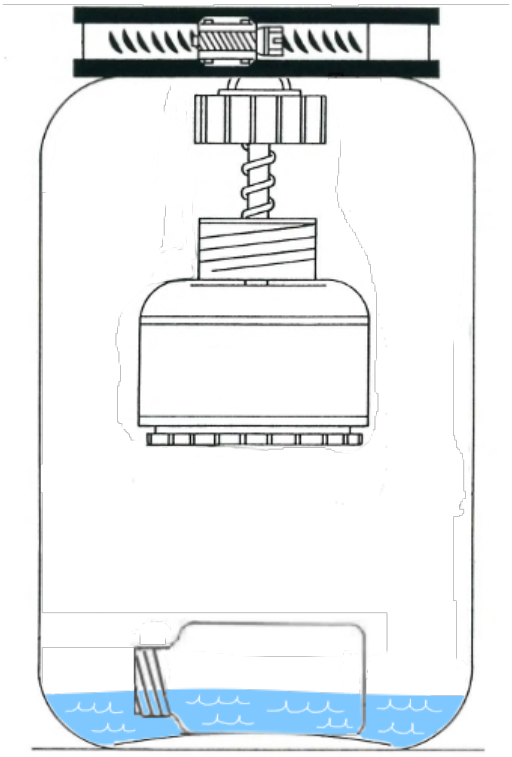
RADELEC



Radon nell'acqua

Manuale d'uso

Versione 3.3
1° agosto 2026

Indice

Introduzione....3
Componenti del kit di analisi....3
Schema di misura del radon nell'acqua....4
Origine del radon nell'acqua....5
Rischi del radon nell'acqua....5
Raccomandazioni dell'USEPA....7
Metodo E-PERM® per la misura del radon nell'acqua....8
Prelievo di un campione d'acqua per l'analisi del radon....9
    Uso dei flaconcini di grande volume (~123 mL)....9
Procedura per il prelievo di un campione d'acqua....10
Esecuzione dell'analisi del radon nell'acqua....11
Calcolo dei risultati....13
Integrazione con Radon Report Manager....18
Esempio di rapporto di una prova....19
Tabella gamma di sfondo stimata....20
Epilogo....21

Introduzione

Sebbene il rischio di sviluppare un tumore a causa dell'ingestione di radon presente nell'acqua sia relativamente basso, il radon disciolto nell'acqua può aumentare la concentrazione di radon nell'aria degli ambienti interni.

Concentrazioni elevate di radon nell'acqua possono aumentare la concentrazione di radon nell'aria.

Il versatile sistema E-PERM®, utilizzato insieme al kit per l'analisi del radon nell'acqua, fornisce al professionista del settore radon tutta l'attrezzatura necessaria per eseguire queste misure. Per ottenere risultati corretti è richiesta una conoscenza di base del funzionamento del sistema E-PERM®.

Con il kit per l'analisi del radon nell'acqua, i campioni vengono raccolti nei flaconcini forniti e successivamente esposti a un E-PERM® sospeso all'interno di un grande contenitore di misura sigillato. Si calcola prima la concentrazione di radon nell'aria del contenitore e, da questo valore, si determina la concentrazione iniziale di radon nell'acqua.

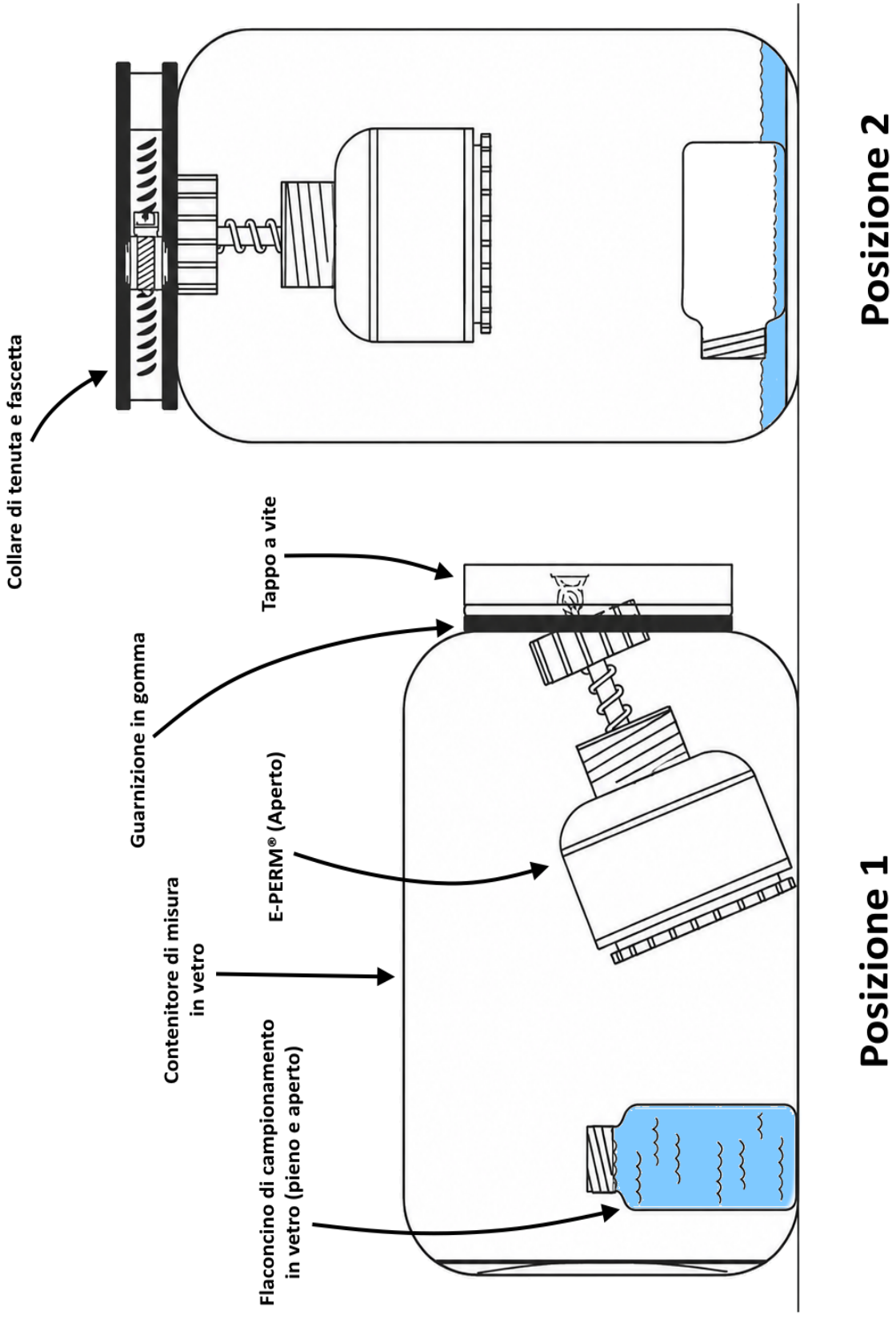
Componenti del kit di analisi

Ogni kit E-PERM® per l'analisi del radon nell'acqua comprende:

- **2 Contenitori di misura in vetro** (4,044 L)
- **2 Coperchi per i contenitori di misura** (i ricambi possono essere ordinati a Rad Elec, se necessario)
- **2 Collari di tenuta regolabili ed ermetici**
- **10 Flaconcini per il prelievo dei campioni** (piccoli, grandi o assortiti)
- **Manuale**
- **Unità USB** (contenente fogli di calcolo, file PDF e altri documenti digitali utili)

Per eseguire correttamente le analisi del radon nell'acqua con questo kit è necessaria una conoscenza di base del sistema E-PERM®.

Schema di misura del radon nell'acqua



Origine del radon nell'acqua

Il radon è un gas radioattivo di origine naturale presente nel terreno. Quando entra in contatto con l'acqua sotterranea, generalmente negli acquiferi, una parte del gas può dissolversi nell'acqua. L'acqua di falda viene poi estratta mediante pozzi e può essere immessa direttamente nelle abitazioni. Per questo motivo, l'acqua di pozzo contiene normalmente concentrazioni di radon più elevate rispetto all'acqua proveniente da fiumi, laghi o bacini, nei quali il radon viene liberato nell'aria esterna attraverso l'aerazione della superficie.

Le concentrazioni più elevate di radon nell'acqua si riscontrano normalmente nei pozzi privati.

I pozzi privati costituiscono una fonte di approvvigionamento idrico domestico per molte abitazioni unifamiliari. Possono inoltre alimentare comunità piccole o grandi; tuttavia, l'acqua destinata alla distribuzione pubblica viene generalmente sottoposta a trattamenti che richiedono tempo, possono includere aerazione e consentono al radon di decadere. Di conseguenza, la concentrazione di radon nell'acqua della rete pubblica è in genere molto più bassa rispetto a quella dei pozzi privati collegati direttamente a un'abitazione. In termini generali, l'acqua di rete presenta concentrazioni piuttosto basse, con valori medi intorno a 11,1 Bq/L (300 pCi/L), sebbene esistano eccezioni.

Nei pozzi privati, le concentrazioni di radon possono variare da alcune centinaia a molte migliaia di Bq/L. In determinate aree geografiche, in funzione della geologia locale, possono raggiungere valori estremamente elevati. Come stima generale per le abitazioni, una concentrazione di 370 Bq/L (10.000 pCi/L) di radon nell'acqua può aumentare la concentrazione di radon nell'aria di circa 0,037 Bq/L (1,0 pCi/L). Il principale problema sanitario associato al radon nell'acqua è quindi la quantità aggiuntiva di radon rilasciata nell'aria.

Rischi del radon nell'acqua

Il rischio di sviluppare un tumore a causa dell'ingestione di acqua contenente radon è relativamente basso. Tuttavia, quando il radon disciolto viene liberato nell'ambiente domestico durante il

Il livello d'azione raccomandato per il radon nell'acqua è **148 Bq/L (4.000 pCi/L).**

normale utilizzo dell'acqua e degli impianti sanitari, la concentrazione di radon negli ambienti interni può aumentare in modo significativo. Le abitazioni alimentate direttamente da pozzi privati sono le più esposte. Una concentrazione di 370 Bq/L (10.000 pCi/L) di radon nell'acqua può contribuire per circa 0,037 Bq/L (1,0 pCi/L) alla concentrazione di radon nell'aria interna. Sebbene l'USEPA non abbia stabilito un livello d'azione per il radon nell'acqua, la norma ANSI-AARST MW-RN 2020 **raccomanda un livello d'azione di 148 Bq/L (4.000 pCi/L)**. Se la concentrazione raggiunge o supera questo valore, è opportuno adottare un metodo di risanamento.

Il 15 settembre 1998 la National Academy of Sciences (NAS) ha pubblicato il rapporto "Risk Assessment of Radon in Drinking Water". Sebbene il documento risalga a più di due decenni fa, contiene una raccolta completa di dati scientifici sul radon nell'acqua potabile. Una sintesi dei principali risultati è disponibile sul sito web di Rad Elec, nella sezione Publications.

Il rapporto della NAS indica che ogni anno alcuni decessi per tumore sono associati all'esposizione al radon proveniente dall'acqua. Il principale rischio sanitario è il tumore polmonare dovuto all'inalazione del radon rilasciato dall'acqua utilizzata in casa. Anche se questo rischio è ridotto rispetto a quello derivante dall'inalazione del radon già presente nell'aria interna, esiste anche un rischio limitato di tumore allo stomaco dovuto al consumo di acqua contaminata. Il radon viene liberato nell'aria durante attività comuni come fare la doccia, lavare i vestiti, cucinare o fare il bagno; il rilascio è maggiore quando l'acqua è calda. Si stima comunque che solo circa l'1-2% del radon totale presente nell'aria interna provenga dall'acqua potabile.

La NAS raccomanda di fissare il livello massimo alternativo di contaminante (AMCL, con il suo acronimo inglese) a un valore che produca "un contributo del radon proveniente dall'acqua potabile ai livelli di radon nell'aria interna equivalente alla concentrazione media nazionale nell'aria esterna". In pratica, secondo il rapporto di 10.000:1, un AMCL di 148 Bq/L (4.000 pCi/L) determina un aumento della concentrazione di radon nell'aria interna di circa 14,8 Bq/m³ (0,4 pCi/L).

Raccomandazioni dell'USEPA

Nel 1999 l'USEPA ha proposto norme per ridurre i rischi per la salute pubblica limitando l'esposizione al radon. La proposta incoraggiava ogni Stato a sviluppare un Multimedia Mitigation Program (MMP), finalizzato soprattutto alla riduzione del radon nell'aria interna e, contemporaneamente, alla riduzione del radon nell'acqua potabile a 148 Bq/L (4.000 pCi/L) o meno. Negli Stati privi di un MMP, i singoli enti locali sarebbero responsabili della riduzione del radon nell'acqua potabile. Le raccomandazioni dell'USEPA si applicano esclusivamente ai sistemi pubblici di approvvigionamento idrico e non ai pozzi privati.

L'analisi dei campioni d'acqua per determinare la concentrazione di radon nell'acqua potabile è utile per individuare la causa di concentrazioni elevate di radon nell'aria delle abitazioni. L'analisi permette di confermare o escludere che l'acqua sia la fonte dell'aumento del radon negli ambienti interni.

Se si accerta che il radon presente nell'acqua è responsabile delle elevate concentrazioni nell'aria interna, il risanamento può richiedere il trattamento dell'acqua del pozzo. Il metodo più efficace è il trattamento al punto di ingresso, che rimuove il radon subito prima che l'acqua entri nell'abitazione. I principali dispositivi utilizzati sono:

- Filtri a carbone attivo granulare (GAC), che utilizzano carbone attivo per rimuovere il radon.
- Dispositivi di aerazione, che fanno passare aria nell'acqua e convogliano il radon all'esterno mediante un ventilatore di estrazione.

Se le concentrazioni di radon nell'aria interna sono già basse, la misura del radon nell'acqua potrebbe non essere necessaria.

Metodo E-PERM® per la misura del radon nell'acqua

Per eseguire misure di radon nell'acqua, il professionista deve conoscere il sistema E-PERM® ed essere in grado di effettuare misure di radon nell'aria. Il primo passaggio, fondamentale per ottenere risultati accurati, consiste nel prelevare i campioni d'acqua utilizzando i flaconcini piccoli da circa 66 mL oppure quelli grandi da circa 123 mL. La procedura è descritta in dettaglio nelle sezioni successive. All'inizio dell'analisi, ogni flaconcino viene collocato sul fondo di un contenitore di misura. Un E-PERM® viene poi sospeso all'interno del contenitore, sopra il campione d'acqua. Il coperchio viene chiuso e sigillato per rendere il contenitore a tenuta di radon. Il radon raggiunge l'equilibrio tra l'acqua e l'aria; la concentrazione di radon risultante nell'aria viene misurata dall'E-PERM®. Al termine del periodo di esposizione, il contenitore viene aperto e l'E-PERM® viene rimosso. I dati della prova, come l'ora di prelievo, le tensioni iniziale e finale dell'elettrete e gli orari di inizio e fine dell'esposizione, vengono inseriti nel foglio di calcolo Rad Elec "Radon in Water" o nel software "Radon Report Manager" per calcolare la concentrazione di radon nell'acqua.

Gli E-PERM® sono ampiamente utilizzati come rilevatori passivi di radon negli ambienti interni e non sono influenzati da un'umidità relativa del 100%. Grazie a questa caratteristica, è possibile misurare il radon nell'acqua utilizzando camere a ionizzazione ad elettrete. Il Dr. Kotrappa e W. Jester descrivono in dettaglio il principio dell'analisi nella seguente pubblicazione, disponibile sul sito web di Rad Elec (www.radelec.com):

P. Kotrappa and W.A. Jester. "Electret Ion Chamber Radon Monitors Measure Dissolved ^{222}Rn in Water." *Health Physics* 64:397-405 (1993).

Prelievo di un campione d'acqua per l'analisi del radon

Il campionamento e l'analisi devono essere eseguiti con attenzione per ridurre al minimo la perdita di radon durante il prelievo e il trasporto. Il tempo tra il prelievo e l'inizio dell'analisi deve essere il più breve possibile per limitare gli errori di misura. L'analisi deve iniziare appena il campione arriva in laboratorio. Se il campione viene spedito, non dovrebbero trascorrere più di 2-3 giorni tra il prelievo e l'inizio dell'analisi.

Per un campione proveniente da un pozzo privato si raccomanda di utilizzare il flaconcino piccolo da circa 66 mL. Prelevare contemporaneamente tre campioni dalla stessa fonte. Due campioni saranno utilizzati per la misura; il terzo sarà conservato nel caso sia necessario ripetere l'analisi o si riscontri che uno dei campioni è stato raccolto in modo non corretto, ad esempio per la presenza di una grande bolla d'aria.

Uso dei flaconcini di grande volume (~123 mL)

Se si prevede una concentrazione di radon molto bassa, come spesso accade nell'acqua della rete pubblica, generalmente inferiore a 11,1 Bq/L (300 pCi/L), si ottiene una migliore accuratezza utilizzando i flaconcini grandi da circa 123 mL e un periodo di esposizione di 48 ore.

Rad Elec raccomanda di prelevare tre campioni d'acqua dalla stessa fonte. In questo modo si dispone di un campione di riserva nel caso sia necessario ripetere l'analisi.

Se si prevede una concentrazione di radon nell'acqua particolarmente bassa, ad esempio nell'acqua della rete pubblica, Rad Elec raccomanda di usare i flaconcini grandi e di prolungare il periodo di analisi a 48 ore.

Procedura per il prelievo di un campione d'acqua

1. Scegliere il rubinetto più vicino al punto di ingresso dell'acqua nell'abitazione. Se è presente un aeratore, rimuoverlo oppure scegliere un altro rubinetto. È preferibile utilizzare il punto più vicino al pozzo; in genere, un rubinetto esterno all'abitazione, se disponibile, è una buona scelta.

2. Se possibile, collegare un tubo al rubinetto o una manichetta al rubinetto esterno e posizionare l'altra estremità in una bacinella o in un secchio. In questo modo si limita il contatto dell'acqua con l'aria, poiché il radon fuoriesce facilmente quando l'acqua viene aerata o agitata.

3. Lasciare scorrere l'acqua fredda per circa 10-20 minuti, con una portata media, per assicurarsi che il campione provenga direttamente dal pozzo o dalla linea principale e non dalle tubazioni o dai serbatoi. Quando lo spurgo è stato eseguito correttamente, si dovrebbe osservare una diminuzione della temperatura dell'acqua. La bacinella o il secchio utilizzato nel passaggio precedente dovrà riempirsi fino a traboccare.

La tecnica di prelievo è molto importante. Assicurarsi che nei flaconcini non rimangano bolle d'aria.

4. Aprire i tre flaconcini e immergerli delicatamente fino al fondo della bacinella o del secchio, evitando di agitare l'acqua. Immergere anche i tappi. Verificare che non rimangano bolle d'aria nei flaconcini o nei tappi. Questo passaggio è fondamentale, perché le bolle d'aria possono produrre una sottostima del risultato.

5. Avvitare saldamente i tappi mentre i flaconcini sono ancora immersi. Eseguire l'operazione con la minima agitazione possibile e prestare particolare attenzione a non intrappolare bolle d'aria.

6. Imballare con cura i flaconcini e trasportarli al laboratorio o al luogo di analisi. Ridurre al minimo il tempo tra il prelievo e l'analisi per limitare gli errori di misura. L'analisi deve iniziare il prima possibile.

Esecuzione dell'analisi del radon nell'acqua

La procedura seguente deve essere eseguita il prima possibile dopo il prelievo dei campioni. La misura deve essere effettuata in un'area con un basso fondo di radon, ad esempio ai piani superiori di un edificio o all'esterno, per ridurre al minimo il radon residuo nei contenitori di misura.

1. Subito prima dell'inizio della misura, preparare gli E-PERM® misurando la tensione iniziale (IV) degli elettreti e installandoli saldamente nelle camere S. Svitare la parte superiore della camera S in modo che la camera a ionizzazione ad elettrete sia in posizione "ON".

2. Posizionare il grande contenitore di misura in orizzontale. Tenere a portata di mano il coperchio, il collare di tenuta e un cacciavite.

Le configurazioni E-PERM® valide per l'analisi del radon nell'acqua sono SST (elettrete a breve termine in camera S) e SLT (elettrete a lungo termine in camera S).

3. Mantenendo il contenitore di misura in posizione orizzontale, aprire delicatamente il tappo del flaconcino contenente il campione raccolto. Inserire il flaconcino aperto fino al fondo del contenitore, come mostrato nella Posizione 1 dello schema di misura, pagina 4.

4. Agganciare l'E-PERM® aperto al gancio posto all'interno del coperchio e avvitare il coperchio sul contenitore. Portare con cautela il contenitore in posizione verticale, permettendo all'acqua del flaconcino di versarsi sul fondo. Non è un problema se una piccola quantità d'acqua rimane nel flaconcino (vedi Posizione 2, pagina 4). Serrare rapidamente il coperchio per evitare perdite di radon.

5. Installare il collare di tenuta in gomma intorno al coperchio, con la parte più sottile a filo con il coperchio bianco e la parte più spessa rivolta verso il contenitore in vetro. Serrare la fascetta intorno al collare con un cacciavite, mantenendo il contenitore in posizione verticale, come mostrato nella Posizione 2 dello schema.

6. Registrare la data e l'ora di inizio del periodo di analisi.

7 Agitare il contenitore molto delicatamente, muovendo solo l'acqua e facendo attenzione a non rompere il flaconcino contro il vetro, per accelerare il rilascio del radon. Conservare il contenitore in posizione verticale, in un luogo dove non venga disturbato, per il periodo di esposizione desiderato, generalmente 1-2 giorni. **Non** si raccomandano periodi di esposizione inferiori a 24 ore.

8 Al termine del periodo di esposizione, allentare la fascetta e rimuovere il collare. Svitare il coperchio del contenitore e rimuovere l'E-PERM®.

9 Registrare la data e l'ora di rimozione, che corrispondono alla fine del periodo di analisi. Chiudere l'E-PERM® per interrompere la ionizzazione all'interno della camera a ionizzazione ad elettrete.

Gli elettreti con una tensione finale **inferiore** a 100 volt devono essere ritirati dal servizio.

10 Per calcolare la concentrazione di radon nell'acqua, rimuovere gli elettreti dalle camere a ionizzazione e registrarne le **tensioni finali**. Inserire nel foglio di calcolo "Radon in Water" o nel software "Radon Report Manager" tutte le variabili registrate durante il prelievo e il periodo di analisi.

11 Rimuovere il flaconcino e smaltire l'acqua contenuta sia nel contenitore di misura sia nel flaconcino. Risciacquare entrambi con acqua a basso contenuto di radon e lasciarli asciugare.

L'E-PERM® può essere riutilizzato per una nuova misura dopo un'attesa di almeno tre ore, necessaria per consentire il decadimento dei prodotti di decadimento del radon presenti nella camera a ionizzazione ad elettrete.

Se la concentrazione di radon nell'acqua era insolitamente elevata, risciacquare il contenitore di misura e il flaconcino con acqua di rete o con acqua precedentemente bollita.

Calcolo dei risultati

La concentrazione di radon nell'acqua può essere calcolata utilizzando i fogli di calcolo forniti nell'unità USB del kit oppure il software Radon Report Manager. Entrambi consentono di ottenere risultati nelle unità **US** (pCi/L, piedi, µR/ora) o nelle unità **SI** (Bq/L, metri e nGy/ora).

Questa sezione mostra come calcolare manualmente i risultati. Se si preferisce utilizzare i fogli di calcolo o il software, è possibile ometterla, a meno che non si desideri comprendere nel dettaglio il procedimento di calcolo.

1 Assicurarsi di avere raccolto tutte le variabili necessarie:

Variabile	Spiegazione
Luogo di prelievo del campione d'acqua	Ad esempio "rubinetto esterno" o "lavello della cucina".
Data e ora di prelievo del campione d'acqua	Registrare la data e l'ora subito dopo aver chiuso il flaconcino.
Volume del campione d'acqua	Flaconcino piccolo da circa 66 mL oppure flaconcino grande da circa 123 mL.
Data e ora di inizio del periodo di analisi	Il periodo inizia quando il contenitore di misura viene sigillato con il campione d'acqua e la camera a ionizzazione ad elettrete al suo interno.
Data e ora di fine del periodo di analisi	Il periodo termina subito dopo l'apertura del contenitore sigillato e la chiusura della camera a ionizzazione ad elettrete.
Fondo gamma	Registrare il fondo gamma nel luogo in cui viene eseguita l'analisi, **non nel luogo di prelievo del campione**. I valori medi per gli Stati Uniti e il Canada sono riportati alla fine del manuale.
Altitudine	Registrare l'altitudine in metri (o in piedi) sul livello del mare del luogo in cui viene eseguita l'analisi, **non del luogo di prelievo**.
Temperatura media dell'acqua	Registrare la temperatura media dell'acqua durante tutto il periodo di analisi. **Non si tratta della temperatura al momento del prelievo**, ma della temperatura media durante l'esposizione.
Configurazione E-PERM®	Le configurazioni valide sono SST, con elettrete a breve termine installato in una camera S, e SLT, con elettrete a lungo termine installato in una camera S.
Tensioni dell'elettrete	Per calcolare la concentrazione di radon nell'acqua sono necessarie la tensione iniziale (IV) e la tensione finale (FV).

2 Individuare le costanti A, B e G della configurazione E-PERM® utilizzata, come indicato nella tabella seguente. Per la maggior parte delle misurazioni della concentrazione di radon nell'acqua è adeguata la configurazione SST, con un elettrete a breve termine installato in una camera S. Se si prevede una concentrazione particolarmente elevata, è preferibile utilizzare la configurazione SLT, con un elettrete a lungo termine installato in una camera S.

Configurazione E-PERM®	Costante A	Costante B	Costante G
SST	0,314473	0,260619	0,087
SLT	0,031243	0,021880	0,087

3 Calcolare il fattore di calibrazione della camera a ionizzazione ad elettrete (EIC CF) utilizzando le costanti A e B del Passaggio 2 e l'equazione seguente:

$$\text{EIC CF} = A + \left(B \times \ln\left(\frac{IV + FV}{2}\right)\right)$$

Dove...

A = Costante A
B = Costante B
ln = Logaritmo Naturale ($\log_e$)
IV = Tensione Iniziale
FV = Tensione Finale

4 Registrare l'altitudine del sito di esposizione in metri e calcolare il fattore di correzione dell'altitudine (ElevCF). Se l'altitudine è espressa in piedi, convertirla in metri dividendola per 3,28084.

Camera S

Per elevazioni <= 1219 metri

ElevCF = 1

Per elevazioni > 1219 metri

$$\text{ElevCF} = 0{,}79 + \left(\frac{6 \times 3{,}28084 \times \text{Elevazione (metri)}}{100000}\right)$$

5 Stimare o misurare la radiazione ambientale di fondo nel sito di esposizione. Il fondo gamma deve essere espresso in µR/ora (microroentgen all'ora). Se il valore è misurato in nGy/ora (nanogray all'ora), convertirlo in µR/ora dividendolo per 8,7. Per una stima, consultare la tabella dei livelli medi di radiazione gamma per ciascuno Stato degli USA e per ciascuna provincia o territorio del Canada riportata alla fine del manuale.

Il sito di esposizione è il luogo in cui viene eseguita la misura, **non quello in cui è stato prelevato il campione d'acqua.**

6 Calcolare il **periodo di analisi (TA)** tra l'inizio e la fine dell'esposizione. Il periodo inizia quando la camera a ionizzazione ad elettrete viene sospesa e aperta all'interno del contenitore e termina quando viene chiusa. Il valore deve essere espresso in giorni, con tre cifre decimali. Ad esempio, un periodo di 48 ore corrisponde a 2,000 giorni (48 ÷ 24 = 2,000).

7 Calcolare la **concentrazione di radon nell'aria** utilizzando i valori determinati nei Passaggi da 1 a 6. Il risultato sarà espresso in picocurie per litro (pCi/L) e potrà essere convertito nelle unità SI al termine del calcolo. Questo calcolo è definito in unità US — motivo per cui il Passaggio 5 richiede il fondo gamma in µR/ora — poiché la costante G è espressa in tali unità. Questo valore rappresenta la concentrazione di radon nel contenitore durante il periodo di analisi. A questo punto è possibile calcolare la concentrazione di radon nell'acqua.

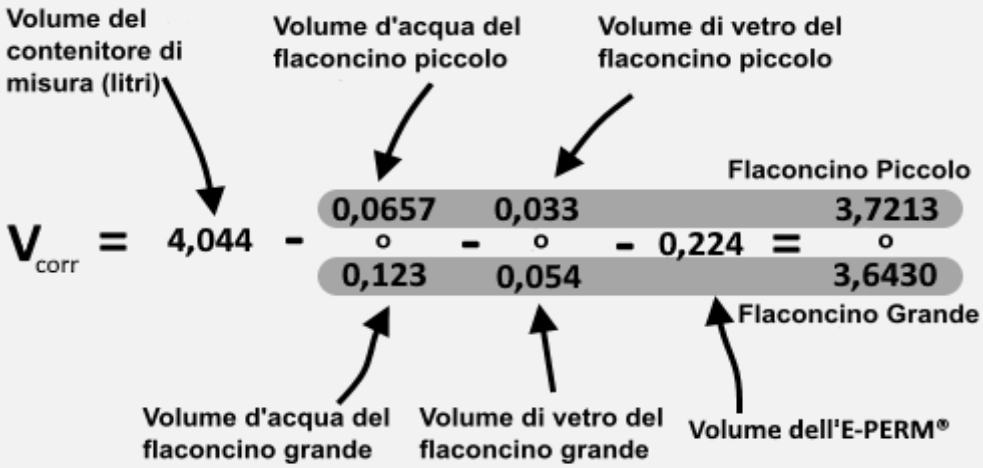
I Passaggi da 1 a 7 permettono di calcolare normalmente la concentrazione di radon nell'aria, come descritto nel Manuale del sistema E-PERM®.

8 Determinare il **ritardo (TD)** tra la data e l'ora di prelievo del campione e l'inizio del periodo di analisi. Come nel Passaggio 6, il valore deve essere espresso in giorni e calcolato con tre cifre decimali. Ad esempio, un ritardo di tre ore corrisponde a 0,125 giorni (3 ÷ 24 = 0,125).

9 Utilizzando il **ritardo** calcolato nel Passaggio 8, determinare la costante C1 con la formula seguente, dove 0,1814 rappresenta la costante di decadimento del radon in giorni^{-1} ed *e* è la costante esponenziale, pari a circa 2,718.

$$\text{Costante C1} = e^{0.1814 \times TD}$$

10 Calcolare il **volume d'aria corretto (V_{corr})** con l'equazione seguente. Il volume totale del contenitore di misura è 4,044 litri, ma occorre sottrarre il volume d'aria spostato dall'E-PERM®, dal campione d'acqua e dal flaconcino. Utilizzando i flaconcini originali Rad Elec, il volume corretto sarà uno dei valori indicati di seguito:



$$V_{corr} = 4{,}044 - \begin{matrix} 0{,}0657 \\ \text{o} \\ 0{,}123 \end{matrix} - \begin{matrix} 0{,}033 \\ \text{o} \\ 0{,}054 \end{matrix} - 0{,}224 = \begin{matrix} 3{,}7213 \\ \text{o} \\ 3{,}6430 \end{matrix}$$

11 Calcolare il **coefficiente di Ostwald (L)**, che rappresenta la solubilità del radon nell'acqua in funzione della temperatura. Registrare la temperatura media del campione durante il periodo di analisi. Se non viene misurata direttamente, si può assumere che corrisponda alla temperatura del locale in cui si svolge l'analisi, generalmente compresa tra 18 e 21 °C. Per il calcolo utilizzare la temperatura in gradi Celsius.

$$L = 0{,}105 + 0{,}405\, e^{(-0{,}0502 \times {}^{\circ}C_{H_2O})}$$

12 Utilizzando il **periodo di analisi (TA)**, il **volume corretto (V_{corr})** e il **coefficiente di Ostwald** (L), calcolare la costante C2 con l'equazione seguente, dove V_{H2O} è pari a 0,0657 per il flaconcino piccolo e a 0,123 per quello grande.

$$C2 = \frac{\left(\frac{V_{corr}}{V_{H_2O}} + L\right) \times 0{,}1814 \times TA}{1 - e^{(-0{,}1814 \times TA)}}$$

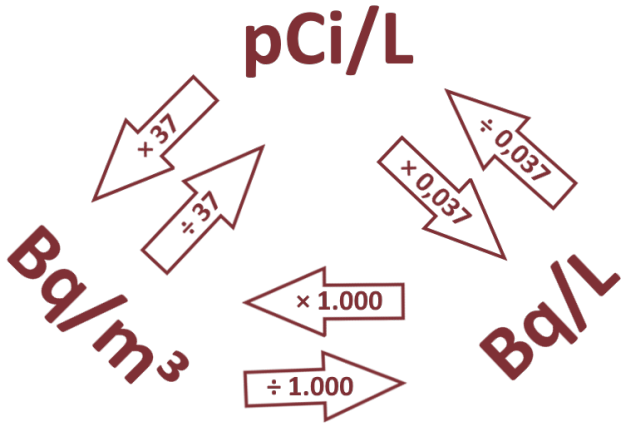
13 Il calcolo è quasi terminato. Per determinare la concentrazione di radon nell'acqua, risolvere l'equazione seguente utilizzando le costanti C1 e C2 e la concentrazione di radon nell'aria **(RnC_{air})**. L'equazione comprende inoltre il fattore 1,15.

$$\text{Concentrazione di radon nell'Acqua} = RnC_{air} \times C1 \times C2 \times 1{,}15$$

14 Ripetere i Passaggi da 1 a 13 con il campione duplicato.

La concentrazione di radon nell'acqua sarà espressa in picocurie per litro (pCi/L). Per convertirla in becquerel per litro (Bq/L), moltiplicare il risultato per 0,037.

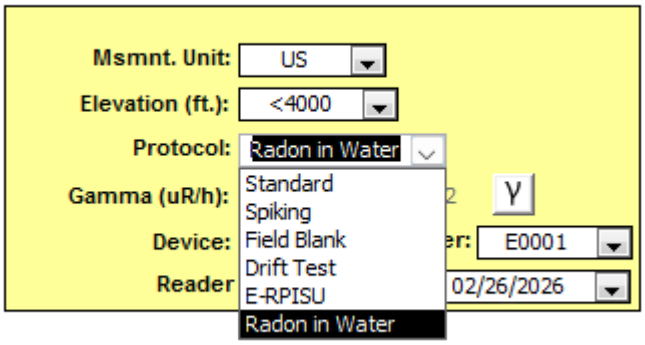
Tabella di conversione delle unità di misura



1 pCi/L = 37 Bq/m³ = 0,037 Bq/L

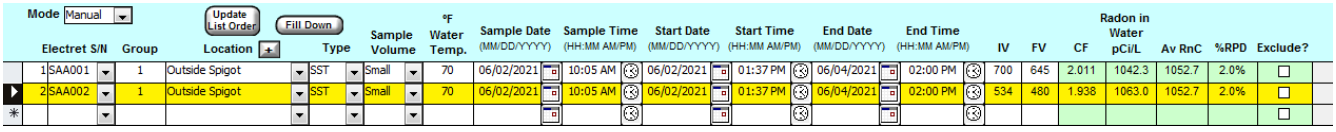
Integrazione con Radon Report Manager

Per eseguire il calcolo con il software Radon Report Manager, creare un nuovo record e selezionare "Radon in Water" nel menu a discesa "Protocol", situato nella sezione gialla "Required Information" della finestra "Record Database". La procedura è quasi identica all'inserimento dei dati per una misura del radon nell'aria, con le seguenti informazioni aggiuntive:

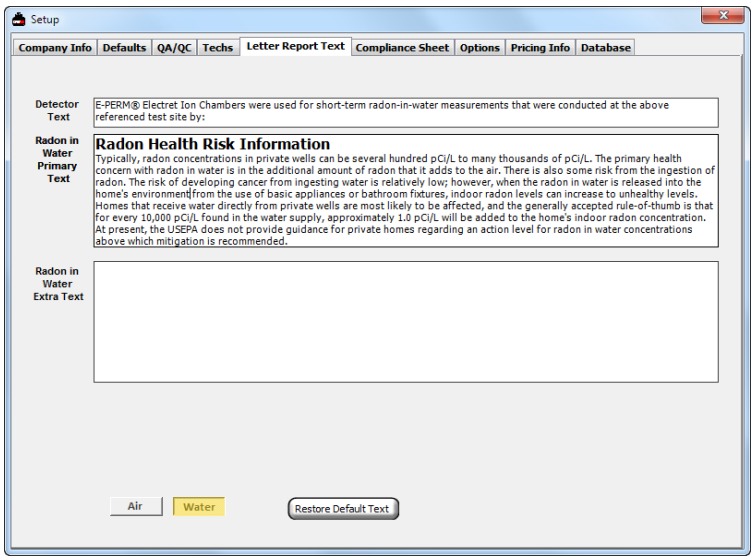


- Dimensione del Flaconcino (piccolo o grande)
- Data di Prelievo del Campione
- Ora di Prelievo del Campione
- Temperatura dell'Acqua

La temperatura dell'acqua corrisponde alla temperatura media durante l'intero periodo di analisi, non alla temperatura del campione al momento del prelievo.



Il testo del rapporto per una misura del radon nell'acqua è diverso da quello utilizzato per il radon nell'aria e può essere personalizzato. Dal menu principale, selezionare "Setup", quindi aprire la scheda "Letter Report Text". Fare clic sul pulsante "Water" nell'angolo inferiore sinistro della finestra per modificare il testo visualizzato nei rapporti destinati ai clienti.



Esempio di rapporto di una prova

ABC Radon Testing Company

123 Main Street
Frederick, MD 21704
(555) 555-1234
info@abcradon.com

Radon in Water Test Report

Batch #: 060421-1

Customer:
Random Customer
555 Bismuth Blvd.
Frederick MD 21704

Test Site:
Random Customer
555 Bismuth Blvd.
Frederick MD 21704

E-PERM® Electret Ion Chambers were used for short-term radon-in-water measurements that were conducted at the above referenced test site by: New Company

The Results are as follows:

Serial No.	Type	Location	Sample Collection	Test Start Date	Test End Date	Results (pCi/L)
SAA001	SST	Outside Spigot	02-Jun-2021 10:05 AM	02-Jun-2021 01:37 PM	04-Jun-2021 02:00 PM	1042.3
SAA002	SST	Outside Spigot	02-Jun-2021 10:05 AM	02-Jun-2021 01:37 PM	04-Jun-2021 02:00 PM	1063.0

Average Radon in Water Concentration in: Outside Spigot **1052.7 pCi/L**

Sample Collected By: Joe Tech #123456789
Analyzed By: Joe Tech #123456789

Reader S/N: E0001 **Reader Calibration Due:** 02-Jun-2022

Radon Health Risk Information

Typically, radon concentrations in private wells can be several hundred pCi/L to many thousands of pCi/L. The primary health concern with radon in water is in the additional amount of radon that it adds to the air. There is also some risk from the ingestion of radon. The risk of developing cancer from ingesting water is relatively low; however, when the radon in water is released into the home's environment from the use of basic appliances or bathroom fixtures, indoor radon levels can increase to unhealthy levels. Homes that receive water directly from private wells are most likely to be affected, and the generally accepted rule-of-thumb is that for every 10,000 pCi/L found in the water supply, approximately 1.0 pCi/L will be added to the home's indoor radon concentration. At present, the USEPA does not provide guidance for private homes regarding an action level for radon in water concentrations above which mitigation is recommended.

Signature: Sample Signature **Date:** 04-Jun-2021

Tabella gamma di sfondo stimata

Stato	µR/ora	nGy/ora		Stato	µR/ora	nGy/ora
Alabama	**6,5**	56,6		Montana	**8,6**	74,8
Alaska	**7,3**	63,5		Nebraska	**7,7**	67,0
Arizona	**8,0**	69,6		Nevada	**7,6**	66,1
Arkansas	**6,5**	56,6		New Hampshire	**7,4**	64,4
California	**6,6**	57,4		New Jersey	**7,1**	61,8
Colorado	**11,8**	102,7		New Mexico	**10,4**	90,5
Connecticut	**7,8**	67,9		New York	**7,3**	63,5
Delaware	**6,1**	53,1		North Carolina	**6,9**	60,0
District of Columbia	**6,4**	55,7		North Dakota	**7,8**	67,9
Florida	**5,3**	46,1		Ohio	**7,3**	63,5
Georgia	**7,0**	60,9		Oklahoma	**7,6**	66,1
Hawaii	**7,3**	63,5		Oregon	**7,4**	64,4
Idaho	**8,7**	75,7		Pennsylvania	**6,6**	57,4
Illinois	**7,1**	61,8		Rhode Island	**7,0**	60,9
Indiana	**7,4**	64,4		South Carolina	**6,7**	58,3
Iowa	**7,5**	65,3		South Dakota	**7,8**	67,9
Kansas	**7,7**	67,0		Tennessee	**6,9**	60,0
Kentucky	**7,3**	63,5		Texas	**6,1**	53,1
Louisiana	**5,4**	47,0		Utah	**9,3**	80,9
Maine	**7,5**	65,3		Vermont	**7,4**	64,4
Maryland	**6,2**	53,9		Virginia	**6,4**	55,7
Massachusetts	**7,3**	63,5		Washington	**7,4**	64,4
Michigan	**7,4**	64,4		West Virginia	**7,7**	67,0
Minnesota	**7,4**	64,4		Wisconsin	**7,5**	65,3
Mississippi	**5,4**	47,0		Wyoming	**10,4**	90,5
Missouri	**7,4**	64,4				

Provincia / Territorio	µR/ora	nGy/ora		Provincia / Territorio	µR/ora	nGy/ora
Alberta	8,6	**74,8**		Nunavut	7,6	**66,1**
British Columbia	8,0	**69,6**		Ontario	7,4	**64,4**
Manitoba	7,6	**66,1**		Prince Edward Island	7,5	**65,3**
New Brunswick	7,5	**65,3**		Quebec	7,5	**65,3**
Newfoundland & Labrador	7,5	**65,3**		Saskatchewan	8,2	**71,3**
Northwest Territories	8,4	**73,1**		Yukon	8,0	**69,6**
Nova Scotia	7,5	**65,3**				

Epilogo

Se siete arrivati fin qui, grazie per aver letto il Manuale d'uso per la misura del radon nell'acqua. Rad Elec presta grande attenzione ai suggerimenti dei propri clienti: contattateci per qualsiasi commento utile a migliorare l'attrezzatura o questo documento. Ci auguriamo che questa metodologia costituisca un'aggiunta accurata, robusta ed economicamente vantaggiosa alla gamma di soluzioni Rad Elec per la misura del radon.

Per approfondire la ricerca alla base della misura del radon nell'acqua mediante camere a ionizzazione ad elettrete, sono disponibili diversi articoli sul nostro sito web (www.radelec.com), nella sezione Publications del menu Documentation. La versione più recente del foglio di calcolo radon nell'acqua è disponibile nella sezione Analytical Tools / Spreadsheets del nostro sito web.

Contattateci per qualsiasi domanda, dubbio o idea brillante!

RAD ELEC