



45
30
36
25
28
40
2.0
1.8



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

E. BONINI, G. CUCCHI

STAZIONE AUTOMATICA PER LA MISURA DELLA RADIOATTIVITÀ BETA TOTALE NELL'ARIA

IT8800553



**COMITATO NAZIONALE PER LA RICERCA E PER LO SVILUPPO
DELL'ENERGIA NUCLEARE E DELLE ENERGIE ALTERNATIVE**

STAZIONE AUTOMATICA PER LA MISURA DELLA RADIOATTIVITÀ BETA TOTALE NELL'ARIA

E. BONINI

**ENEA-Direzione Centrale Servizi e Affari Generali
Servizio di Fisica Sanitaria, Centro ricerche energia «Ezio Clementel», Bologna**

G. CUCCHI

ENEA-Esperto Qualificato - Istituto Bologna

Testo pervenuto nel maggio 1986

**I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'Enea
rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'ente**

Riassunto:

Gli Autori hanno messo a punto una stazione automatica per la misura della radioattività beta totale del pulviscolo atmosferico.

La stazione comprende una sezione di prelievo, che può aspirare fino a 384 m³ di aria nelle 24 ore, con filtro a fibra di vetro costituito da un nastro continuo, ed una sezione di rivelazione che comprende 3 rivelatori geiger schermati, 1 rivelatore plastico per beta ed 1 rivelatore a cristallo allo NaI (Tl).

Il tutto è quindi collegato ad una sezione conteggio che elabora i dati fornendo i valori di concentrazione di radioattività minimi, medi e massimi.

L'attività minima misurabile è pari a circa 0,015 pico Curies, per tale valore l'errore relativo è pari a circa il 45%. In media l'errore relativo è pari a circa il 10%.

Tale stazione risulta quindi particolarmente affidabile per l'elevata sensibilità e per il limitato valore dell'errore relativo.

Summary.

The authors have designed an automatic station for measuring the beta total radioactivity of air.

The station consists in an intake section with a capacity of 384 cubic metres of air a day and a glass fibre ribbon filter and in a detection section with three shielded Geiger counters, a plastic beta detector and a NaI(Tl) crystal detector. This stage is linked to the counting section that processes the data and outputs the values of the radioactivity minimum, mean and maximum.

The minimum radioactivity measurable is almost 0.015 pCi; for such a radioactivity the relative error is 45 %.

For the mean values the relative error amounts to almost 10 %.

This station is therefore particularly reliable for its high sensitivity and for the little relative error.

1.0. Descrizione

La stazione automatica per il prelievo e la misura della radioattività β totale del pulviscolo atmosferico ubicata a Montecuccolino è una apparecchiatura composta, assemblata e messa a punto dagli autori utilizzata (gestita) dal Servizio di Fisica Sanitaria del SAG-I80L. Essa è suddivisa nelle seguenti parti:

1.1. - Sezione prelievo

Questa sezione ha come componente principale il gruppo pompa. La depressione viene mantenuta costante da un dispositivo a polmone, che consente di prefissare l'aspirazione misurata entro un valore compreso tra 96 e 384 m³ in 24 h. Il pulviscolo si deposita su di un filtro a fibra di vetro, (spessore 6,4mg/cm²) costituito da un nastro continuo. Il filtro è diviso in settori corrispondenti alla sezione di aspirazione, ogni settore filtra l'aria aspirata per 24 h.

1.2. - Sezione di rivelazione

La stazione è fornita di 5 rivelatori. Tre sono a geiger-muller schermati, (spessore della schermatura 39,5 mm di Pb) con caratteristiche uguali ed effettuano la misura del fondo, del settore di filtro a 120 ore dal prelievo e della sorgente di riferimento. Gli impulsi vengono raccolti da tre contatori presentati e scaricati automaticamente ogni 24 ore su di una stampante tipo tele-type. Un rivelatore plastico per β è inserito sulla buchetta di aspirazione e misura il livello di radioattività in c.p.m. in modo continuo ed

immediato, fornendo l'indicazione sia su di un μ Amperometro che su un registratore analogico. Per ultimo è disponibile un rivelatore schermato (spessore della schermatura 40 mm di Pb) allo $\text{NaI}(\text{TI})$ che può essere utilizzato per analisi spettrometriche del pulviscolo, previo collegamento con un analizzatore d'altezza d'impulsi.

1.3. - Sezione conteggio, datario e stampante

Questa sezione è ubicata nella "Sala Operativa" fisicamente lontana dalle due sezioni precedentemente descritte, (distanza massima 100 metri). Essa contiene le apparecchiature elettroniche che gestiscono il sistema: alimentatori, scale di conteggio, registratori, timers, interfacce, stampante, ed inoltre è fornita di un orologio datario che tiene il conto dei giorni dall'inizio dell'anno.

Tutti i dati che giornalmente vengono stampati (ogni 24 h) sono presentati in modo digitale e analogico, controllabili istante per istante. Essi sono in sequenza:

- giorno della misura (riferito al mese in corso, a 120 h dal prelievo)
- conteggio in colpi del campione
- conteggio in colpi del fondo
- conteggio in colpi della sorgente di riferimento
- giorno solare dell'anno
- ora, minuto, secondo.

I dati della misura immediata in β totale della radioattività e dell'eventuale spettrometria gamma non vengono stampati.

2.0. - Funzionamento

2.1. - L'apparecchiatura provvede automaticamente, ogni 24 ore, ad attivare la seguente sequenza:

- accende la stampante
- stampa i dati dei ricettori (scale e datario)
- azzerà le scale
- comanda l'avanzamento del filtro di un settore
- riattiva il ciclo di misura
- spegne la stampante

Questa sequenza rimane attivata per un tempo corrispondente ad ogni mese di calendario. Alla fine di tale periodo i dati giornalieri vengono inseriti in un programma che provvede a calcolare la radioattività beta giornaliera dell'aria in pCi/m^3 . Il programma fornisce inoltre i valori di radioattività minima, media e massima del mese considerato, sempre in pCi/m^3 .

2.2. - Prima di riattivare la sequenza si provvede ad allineare i tre G.M. in efficienza, con riferimento al geiger che misura la sorgente. Gli indici così ottenuti vengono utilizzati per l'elaborazione dei dati del mese in corso.

Come si evidenzia dalla descrizione, le misure di ogni settore del filtro si protraggono per lo stesso tempo di aspirazione (24 h). Questa tecnica permette di ottenere, per via della grande quantità di eventi rivelati, un errore molto piccolo dovuto alla deviazione standard.

3.0. - Caratteristiche tecniche del complesso

3.1. - Sezione prelievo

- Pompa da vuoto a lamelle mobili; portata massima $16 \text{ m}^3/\text{h}$, con regolazione; raffreddamento forzato; lubrificazione automatica; accoppiamento con motore elettrico trifase potenza 0,75 KW
La regolazione della portata viene ottenuta per mezzo di una valvola comandata da un sensore di pressione "VACUOSTAT" (variazione massima dal valore prefissato $\pm 5\%$).

3.2. - Sezione rivelazione

- n.3 rivelatori a Geiger Muller uguali tipo: PHILIPS ZP 1430, a finestra di mica spessore: $1,5 \pm 2,0 \text{ mg/cm}^2$, $\varnothing 27,8 \text{ mm}$, tempo morto $\leq 190 \text{ } \mu\text{sec}$, sensibilità = 0,015 pCi, efficienza = 68,1% (KCl; β^- max = 1,33 MeV).
- n.1 rivelatore a scintillazione tipo L. e G. EQP3 con cristallo beta plastico $\varnothing 1\frac{1}{2}'' \times 1''$, sensibilità 28 pCi (1,05Bq) efficienza 47,6% (Sr^{90} - γ^{90}).
- n.1 rivelatore a scintillazione tipo L.e.G. EQP3 allo NaI(Tl) $\varnothing 1\frac{1}{2}'' \times 1''$, sensibilità 40 pCi; efficienza = 30,5% (Cs^{137} ; 0,662 MeV).

Il rivelatore è quindi in grado di evidenziare la presenza in aria di una concentrazione di Cs^{137} superiore o eguale a $0,1 \text{ pCi/m}^3$ mediata sulle 24h.

ALLEGATO 1

FORMULA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DEI pCi/m³

$$C_c = \frac{N_c/\epsilon_{cs} - N_f/\epsilon_{fs}}{N_s - N_f/\epsilon_{fs}} \cdot \frac{A_s}{X} \text{ pCi/m}^3$$

dove:

C_c = concentrazione attività nel campione, in pCi/m³

A_s = attività della sorgente, in pCi

N_c = conteggio del campione per 24 ore

N_s = conteggio della sorgente per 24 ore

N_f = conteggio del fondo per 24 ore

X = volume aria passata attraverso il campione per 24 ore, in m³

ϵ_{cs} = fattore di correzione dell'efficienza del G.M. del
campione

ϵ_{fs} = fattore di correzione dell'efficienza del G.M. del
fondo

ATTIVITA' MINIMA MISURABILE: MDA

La minima attività misurabile di un dato radionuclide è definita come quella attività che fa aumentare il numero dei conteggi, in un tempo prefissato, di una quantità pari a tre volte la deviazione standard degli impulsi di fondo registrati in ugual periodo.
 $MDA = 3/\bar{N}$.

Nel nostro caso il programma che elabora i dati calcola la MDA sulla media dei conteggi giornalieri del fondo per un periodo di un mese, aggiornando il valore di mese in mese. Questa elaborazione utilizza, per calcolare l'efficienza, la media mensile dei conteggi giornalieri della sorgente di riferimento.

Il valore della MDA del complesso di misura si aggira intorno ai 0,015 pCi \pm 0,001 (6,66%).

Formula utilizzata per il calcolo della MDA:

$$MDA = \frac{3/\bar{M}_F}{\bar{M}_S - 3/\bar{M}_F} \cdot \frac{A_S}{X}$$

dove:

\bar{M}_F = media della misura del fondo giornaliero di un mese

\bar{M}_S = media della misura giornaliera della sorgente di riferimento per un periodo di un mese

A_S = Attività della sorgente in pCi;

X = Volume d'aria in 24 h, in m³

PRECISIONE DELLA MISURA**1) Errore statistico dei conteggi**

Per calcolare l'errore introdotto dalla deviazione standard si è tenuto conto dell'elevato contributo dovuto al fondo in rapporto al conteggio totale, pertanto l'errore percentuale è dato:

$$\sigma \% = \frac{\sqrt{N_1 + N_2}}{N_1 - N_2} \cdot 100$$

dove:

N_1 = numero dei conteggi dovuti al campione più il fondo

N_2 = numero dei conteggi dovuti al solo fondo

Esempio: mese di novembre 1985, giorno 6

$$\sigma \% = \frac{\sqrt{31336 + 29149}}{31336 - 29149} \cdot 100 = \approx 11,2\%$$

2) Altri errori (errori sistematici)

- Errore sulla misura del volume di aria aspirata: $\approx \pm 5\%$
- Errore sulla misura del tempo: trascurabile
- Errore sistematico della sorgente di riferimento (vedere allegato 4): 5%

LA SORGENTE DI RIFERIMENTO

Come sorgente di paragone viene utilizzato uno strato di KCl (Cloruro di potassio) sinterizzato della stessa superficie del filtro di fibra di vetro attraverso il quale passa l'aria aspirata.

Conoscendo il peso dello strato dimensionato a "spessore infinito" è stata calcolata l'attività superficiale del K^{40} sui β emessi a 1314 KeV isotopo presente nella quantità dello 0,00118% nel potassio naturale.

L'errore introdotto dall'incertezza dell'attività della sorgente di riferimento è la somma dei seguenti contributi:

- Indeterminazione sul peso: 0,003%
- Indeterminazione sul tempo di dimezzamento: irrilevante considerato l'ordine di grandezza 10^9 anni
- Indeterminazione sulla percentuale di emissione: 0,5%
- Indeterminazione sull'abbondanza: 0,0001%
- Indeterminazione sul volume: 2,72%
- Indeterminazione sull'energia di emissione: 1,5%

Si può, con buona approssimazione, ritenere che l'errore sistematico introdotto dalla sorgente di riferimento non superi il 5%.

ESEMPIO DI USCITA DEI DATI ELABORATI, SU STAMPANTE A LASER

DATI		DICEMBRE 1985		RISULTATI		
GIORNO	CAMPIONE	FONDO	SORGENTE	GIORNO	F/S= 1.1869 ATTIVITA' (IN PCI/M3)	F/S= 0.9460 ERRORE
2	33364	26593	28111	5	0.1409	0.27E-02
5	39089	27040	302867	6	0.1936	0.37E-02
6	40849	26745	310184	7	0.1360	0.26E-02
7	38545	26668	308040	8	0.1573	0.30E-02
8	39570	26837	308943	9	0.1742	0.33E-02
9	40086	26715	310359	10	0.1745	0.33E-02
10	40016	26581	313889	11	0.1888	0.36E-02
11	40646	26594	316571	12	0.1884	0.36E-02
12	40634	26560	318449	13	0.1826	0.35E-02
13	41196	27180	319422	14	0.1893	0.36E-02
14	40733	26641	317043	15	0.1671	0.32E-02
15	39958	26712	316834	16	0.2110	0.40E-02
16	41537	26593	317895	17	0.1169	0.23E-02
17	37855	26675	309095	18	0.1433	0.28E-02
18	38622	26425	313500	19	0.0996	0.19E-02
19	37228	26731	305651	20	0.0063	0.12E-03
20	33748	26716	299643	21	-0.0110	0.22E-03
21	32995	26617	298959	22	0.0001	0.13E-03
22	33680	26843	298953	23	-0.0211	0.41E-03
23	33211	27072	296277	24	-0.0425	0.84E-03
24	32703	27277	296004	25	0.0051	0.99E-04
25	34369	27249	297414	27	0.1419	0.27E-02
27	39188	27009	308179	28	0.1351	0.26E-02
28	38816	26822	310223	29	0.0849	0.16E-02
29	36990	26976	306997	30	0.0580	0.11E-02
30	36288	27220	304631	31	0.0457	0.89E-03
31	35608	27030	306442	1	0.0687	0.13E-02
1	36380	26959	307071	2	0.0378	0.73E-03
2	35350	27063	304879			

TOTALE GIORNI VALIDI AI FINI DELLA MEDIA = 22

VALORE MEDIO = 0.1380
 VALORE MINIMO = 0.0378
 VALORE MASSIMO = 0.2110
 SOGLIA = 0.0155

**Edito dall'ENEA, Direzione Centrale Relazioni.
Viale Regina Margherita 125, Roma.
Finito di stampare nel maggio 1986
Fotoriproduzione e Stampa Arti Grafiche S. Marcello - Roma**