

Titolo

RISULTATI DELLE PROVE INTERLABORATORIO 2023 SULLA STIMA DELLA CONCENTRAZIONE DEL RADON CON DISPOSITIVI PASSIVI ENEA

Descrittori

Tipologia del documento: Rapporto Tecnico

Collocazione contrattuale:

Argomenti trattati: Confronto interlaboratori di misure radon, prove valutative, dispositivi passivi a tracce nucleari

Sommario


Il servizio di valutazione della concentrazione di radon ENEA partecipa annualmente a diversi confronti interlaboratori, al fine di garantire la qualità della misura. La regolare partecipazione a tali prove interlaboratorio è uno dei requisiti minimi che i servizi di dosimetria in accordo a quanto richiesto dal D.Lgs. 101/2020. Nel presente rapporto tecnico vengono riportati i risultati ottenuti nei tre confronti interlaboratori che si sono conclusi nel corso del 2023, organizzati rispettivamente da UK Health Security Agency (Regno Unito), Bundesamt für Strahlenschutz (Germania), Politecnico di Milano (Italia).

Note

Copia n.


In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE		NOME	Fabio Alessio Vittoria	Francesca Mariotti	Elena Fantuzzi
			FIRMA	<i>Fabio Alessio Vittoria</i>	<i>Francesca Mariotti</i>	<i>Elena Fantuzzi</i>
REV.	DESCRIZIONE	DATA	06/11/2023	REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

	Istituto di Radioprotezione	IRP-	Rev. 0	Distrib. L	Pag. di 2 11
---	-----------------------------	------	-----------	---------------	-----------------

Indice

1.	<i>Introduzione</i>	3
2.	<i>Sistema di misura</i>	3
3.	<i>Confronti interlaboratori</i>	4
3.1.	UK Health Security Agency 2022	4
3.2.	Bundesamt für Strahlenschutz 2023	7
3.3.	Politecnico di Milano 2022	8
4.	<i>Sintesi dei risultati</i>	10
5.	<i>Conclusioni</i>	11

	Istituto di Radioprotezione	IRP-	Rev. 0	Distrib. L	Pag. di 3 11
---	-----------------------------	------	-----------	---------------	-----------------

1. Introduzione

Il servizio di valutazione della concentrazione di radon ENEA partecipa annualmente a diversi confronti interlaboratori, al fine di garantire e migliorare la qualità del servizio offerto. La regolare partecipazione a confronti interlaboratori è, inoltre, uno dei requisiti minimi che i servizi di dosimetria devono rispettare ai fini del D.Lgs. 101/2020 (all. 2, comma 5):

5. Requisiti minimi dei servizi di dosimetria di cui all'articolo 17, comma 7

[...]

g) assicurazione della qualità dei risultati anche attraverso la partecipazione a programmi idonei di confronti interlaboratori;

In ogni confronto interlaboratorio, i partecipanti inviano i propri dispositivi di misura all'ente organizzatore; i dispositivi vengono esposti a diversi livelli di esposizione non noti ai partecipanti. Successivamente, i partecipanti ricevono i dispositivi esposti e, tramite il proprio sistema di lettura, stimano l'esposizione di ciascun dispositivo, comunicando i risultati all'ente organizzatore. Infine, l'ente organizzatore fornisce un rapporto di prova con i risultati ottenuti.

Il presente rapporto riporta i risultati ottenuti dal servizio radon ENEA nei confronti interlaboratori che si sono conclusi nel corso del 2023.

2. Sistema di misura

I dispositivi di misura utilizzati dal servizio radon ENEA si basano su rivelatori passivi a tracce nucleari Poly-Allyl Diglycol Carbonato (PADC) - CR-39[®] inseriti in un dispositivo di tipo chiuso progettato, realizzato e brevettato (n. MI2006A000703) dal servizio radon ENEA. Nello specifico, il dispositivo è costituito da una camera d'esposizione in nylon grafitato, dove il rivelatore di CR-39 è posizionato nella parte inferiore.

La geometria del dispositivo è realizzata in modo da permettere la diffusione del radon in modo rapido ed efficiente all'interno della camera di esposizione, dove si realizzano le condizioni ottimali per la registrazione delle radiazioni alfa sulla superficie del rivelatore di CR-39.

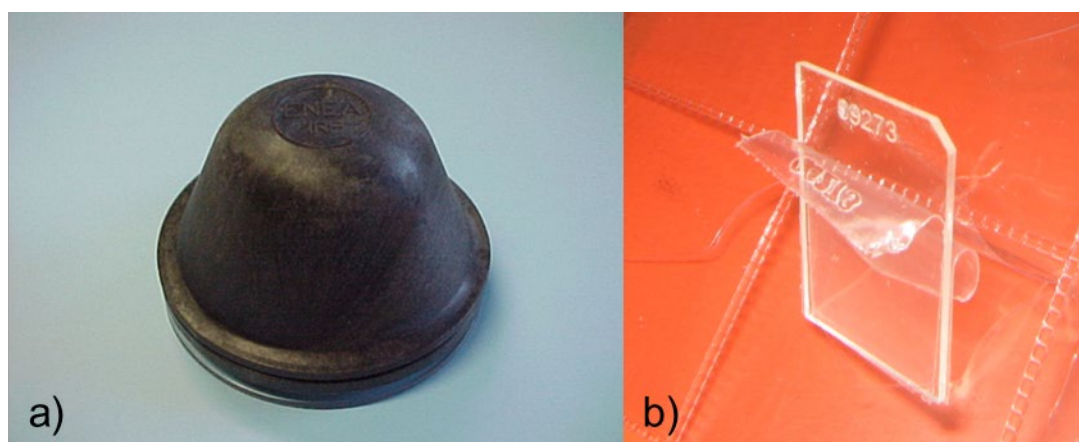


Figura 1. (a) Dispositivo passivo ENEA per la misurazione del radon. (b) Rivelatore PADC (CR-39[®]).

Le particelle alfa che interagiscono con il materiale causano danni localizzati ai legami chimici (tracce latenti), i quali vengono amplificati mediante un trattamento chimico (soluzione NaOH, 6,5 N, 85 °C, 2,5 h). Al termine di tale trattamento chimico le tracce risultano sufficientemente grandi da essere misurabili tramite microscopi ottici digitali. Il sistema di lettura utilizzato dal servizio radon ENEA è il *Politrack* (Mi.am, IT); un sistema commerciale automatico, adattato *ad hoc* alle esigenze del servizio ENEA. Al termine della lettura, i dati vengono analizzati tramite un software sviluppato dal servizio radon ENEA.

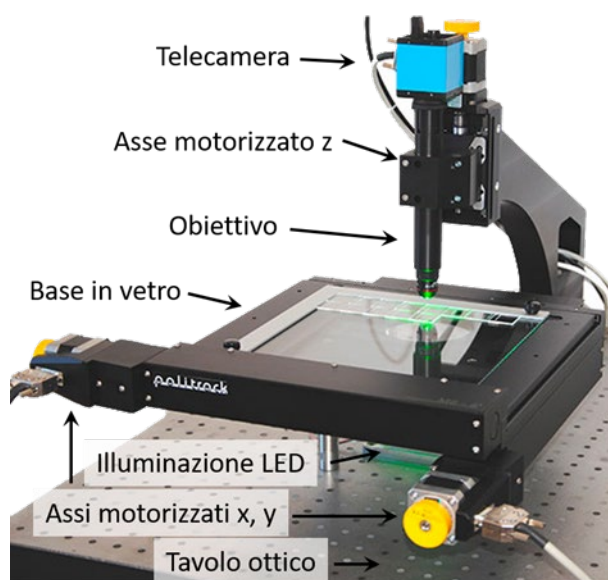


Figura 2. Sistema di lettura Politrack.

3. Confronti interlaboratori

In questa sezione sono riportati i risultati ottenuti in tre confronti interlaboratori organizzati rispettivamente dai seguenti enti: UK Health Security Agency (Regno Unito), Bundesamt für Strahlenschutz (Germania), Politecnico di Milano (Italia).

3.1. UK Health Security Agency 2022

Il UK Health Security Agency (UKHSA), Dipartimento della salute pubblica inglese, si occupa della sicurezza e della protezione della popolazione e dell'ambiente contro i danni derivanti da malattie infettive, incidenti chimici, biologici, radiologici e nucleari ed altri possibili rischi. Da diversi anni promuove esercizi di interconfronto sulla misurazione del radon con dispositivi passivi.

Per questa prova, ad ogni partecipante è stato richiesto di fornire 60 dispositivi per la valutazione della concentrazione di radon-222. Di questi, 10 dispositivi non sono stati esposti al radon (gruppo "transit"), mentre i rimanenti 50 sono stati esposti a 5 diversi livelli di esposizione (10 dispositivi per esposizione). I 5 valori di esposizione usati dal UKHSA per questo interconfronto sono: 138 kBq h m⁻³, 383 kBq h m⁻³, 732 kBq h m⁻³, 1387 kBq h m⁻³ e 2501 kBq h m⁻³. L'incertezza relativa espansa su tutti i valori di esposizione è pari a 6%, con fattore di copertura k = 2.

Nella tabella seguente sono riportati i valori medi dell'esposizione misurata sui 10 dispositivi di ogni gruppo, a cui è stata sottratta l'esposizione media dei rivelatori del gruppo transit. Per

ogni gruppo è inoltre riportata l'accuratezza, definita come la deviazione percentuale tra il valor medio misurato e quello di riferimento, la precisione (definita come la deviazione standard percentuale delle misure di ogni gruppo) e l'errore di misura complessivo (definito come la radice quadrata della somma in quadratura di accuratezza e precisione).

Riferimento esposizione [kBq h m ⁻³]	Esposizione misurata media [kBq h m ⁻³]	Accuratezza	Precisione	Errore misura	Classificazione performance
138	160	16,2 %	9,7 %	18,9 %	B
383	411	7,2 %	8,2 %	10,9 %	B
732	752	2,7 %	5,0 %	5,7 %	A
1387	1455	4,9 %	5,2 %	7,2 %	A
2501	2584	3,3 %	3,3 %	4,7 %	A

Tabella 1. Riassunto dei risultati ottenuti nel confronto interlaboratorio UKHSA 2022.

Per i primi due gruppi di esposizione, i risultati ottenuti corrispondono alla classificazione performance B (errori di misura compresi tra 10% e 20%), mentre per gli altri tre gruppi si è ottenuta la classificazione performance A (errori di misura minori di 10%). Nella figura seguente è mostrata la risposta dei rivelatori, calcolata come il rapporto tra l'esposizione misurata e quella di riferimento.

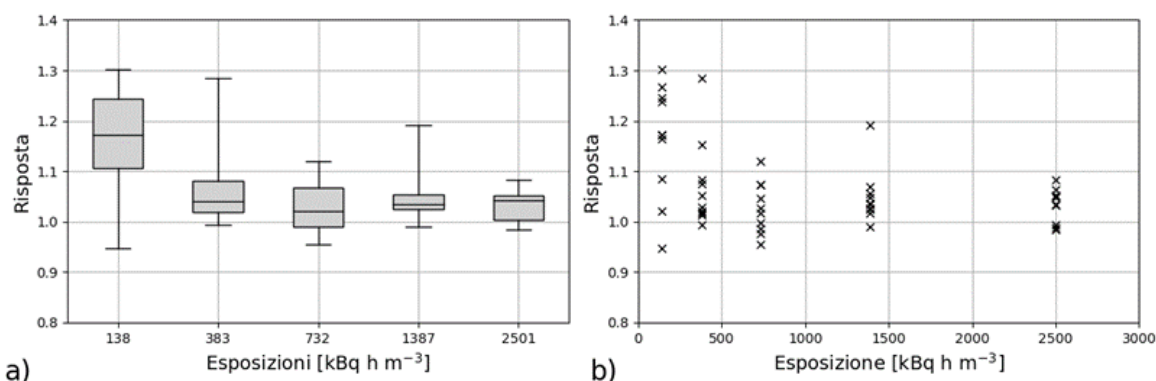


Figura 3. Grafici della risposta dei rivelatori usati nel confronto interlaboratorio UKHSA 2022. (a) Grafico scatola e baffi, in cui sono evidenziati il valore minimo, massimo, ed il 25, 50 e 75 percentile della risposta di ciascun gruppo di rivelatori. (b) Valori di risposta di ciascun rivelatore in funzione dell'esposizione di riferimento.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di esposizione (Esp) misurati per ciascun rivelatore usato nell'interconfronto, e la relativa incertezza espansa (U(Esp)) con fattore di copertura k=2, divisi per esposizione di riferimento (Rif). A differenza dei risultati nella tabella precedente, ai seguenti valori non è stato sottratto il valor medio dell'esposizione misurata nel gruppo transit.

Gruppo Transit		
UKHSA num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
9 – 52905	24	11
13 – 52909	17	11
16 – 52912	16	10
17 – 52913	15	11
19 – 52915	18	9
34 – 52930	13	10
38 – 52934	22	11
42 – 52938	11	10
54 – 52950	19	11
55 – 52951	17	11

Rif = 138 kBq h m ⁻³		
UKHSA num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
4 – 52900	167	27
5 – 52901	179	28
20 – 52916	179	28
26 – 52922	192	29
30 – 52926	158	26
36 – 52932	178	28
39 – 52935	189	29
57 – 52953	148	25
58 – 52954	188	29
59 – 52955	197	31

Rif = 383 kBq h m ⁻³		
UKHSA num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
6 – 52902	408	52
8 – 52904	411	54
10 – 52906	407	52
14 – 52910	432	54
22 – 52918	420	53
31 – 52927	398	51
32 – 52928	405	51
35 – 52931	429	54
37 – 52933	509	62
48 – 52944	459	57

Rif = 732 kBq h m ⁻³		
UKHSA num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
7 – 52903	768	89
11 – 52907	837	96
18 – 52914	739	87
23 – 52919	747	87
29 – 52925	732	85
41 – 52937	716	84
44 – 52940	762	88
46 – 52942	803	93
47 – 52943	783	90
50 – 52946	803	92

Rif = 1387 kBq h m ⁻³		
UKHSA num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
1 – 52897	1427	156
3 – 52899	1501	164
24 – 52920	1451	159
27 – 52923	1455	159
28 – 52924	1391	152
33 – 52929	1481	162
40 – 52936	1671	181
43 – 52939	1438	157
45 – 52941	1440	158
60 – 52956	1471	161

Rif = 2501 kBq h m ⁻³		
UKHSA num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
2 – 52898	2486	265
12 – 52908	2605	277
15 – 52911	2650	282
21 – 52917	2503	267
25 – 52921	2640	281
49 – 52945	2477	265
51 – 52947	2601	277
52 – 52948	2679	286
53 – 52949	2724	290
56 – 52952	2649	282

Tabella 2. Valori di esposizione (Esp) ed incertezza espansa (U(Esp)) di tutti i rivelatori usati per il confronto interlaboratorio UKHSA 2022, divisi per esposizione di riferimento (Rif).

3.2. Bundesamt für Strahlenschutz 2023

Il Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), è l'ufficio Federale per la Radioprotezione in Germania; è stato fondato nel 1989 e si occupa della sicurezza e della protezione della popolazione e dell'ambiente contro i danni da radiazioni ionizzanti e non ionizzanti.

Per questa prova, ad ogni partecipante è stato richiesto di fornire 35 dispositivi per la valutazione della concentrazione di radon-222. Di questi, 7 dispositivi non sono stati esposti al radon (gruppo "transit"), mentre i rimanenti 28 sono stati esposti a 4 diversi livelli di esposizione (7 dispositivi per esposizione). I 4 valori di esposizione usati dal BfS per questo interconfronto sono: 460 kBq h m⁻³, 1327 kBq h m⁻³, 1577 kBq h m⁻³ e 2536 kBq h m⁻³. L'incertezza relativa espansa su tutti i valori di esposizione è pari a 5%, con fattore di copertura k = 2.

Nella tabella seguente sono riportati i valori medi dell'esposizione misurata sui 7 dispositivi di ogni gruppo. Per ogni gruppo è inoltre riportata l'accuratezza, definita come la deviazione percentuale tra il valor medio misurato e quello di riferimento, la precisione (definita come la deviazione standard percentuale delle misure di ogni gruppo) e l'errore di misura complessivo (definito come la radice quadrata della somma in quadratura di accuratezza e precisione).

Riferimento esposizione [kBq h m ⁻³]	Esposizione misurata media [kBq h m ⁻³]	Accuratezza	Precisione	Errore misura	Classificazione performance
406	501	9,0 %	4,9 %	10,2 %	B
1327	1389	4,6 %	2,6 %	5,3 %	A
1577	1708	8,3 %	3,3 %	9,0 %	A
2536	2692	6,1 %	4,5 %	7,6 %	A

Tabella 3. Riassunto dei risultati ottenuti nel confronto interlaboratorio BfS 2023.

Per il primo gruppo di esposizione, i risultati ottenuti corrispondono alla classificazione performance B (errori di misura compresi tra 10% e 20%), mentre per gli altri tre gruppi si è ottenuta la classificazione performance A (errori di misura inferiori a 10%). Nella figura seguente è mostrata la risposta dei rivelatori, calcolata come il rapporto tra l'esposizione misurata e quella di riferimento.

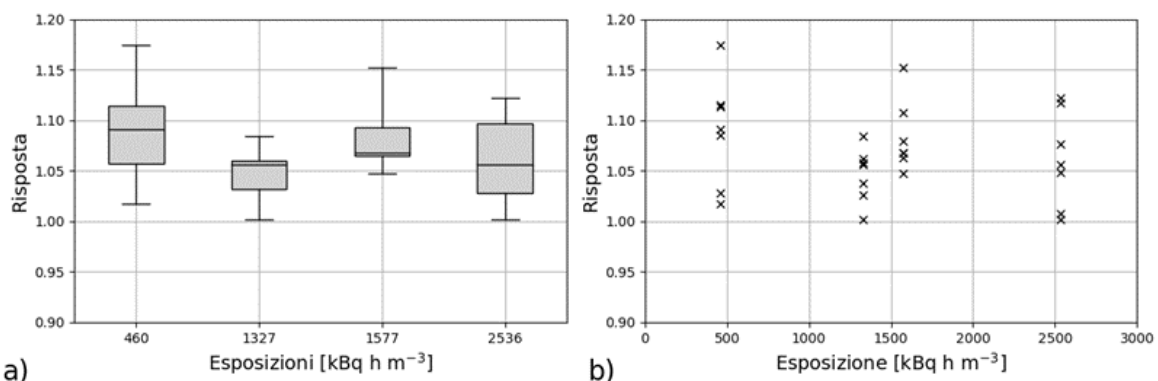


Figura 4. Grafici della risposta dei rivelatori usati nel confronto interlaboratorio BfS 2023. (a) Grafico scatola e baffi, in cui sono evidenziati il valore minimo, massimo, ed il 25, 50 e 75 percentile della risposta di ciascun gruppo di rivelatori. (b) Valori di risposta di ciascun rivelatore in funzione dell'esposizione di riferimento.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di esposizione (Esp) misurati per ciascun rivelatore usato nell'interconfronto, e la relativa incertezza espansa (U(Esp)) con fattore di copertura k=2, divisi per esposizione di riferimento (Rif).

Gruppo Transit		
BfS num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
5 – 53379	13	8
7 – 53381	-18	13
8 – 53382	15	9
12 – 53386	22	10
18 – 53392	8	10
19 – 53393	17	10
27 – 53401	21	10

Rif = 460 kBq h m ⁻³		
BfS num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
2 – 53376	468	58
9 – 53383	513	62
14 – 53388	512	62
20 – 53394	502	61
29 – 53403	473	58
33 – 53407	540	65
34 – 53408	499	61

Rif = 1327 kBq h m ⁻³		
BfS num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
1 – 53375	1401	153
13 – 53387	1362	149
16 – 53390	1404	153
26 – 53400	1438	156
30 – 53404	1409	154
31 – 53405	1377	150
35 – 53409	1329	145

Rif = 1577 kBq h m ⁻³		
BfS num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
4 – 53378	1683	182
10 – 53384	1702	184
11 – 53385	1817	195
15 – 53389	1746	188
17 – 53391	1676	181
21 – 53395	1651	178
22 – 53396	1683	182

Rif = 2536 kBq h m ⁻³		
BfS num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
3 – 53377	2845	300
6 – 53380	2658	281
23 – 53397	2730	288
24 – 53398	2541	269
25 – 53399	2679	283
28 – 53402	2556	271
32 – 53406	2832	299

Tabella 4. Valori di esposizione (Esp) ed incertezza espansa (U(Esp)) di tutti i rivelatori usati per il confronto interlaboratorio BfS 2023, divisi per esposizione di riferimento (Rif).

3.3. Politecnico di Milano 2022

Il Laboratorio di Metrologia delle Radiazioni, Dipartimento di Energia, del Politecnico di Milano (PoliMi) fornisce servizi in ambito dosimetrico e radioprotezionistico, legati alla garanzia della qualità delle misure svolte dagli utenti; in particolare focalizza il suo interesse sulla metrologia del radon e della contaminazione superficiale.

Per questa prova, ad ogni partecipante è stato richiesto di fornire 48 dispositivi per la valutazione della concentrazione di radon-222. Di questi, 8 dispositivi non sono stati esposti al radon (gruppo “transit”), mentre i rimanenti 40 sono stati esposti a 4 diversi livelli di esposizione (10 dispositivi per esposizione). I 4 valori di esposizione usati dal PoliMi per questo interconfronto sono: 267 kBq h m⁻³, 735 kBq h m⁻³, 1213 kBq h m⁻³ e 3722 kBq h m⁻³. L’incertezza relativa espansa su tutti i valori di esposizione è pari a 8%, con fattore di copertura k = 2.

Nella tabella seguente sono riportati i valori medi dell'esposizione misurata sui 10 dispositivi esposti di ogni gruppo. Per ogni gruppo sono inoltre riportati i valori dei 3 indicatori statistici utilizzati per la valutazione di questo interconfronto:

- z-score del valor medio:

$$z = \frac{\bar{x} - X}{\hat{\sigma}}$$

Dove \bar{x} è il valor medio dell'esposizione misurata sui dispositivi, X è il valore di riferimento dell'esposizione, $\hat{\sigma}$ è una deviazione standard di riferimento pari al 10% dell'esposizione di riferimento X .

- z-score del valore di mid-range:

$$z_M = \frac{M - X}{\hat{\sigma}}$$

dove M è il valore di mid-range, definito come la media tra valore massimo e minimo misurato dai dispositivi di un determinato gruppo.

- Deviazione standard relativa:

$$s_{rel} = \frac{\sigma_x / \bar{x}}{\hat{\sigma} / X}$$

dove σ_x è la deviazione standard dell'esposizione misurata sui dispositivi.

Per ogni gruppo di esposizione viene infine calcolato il punteggio totale T come:

$$T = z + z_M + s_{rel}$$

Riferimento esposizione [kBq h m ⁻³]	Esposizione misurata media [kBq h m ⁻³]	z	z_M	s_{rel}	Classificazione performance
267	298	1,18	1,12	0,65	A
735	745	0,14	0,16	0,39	A
1213	1241	0,23	0,29	0,28	A
3722	3796	0,20	0,24	0,29	A

Tabella 5. Riassunto dei risultati ottenuti nel confronto interlaboratorio PoliMi 2022.

Per tutti i gruppi di esposizione, i risultati ottenuti corrispondono alla classificazione performance A (valore di T inferiore a 3). Nella figura seguente è mostrata la risposta dei rivelatori, calcolata come il rapporto tra l'esposizione misurata e quella di riferimento.

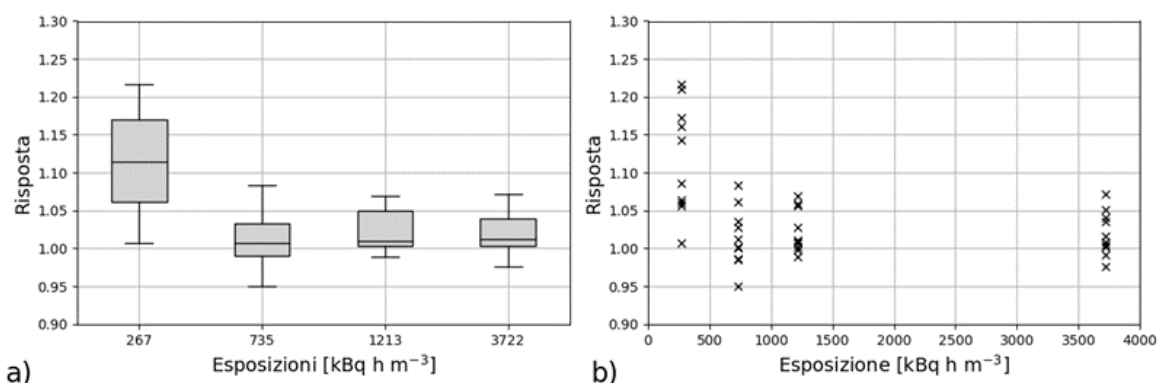


Figura 5. Grafici della risposta dei rivelatori usati nel confronto interlaboratorio PoliMi 2022. (a) Grafico scatola e baffi, in cui sono evidenziati il valore minimo, massimo, ed il 25, 50 e 75 percentile della risposta di ciascun gruppo di rivelatori. (b) Valori di risposta di ciascun rivelatore in funzione dell'esposizione di riferimento.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di esposizione (Esp) misurati per ciascun rivelatore usato nel proficiency testing, e la relativa incertezza espansa (U(Esp)) con fattore di copertura $k=2$, divisi per esposizione di riferimento (Rif). I rivelatori non esposti (transit) sono indicati con un asterisco.

Rif = 267 kBq h m ⁻³			Rif = 735 kBq h m ⁻³		
PoliMi num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]	PoliMi num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
13 – 53323	290	40	1 – 53311	735	86
14 – 53324	313	42	2 – 53312	736	87
15 – 53325	323	44	3 – 53313	761	89
16 – 53326*	7	11	4 – 53314*	24	10
17 – 53327*	21	11	5 – 53315	725	86
18 – 53328	283	39	6 – 53316	744	87
19 – 53329	282	40	7 – 53317	755	89
20 – 53330	269	39	8 – 53318	724	86
21 – 53331	284	40	9 – 53319*	14	9
22 – 53332	305	42	10 – 53320	796	93
23 – 53333	310	42	11 – 53321	698	83
24 – 53334	325	44	12 – 53322	780	91

Rif = 1213 kBq h m ⁻³			Rif = 3722 kBq h m ⁻³		
PoliMi num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]	PoliMi num - Codice	Esp [kBq h m ⁻³]	U(Esp) k=2 [kBq h m ⁻³]
25 – 53335	1216	138	37 – 53347	3632	388
26 – 53336*	21	10	38 – 53348	3913	419
27 – 53337	1297	145	39 – 53349*	24	9
28 – 53338	1227	138	40 – 53350	3853	413
29 – 53339	1199	135	41 – 53351	3989	427
30 – 53340	1282	144	42 – 53352	3731	399
31 – 53341	1285	145	43 – 53353*	15	8
32 – 53342	1223	137	44 – 53354	3752	402
33 – 53343	1246	139	45 – 53355	3872	413
34 – 53344*	31	12	46 – 53356	3783	404
35 – 53345	1210	136	47 – 53357	3693	395
36 – 53346	1222	137	48 – 53358	3740	398

Tabella 6. Valori di esposizione (Esp) ed incertezza espansa (U(Esp)) di tutti i rivelatori usati per il confronto interlaboratorio BfS 2023, divisi per esposizione di riferimento (Rif).

4. Sintesi dei risultati

Nella figura seguente è riassunta la risposta dei rivelatori, calcolata come il rapporto tra l'esposizione misurata e quella di riferimento, ottenuta nei tre confronti interlaboratorio conclusi nell'anno 2023 e discussi nei paragrafi precedenti.

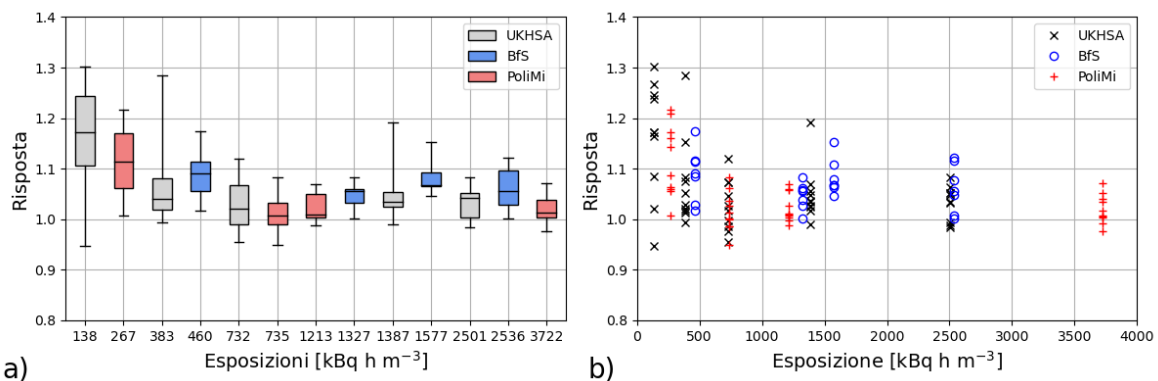


Figura 6. Grafici della risposta dei rivelatori usati nei confronti interlaboratorio conclusi nel 2023. (a) Grafico scatola e baffi, in cui sono evidenziati il valore minimo, massimo, ed il 25, 50 e 75 percentile della risposta di ciascun gruppo di rivelatori. (b) Valori di risposta di ciascun rivelatore in funzione dell'esposizione di riferimento.

Esaminando la differenza tra i valori di esposizione misurati dai singoli rivelatori e l'esposizione di riferimento, si trova che:

- L'80% dei rivelatori mostra una differenza, in valore assoluto, inferiore a 10% (valori di risposta compresi tra 0,9 e 1,1);
- Il 16% dei rivelatori mostra una differenza compresa tra 10% e 20% (valori di risposta compresi tra 1,1 e 1,2);
- Il 7% dei rivelatori mostra una differenza superiore al 20% (valori di risposta superiori a 1,2); tutti i rivelatori di questa categoria si trovano nei 3 gruppi a minore esposizione.

Si può inoltre notare come, nella quasi totalità dei casi, l'esposizione misurata sia superiore all'esposizione di riferimento (valori della risposta maggiori di 1); tale tendenza risulta più marcata a bassi valori di esposizione.

5. Conclusioni

Nel presente documento sono stati descritti i risultati ottenuti dal servizio radon ENEA nei confronti interlaboratori che si sono conclusi nell'anno 2023.

Nel complesso i risultati ottenuti sono soddisfacenti, come evidenziato dall'ottenimento della classe performance A in 10 delle 13 esposizioni effettuate e della classe performance B nelle rimanenti 3 esposizioni.

Nonostante gli ottimi risultati riportati, l'analisi della risposta dei rivelatori mostra una sovrastima sistematica dell'esposizione di riferimento, la cui entità risulta maggiore a bassi valori di esposizione. Questa problematica può essere risolta effettuando una nuova taratura del sistema di lettura e analisi, in cui si ponga particolare attenzione alla risposta ottenuta a bassi valore di esposizione.