della stessa collana

SICUREZZA

Il rischio RADON negli ambienti di vita e di lavoro

Lucio Confessore, Pietro Ferraro

gli autori

Guida pratica alla misurazione e agli interventi di prevenzione e riduzione alla luce del nuovo **D.Lgs. 31 luglio 2020, n. 101**

vai alla scheda del libro

EPC EDITORE

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

Lucio Confessore, Pietro Ferraro

Il rischio RADON negli ambienti di vita e di lavoro

Guida pratica alla misurazione e agli interventi di prevenzione e riduzione alla luce del nuovo D.Lgs. 31 luglio 2020, n. 101

EPC EDITORE

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

IL RISCHIO RADON NEGLI AMBIENTI DI VITA E DI LAVORO
ISBN: 978-88-9288-017-7

Copyright © 2020 EPC S.r.l. Socio Unico

EPC S.r.l. Socio Unico – Via Clauzetto, 12 – 00188 Roma
www.epc.it
Servizio clienti: 06 33245277 - Fax 06 33245248
Redazione: Tel. 06 33245264/205

Proprietà letteraria e tutti i diritti riservati alla EPC S.r.l. Socio Unico. La struttura e il contenuto del presente volume non possono essere riprodotti, neppure parzialmente, salvo espressa autorizzazione della Casa Editrice. Non ne è altresì consentita la memorizzazione su qualsiasi supporto (magnetico, magneto-ottico, ottico, fotocopie ecc.).
La Casa Editrice, pur garantendo la massima cura nella preparazione del volume, declina ogni responsabilità per possibili errori od omissioni, nonché per eventuali danni risultanti dall'uso dell'informazione ivi contenuta.

Il codice QR che si trova sul retro della copertina, consente attraverso uno smartphone di accedere direttamente alle informazioni e agli eventuali aggiornamenti di questo volume.

Le stesse informazioni sono disponibili alla pagina:
https://www.epc.it/Prodotto/Editoria/Libri/Lavalutazione-del-rischio-da-esposizione-a-radon/4877

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

SOMMARIO

INTRODUZIONE 7

capitolo 1
LA RADIOATTIVITÀ NATURALE 13

capitolo 2
CENNI STORICI SUL RADON 21

capitolo 3
ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL RADON 25

3.1. Caratteristiche chimico-fisiche 25

3.2. Sorgenti e presenza in natura 30

3.3. Meccanismi di trasporto e diffusione 36

3.4. Dinamica dei prodotti di decadimento 44

capitolo 4
LA SITUAZIONE DEL RADON IN ITALIA 47

capitolo 5
LA NORMATIVA SUL RADON 53

5.1. Cenni storici e normativa europea 53

5.2. La normativa italiana e il D.Lgs. 101/2020 57

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

capitolo 6

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO 69

6.1. Introduzione 69

6.2. Le fasi di valutazione secondo il D.Lgs. 101/2020 71

capitolo 7

MISURE DI RADON 75

7.1. Introduzione 75

7.2. Scelta delle misure correttive 78

7.3. Metodiche e tecniche di misura 82

7.3.1. Misurazione della concentrazione dei prodotti di decadimento 86

7.3.2. Calcolo della dose efficace 88

7.4. Strumentazione di misura 89

7.4.1. Strumentazione di tipo passivo 89

7.4.1.1 Rivelatori a tracce nucleari 90

7.4.1.2 Rilevatori a carica elettrostatica 97

7.4.1.3 Canestri a carboni attivi 99

7.4.2. Strumentazione di tipo attivo 101

7.4.2.1 Analizzatori a camera di ionizzazione 103

7.4.2.2 Contatori a scintillazione (o celle di Lucas) 105

7.4.2.3 Metodo dei due filtri 107

7.5. Numero dei punti di misura 108

7.6. Misura del radon in acqua 110

7.7. Requisiti degli organismi di misura 113

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

capitolo 8

GLI INTERVENTI DI PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RADON 119

8.1. Tipologia degli interventi 119

8.2. Utilizzo di apparecchiature 124

8.3. Sigillatura delle vie d'ingresso 125

8.4. Tecniche di ventilazione e aspirazione 130

8.4.1. Ventilazione dei locali 130

8.4.2. Depressurizzazione del terreno di fondazione (pozzo radon) 135

8.4.3. Ventilazione del vespaio 142

8.4.4. Aspirazione del sistema di drenaggio dell'acqua 148

8.4.5. Aspirazione dell'aria da pavimenti con intercapedine 150

8.4.6. Tecniche di pressurizzazione 154

8.5. Barriere protettive 167

8.6. La prevenzione in caso di nuovi edifici 171

capitolo 9

EFFETTI SULLA SALUTE 175

capitolo 10

LA SORVEGLIANZA MEDICA DEI LAVORATORI 179

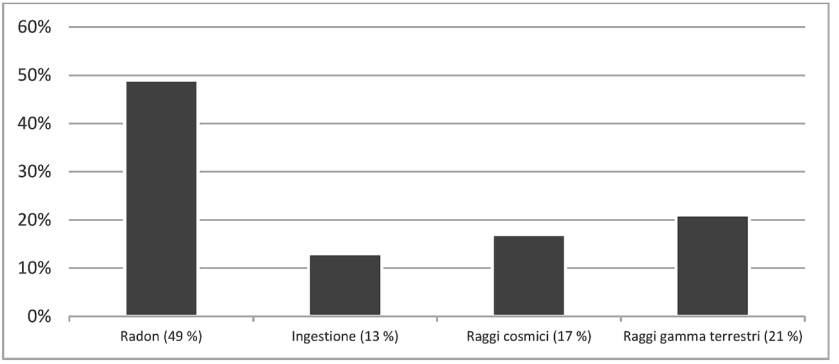
BIBLIOGRAFIA 183

GLOSSARIO 187

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

INTRODUZIONE

L'uomo è stato da sempre esposto ad una radioattività di origine naturale, dovuta a diverse sorgenti indipendenti dalle attività antropiche, tra le quali la più corposa, ma poco influente ai fini dell'esposizione umana, è sicuramente quella dovuta ai raggi cosmici provenienti dallo spazio, risalenti all'epoca della nascita del sistema solare. Molto più importanti sono invece le sorgenti "terrestri", costituite da alcuni elementi contenuti nelle rocce, nel suolo ed in particolari materiali utilizzati per le costruzioni, che sono in grado di emettere radiazioni in maniera continuativa, sia direttamente e sia tramite altri elementi radioattivi da essi stessi generati.



I.1 – *Componenti della radioattività naturale*

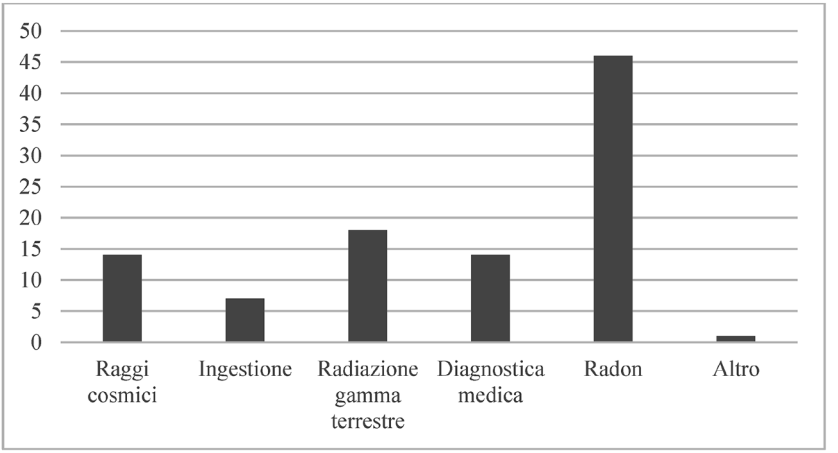
Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

Il radon rappresenta una percentuale rilevante di queste sorgenti, derivando dalla continua degradazione nucleare di altri elementi chimici presenti fin dai tempi della nascita del nostro pianeta, in particolare l'uranio ed il torio. Tale gas, una volta formatosi negli strati bassi del suolo grazie alle trasformazioni nucleari degli elementi radioattivi citati, è capace di risalire in superficie entrando negli edifici e nelle strutture, attraverso tutti i passaggi presenti lungo il suo cammino ed accumulandosi, soprattutto nei luoghi sotterranei ed in quelli con scarsa ventilazione. Se negli ambienti esterni non raggiunge concentrazioni apprezzabili a causa della diluzione nell'aria, in quelli interni (indoor), trovando invece un ostacolo "fisico" alla sua diffusione e non essendo percepibile dai sensi umani, può permanere anche per lunghi periodi, raggiungendo livelli di concentrazione molto elevati e diventare estremamente pericoloso per l'uomo.

Il radon, appartenendo alla famiglia dei gas nobili, è chimicamente inerte ma possiede, inoltre, la caratteristica di decadere e dar luogo ad ulteriori elementi radioattivi, capaci di adsorbirsi sul particolato atmosferico e di essere quindi veicolati da questo, all'interno dell'organismo umano. Mentre il radon, infatti, una volta inalato può essere facilmente espirato dall'organismo, i suoi "figli" sono solidi e quindi rimangono nell'apparato bronchiale nel quale emettono, in tempi brevissimi, radiazioni ionizzanti. A ciò va aggiunta anche la sua buona solubilità nelle acque sotterranee captate dai sistemi di raccolta antropici, che va a costituire un ulteriore potenziale rischio.

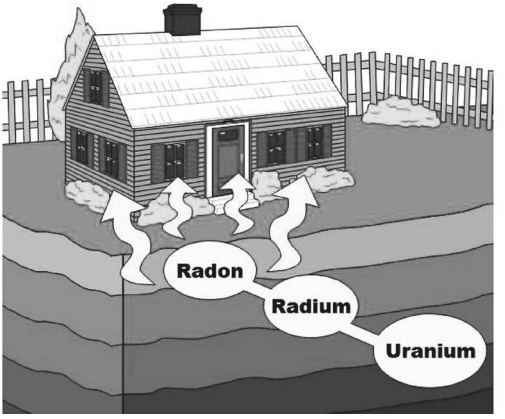
La quantità di radon che si genera nel sottosuolo e che poi inizia il suo cammino verso la superficie, dipende principalmente dalla natura geomorfologica del suolo, ma anche dagli aspetti legati ai cambiamenti meteoclimatici stagionali che, influenzando la pressione atmosferica, la temperatura, l'umidità ed altri fattori, condizionano a loro volta il cammino e la diffusione dal suolo verso la superficie. La sua concentrazione negli ambienti chiusi è particolarmente legata, invece, alle caratteristiche strutturali dell'edificio ed al livello di ricambio d'aria presente, sia di tipo naturale (porte, finestre, lucernai, ecc.) e sia determinato dagli impianti di estrazione e di ventilazione.

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati



I.2 – *Percentuale di esposizione umana a radiazioni ionizzanti dalle diverse fonti*

Il radon è responsabile di circa il 50% del contributo naturale alla radiazione di fondo e rappresenta in definitiva, in assenza di esplosioni o incidenti nucleari, la maggiore esposizione per l'uomo a radiazioni ionizzanti, sia di origine naturale e sia di origine antropica.



I.3 – *Ingresso del radon negli edifici*

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

La pericolosità del radon per l'uomo, come per tutte le altre sorgenti radioattive, viene calcolata in termini di "dose" di radiazione che viene assorbita dai tessuti del nostro organismo e della porzione (dose efficace) potenzialmente in grado di produrre un danno biologico. A tal proposito va detto che tutta la radiazione naturale produce un "fondo radioattivo" che espone continuamente l'uomo a tale problematica, alla quale va sommata la quota parte di origine prettamente antropica, come quella dovuta alle diverse applicazioni mediche o derivanti da esperimenti o incidenti nucleari.

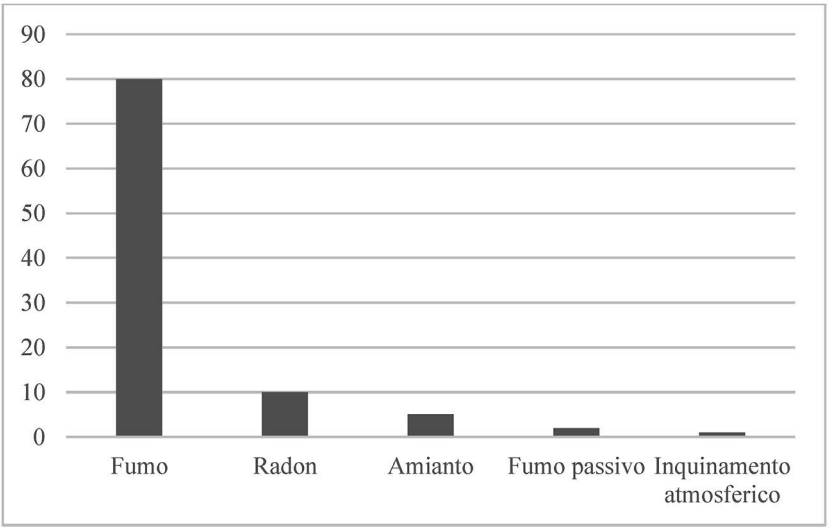
I.1 – *Dosi efficaci da differenti fonti di radiazioni*

FONTE	DOSE MEDIA MONDIALE (mSv/anno)
Fondo naturale	2,4
Diagnostica medica (in più rispetto al fondo naturale)	0,33
Ricadute di esperimenti militari (in più rispetto al fondo naturale)	0,022

Il radon, rispetto ad altri fattori di rischio anche meno pericolosi, presenti negli ambienti indoor, come gli inquinanti dell'aria, i campi elettromagnetici o il fumo di sigaretta, è percepito molto meno come un problema e propria questa sua sottovalutazione, può rappresentare un pericolo (per questo a volte viene definito il "killer silenzioso").

Per tali aspetti, dal punto di vista della salute, il radon viene considerato un fattore di rischio tipico degli ambienti confinati e costituisce per l'uomo la seconda causa di cancro al polmone dopo il fumo di tabacco. Sulla base di numerosi studi epidemiologici, esso è stato classificato nel 1977 dall'UNSCEAR (Comitato Scientifico delle Nazioni Unite sugli Effetti della Radiazione Atomica) come principale sorgente di esposizione alle radiazioni per la popolazione mondiale e successivamente nel 1988 dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nel Gruppo 1, tra le sostanze per la quale vi è evidenza accertata di cancerogenicità anche negli esseri umani.

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati



I.4 – *Percentuale di insorgenza di tumori polmonari dalle diverse fonti*

Pagine omesse dall’anteprima del volume

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

capitolo 6

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

6.1. Introduzione

La normativa attuale sulla tutela della salute e della sicurezza sui luoghi di lavoro, in base a quanto oggi stabilito dal cosiddetto Testo Unico (Decreto Legislativo del 9 aprile 2008 n. 81 e smi), prevede l'obbligo, da parte dei datori di lavoro delle organizzazioni (aziende, enti, ecc.), di effettuare una valutazione di "tutti i rischi" per la salute e per la sicurezza cui sono esposti i lavoratori nell'ambito delle proprie mansioni e presso i luoghi in cui le stesse mansioni vengono svolte. La citata normativa intende per "datore di lavoro" il "soggetto titolare del rapporto di lavoro con i lavoratori o comunque il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione aziendale, ha la responsabilità dell'organizzazione stessa in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa".

Le organizzazioni lavorative devono, quindi, predisporre un "Documento di valutazione dei rischi" nel quale riportare i risultati della valutazione, le metodologie utilizzate, gli interventi di prevenzione e protezione per ridurre il rischio al minimo possibile ed il piano delle misure di miglioramento. Tale documento si incastra nell'ambito di un complesso sistema gestionale che prevede un approccio sistemico al problema caratterizzato dall'analisi di rischio, dalla definizione ed attuazioni di appropriati interventi e dalla verifica dell'efficienza di tali interventi in un'ottica proprio del miglioramento continuo, ispirata a quello che in letteratura viene denominato ciclo di Deming (*Plan Do Check Act*). Questo approccio prevede sostanzialmente un'analisi basata su quat-

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

tro macrofasi di valutazione le quali, partendo dalla pianificazione degli interventi *(plan)* e continuando dal loro svolgimento *(do)* e dal controllo della loro efficacia *(check)* conduce all'attuazione del miglioramento continuo, basato sui risultati dei test di controllo. Ed il ciclo si ripete fino alla minimizzazione dei rischi al livello più basso possibile.

Fig. 6.1 – *Ciclo di Deming*

In particolare l'articolo 28 del D.Lgs. 81/08 laddove descrive l'oggetto della valutazione del rischio, stabilisce che la valutazione stessa, "*deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari*". *In base a tale contesto, quindi, il datore di lavoro ha l'obbligo di effettuare la valutazione del rischio derivante dall'esposizione a radon nei luoghi di lavoro, tramite l'approccio visto prima, di analisi e successiva definizione di specifiche misure di prevenzione e/o protezione le quali poi si calano nell'ambito della valutazione più generale dell'esposizione a radiazioni ionizzanti. Il D.Lgs. 81/2008 non tratta direttamente tale rischio, bensì lo rimanda ad altri atti legislativi specifici che, come visto, sono oggi rappresentati dal D.Lgs. 101/2020 che ha recentemente abrogato il D.Lgs. 230/1995 ed i suoi successivi decreti integrativi. Tale norma, emanata dopo diverse procedure di infrazione a carico dell'Italia da parte dell'Unione Europea a causa proprio del ritardo di recepimento della Direttiva 59/2013, obbliga il datore di lavoro ad effettuare delle specifiche misurazioni dei livelli di concentrazione di radon in aria, nel caso i lavoratori svolgano la propria attività in alcuni luoghi ben determinati dall'articolo 16 del D.Lgs. 101/2020, considerati a rischio radon e, in base al superamento o meno dei valori di riferimento, a definire ed attuare specifiche misure correttive con ulteriori*

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

misurazioni di dose efficace assorbita dai lavoratori qualora tali misure non fossero adeguate nel riportare i valori di concentrazione al di sotto dei citati valori di riferimento.

6.2. Le fasi di valutazione secondo il D.Lgs. 101/2020

La valutazione del rischio dovrà andare ad individuare la possibilità che alcuni lavoratori, in base alle caratteristiche della loro mansione ed in base ai luoghi abitualmente frequentati, possano essere esposti a concentrazioni di radon, espresse come media annua, superiori ai nuovi valori di riferimento del D.Lgs. 101/2020 i quali, come abbiamo visto, sono pari a 300 Bq/m^3 per edifici esistenti ed addirittura a 200 Bq/m^3 per edifici costruiti dopo il 31 dicembre 2024.

Il nuovo Decreto, riprendendo in parte quanto aveva già disposto il precedente D.Lgs. 230/1995, tenendo conto della specificità e complessità del tipo di rischio, stabilisce che il datore di lavoro, in occasione dei superamenti dei valori limite di concentrazione e/o di dose efficace, dovrà obbligatoriamente essere supportato da professionisti della materia. Essi si configurano in un esperto in materia di interventi per la riduzione dell'ingresso e dell'accumulo di radon negli ambienti e nell'esperto qualificato in radioprotezione.

La valutazione dovrà iniziare effettuando un'analisi delle caratteristiche degli ambienti di lavoro in studio, mirata ad individuare da una parte la presenza dei luoghi riportati all'art. 16 del D.Lgs. 101/2020 e dall'altra, per ogni luogo così determinato, il tempo di permanenza medio di eventuali lavoratori che possono essere presenti in tali luoghi, durante lo svolgimento delle attività proprie relative alle loro mansioni.

I luoghi indicati nel citato art. 16, come già visto, sono i seguenti:

- luoghi di lavoro sotterranei;
- luoghi di lavoro in locali semisotterranei;
- luoghi di lavoro situati al piano terra;
- stabilimenti termali;
- luoghi localizzati nelle aree cosiddette "prioritarie";
- luoghi di lavoro situati in aree identificate nel Piano nazionale d'azione per il radon.

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

Qualora l'analisi individuasse uno o più luoghi di tipologia indicata nell'elenco precedente, dovrà essere impostato un programma specifico di campionamento ed analisi, di durata minimo annuale, che permetta di misurare i livelli di concentrazione di radon come media annua in tali luoghi. In genere è opportuno impostare un primo programma di misura basato su un arco temporale pari ad un semestre, in modo da valutare con anticipo rispetto ai possibili superamenti dei valori limite di legge annuali ed avere la possibilità di definire ed attuare le misure correttive. Il secondo semestre di misura comporterà, quindi, già la permanenza degli interventi di azione e di prevenzione e di essi si potrà quindi valutarne l'efficacia attraverso l'analisi della curva di concentrazione di radon.

In base ai valori finali ottenuti dalle misurazioni, nei diversi luoghi investigati, si potranno avere i seguenti casi:

- **CASO 1:** *A fronte dei risultati della misurazione, si evidenzia che la concentrazione media annua di attività di radon in aria, non supera il livello di riferimento di 300 Bq/m^3*: in tal caso la situazione è accettabile e sarà necessario lo svolgimento di nuove misurazioni dopo otto anni oppure in conseguenza di eventuali interventi che comportano lavori strutturali a livello dell'attacco a terra dell'edificio in oggetto nonché di tutti gli interventi volti a migliorare l'isolamento termico dell'edificio stesso. La relazione tecnica relativa all'indagine ambientale effettuata dovrà essere conservata per un periodo di almeno otto anni e deve essere integrata nel Documento di Valutazione dei rischi.
- **CASO 2:** *A fronte dei risultati della misurazione, si evidenzia che la concentrazione media annua di attività di radon in aria supera il livello di riferimento di 300 Bq/m^3:* in tal caso il datore di lavoro dovrà individuare e designare un "esperto in interventi di risanamento radon" in possesso dei requisiti riportati nell'Allegato II del D.Lgs. 101/2020, con il compito di definire delle specifiche azioni correttive che dovranno essere riportate in una relazione tecnica fornita al datore di lavoro. Quest'ultimo sarà tenuto ad attuare tali azioni entro due anni dalla ricezione della suddetta relazione tecnica ed a svolgere nuove misure di concentrazione di radon, con cadenza quadriennale, per verificare l'efficacia delle azioni correttive.
- **CASO 2.1:** *I risultati della nuova misura evidenziano l'efficacia delle*

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

azioni correttive nel riportare la concentrazione di radon al di sotto del valore di 300 Bq/m³ come media annua: in tal caso le misure correttive devono essere mantenute attive e monitorate costantemente e le misurazioni dovranno essere ripetute dopo otto anni oppure, come già detto, in conseguenza di eventuali interventi che comportano lavori strutturali a livello dell'attacco a terra dell'edificio nonché degli interventi volti a migliorare l'isolamento termico dell'edificio stesso.

- **CASO 2.2:** *Nonostante le azioni correttive, la concentrazione di attività di radon in aria continua a rimanere al di sopra del valore di 300 Bq/m³ come media annua:* in tal caso significa che gli interventi attuati ed attuabili coerentemente con la tipologia di lavoro e con le caratteristiche strutturali del luogo di lavoro, non sono sufficienti a ridurre la concentrazione di radon e che si vanno ad identificare delle possibili situazioni di rischio a carico dei lavoratori che sono o che possono essere presenti in tali luoghi. Il datore di lavoro dovrà quindi obbligatoriamente individuare e designare un esperto qualificato in radioprotezione, con il compito di analizzare le caratteristiche delle attività svolte in tale ambiente dai lavoratori con particolare riferimento al loro tempo di permanenza giornaliero, e capire se per essi sono possibili superamenti del valore limite di dose efficace pari a 6 mSv/anno.
- **CASO 2.2.1:** *Il valore di dose efficace per i lavoratori misurato dall'esperto qualificato è minore di 6 mSv/anno:* in tal caso pur riscontrando concentrazioni di radon al di sopra del valore limite, a causa del limitato tempo di esposizione dei lavoratori ed in generale dalle caratteristiche di interazione tra il lavoratore ed il luogo in oggetto, la dose efficace assorbita da questi ultimi li identifica come "lavoratori non esposti". In tale situazione, tuttavia, è necessario continuare con il controllo dell'esposizione dei lavoratori e ed inoltre attuare ulteriori misure correttive fino alla riduzione della concentrazione di radon in aria al di sotto del valore di 300 Bq/m³.
- **CASO 2.2.2:** *Il valore di dose efficace per i lavoratori misurato dall'esperto qualificato è superiore a 6 mSv/anno:* è la situazione più critica in quanto evidenzia che tutte le misure attuate, coerentemente con la tipologia di attività lavorativa e con le caratteristiche del luogo in oggetto, causano comunque un'esposizione dei lavoratori a valori

Pagine tratte da www.epc.it - Tutti i diritti riservati

di dose efficace maggiore del valore limite, che li identifica come "lavoratori esposti". In tale situazione il luogo dovrà essere classificato come "luogo controllato" ossia caratterizzato da modalità di accesso definite da specifiche procedure dettate dall'esperto qualificato (sorveglianza fisica dei lavoratori). I lavoratori dovranno essere formati ed informati sia sui rischi specifici dovuti sia all'esposizione a radon e sia sulle modalità di accesso e dovranno essere sottoposti alla sorveglianza medica attuata da un medico autorizzato.

La figura successiva schematizza il processo valutativo.

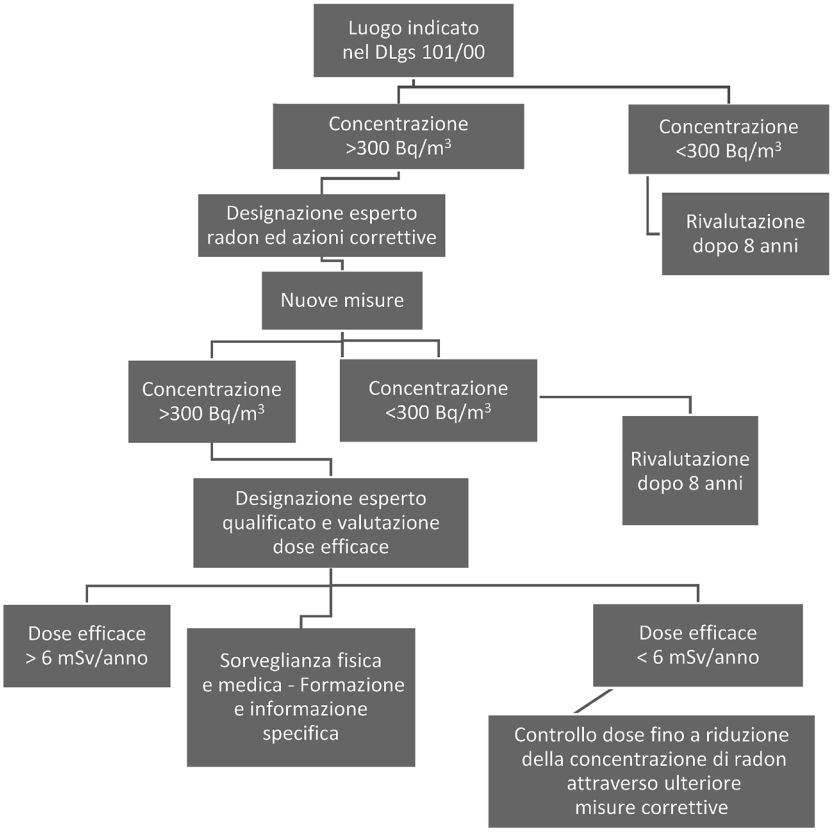


Fig. 6.2 – *Fasi della valutazione del rischio*

Pagine omesse dall’anteprima del volume