

# **SISTEMA INTEGRATO A LETTURA AUTOMATICA DI RIVELATORI A TRACCIA PADC CON ANALISI DEI DATI COMPUTERIZZATA**

## **1. INTRODUZIONE**

Il Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) è un gas radioattivo monoatomico presente nell'atmosfera e generato da elementi naturali contenuti nella crosta terrestre. La misura della sua concentrazione in aria assume particolare significato dal punto di vista radioprotezionistico.

## **2. SCOPO**

La presente norma riguarda un metodo per la misura integrata nel tempo della concentrazione media del  $^{222}\text{Rn}$  in aria con un sistema integrato a lettura automatica.

La determinazione avviene attraverso l'utilizzo di rivelatori in materiale plastico ( del tipo PADC ) emesse dal gas radioattivo.

## **3. RIFERIMENTI NORMATIVI**

UNI 7267 Energia nucleare e radiazioni ionizzanti – termini e definizioni di carattere generale  
UNI 7267/1 Allegato Energia nucleare e radiazioni ionizzanti – Atlante dei radionuclidi

## **4. DEFINIZIONI**

Ai fini della presente norma valgono le definizioni indicate nella UNI 7267

## **5. CARATTERISTICHE NUCLEARI**

I radionuclidi identificati come prodotti di decadimento a breve vita del  $^{222}\text{Rn}$  che emettono particelle alfa sono due : il Polonio 218 ( $^{218}\text{Po}$ ), anche identificato con la terminologia Ra A, ed il Polonio 214 ( $^{214}\text{Po}$ ), anche identificato con il nome storico di Ra C<sup>1</sup>.

Nel prospetto seguente viene riportata le caratteristiche della sequenza di decadimenti che originano il  $^{222}\text{Rn}$  ed i suoi figli. Nello stesso prospetto

vengono indicati in neretto il radon ed i suoi prodotti a breve vita che vengono utilizzati per la misura con il metodo descritto

Isotopo	Nome storico	Particella emessa	T <sub>1/2</sub>
<sup>226</sup> Ra	Radio	Alfa	1620 anni
<b><sup>222</sup>Rn</b>	<b>Radon</b>	Alfa	<b>3,825 giorni</b>
<b><sup>218</sup>Po</b>	<b>Radio A</b>	Alfa	<b>3,05 minuti</b>
<sup>214</sup> Pb	Radio B	Beta	26,8 minuti
<sup>214</sup> Bi	Radio C	Beta	19,7 minuti
<b><sup>214</sup>Po</b>	<b>Radio C<sup>1</sup></b>	Alfa	<b>1,637 10<sup>-4</sup>secondi</b>
<sup>210</sup> Pb	Radio D	Beta	22 anni
<sup>210</sup> Bi	Radio E	Beta	5 giorni
<sup>210</sup> Po	Radio F	Alfa	138 giorni
<sup>206</sup> Pb	Radio G	Stabile	-----

## 6. METODO DI MISURA

I rivelatori di tipo PADC sono dei polimeri realizzati in lastre di poco spessore, sensibili alle radiazioni alfa ed insensibili alle altre radiazioni.

Le particelle alfa che interagiscono con il materiale causano un danno ai legami chimici (traccia latente) , il quale viene evidenziato mediante un trattamento chimico.

I processi chimici amplificano la traccia sino a renderla misurabile con tecniche basate sulla lettura ottica.

I rivelatori PADC devono essere necessariamente esposti all'interno di un apposito contenitore (denominato filtro) affinché la valutazione quantitativa delle tracce sia attribuibile al decadimento del solo <sup>222</sup>Rn (5.48 Mev) e dei suoi prodotti di decadimento sviluppati all'interno del contenitore stesso.

Per questo motivo la camera di diffusione, o canestro d'esposizione, deve essere opportunamente progettata per consentire il passaggio delle molecole di questo gas e non delle particelle più pesanti.

I rivelatori ed i contenitori subiscono un trattamento anti statico al fine di evitare consistenti accumuli di cariche elettrostatiche sulle loro superfici.

## 7. MATERIALI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- Rivelatori di tracce tipo PADC dotati di un codice di identificazione. I rivelatori vengono trattati antistaticamente dal produttore
- Contenitori di plastica ( che fungono da camera di diffusione e filtro) con le seguenti dimensioni :

- Altezza : 5.5 cm
- Diametro : 3.5 cm

Il contenitore ha forma cilindrica e possiede un tappo di chiusura; la fessura esistente tra tappo e contenitore stesso (20-30  $\mu$ m) è tale per cui è possibile l'ingresso, all'interno del contenitore, del solo gas radon.

Il contenitore ha lo stesso codice di identificazione del rivelatore PADC assemblato.

- Bagno termostato per l'attacco chimico dei campioni con temperatura massima di 100 ° C e controllo della temperatura di  $\pm 0.2$  °C
- Acqua distillata e idrossido di sodio
- Accessori aggiuntivi per la determinazione del peso dell'idrossido di sodio e beakers graduati per la determinazione del volume dell'acqua distillata
- Sistema di riconoscimento, analisi delle tracce e valutazione quantitativa della concentrazione di attività di gas radon (RAC) comprendente :
  - Microscopio ottico a luce trasmessa
  - schede hardware d'interfacciamento tra il microscopio ottico e un personal computer
  - software di gestione del microscopio di riconoscimento delle tracce
  - software di analisi quantitativa e analisi dei risultati

## **8. ESECUZIONE DELLA MISURA**

### **8.1 PREPARAZIONE**

Il rivelatore PADC, con il suo codice di identificazione, viene inserito sotto il tappo di chiusura del contenitore; il suo posizionamento avviene in modo riproducibile.

Il codice identificativo del PADC è riportato all'esterno del contenitore.

### **8.2 ESPOSIZIONE**

Il rivelatore deve essere posizionato nel luogo dove effettuare la misura.

Il tempo di esposizione ha un intervallo di tempo compreso tra alcune settimane fino ad un anno.

Il tempo d'esposizione dipende dalle qualità intrinseche del PADC (che ne determinano il limite di saturazione) e dal tipo di contenitore usato.

### **8.3 ATTACCO CHIMICO**

Dopo l'esposizione i rivelatori vengono attaccati con un apposito bagno chimico all'interno di un contenitore termostato.

Per questo sistema l'attacco chimico è costituito da una soluzione di idrossido di sodio al 25 % peso/volume ad una temperatura di 90 °C e per un tempo di sviluppo di circa 4-4.5 ore.

Il tempo di sviluppo determina le dimensioni delle tracce ottenute (diametro nel caso di tracce circolari oppure semi-assi nel caso di tracce ellittiche).

## **9. CONTEGGIO AUTOMATICO DELLE TRACCE**

### **9.1 POSIZIONAMENTO DEL RIVELATORE**

Per il conteggio automatico deve essere utilizzato un microscopio a luce trasmessa. Il PADC viene inserito in opportuni porta-rivelatori (slides) per ottenere una assoluta riproducibilità della sua posizione rispetto al piano del microscopio; in questo modo l'area che viene contata corrisponde alla zona centrale del rivelatore.

### **9.2 SOFTWARE DI IDENTIFICAZIONE DELLE TRACCE**

Il software identifica essenzialmente tracce di forma circolare; ciò consente:

- l'identificazione mediante un algoritmo molto veloce e semplice
- nel caso di calcolo della RAC di ottenere una maggiore accuratezza metrologica e una migliore precisione
- l'identificazione di tracce multiple sovrapposte
- l'introduzione di un fattore di non linearità nel caso di alte densità

### **9.3 ALGORITMO DI IDENTIFICAZIONE DELLE TRACCE**

Il principio di identificazione delle tracce è il seguente : il primo passo del processo di analisi dell'immagine è il riconoscimento dell'oggetto nel campo visivo. Il passo successivo è la classificazione dell'oggetto (traccia) mediante criteri seletivi; i parametri che determinano tale criteri sono la forma, la grandezza ed il contrasto ottico. Tali parametri stabiliscono se l'oggetto è da associare ad una traccia provocata da una particella alfa.

## **10. DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO**

L'utilizzatore deve considerare che i rivelatori PADC sono caratterizzati da un valore di fondo tipico che viene indicato e certificato dalla ditta fornitrice (valore tipico : < 30 kBq\*h/m<sup>3</sup>).

## 11. ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Dalla lettura automatica si ottiene il numero di tracce per  $\text{mm}^2$  (densità).  
La densità delle tracce è legata alle altre grandezze fisiche coinvolte nel processo dalla relazione :

$$D = \int sR(t)dt \quad 1)$$

dove :

D = densità delle tracce contate ( $\text{mm}^{-2}$ )

s = sensibilità [ $(\text{KBqhm}^{-3})^{-1} \text{mm}^{-2}$ ]

R= Concentrazione di attività di gas radon (RAC) ( $\text{Bq/m}^3$ )

La sensibilità s dipende dai seguenti fattori :

- sensibilità tipica del rivelatore PADC impiegato
- Caratteristiche della camera di diffusione usata
- Algoritmo di identificazione del software

Integrando l'espressione 1) su un intervallo di tempo determinato T (tempo d'esposizione) si ottiene :

$$D = \int s \cdot R \cdot T \quad 2)$$

Il valore medio della concentrazione di attività di gas radon è ottenuto dalla formula inversa dell'equazione 2), sottraendo dalla densità di tracce contate la densità media  $D_f$  di tracce di fondo del materiale PADC :

$$R = \frac{D - D_f}{s \cdot T}$$

### 11.1 SOFTWARE DI CALCOLO

Dal punto di vista del software di calcolo, il valore di RAC viene espresso con una relazione lineare (integrata su un tempo di 1 giorno) del tipo :

$$R = A \cdot (D - D_f) + B \quad 3)$$

dove :

R = Concentrazione di attività di gas radon

A =  $1/s$  ( $\text{Bq/m}^3 \text{mm}^2$ )

D = Densità delle tracce misurata ( $\text{mm}^{-2}$ )

$D_f$  = Densità media di tracce del materiale PADC ( $\text{mm}^{-2}$ )

B = fattore di non linearità introdotto per elevate densità di tracce

L'utilizzatore introduce le date di inizio e fine esposizione (esprese in giorni). Il valore medio della concentrazione di attività di gas radon viene ottenuto dividendo il valore ricavato dall'equazione 3) per il tempo di esposizione espresso in giorni.

## **12. TARATURA DEL SISTEMA DI MISURA**

Il sistema può essere tarato sottoponendo un gruppo di rivelatori PADC, esposti precedentemente ad una concentrazione media di attività di gas radon nota, all'intero processo di sviluppo e di lettura.

I rivelatori esposti vengono quindi sviluppati nelle condizioni standard impostate dall'utilizzatore e poi letti in modo automatico.

Relativamente alle misure effettuate, vengono definiti due parametri che individuano la bontà dei risultati ottenuti e quindi la taratura del sistema :

- La variazione media in percentuale della differenza tra i valori calcolati ed il valore di riferimento
- La deviazione standard associata alle misure

## **13. INTERCONFRONTO**

La stessa procedura può essere applicata su scala nazionale e internazionale sottoponendo un proprio gruppo di rivelatori PADC ad un interconfronto organizzato da un ente o da un istituto riconosciuto.

Tale interconfronto ha normalmente scadenza annuale e consiste nello spedire il gruppo di rivelatori a questo laboratorio che possiede una camera radon calibrata, dove possono essere variati i tempi di esposizione, le concentrazioni medie di radon e il fattore F di equilibrio tra radon e suoi prodotti di decadimento.

Il laboratorio di riferimento suddivide i risultati ottenuti in classi d'appartenenza a seconda che la variazione media (in percentuale) della differenza tra i valori ottenuti ed il valore di riferimento, e la deviazione standard associata siano :

- Classe A < 10%
- Classe B < 15%
- Classe C < 20%
- Classe E > 20%