

COMUNE DI CARRARA
PROVINCIA DI MASSA CARRARA



P D R T 0 6 0 0

CODICE ELABORATO

PROGETTO DEFINITIVO

CAPOGRUPPO

DOTT. ING. GIUSEPPE CERVAROLO

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO
"M. BUONARROTI"

REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA SCUOLA PREVIA
DEMOLIZIONE DEL FABBRICATO ESISTENTE.

CUP: F86F22000160001

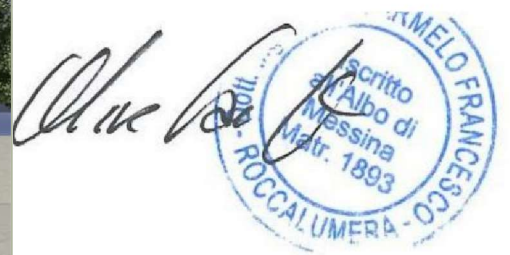


MANDANTI

ING. ANNA MARIA MIRACCO



ING. CARMELO FRANCESCO OLIVA



COMMITTENTE

COMUNE DI CARRARA
SETTORE OPERE PUBBLICHE/PATRIMONIO
U.O. EDILIZIA PUBBLICA

PIAZZA 2 GIUGNO 1
54033 CARRARA (MS)
TEL. 0585 641287 – Fax 0585 777732

R.U.P.

GEOM. RICCARDO GASPAROTTI

FINANZIAMENTO



**Finanziato
dall'Unione europea**

**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
(PNRR)**

MISSIONE 5 - COMPONENTE 2
INVESTIMENTO / SUB-INVESTIMENTO 2.1
**M5C2 - INFRASTRUTTURE SOCIALI - FAMIGLIE,
COMUNITÀ E TERZO SETTORE**

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	APRILE 2023	EMISSIONE PROGETTO DEFINITIVO	ING. A.M. MIRACCO	ING. G. CERVAROLO	ING. G. CERVAROLO
B					
C					

Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. TERMINI E DEFINIZIONI	2
2.1 – DEFINIZIONI RICORRENTI	2
2.2 – EFFETTI DEL RADON.....	5
3. CONCENTRAZIONE RADON IN TOSCANA.....	7
4. SOLUZIONI PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO RADON.....	9
4.1 - VESPAIO AREATO CON CASSERI A PERDERE IN PLASTICA RICICLATA	10
4.2 - LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA	10
5. CONCLUSIONI	11

1. PREMESSA

In ottemperanza alla rispondenza del progetto con il PRINCIPIO DNSH, la presente relazione si occupa della valutazione del Rischio RADON e le soluzioni di mitigazione e controllo adottate. La valutazione consiste nella previsione di incidenza del rischio di concentrazione di gas radon che potrebbe verificarsi all'interno dei manufatti edilizi a realizzarsi.

2. TERMINI E DEFINIZIONI

La valutazione del rischio da concentrazione di gas radon presente all'interno di un ambiente confinato permette di valutare l'esposizione e dunque il rischio associato alla permanenza all'interno dell'ambiente considerato da parte degli occupanti.

La valutazione del rischio è finalizzata alla salvaguardia e prevenzione della salute dei lavoratori e della popolazione generale; a tal fine, il D.Lgs. 241/2000, Capo III bis art. 10 sexies, pone in carico alle Regioni di individuare sul proprio territorio le Radon Prone Areas, ovvero le aree caratterizzate da elevata probabilità di alte concentrazioni di radon, informazione di base necessaria alla corretta pianificazione degli interventi di prevenzione e di risanamento.

La valutazione in questa fase preliminare consente da un lato di indicare un indice di concentrazione probabile, derivante da misurazioni già effettuate in loco e dalle caratteristiche geomorfologiche del sottosuolo del comparto stesso, dall'altro di dare indicazioni di massima utili alla progettazione esecutiva di dettaglio, al fine di contenere entro i limiti stabiliti per legge della concentrazione di radon nell'ambiente.

2.1 – DEFINIZIONI RICORRENTI

GAS RADON: gas radioattivo naturale, incolore e inodore. È generato dal decadimento del radio, cioè dal processo per cui una sostanza radioattiva si trasforma spontaneamente in un'altra sostanza, emettendo radiazioni. Il radio è, a sua volta, prodotto dalla trasformazione dell'uranio, presente nelle rocce, nel suolo, nelle acque e nei materiali da costruzione. Una volta formato, anch'esso decade dando origine a tutta una serie di altri elementi chiamati prodotti di decadimento. Il diretto discendente del radio (Ra-226) è il radon (Rn-222) che a sua volta decade in altri elementi. La progenie del radon (Ra-222) è comunemente indicata come "figli del radon". Prima di decadere il radon rimane in vita per un tempo sufficientemente lungo (ha un tempo di dimezzamento di 3,8 giorni) che gli consente di essere trasportato, in quanto gas, dai flussi di aria presenti nei suoli, anche a distanze notevoli, fino anche ad alcune centinaia di metri. I prodotti di decadimento" o "figli" del radon sono a loro volta radioattivi ed emettono ancora radiazioni. In particolare, oltre al radon-222, il polonio-218 e il polonio-214 emettono radiazioni alfa che sono vere e proprie particelle energetiche che producono un notevole danno durante il breve tratto di tessuto che eventualmente attraversano.

TECNICA DI MISURA MEDIANTE DISPOSITIVI PASSIVI: per tecnica di misura di concentrazione di radon in aria con strumentazione passiva si intende l'utilizzo di dispositivi, nei quali è presente un elemento sensibile alla radiazione del gas radon e nei quali l'aria diffonde spontaneamente senza richiedere l'apporto di energia esterna.

RIVELATORI A TRACCE NUCLEARI: lastre sensibili alle radiazioni alfa, costituite da polimeri i cui legami chimici vengono danneggiati dal passaggio della radiazione (tipo CR-39). La misura consiste nell'esporre i dispositivi nei locali da monitorare, sottoporre, successivamente, gli stessi a trattamento chimico, in modo da rendere maggiormente visibili i danni da radiazione (le cosiddette tracce latenti) ed infine procedere alla loro lettura mediante microscopio ottico.

Fonte di Immissione: la principale fonte di immissione di radon nell'ambiente è il suolo, insieme ad alcuni materiali di costruzione – p.es. il tufo vulcanico - e, in qualche caso, all'acqua. Il radon fuoriesce dal terreno, dai materiali da costruzione e dall'acqua: se all'aperto si disperde in atmosfera, negli ambienti chiusi si può accumulare, raggiungendo concentrazioni elevate

RADIOATTIVITÀ: la radioattività è una proprietà dei nuclei atomici instabili e consiste nella disintegrazione del nucleo emettendo radiazioni.

UNITÀ DI MISURA DELLA RADIOATTIVITÀ: l'attività di una sorgente radioattiva si esprime, nel Sistema Internazionale, in becquerel (Bq), unità di misura definita come numero di decadimenti per secondo, quindi omogenea alla frequenza, che si esprime in Hz.

MISURA DEL CONTESTO: a seconda del contesto analizzato, la misura può essere espressa nei seguenti modi:

- becquerel al chilogrammo (Bq/kg), per i campioni di terreno, per gli alimenti, ecc.
- becquerel al litro (Bq/l), per i liquidi come l'acqua dolce o di mare;
- becquerel al metro quadro (Bq/m²), per le superfici di terreno;
- becquerel al metro cubo (Bq/m³), per l'aria o il mare;

L'unità di misura di interesse nel monitoraggio in ambiente chiuso è il Bq/m³. Esso rappresenta il numero di disintegrazioni nucleari che ogni secondo sono emesse in un metro cubo di aria. In pratica, una concentrazione di 100 Bq/m³ vuol dire che 100 nuclei di radon si stanno trasformando, ogni secondo, in ogni metro cubo di aria, emettendo radiazioni.

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE: limiti di esposizione alle radiazioni che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori e i visitatori esposti al radon naturale siano protetti contro tutti gli effetti nocivi conosciuti.

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "M. BUONARROTI"
Realizzazione di una nuova scuola previa demolizione del fabbricato esistente
CUP: F86F22000160001

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE IN LUOGHI APERTI AL PUBBLICO: per gli edifici non destinati all'istruzione gli Esercenti di attività in locali interrati, seminterrati e locali a piano terra e aperti al pubblico, con esclusione dei residenziali e dei vani tecnici isolati al servizio di impianti a rete, il livello limite di riferimento per concentrazione di attività di gas radon in ambiente chiuso **non può superare 300 Bq/m³, misurato con strumentazione passiva.**

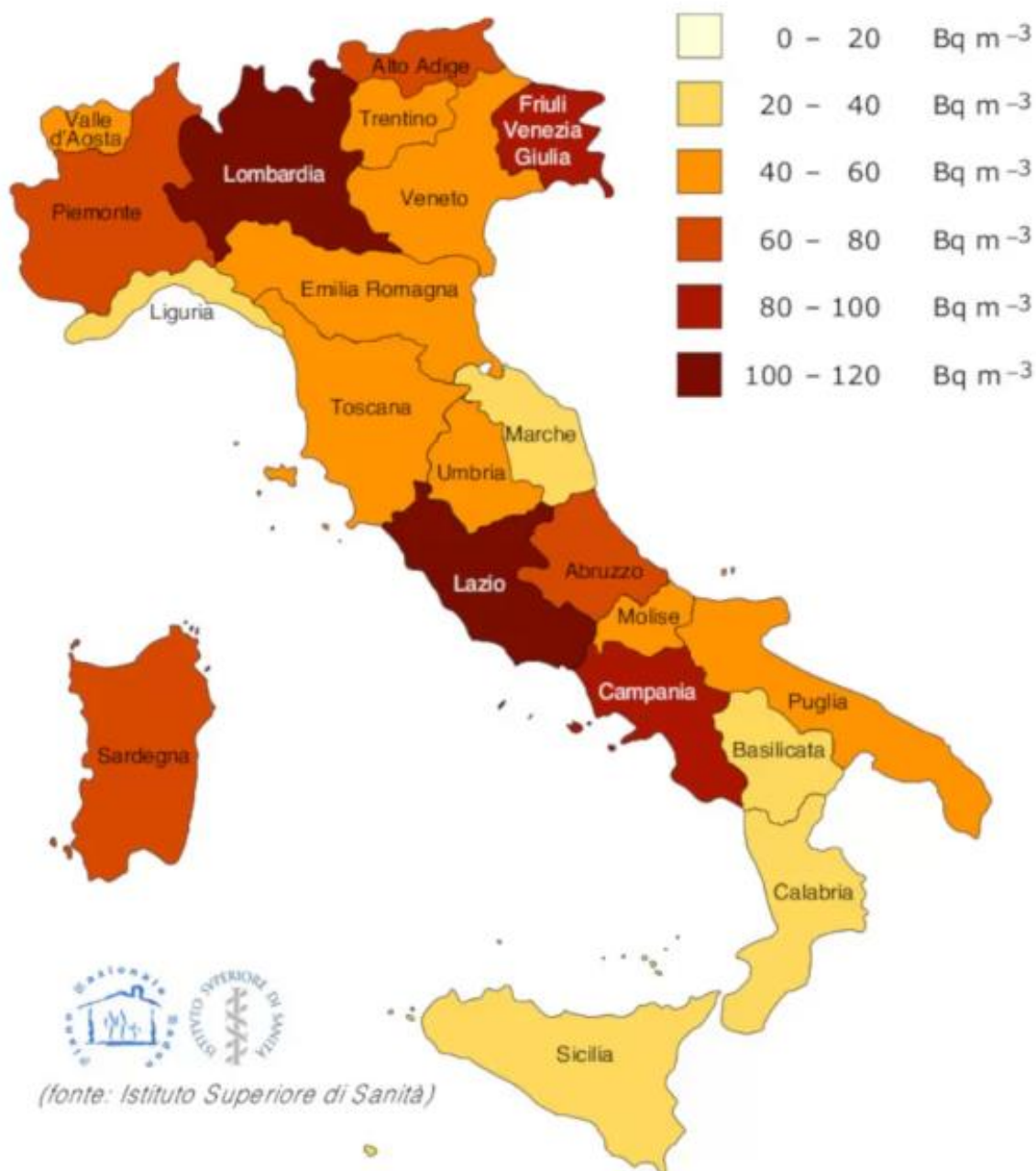


Figura 1 - Concentrazione GAS RADON per regione

EFFETTO SULLA SALUTE: il radon è un agente cancerogeno che causa un aumento del rischio di contrarre il tumore polmonare. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO), attraverso l'Agenzia Internazionale per la

Ricerca sul Cancro (IARC), ha classificato fin dal 1988 il radon nel Gruppo 1, nel quale sono elencate le 75 sostanze dichiarate cancerogene per l'uomo, assieme al benzene, amianto, fumo di tabacco, ecc.

CORRELAZIONE TABACCO - RADON: è stata dimostrata una forte correlazione tra radon e consumo di tabacco. Per i fumatori il rischio assoluto di un tumore polmonare causato dal radon viene considerato 15-20 volte superiore rispetto al rischio per i non fumatori.

RISCHIO RADON: a parità di esposizioni cumulative, è più pericoloso essere esposti in modo prolungato a bassi livelli piuttosto che essere esposti ad alte concentrazioni per tempi brevi. Il rischio di sviluppare un tumore al polmone aumenta in modo lineare al crescere della concentrazione: se questa raddoppia, raddoppia anche il rischio. Non esiste una soglia al di sotto della quale non c'è rischio. La minima concentrazione possibile (fondo ambientale), è quella della concentrazione nell'atmosfera esterna (10-20 Becquerel per metro cubo).

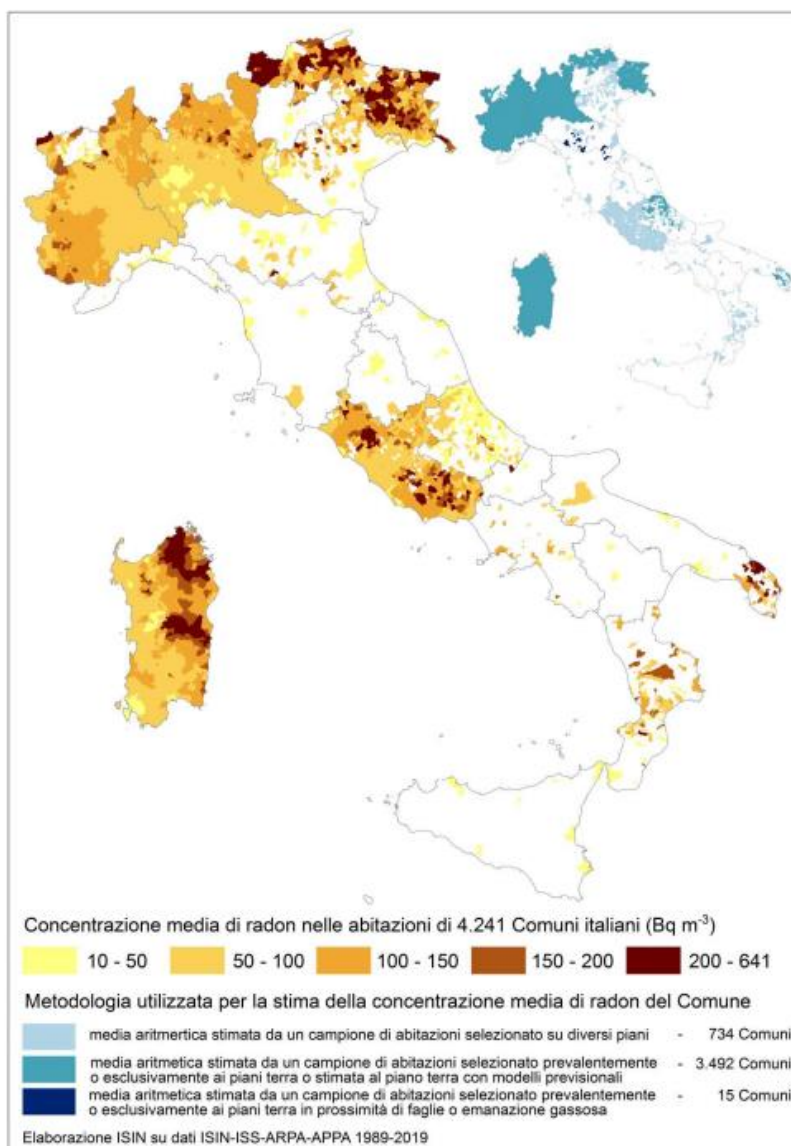
2.2 – EFFETTI DEL RADON

Il radon presente nell'aria viene inalato ed in gran parte espirato. I prodotti di decadimento del radon, invece, si trovano nel particolato atmosferico presente negli ambienti chiusi, che viene trattenuto a livello bronchiale. Il radon e i suoi "figli" possono generare un danno al DNA dei tessuti polmonari a causa dell'energia rilasciata dalle particelle alfa emesse nel decadimento. Mentre una buona parte dei danni al DNA viene riparata grazie ad appositi meccanismi cellulari, la parte di DNA che rimane danneggiata col tempo può trasformarsi in tumore. Maggiore è la quantità di radon e dei suoi "figli" inalata, maggiore è il rischio che qualche danno non venga riparato e che si trasformi in tumore; in particolare il rischio aumenta se il danno alle cellule è associato a quello da fumo di tabacco. Tra il danno al tessuto polmonare e l'insorgere di un tumore possono trascorrere anni o decenni. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro dell'OMS nel 1988 ha classificato il radon e i suoi prodotti di decadimento fra le sostanze per le quali vi è la massima evidenza di cancerogenicità per l'uomo (gruppo 1). I primi studi epidemiologici che hanno mostrato un incremento di tumori polmonari associato con l'esposizione al radon, sono quelli su gruppi (coorti) di minatori di miniere sotterranee di uranio, caratterizzate da valori molto alti di concentrazione di radon (IARC, 1988; NRC, 1999). Le incertezze connesse all'estrapolazione dei risultati degli studi epidemiologici sui minatori, hanno indotto ad effettuare nuovi studi epidemiologici (di tipo caso-controllo) su una popolazione costituita da maschi e femmine in tutte le fasce d'età, per valutare direttamente il rischio di tumore polmonare connesso all'esposizione al radon nelle abitazioni. Negli ultimi anni sono stati pubblicati i risultati delle analisi combinate (per aumentare la potenza statistica) di tutti i principali studi epidemiologici condotti in Europa (13 studi, di cui uno italiano), nel Nord-America e in Cina. I risultati di questi studi confermano che l'esposizione al radon nelle abitazioni aumenta in modo statisticamente significativo il rischio di tumore polmonare, che aumenta al crescere del livello medio di concentrazione di radon e della durata media dell'esposizione; altri effetti sulla salute connessi

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "M. BUONARROTI"
Realizzazione di una nuova scuola previa demolizione del fabbricato esistente
CUP: F86F22000160001

all'esposizione al radon non sono stati dimostrati in modo adeguato. La percentuale di tumori polmonari connessi al radon, che è la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo di sigaretta, è compresa fra il 3% e il 14%, a seconda della concentrazione media nazionale. Il rischio per i fumatori è 25 volte più alto che per i non fumatori, ma il radon è prima la causa di tumore polmonare fra le persone che non hanno mai fumato. È anche importante sottolineare che il rischio è statisticamente significativo anche per esposizioni prolungate a concentrazioni di radon medio-basse, che non superano 200 Bq/m³ e che sono abbastanza comuni sul territorio nazionale. Inoltre non è possibile stabilire una soglia al di sotto della quale il rischio è nullo.

Una ultima importante considerazione che va tenuta presente è che la maggior parte dei tumori polmonari è causata da concentrazioni medie e basse, piuttosto che alte, perché un numero di persone molto basso è esposto a valori elevati della concentrazione di radon. L'Istituto Superiore di Sanità ha stimato che in Italia, sulla base degli studi epidemiologici più recenti, il numero di casi di tumore polmonare attribuibili al radon è il 10% del totale di circa 32.000 tumori polmonari che si verificano ogni anno; l'intervallo di confidenza va dal 3% al 16%. La gran parte di questi casi avviene tra i fumatori a causa della sinergia tra radon e fumo di sigaretta: il rischio da radon per i fumatori risulta infatti circa 25 volte superiore a quello per i non fumatori. Un rapporto dell'Istituto Superiore di Sanità sul Rischio di tumore polmonare attribuibile all'esposizione al radon nelle abitazioni delle Regioni italiane, pubblicato nel 2010, fornisce anche una prima stima del numero di casi di tumore polmonare per anno attribuibili all'esposizione al radon, regione per regione.



3. CONCENTRAZIONE RADON IN TOSCANA

La riduzione dell'esposizione al radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro è da oltre due decenni oggetto di studio e raccomandazioni da parte di diversi organismi internazionali, e da più di 10 anni la normativa italiana ha introdotto il radon fra le sorgenti di radiazioni naturali soggette al controllo nelle attività lavorative che si svolgono nei sotterranei e in zone particolari del territorio. Il D.Lgs. 230/95 e s.m.i. richiede infatti che le Regioni individuino le zone ad elevata probabilità di alte concentrazioni di radon (radon-prone areas) e le caratteristiche dei luoghi di lavoro che possono determinare livelli elevati di radon, e a tale scopo la Regione Toscana ha affidato ad ARPAT la realizzazione di una indagine estesa a tutto il territorio, per determinare i livelli di radon nelle abitazioni e negli ambienti di lavoro. Se infatti la normativa attualmente riguarda i luoghi di lavoro, è importante tenere conto che in futuro riguarderà anche le abitazioni e che l'orientamento è verso l'individuazione delle stesse aree per abitazioni e luoghi di lavoro. L'indagine si è svolta dal 2006 al 2010 e ha coinvolto circa 3300 partecipanti, oltre a tutti i Comuni della regione. Il Rapporto 2012 presenta i risultati principali dell'indagine, costituiti dagli indicatori che rappresentano la distribuzione del radon in Toscana nel suo complesso e in ogni Comune della regione: il primo è il valore medio annuo della concentrazione di radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro, il secondo, la percentuale di edifici che superano i livelli di riferimento o azione. Infatti, i risultati singoli delle misure di concentrazione di radon sono importanti per valutare l'esposizione delle persone che utilizzano il singolo edificio misurato, ma non rappresentano il livello di radon in una zona se presi singolarmente, a causa della grande variabilità anche su piccole distanze. La conoscenza dei parametri rappresentativi della situazione a livello regionale e in ciascun Comune consente invece di valutare dove e in che misura intervenire per ridurre l'esposizione al radon di popolazione e lavoratori. L'affidabilità dei parametri dipende ovviamente dal numero di dati disponibili e, nei casi in cui questi sono di poche unità, i parametri potranno cambiare con l'aggiunta di nuove misure in futuro.

La popolazione in Toscana è esposta a livelli di radon medi più bassi della media nazionale e ad altre regioni; la concentrazione media annua di radon, pesata sulla popolazione, è infatti 35 Bq/m³, in confronto al valore medio nazionale di 70 Bq/mc.

La percentuale di abitazioni che superano il livello di 200 Bq/m³ (livello di riferimento utilizzato) è l'1,5% mentre per tutta l'Italia è il 4,1%. Il fatto che la regione nel suo insieme si collochi nella fascia di esposizione medio-bassa, non esclude la presenza di parti del territorio che presentano valori più elevati. L'analisi della correlazione fra i valori di radon indoor e le formazioni geologiche della Toscana mostra che i livelli medi più elevati della concentrazione di radon e delle percentuali di superamento corrispondono a Comuni che si trovano su formazioni geologiche di origine magmatica, che si trovano prevalentemente nella parte meridionale della regione e nelle isole, e in alcuni casi in corrispondenza di zone caratterizzate da rocce sedimentarie con elevata permeabilità, in particolare sull'Appennino. I 287 Comuni della Toscana presentano situazioni molto diverse dal punto di vista del numero di dati disponibili (in abitazioni, luoghi di lavoro, scuole), dei livelli medi di

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "M. BUONARROTI"
Realizzazione di una nuova scuola previa demolizione del fabbricato esistente
CUP: F86F22000160001

radon e delle percentuali di superamento dei limiti/riferimenti normativi. Dall'analisi dei dati emerge inoltre una maggiore variabilità della concentrazione di radon negli ambienti di lavoro rispetto alle abitazioni, e che nei luoghi di lavoro i livelli di radon sono in media un po' più elevati che nelle abitazioni della stessa area geografica.

Dallo studio condotto dalla Regione Toscana sono emersi i seguenti risultati:

Allegato B - Luoghi di Lavoro - Parametri statistici della distribuzione della concentrazione di radon per Comune

Provincia	Comune	N	MA Bq/m ³	MG Bq/m ³	% >400 Bq/m ³	% > 500 Bq/m ³
Siena	Abbadia San Salvatore	37	246	147	19%	16%
Pistoia	Abetone	2	49	47	0%	0%
Lucca	Altopascio	2	16	16	0%	0%
Arezzo	Anghiari	2	42	40	0%	0%
Grosseto	Arcidosso	30	239	118	27%	23%
Arezzo	Arezzo	15	48	28	7%	7%
Siena	Asciano	1	60	60	0%	0%
Massa-Carrara	Aulla	3	35	26	0%	0%
Arezzo	Badia Tedalda	3	86	85	0%	0%
Lucca	Bagni di Lucca	2	88	74	0%	0%
Firenze	Barberino di Mugello	1	10	10	0%	0%
Firenze	Barberino Val d'Elsa	1	53	53	0%	0%
Lucca	Barga	2	65	53	0%	0%
Arezzo	Bibbiena	1	26	26	0%	0%
Pisa	Bientina	2	32	30	0%	0%
Lucca	Borgo a Mozzano	1	19	19	0%	0%
Firenze	Borgo San Lorenzo	1	18	18	0%	0%
Arezzo	Bucine	1	37	37	0%	0%
Pistoia	Buggiano	2	32	25	0%	0%
Pisa	Buti	1	20	20	0%	0%
Pisa	Calci	2	17	17	0%	0%
Pisa	Calcinaia	2	18	18	0%	0%
Firenze	Calenzano	1	45	45	0%	0%
Lucca	Camaione	1	16	16	0%	0%
Grosseto	Campagnatico	6	43	30	0%	0%
Firenze	Campi Bisenzio	1	8	8	0%	0%
Livorno	Campiglia Marittima	2	233	168	50%	50%
Livorno	Campo nell'Elba	15	43	28	0%	0%
Lucca	Camporgiano	1	79	79	0%	0%
Prato	Cantagallo	3	78	72	0%	0%
Pisa	Capannoli	5	51	34	0%	0%
Lucca	Capannori	8	25	24	0%	0%
Livorno	Capoliveri	6	99	74	0%	0%
Arezzo	Capolona	3	14	13	0%	0%
Firenze	Capraia e Limite	2	21	21	0%	0%
Livorno	Capraia Isola	5	184	112	20%	20%
Massa-Carrara	Carrara	6	24	19	0%	0%
Pisa	Casale Marittimo	3	64	54	0%	0%
Pisa	Casciana Terme	4	59	47	0%	0%
Pisa	Cascina	4	16	15	0%	0%
Siena	Casole d'Elsa	1	18	18	0%	0%

SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "M. BUONARROTI"
Realizzazione di una nuova scuola previa demolizione del fabbricato esistente
CUP: F86F22000160001

Come si vede dalle misure effettuate, valore massimo annuale si attesta sempre abbondantemente al di sotto del valore limite di 300 Bq/mc.

Complessivamente per l'indagine sono stati utilizzati oltre 20.000 rivelatori, di cui quasi 4000 (circa il 20%) per l'assicurazione di qualità dei dati: taratura, controllo dei bagni di sviluppo, determinazione del fondo, e infine circa 1200 dosimetri sono stati utilizzati per lo studio della ripetibilità in campo delle misure, posizionando due dosimetri vicini nello stesso locale. Nelle Tabelle successivo è presentato un quadro riassuntivo dei dosimetri posizionati e misurati, dei locali e dei siti per i quali sono disponibili misure annuali e misure semestrali, e della distribuzione del campione di abitazioni e luoghi di lavoro per Provincia.

Tabella 4.3 Numero e tipologia di campione delle abitazioni per provincia

Provincia	Campione casuale	Campione a griglia	Campione aggiunto al piano terreno	Campione volontario	Totale abitazioni	Totale locali
AR	203	2	6	11	222	602
FI	228			11	239	484
GR	228	61	2	23	314	646
LI	156	1	3	17	177	381
LU	147	20	1	12	180	371
MS	89	18		4	111	230
PI	167		15	20	202	419
PO	47	1	1	14	63	125
PT	99	7	1	23	130	267
SI	248	49	1	29	327	700
Totale Regione	1612	159	30	164	1965	4225

Tabelle 4.4 e 4.5 Campione dei luoghi di lavoro e scuole: numero di siti in misura suddivisi per provincia e tipologia di luoghi di lavoro coinvolti nell'indagine.

PROVINCIA	N luoghi lavoro e scuole	N locali
AR	98	317
FI	123	335
GR	395	1065
LI	163	437
LU	70	194
MS	31	103
PI	110	300
PO	38	89
PT	67	196
SI	195	542
Totale Regione	1290	3578

In Figura 4.1 è mostrata la distribuzione geografica dei punti di misura.

Figura 4.1. Distribuzione geografica dei siti di misura. Abitazioni (blu), luoghi di lavoro (verde), scuole (rosso).

Tipologia Luogo di Lavoro	N luoghi lavoro	N locali
Edificio pubblico	127	533
Ospedale o clinica	27	174
Industria	158	576
Artigianato	130	348
Commercio / Negozio	253	442
Pubblici servizi e alberghieri	124	324
Ufficio privato	139	255
Altra tipologia	236	572
Scuole	86	328
Non so	10	26
Totale	1290	3578

4. SOLUZIONI PROGETTUALI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO RADON

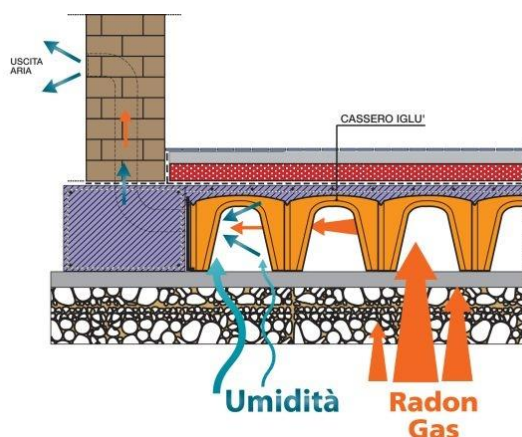
La progettazione ha tenuto in considerazione le linee guida del Principio D.N.S.H., garantendo il dimensionamento e le soluzioni tecniche in grado di mitigare a priori il rischio radon, attraverso la realizzazione di vere e proprie barriere fisiche che ostacolano l'ingresso negli ambienti (soprattutto interrati)

del o la realizzazione di sistemi di ventilazione dei locali capaci di abbattere la concentrazione a livelli innocui per l'uomo.

Le soluzioni adottate che hanno dimostrato maggiore efficacia nella mitigazione del rischio radon sono:

- **VENTILAZIONE DEI LOCALI**
- **REALIZZAZIONE DI UN VESPAIO AREATO PER IL SOLAIO CONTROTERRA**
 - INSERIMENTO NEL VESPAIO UNA RETE DI TUBAZIONI IN PeAD opportunamente forate e condotte da un lato all'altro dell'edificio fino a pozzetti esterni grigliati che favoriscono l'espulsione del gas raccolto nelle tubazioni stesse;
- **IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA**

4.1 - VESPAIO AREATO CON CASSERI A PERDERE IN PLASTICA RICICLATA



Al piano terra (solaio controterra) sarà realizzato un vespaio aerato con casseri in polipropilene riciclato aventi un'altezza pari a 30 cm (o vespaio ventilato). Tale sottostruttura serve a creare uno strato di separazione con il terreno in sito in grado di formare una camera d'aria che separa l'edificio dal terreno e permette di smaltire l'umidità. Il sistema è composto da elementi in plastica riciclata a forma di cupola che fungono da cassero per il getto del calcestruzzo. In tal modo conferiscono alla

soletta una geometria unica ad archi e colonne lasciando un'intercapedine vuota sottostante e garantendo un'elevata capacità di carico, con consumi ridotti di calcestruzzo. Il vuoto sotto la soletta permette così di ottenere un vespaio areato naturalmente o un vespaio ventilato meccanicamente per la rimozione di umidità e di gas nocivi che fuoriescono dal terreno come il gas radon, risparmiare costosi e voluminosi materiali di riempimento, agevolare il passaggio e la manutenzione di impianti di servizio, rialzare e alleggerire una struttura.

4.2 - LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Un'ulteriore soluzione per il complesso oggetto di nuova costruzione riguarda la realizzazione dell'Impianto di Ventilazione Meccanica. Le macchine presenti all'interno dei locali scolastici sono dotate di serie di triplo filtro antipolvere. I filtri in entrata F7+G4 sono in grado di arrestare fino al 90% delle particelle fino a 0,4 micron, purificando l'aria indoor da pollini, agenti inquinanti, batteri e VOC. Il continuo ricambio d'aria, inoltre, assicura il mantenimento della concentrazione di gas radon a livello ottimale, migliorando

ulteriormente la salubrità degli ambienti. Il filtro in uscita G2, invece, purifica l'aria esausta preservando le prestazioni del sistema e allungandone la durata.

Dotati, inoltre, di scambiatore di calore entalpico a doppio flusso incrociato controcorrente, i recuperatori installati permettono di recuperare il 91% del calore dell'aria in uscita, evitando la dispersione energetica e garantendo un significativo risparmio sui costi di riscaldamento e raffrescamento.

5. CONCLUSIONI

Si ritiene ragionevolmente probabile che per tutti i locali a realizzarsi, utilizzando gli accorgimenti sopra citati (almeno un accorgimento di ventilazione sommato a una barriera fisica), non verrà superato il limite di 300 Bq/m³, per-tanto non sarà necessaria alcuna azione successiva.