



RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021

CLIENTE:

Comune di Molfetta
Via Martiri di Via Fani, 2/B (Lama Scotella)
70056 Molfetta (BA)

LUOGO DELLA VERIFICA:

Scuola Elementare "Vincenzo Zagami"
Codice meccanografico: BAIC882008
Via Leonardo Azzarita
70056 Molfetta (BA)

RESPONSABILE DELLE MISURE

Ing. Gianluca Troiano
Ingegnere Nucleare - Ordine degli Ingegneri della Prov. di Varese - Sezione "A" n. 3104
Esperto di Radioprotezione di III grado n. 538 dell'Elenco Ministeriale
NRPP Certified Radon Professional ID 110095 RT
Via Madonini, 49/D - 21040 Uboldo (VA)

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021



1 PREMESSA

Il Radon è un "gas nobile" (chimicamente inerte) di tipo radioattivo che ha origine dall'Uranio-238 naturalmente presente nel suolo.

Essendo in uno stato gassoso, riesce a permeare il suolo, fuoriuscendo e concentrandosi in particolare negli ambienti chiusi dove viene respirato e rilascia nei polmoni i suoi prodotti di decadimento (in pratica altre sostanze radioattive dannose come alcuni isotopi del Polonio e del Bismuto).

E' inodore ed incolore. Per questo non è percepito dai nostri sensi e per rilevarlo è necessario l'impiego di appositi dispositivi di misura.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, il Radon è la seconda causa di morte per tumore ai polmoni dopo il fumo, ed è la prima causa tra i non fumatori.

Negli ultimi 20 anni sono stati condotti numerosi studi, in particolare negli Stati Uniti, in Europa ed in Cina, per determinare il fattore di rischio associato all'esposizione a basse concentrazioni di Radon.

I risultati dei 13 studi epidemiologici condotti in Paesi europei (incluso quello effettuato in Italia), hanno dimostrato:

- un significativo aumento di rischio di tumore polmonare all'aumentare dell'esposizione al Radon;
- l'esistenza di un forte effetto sinergico tra fumo di sigaretta e Radon;
- l'evidenza del rischio di tumore polmonare anche (per esposizioni prolungate di alcuni decenni) a livelli di concentrazione di Radon medio-bassi (inferiori a 200 Bq/m³);
- un aumento di rischio di tumore polmonare del 16% per ogni 100 Bq/m³ di incremento di concentrazione media di Radon (tenendo conto delle incertezze, questa stima varia dal 5% al 31%);

C'è da sottolineare che, dagli studi condotti, è stato stimato che in Italia si registrano circa 3.200 decessi all'anno per tumore polmonare attribuibili al Radon.

2 NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI RADIOPROTEZIONE DA ESPOSIZIONE AL RADON

Il D.Lgs. 101 del 31 Luglio 2020 ha definito i seguenti livelli di riferimento per la concentrazione media annua di attività di Radon:

Direttiva 2013/59/EURATOM del Consiglio	
Tipo di ambiente	Livello di riferimento per la concentrazione Radon
Luoghi di lavoro	300 Bq/m ³
Abitazioni	300 Bq/m ³
Nuove costruzioni (successive al 31/12/2024)	200 Bq/m ³

La Legge Regionale 3 Novembre 2016 n. 30 di Regione Puglia "Norme in materia di riduzione dalle esposizioni alla radioattività naturale derivante dal gas radon in ambiente confinato", ha definito i seguenti limiti:

Legge regionale 8 luglio 2019 n. 13 di Regione Campania	
Tipo di ambiente	Limite di concentrazione Radon
Nuove costruzioni e costruzioni oggetto di ristrutturazione e manutenzione straordinaria	300 Bq/m ³
Edifici strategici di cui al D.M. 14.01.2008 e quelli destinati all'istruzione	300 Bq/m ³
Edifici aperti al pubblico, con esclusione dei residenziali	300 Bq/m ³

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021



3. METODO DI INDAGINE

La metodologia di indagine utilizzata fa riferimento ai seguenti documenti tecnici:

- UNI ISO 11665-8:2020 – “Measurement of radioactivity in the environment - Air: Radon-222 - Part 8: Methodologies for initial and additional investigations in buildings”;
- Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano – “Linee guida per le misure di concentrazione di Radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei” del 6 febbraio 2003.
- “Guida tecnica per le misure di concentrazione media annua di radon in aria in luoghi di lavoro, abitazioni, scuole e luoghi aperti al pubblico” emanata dal Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti del Dipartimento Provinciale di Bari - Arpa Puglia

I dispositivi di misura sono stati posizionati nel rispetto delle indicazioni della norma ISO 11665-8:2020, ed in particolare:

- ad un'altezza compresa tra 1 e 2 metri dal suolo;
- ad una distanza di almeno 30 cm dalle pareti che affacciano all'esterno;
- ad almeno 90 cm da porte e finestre;
- lontani da fonti di calore e da luce solare diretta;
- lontano da ventilazione forzata diretta;
- lontano da sorgenti di acqua e da zone con presenza di condensa;
- in posizione tale da garantire che non siano spostati durante il monitoraggio (possibile caduta di oggetti, curiosità di persone che non sanno di cosa si tratti...);

Il campionamento ed il posizionamento dei rivelatori sono stati effettuati a cura del personale della società For.Sic. con Sede legale in Via L. Azzarita, n° 36/44 a Molfetta (BA), in possesso delle competenze adeguate allo svolgimento delle attività.

Il responsabile della struttura è stato informato in merito alla corretta conservazione dei rivelatori durante il periodo di monitoraggio ed in particolare in merito al fatto che gli stessi non dovessero essere rimossi o spostati dalla loro posizione iniziale.

4. METODO DI MISURA

Per il monitoraggio del Radon sono stati impiegati rivelatori a tracce CR-39 (Metodo di rilevamento SSNTD, Solid State Nuclear Track Detector), tecnica di misura riconosciuta idonea secondo lo standard ISO 11665-1:2019.

Il sistema è composto da una camera di diffusione all'interno della quale è inserito un rivelatore di tracce nucleari, di materiale PADC (poliallil-digicol-carbonato), un polimero organico comunemente chiamato CR-39.

La camera di diffusione ha un volume di circa 15 ml, ottimizzato per il monitoraggio su periodi medio/lunghi, ed è chiusa in modo da inibire l'ingresso dei prodotti di decadimento del radon sospesi nell'ambiente, così da consentire la misurazione della sola concentrazione di attività di Radon presente.

Le particelle alpha emesse dal Radon presente nella camera di diffusione che interagiscono sulla superficie del rivelatore CR-39, lasciano delle tracce che, dopo un trattamento chimico in una soluzione di Soda Caustica, diventano visibili mediante un microscopio ottico e possono quindi essere conteggiate.

Il rivelatore CR-39 ha una superficie di dimensioni 25 x 25 mm² ed uno spessore di 1,50 mm.

Ciascun rivelatore è identificato mediante una matricola univoca impressa sulla superficie del rivelatore CR-39 stesso e presente sull'etichetta applicata alla camera di diffusione e visibile esternamente.

Il metodo con cui sono effettuate le prove è quello definito dal seguente standard internazionale:

“UNI ISO 11665-4:2020 - Misura della radioattività nell'ambiente - Aria: radon-222 - Parte 4: Metodo di misurazione ad integrazione per la determinazione della concentrazione media di attività usando un campionamento passivo e analisi successiva.”

I punti di misura in cui sono stati posizionati i rivelatori sono indicati nelle planimetrie allegate.

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021



5. LABORATORIO DI ANALISI

Il laboratorio Niton è conforme a tutti i requisiti minimi dei servizi di dosimetria di cui all'articolo 17, comma 7 del D.Lgs 31 luglio 2020, n. 101 così come definiti nell'Allegato II sezione I comma 5 dello stesso decreto ed è in possesso di tutte le caratteristiche definite dalle "Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei" emesse dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano del 2003, per poter essere definito "organismo di misura del Radon idoneamente attrezzato", in particolare:

- Il responsabile tecnico del Laboratorio è l'Ing. Gianluca Troiano, Esperto Qualificato di III grado e accreditato presso l'NRPP (National Radon Proficiency Program) per l'effettuazione delle indagini Radon.
- Le persone abilitate ad eseguire le misure e le procedure di laboratorio sono formate e periodicamente è verificato il loro grado di competenza.
- La tecnica di misurazione utilizzata è di tipo SSNTD (metodo di rivelazione a tracce), riconosciuta idonea secondo lo standard ISO 11665-1:2019.
- Il laboratorio effettua tarature periodiche della tecnica di misura e controlla il funzionamento delle apparecchiature prima di ogni serie di misure.
- Il laboratorio partecipa a prove di interconfronto e di affidabilità nazionali ed internazionali con frequenza almeno annuale.
- Il laboratorio effettua periodicamente il controllo di qualità dei dati.
- Il laboratorio utilizza procedure e istruzioni scritte per le misure, comprese le tarature e il controllo di qualità.
- Il laboratorio rilascia il resoconto delle misure firmato dal responsabile tecnico, che garantisce l'affidabilità del dato al committente.

6. ESITI DELLE MISURE

Nel rispetto di quanto previsto dall'art. 4 - comma 2 della Legge Regionale 3 Novembre 2016 n. 30 di Regione Puglia, è stata prevista una campagna di misura annuale suddivisa in due semestri.

Gli esiti delle misure relative al primo monitoraggio ed al secondo monitoraggio sono riportati nei Rapporti di Prova allegati alla presente relazione (Rapporto di Prova n. 210539R01 e Rapporto di Prova n. 211129R00).

Si riportano di seguito i riepiloghi delle valutazioni ed i calcoli per la definizione delle concentrazioni medie annuali, suddivisi per zona omogenea.

Al fine di una corretta interpretazione delle valutazioni di seguito riportate si precisa quanto segue:

- l'incertezza di misura indicata nei Rapporti di Prova è espressa in termini di incertezza estesa percentuale con fattore di copertura $K=2$ con intervallo di confidenza pari al 95%, calcolata in accordo con la norma UNI ISO 11665-4:2020 paragrafo A.6.2;
- il valore dell'esposizione annuale è stato calcolato come la somma delle esposizioni nelle due campagne di misura semestrali, così come riportate nei rispettivi Rapporti di Prova;
- la concentrazione media annuale di attività di Radon è calcolata come il rapporto tra l'esposizione annuale e la somma delle ore degli intervalli di posizionamento delle due campagne di misura, corrispondente alla media pesata delle concentrazioni determinate sui due semestri sulle durate temporali (T_{S1} e T_{S2}) dei periodi di misura, così come indicato nella "Guida tecnica per le misure di concentrazione media annua di radon in aria in luoghi di lavoro, abitazioni, scuole e luoghi aperti al pubblico" emanata dal Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti del Dipartimento Provinciale di Bari - Arpa Puglia:

$$C_{ANNUA} \left[\frac{Bq}{m^3} \right] = \frac{C_{S1} \cdot T_{S1} + C_{S2} \cdot T_{S2}}{T_{S1} + T_{S2}}$$

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021



- l'incertezza associata alla concentrazione media annua è stata calcolata, così come indicato nella "Guida tecnica per le misure di concentrazione media annua di radon in aria in luoghi di lavoro, abitazioni, scuole e luoghi aperti al pubblico" emanata dal Polo di Specializzazione Radiazioni Ionizzanti del Dipartimento Provinciale di Bari - Arpa Puglia, secondo la formula:

$$\sigma_{C_{ANNUA}} [Bq/m^3] = \sqrt{\frac{(\sigma_{C_{S1}})^2 \cdot T_{S1}^2 + (\sigma_{C_{S2}})^2 \cdot T_{S2}^2}{(T_{S1} + T_{S2})^2}}$$

Si riporta di seguito la tabella di riepilogo delle misurazioni effettuate.

Posizione	Piano	Primo semestre 191 giorni		Secondo semestre 184 giorni		Totale anno		
		Matr.	Conc. (Bq/m ³)	Matr.	Conc. (Bq/m ³)	Esposizione (kBq·h/m ³)	Concentr. Media (Bq/m ³)	Incert. Estesa
Corridoio a Sx n. 1	T	13588	66	15121	87	688	76	± 10
Corridoio in fondo a SX (vicino aule)	1	13589	43	15180	110	684	76	± 10
Aula n. 2 (in fondo)	T	13590	69	15142	103	769	85	± 11
Corridoio (vicino servizi igienici) a DX	1	13591	36	15152	52	395	44	± 7
Corridoio a SX in fondo	1	13592	40	15190	53	417	46	± 7
Aula (di fronte scale)	1	13593	39	15107	53	412	46	± 7
Stanza Deposito	T	13594	88	15094	100	848	94	± 12
Corridoio vicino aula n. 30	1	13595	38	15191	48	386	43	± 7
Aula n. 26	1	13596	37	15116	46	375	42	± 6
Scale (retro)	S	13597	38	15144	52	407	45	± 7
Aula n. 14	1	13598	42	15163	51	418	46	± 7
Corridoio (ala centrale) n. 1	T	13599	40	15131	56	428	48	± 7
Corridoio a SX n. 2	T	13600	64	15151	73	618	69	± 9
Aula Informatica	T	13601	96	15175	123	983	109	± 13
Aula n. 6 (in fondo)	T	13602	69	15145	88	706	78	± 10
Aula n. 9 (in fondo)	T	13603	89	15102	105	869	97	± 12
Corridoio (vicino scala)	T	13604	57	15148	73	582	65	± 9
Corridoio ingresso a DX (in fondo)	T	13606	43	15153	46	403	45	± 7
Corridoio Ufficio Dirigente	T	13607	39	15174	43	372	41	± 6
Aula n. 19	1	13608	44	15103	52	433	48	± 7
Corridoio a SX (di fronte)	1	13609	36	15186	40	343	38	± 6
Ascensore	1	13610	44	15126	50	427	47	± 7
Aula Docenti	T	13611	58	15083	71	582	64	± 9
Corridoio a DX (di fronte)	1	13612	39	15194	53	413	46	± 7
Aula n. 4 (in fondo)	T	13613	75	15089	105	805	89	± 11
Aula n. 29	1	13614	47	15110	45	414	46	± 7
Aula n. 1 (in fondo)	T	///	///	15125	106	///	///	///
Corridoio vicino aule	T	13616	74	15123	101	784	87	± 11

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021



Posizione	Piano	Primo semestre (91 giorni)		Secondo semestre (134 giorni)		Totale anno		
		Matr.	conc. (Bq/m ³)	Matr.	conc. (Bq/m ³)	Esposizione (kBq/h/m ³)	Concentr. -Media (Bq/m ³)	Incert. -Estesa
Corridoio	T	13617	11	15086	67	344	38	± 6
Aula n. 4 (in fondo)	1	13618	85	15081	132	973	108	± 13
Aula n. 3 (in fondo)	T	13619	11	///	///	///	///	///
Lab. Scientifico (in fondo)	1	13620	42	15168	51	420	46	± 7
Corridoio (vicino laboratorio)	1	13621	38	15132	49	397	44	± 7
Aula n. 7	T	13622	64	15124	85	667	74	± 10
Aula n. 15	1	13623	46	15160	56	458	51	± 7
Aula n. 27	1	13624	40	15111	51	408	45	± 7
Aula in fondo a SX n. 1	T	13625	64	15161	101	742	82	± 10
Corridoio (tra aula n. 5 e bagni)	T	13626	45	15189	52	438	49	± 7
Aula in fondo a SX n. 2	T	13627	82	15101	97	804	89	± 11
Corridoio a SX n. 2	1	13628	44	15170	56	449	50	± 7
Corridoio vicino aula n. 27	1	13629	39	///	///	///	///	///
Ingresso Aula n. 2 e n. 3	T	13630	12	15080	100	494	55	± 9
Aula n. 8	T	13631	95	15122	109	913	101	± 12
Corridoio (ingresso atrio) a DX	T	13632	75	15090	91	745	83	± 10
Corridoio (ingresso)	T	13633	48	15085	63	495	55	± 8
Ingresso Aula n. 1 e n. 2	T	13634	11	15077	121	576	64	± 10
Corridoio a SX (in fondo)	1	13635	41	15182	47	395	44	± 7
Scale	R	13636	39	15184	46	383	43	± 6
Aula n. 30	1	13637	35	15084	41	343	38	± 6
Aula n. 25	1	13638	34	15114	54	392	44	± 7
Aula n. 12	1	13639	48	15078	51	446	50	± 7
Corridoio in fondo	-1	13640	98	15093	168	1197	132	± 15
Aula n. 3 (ala Santomauro)	T	13641	44	15159	46	407	45	± 7
Corridoio a Sx n. 1	1	13642	40	15156	52	417	46	± 7
Corridoio (ala Santomauro) n. 2	T	13643	40	15177	17	262	29	± 5
Caldaie	-1	13644	66	15146	81	664	73	± 10
Corridoio a SX	-1	13647	38	15087	57	429	47	± 7
Aula n. 1	T	13648	42	15173	41	375	41	± 6
Ingresso principale	T	13649	38	15178	42	361	40	± 6
Corridoio (ingresso atrio)	T	13650	74	15095	89	735	82	± 10
Corridoio Mensa	T	13651	41	15185	49	406	45	± 7
Palestra (spogliatoio)	-1	13652	135	15088	125	1178	130	± 15
Teatro n. 2	-1	13653	63	15136	111	781	86	± 11
Corridoio	-1	13654	93	15139	150	1093	120	± 14
Corridoio Ingresso a DX	T	13655	38	15130	49	391	43	± 7

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021



Posizione	Piano	Primo semestre		Secondo semestre		Totale anno		
		191 giorni		184 giorni		Esposizione (kBq·h/m³)	Concentr. Media (Bq/m³)	Incert. Estesa
		Matr.	Conc. (Bq/m³)	Matr.	Conc. (Bq/m³)			
Aula n. 2 (ala Santomauro)	T	13656	46	15141	45	413	46	± 7
Biblioteca	-1	13657	69	15181	131	901	99	± 12
Corridolo a DX n. 1	-1	13658	49	15099	71	542	60	± 8
Aula n. 28	1	13659	51	15120	51	455	51	± 8
Palestra Ingresso	-1	13660	44	15167	39	378	42	± 6
Corridoio (di fronte scale)	1	13661	39	15128	44	372	41	± 6
Aula n. 11	1	13662	41	15076	53	419	47	± 7
Lab. Lingue	1	13663	36	15113	54	401	45	± 7
Aula n. 4 (ala Santomauro)	T	13664	29	15109	35	289	32	± 5
Aula n. 1	T	13665	34	15138	37	323	36	± 6
Lab. Multimediale	T	13666	30	15179	52	366	40	± 6
Teatro n. 1	-1	///	///	15135	98	///	///	///
Aula n. 18	1	13668	32	15106	54	389	43	± 7
Palestra n. 1 (a DX)	-1	13669	39	15074	29	310	34	± 6
Stanza	-1	13670	127	15104	206	1501	165	± 17
Corridoio (vicino AULA N. 23)	1	13671	44	15149	56	452	50	± 7
Dispensa (aula COVID)	-1	13672	86	15092	123	941	104	± 12
Corridoio a SX (ala centrale)	T	13673	41	15195	62	464	51	± 8
Aula n. 2	-1	13674	53	15150	78	595	66	± 9
Lab. Scientifico (ingresso)	1	13675	35	15157	51	385	42	± 7
Corridoio (retro scala)	1	13676	34	15119	56	404	45	± 7
Corridosio a DX n. 2	-1	13677	28	15183	55	374	41	± 6
Aula n. 22	1	13679	34	15115	50	380	42	± 6
Aula n. 5 (in fondo)	T	13680	76	15118	89	744	83	± 10
Aula n. 23	1	13681	40	15117	49	400	44	± 7
Aula n. 17	1	13682	40	15112	56	432	48	± 7
Corridoio a Sx (vicino servizi igienici)	1	13683	36	15164	48	378	42	± 6
Palestra ingresso	-1	13685	29	15091	27	256	28	± 5
Corridoio a SX	T	13686	37	15188	51	392	44	± 7
Corridoio (sala video)	T	13687	37	15155	56	422	47	± 7
Aula Musica	1	13688	44	15133	52	432	48	± 7
Aula n. 2	T	13763	41	15105	46	391	43	± 7
Mensa n. 1	T	13764	21	15166	47	392	29	± 7
Aula n. 24	1	13792	42	15129	52	421	47	± 7
Spogliatoio	-1	13793	33	15172	54	392	43	± 7
Aula n. 7	T	13794	48	15187	58	481	53	± 8
Sala Docenti	T	13795	85	15193	123	938	103	± 12

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021

Posizione	Piano	Primo semestre 191 giorni		Secondo semestre 184 giorni		Totale anno		
		Matr.	Conc. (Bq/m ³)	Matr.	Conc. (Bq/m ³)	Esposizione (kBq·h/m ³)	Concentr. Media (Bq/m ³)	Incert. Estesa
Aula n. 1	-1	13796	36	15143	50	389	43	± 7
Scale	S	13797	39	15079	51	405	45	± 7
Aula n. 5	T	13798	33	15140	37	316	35	± 6
Mensa n. 3	T	13799	35	15134	40	337	37	± 6
Corridoio vicino ingresso palestra	-1	13800	29	15098	60	397	44	± 7
Corridoio (ala Santomauro) in fondo	T	13801	30	15158	51	367	40	± 6
Infermeria	T	13802	117	15137	130	1120	123	± 14
Aula n. 3	T	13803	41	15192	49	407	45	± 7
Aula n. 4	T	13804	40	15162	47	395	44	± 7
Corridoio tra Aula 3 e Aula 4	T	13805	35	15154	46	364	40	± 6
Area Ampia (sala video)	T	13806	38	15108	43	364	40	± 6
Spogliatorio	-1	13807	29	15147	48	348	38	± 6
Palestra n. 2 (a SX)	-1	13808	22	15100	25	214	24	± 4
Mensa n. 2	T	13809	36	15171	61	435	48	± 7
Ufficio Dirigente	T	13810	79	15165	85	745	82	± 10
Corridoio (prospiciente mensa)	T	13811	41	15199	45	387	43	± 7
Aula n. 13	1	///	///	15082	54	///	///	///

Per un numero limitato di punti è risultato smarrito il rivelatore per una delle due campagne di misura semestrali.

In considerazione:

- del numero elevato di punti di misura;
- del fatto che per entrambe le campagne di misura è stato coperta almeno una parte del periodo invernale;
- che mediamente i valori di concentrazione di attività di Radon registrati nel semestre con esito della misurazione disponibile sono bassi;

la mancanza di poche misure non invalida l'esito della campagna di monitoraggio così come indicato nelle conclusioni.

RELAZIONE TECNICA INDAGINE RADON

Documento N. RR21040 del 20 Settembre 2021



7. CONCLUSIONI

In ciascun punto di misura la concentrazione media annuale di attività di Radon è risultata inferiore a 300 Bq/m^3 , limite previsto nell'art. 4 comma 1 lettera b) della Legge Regionale 3 Novembre 2016 n. 30 e s.m.i. di Regione Puglia.

Non si rende quindi necessaria la presentazione di un piano di risanamento Radon per i locali oggetto di indagine.

Lainate, 20 Settembre 2021

Il Tecnico Relatore
Ing. Gianluca Troiano
Esperto di Radioprotezione Grd. III, n. 538

ALLEGATI:

- Planimetria dei locali oggetto di indagine, con l'indicazione dei punti di misura e delle matricole dei rivelatori posizionati nelle due campagne di misura.
- Rapporti di Prova contenenti gli esiti delle analisi dei rivelatori a tracce posizionati nelle due campagne di misura semestrali.

