indicativamente fissata in 10 ore al mese.

Particolari indicazioni per misure nelle abitazioni

Nella scelta dei locali, oltre a preferire quelli maggiormente utilizzati, vanno tenuti in considerazione quelli con pareti laterali a diretto contatto con il terreno, e/o al piano terra, seminterrato, interrato.

Locali non idonei per la misura della concentrazione media annua sono: cucina (elevata ventilazione e presenza di fumi), bagni, corridoi, ripostigli (permanenza non significativa), vani tecnici (permanenza non significativa), cantine, box auto, (anche nel caso di valori elevati, permanenza non significativa).

Misure nelle scuole e nei luoghi aperti al pubblico

Per gli edifici destinati all'istruzione, le misure devono essere eseguite in tutti i luoghi frequentati dal personale scolastico e non, ed aperti al pubblico. Per quanto riguarda gli edifici non destinati all'istruzione, e aperti al pubblico con esclusione dei residenziali, l'esercente stabilisce autonomamente quali sono i locali accessibili al pubblico ed esegue le misure in tali locali. In linea di massima le misure non dovranno essere condotte in locali che non siano occupati con continuità, come per esempio i vani tecnici, locali di servizio, spogliatoi e ambienti di passaggio come i corridoi. Altri ambienti come i magazzini o locali nei quali non vi è una vera e propria occupazione, ma che rimangono chiusi a lungo, non dovranno essere sottoposti a misura a meno che non vi sia uno stazionamento di una frazione di tempo significativa (indicativamente più di 10 ore al mese).



CAPITOLO 3 - ORGANISMI DI MISURA

Introduzione

Attualmente non vi sono norme di legge che individuano i requisiti degli organismi che effettuano le misure di concentrazione di radon. Nelle more che tale vuoto normativo venga colmato sono di seguito riassunti i requisiti minimi riportati nelle linee guida [1] e [2] ai quali ARPA Puglia fa riferimento.

Requisiti degli organismi di misura

- 1) Presenza di un responsabile tecnico con formazione professionale adeguata ed esperienza documentata in materia, sotto la cui supervisione opera il personale addetto alle misure.
- 2) Quando l'organismo è costituito da più persone fisiche con compiti e formazioni professionali diverse, le rispettive responsabilità tecniche relative alle misure di concentrazione di radon dovranno essere definite in un documento scritto.
- 3) Deve essere effettuata una periodica taratura della catena di misura e controllo del suo funzionamento prima di ogni serie di misure. La taratura dei metodi di misura deve garantire la riferibilità a campioni primari, tramite un centro LAT o istituto equivalente europeo.
- 4) Deve essere effettuato un periodico controllo di qualità dei dati mediante partecipazione a circuiti di interconfronto organizzati da centri LAT o istituti di valenza analoga. Gli organismi che effettuano misure di concentrazione di radon dovrebbero prendere parte a tali circuiti almeno una volta ogni tre anni. Nel caso che i risultati dei circuiti di interconfronto non siano adeguati agli obiettivi prefissati dalla tecnica di misura, è necessario individuare le cause e adottare idonee azioni correttive, documentando il ripristino di affidabilità del sistema.
- 5) Devono essere utilizzate procedure e istruzioni scritte per le misure, comprese le tarature e il controllo di qualità.
- 6) Deve essere rilasciato un rapporto di prova delle misure firmato dal responsabile tecnico, che garantisce l'affidabilità del dato al committente.

Rapporto di prova a cura dell'organismo di misura

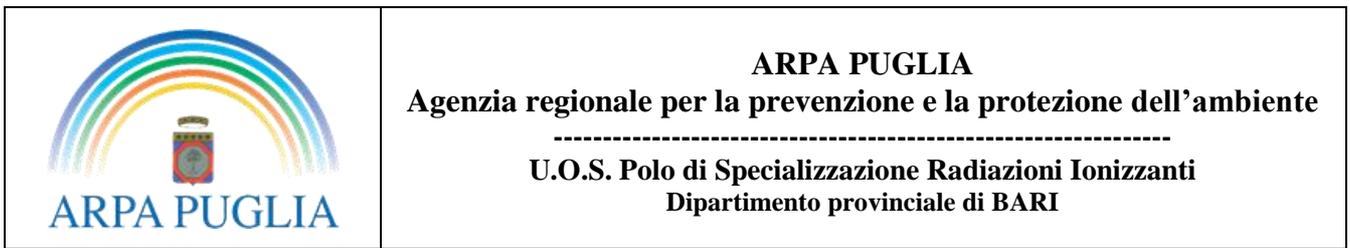
Il risultato delle misure è contenuto in un rapporto di prova rilasciato al committente dall'organismo di misura, sulla base delle informazioni fornite dallo stesso.

Nel rapporto di prova devono essere riportate almeno le seguenti informazioni:

- Intestazione dell'organismo che rilascia il documento.
- Identificazione del documento (per esempio un numero o codice progressivo).
- Dati anagrafici del committente.
- Tecnica di misura utilizzata.
- Periodo di esposizione per ogni rivelatore esposto (sotto la responsabilità del committente) e relativi risultati in termini di concentrazione.
- Risultato della concentrazione di radon media annua associato al luogo della misura, chiaramente individuato (se in un luogo di lavoro vengono effettuate misure in più locali/ambienti o più misure in uno stesso ambiente, è necessario che nella scheda informativa compilata dal committente sia identificato ciascun punto di misura e che lo stesso identificativo sia riportato nella relazione).
- Incertezza associata a tutti i risultati delle misure.
- Firma della persona che ha effettuato le misure e di chi autorizza il rilascio del risultato.
- Eventuali note relative ai risultati.

[1] Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, "Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei", a cura del Coordinamento delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano, Versione definitiva approvata il 6 febbraio 2003;

[2] APAT, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, "LINEE GUIDA PER LE MISURE DI RADON IN AMBIENTI RESIDENZIALI", RTI CTN_AGF 4/2004



Nel rapporto di prova deve essere espressamente riportato:

- l'ambito di validità della rilevazione;
- dichiarazione del richiedente attestante che è stato informato sul mantenimento delle condizioni per una corretta misura e che a riguardo egli se ne assume ogni responsabilità.



CAPITOLO 4 - TRASMISSIONE DATI DI MISURA AGLI ENTI PREPOSTI DA PARTE DELL'ESERCENTE

Modalità di trasmissione dei dati

Allo scopo di fornire una documentazione completa, la relazione tecnica che l'esercente trasmette agli enti preposti, dovrà contenere, almeno, i seguenti dati:

- Nome e indirizzo del richiedente (luogo di misura).
- Latitudine e Longitudine del luogo di misura, sistema WGS84.
- Piano del locale.
- Utilizzo del locale.
- Planimetria con indicata la posizione dello strumento di misura.
- Tipo di rivelatore.
- Periodo di misura (data inizio e fine misura).
- Le condizioni di misura.
- La concentrazione di radon misurata con l'incertezza associata.
- Rapporto di prova rilasciato dall'organismo di misura.
- Firma dell'esercente.



ARPA PUGLIA
Agenzia regionale per la prevenzione e la protezione dell'ambiente

U.O.S. Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti
Dipartimento provinciale di BARI

BIBLIOGRAFIA

- Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, “Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei”, a cura del Coordinamento delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano, Versione definitiva approvata il 6 febbraio 2003.
- APAT, Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, “LINEE GUIDA PER LE MISURE DI RADON IN AMBIENTI RESIDENZIALI”, RTI CTN_AGF 4/2004.
- Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230 "Attuazione delle direttive EURATOM 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti". Gazzetta Ufficiale n. 136 Suppl. Ordinario, 13 giugno 1995.
- Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241 “Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”. *Gazzetta Ufficiale* n. 203 Suppl. Ordinario, 31 agosto 2000.
- Decreto Legislativo 9 maggio 2001, n. 257 “Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”. *Gazzetta Ufficiale* n. 153 Serie Generale, 4 luglio 2001.
- Direttiva 2013/59/EURATOM del Consiglio, del 5 dicembre 2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM e 2003/122/EURATOM, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 13 del 17.1.2014.
- Legge Regionale Puglia 3 novembre 2016, n. 30 “Norme in materia di riduzione dalle esposizioni alla radioattività naturale derivante dal gas ‘radon’ in ambiente confinato”, Bollettino Ufficiale della Regione Puglia - n. 126 del 4-11-2016.