1999**2019**
VENT'ANNI **DELL'INGV**
IN VIAGGIO VERSO IL FUTURO
L'EVOLUZIONE **DELLE GEOSCIENZE**

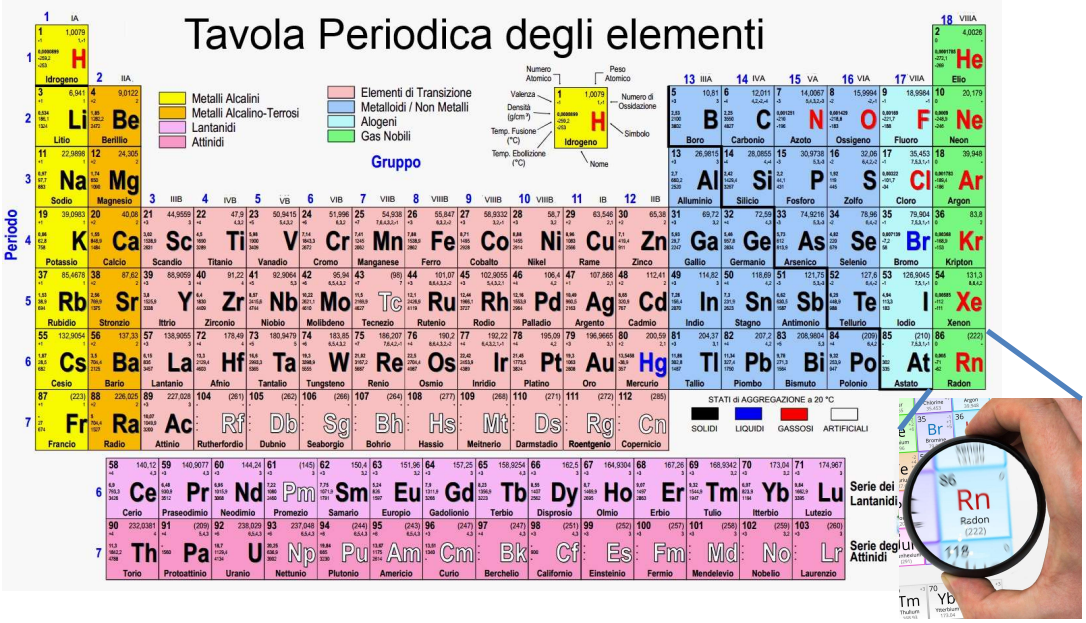
MISURE DI RADON INDOOR

Dr.ssa Alessandra Sciarra
Dr. Luca Pizzino

30 settembre 2019

Che cosa è il radon

- Gas radioattivo, di origine naturale. E' inodore, incolore. È 8 volte più pesante dell'aria.
- Prodotto dal decadimento dell'^{238}uranio, elemento presente in tutte le rocce della crosta terrestre.
- Viene liberato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre, soprattutto di origine vulcanica come lave, tufi, pozzolane, alcuni tipi di granito, etc.



- È responsabile della maggior parte della radioattività naturale di fondo.
- Il radon, prodotto all'interno delle rocce, in presenza di fessure o aperture tende a fuoriuscire, diluendosi nell'atmosfera.

L'isotopo più importante è il ^{222}Rn (3,8 giorni il tempo di decadimento). Ci sono anche il ^{220}Rn e il ^{219}Rn

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Perché si studia

- Allo stato attuale l'unico effetto sanitario associato all'esposizione prolungata al radon è un aumento di rischio di sviluppo del cancro polmonare.

- E' il secondo agente di rischio di tumore polmonare, dopo il fumo di tabacco.

- Nel 1988 è stato classificato dallo WHO/IARC come un cancerogeno di gruppo 1.

- Il danno è dovuto all'irraggiamento del tessuto polmonare da parte delle particelle α emesse dal radon e soprattutto dei suoi discendenti

Il radon è inquadrato al secondo posto, dopo il fumo, come causa per l'insorgenza di tumori polmonari.

(foto: Radon, Ufficio federale d. sanità pubblica di Berna, CH).

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Quali effetti procura

- Gli «isotopi figli» sono i veri responsabili dell'azione cancerogena imputata al radon.

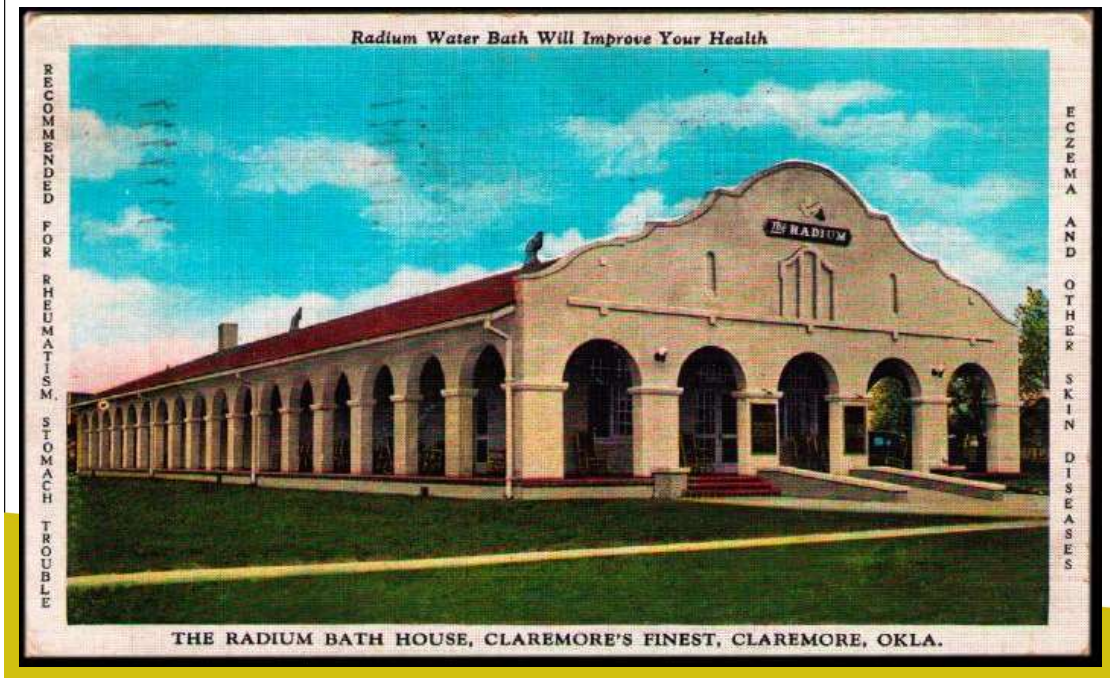
- Il Radon si trasforma in un isotopo stabile del Pb (solido) che può essere inalato e si fissa sulle superfici dei tessuti polmonari (tumori).

1999 2019
VENT'ANNI DELL'INGV

Nel primo ventennio del XX secolo era considerato benefico per la salute

…utilizzazioni industriali di radio e radon

Generatore di radon per la sterilizzazione delle camere d'albergo

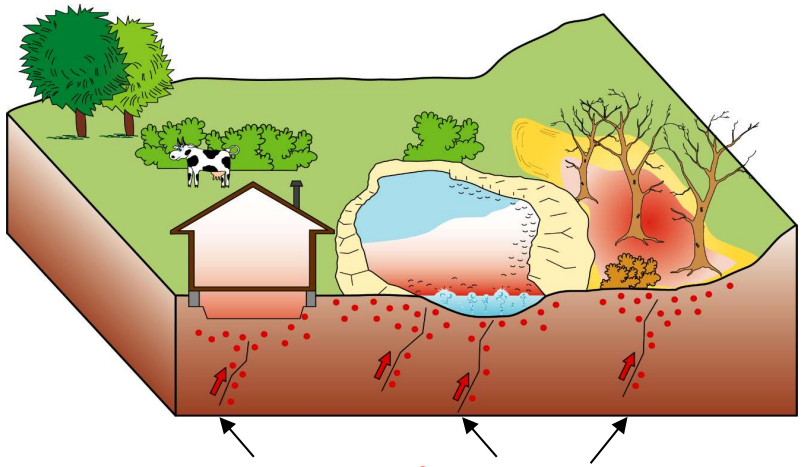


Acqua al radio da usare come ricostituente

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

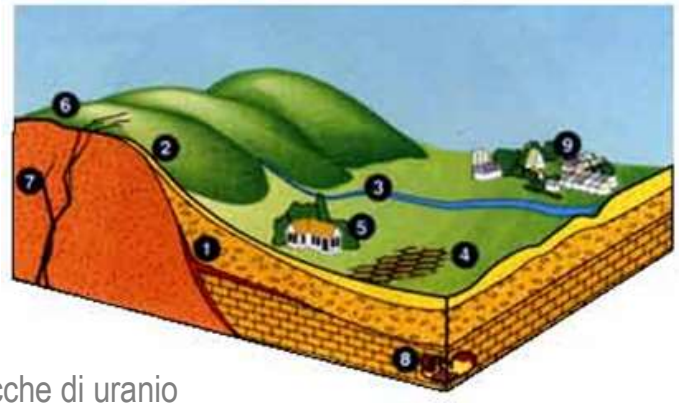
Come si valuta il potenziale di rischio radon di un'area

fattori geologici



Faglie e fratture

Effetti nocivi delle emissioni di CO_2 sull'ambiente e sull'uomo: rischio di gas naturale. I gas profondi raggiungono la superficie attraverso fratture e sistemi di faglia locali e regionali.

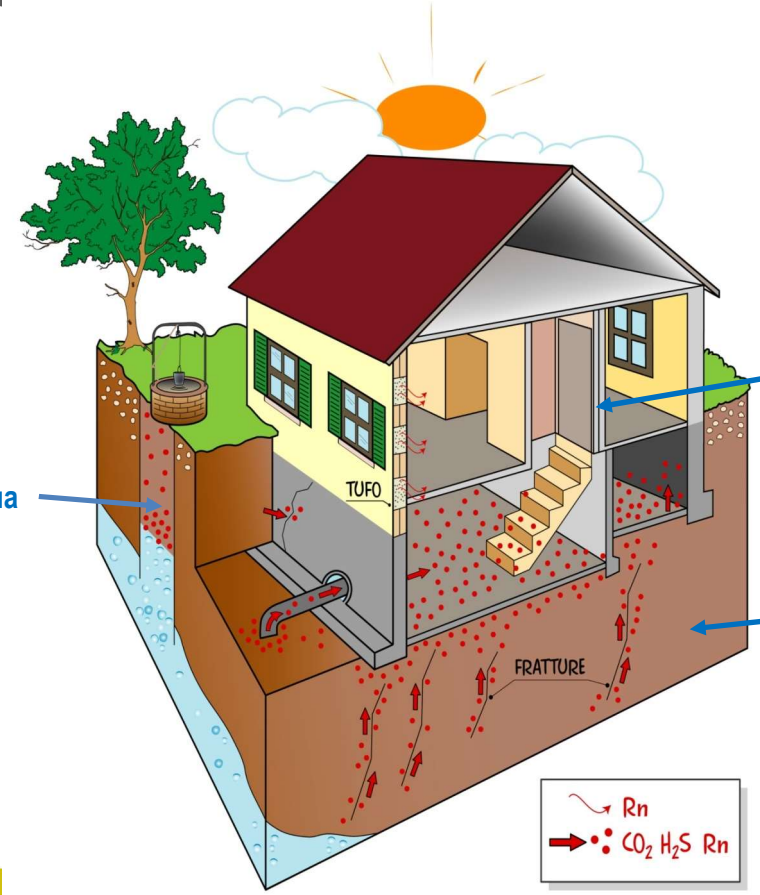


- rocce ricche di uranio
- elevata permeabilità dei suoli
- basamento roccioso fratturato
- basamento roccioso ricco di cavità e caverne anche carsiche
- elevati livelli di radon sono noti in abitazioni vicine
- presenza di emissioni di CO_2 e/o di acque di falda ricche in radon e CO_2

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Sorgenti del radon indoor

Le principali sorgenti del radon indoor sono: il suolo, i materiali da costruzione, l'acqua



Radon: materiali edilizi 2-5%

Radon: acqua < 1%

Radon: gas dal suolo 90-95%

Per effetto dei flussi d'acqua in bagno, la concentrazione di radon può aumentare anche di 40 volte.

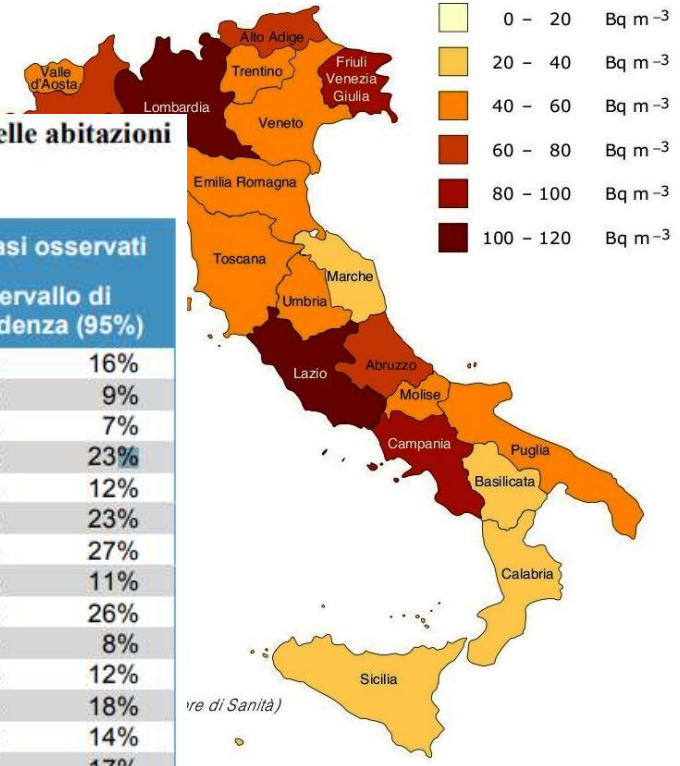
Grafica a cura di Daniela Riposati (INGV)

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

In Italia

Tabella 3. Stime di casi annui di tumore polmonare attribuibili all'esposizione al radon nelle abitazioni
Maschi + Femmine

Regione	Casi osservati	Numero di casi stimati			Percentuale dei casi osservati		
		Stima puntuale	Intervallo di confidenza (95%)		Stima puntuale	Intervallo di confidenza (95%)	
Abruzzo	558	**49**	16	88	**9%**	3%	16%
Basilicata	219	**10**	3	19	**5%**	1%	9%
Calabria	665	**26**	8	48	**4%**	1%	7%
Campania	2 822	**372**	128	642	**13%**	5%	23%
Emilia - Romagna	2 886	**190**	62	346	**7%**	2%	12%
Friuli - Venezia Giulia	775	**106**	37	182	**14%**	5%	23%
Lazio	3 121	**499**	175	841	**16%**	6%	27%
Liguria	1 212	**69**	23	128	**6%**	2%	11%
Lombardia	5 718	**862**	301	1 464	**15%**	5%	26%
Marche	764	**34**	11	63	**4%**	1%	8%
Molise	108	**7**	2	13	**6%**	2%	12%
Piemonte	2 816	**280**	94	496	**10%**	3%	18%
Puglia	1 706	**131**	43	237	**8%**	3%	14%
Sardegna	746	**69**	23	124	**9%**	3%	17%
Sicilia	2 054	**109**	35	201	**5%**	2%	10%
Toscana	2 231	**159**	52	289	**7%**	2%	13%
Trentino - Alto Adige	401	**35**	12	62	**9%**	3%	16%
Umbria	455	**39**	13	69	**8%**	3%	15%
Valle d'Aosta	69	**5**	1	8	**7%**	2%	12%
Veneto	2 808	**238**	79	428	**8%**	3%	15%
Italia	**32 134**	**3 237**	**1 087**	**5 730**	**10%**	**3%**	**18%**



ell'Indagine nazionale sulla naturale nelle abitazioni (1989 -

icchio et al. 1999

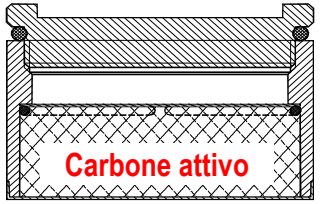
1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Tecniche di misura per il radon indoor

Rivelatori ATTIVI

Sensori che rivelano decadimenti a (INGV, Algade, Airthings, ecc.)

Rivelatori PASSIVI

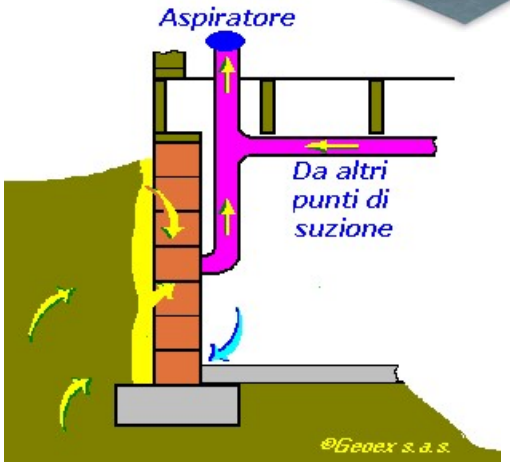


Canestri a carboni attivi. Esposizione per periodi limitati (**48h**), misura successiva in laboratorio tramite spettrometria γ

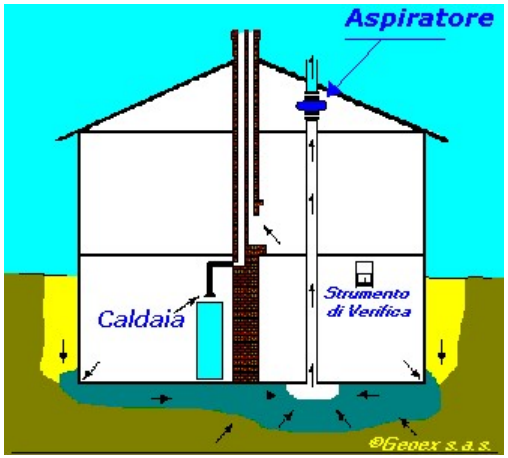
Track-etch. Esposizione per periodi prolungati (**mesi**). Indicati per ottemperare alla Direttiva Europea 2013/59 Euratom del 5/12/2013.

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

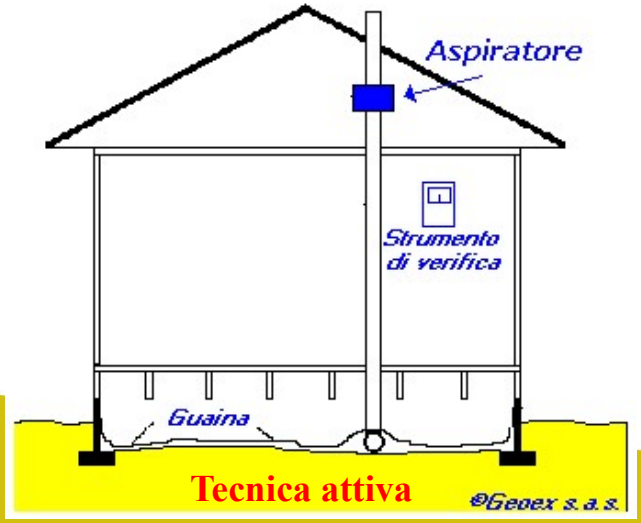
I sistemi di mitigazione del Radon indoor

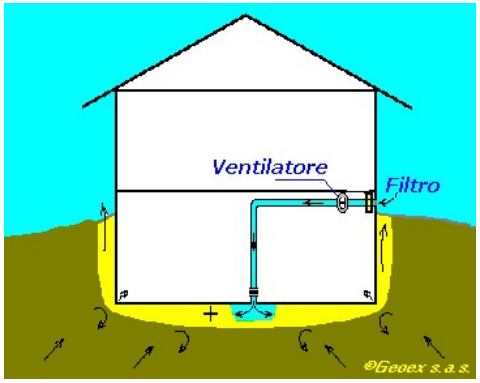


Tecnica attiva



Tecnica attiva





1999 2019
VENT'ANNI DELL'INGV

Esistono leggi sul radon indoor?

Il 17 Gennaio 2014 è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea la nuova Direttiva Europea di Radioprotezione, che era stata approvata il 5 Dicembre 2013 dal Consiglio dell'Unione Europea.

La nuova Direttiva Europea, che sostituisce interamente la Direttiva 96/29 è il prodotto di un percorso di revisione, durato diversi anni, che rivoluzionerà le normative nazionali in Radioprotezione di tutti i 28 Paesi Membri dell'Unione Europea. **Tutti gli stati membri dovevano applicare tali direttive entro il 6/2/2018.**

Sono stati fissati per la prima volta limiti di concentrazione di attività per la commercializzazione di materiali da costruzione e sono sollecitati piani di azioni nazionali per le concentrazioni del gas radon nelle abitazioni.

Nuovi limiti:

Luoghi di lavoro (art. 54): **300 Bq/m^3** di concentrazione di attività di radon media in un anno;

Ambienti chiusi (art. 74): **300 Bq/m^3** di concentrazione di attività di radon media in un anno.

Recenti risultati epidemiologici ottenuti da studi residenziali dimostrano un aumento statisticamente significativo del rischio di carcinoma polmonare correlato all'esposizione prolungata al radon in ambienti chiusi a livelli dell'ordine di 100 Bq/m^3.

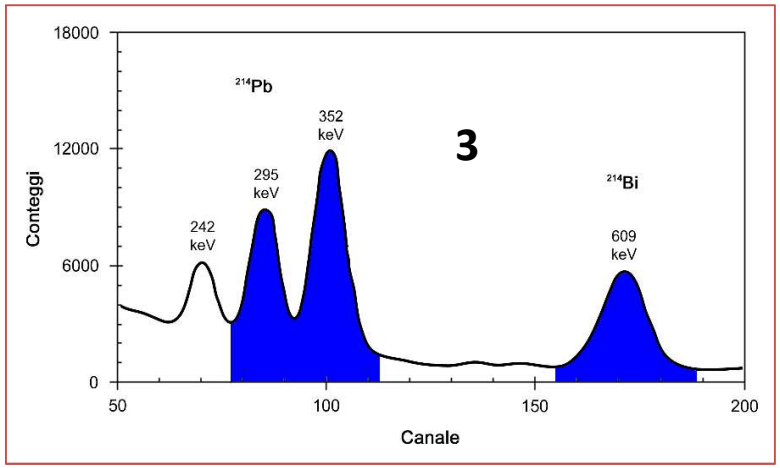
1999 2019
VENT'ANNI DELL'INGV

Laboratorio radionuclidi

Spettrometro γ a basso fondo con rivelatore a NaI(Tl) (**1**) per misure di radon indoor e radon disciolto con tecniche passive (canestri a carboni attivi).

Impulsi acquisiti da un analizzatore multicanale da banco (Silena Mod. CATO) (**2**) ottenendo lo spettro mostrato nel diagramma (**3**).

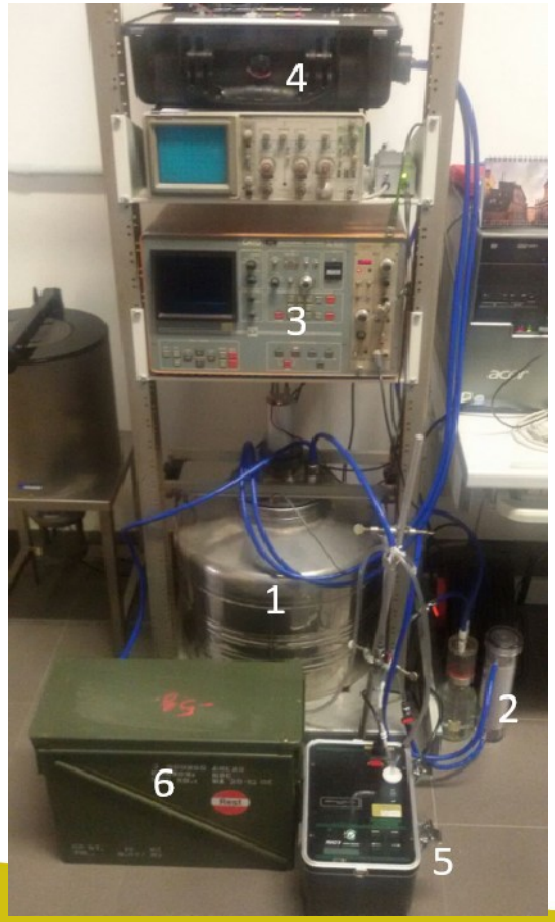
Dalla somma dei conteggi ottenuti dal 214Pb e 214Bi (aree in blu), figli del radon a breve tempo di dimezzamento, si risale alla concentrazione di radon indoor o disciolto.



Spettrometro γ, analizzatore multicanale e camera a radon

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Calibrazioni



Layout sistema di calibrazione che prevede la calibrazione in contemporanea di più strumenti.
Per studiare la linearità della risposta dei sensori connessi sono variate la concentrazione di radon e le condizioni ambientali (T, RH).

1. Camera a radon (CR)
2. Sistema per essiccamento/umidificazione
3. Analizzatore multicanale/Multiscaler
4. Sensore INGV
5. Sensore RAD7 (Durridge)
6. CR secondaria contenente piccoli sensori (Corentium, AER Plus)

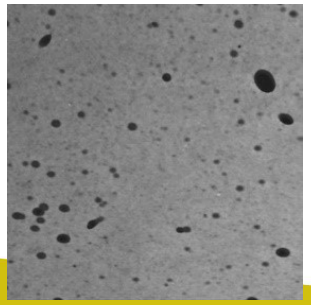
1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Misura di radon indoor mediante track-etch

1 - Esposizione del track-etch nell'ambiente indoor per un tempo prolungato

2 - Sviluppo delle tracce impresse dai decadimenti a dei figli del radon sul polimero plastico (CR-39) tramite bagno a 90°C in soluzione al 30% di NaOH

3 - Analisi computerizzata del CR-39 mediante microscopio elettronico per la rilevazione automatica delle tracce ed ottenimento della concentrazione di radon indoor media nel periodo di esposizione



Dosimetri indicati dalla Direttiva Europea 2013/59 Euratom del 5/12/2013. *Gli stati membri dovevano attuare entro il 6/2/2018*

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Il progetto europeo Life-RESPIRE

RESPIRE
Radon real time monitoring system

DURATION:

Start date 01/09/2017 End date 31/08/2020

Centro di Ricerca, Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici, Sapienza Università di Roma, Rome – Italia (project leader)

Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Rome - Italia

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome - Italia

Federal Agency for Nuclear Control, Brussels, Belgio

Elica S.p.A., Fabriano (AN), Italia

Research Institutes

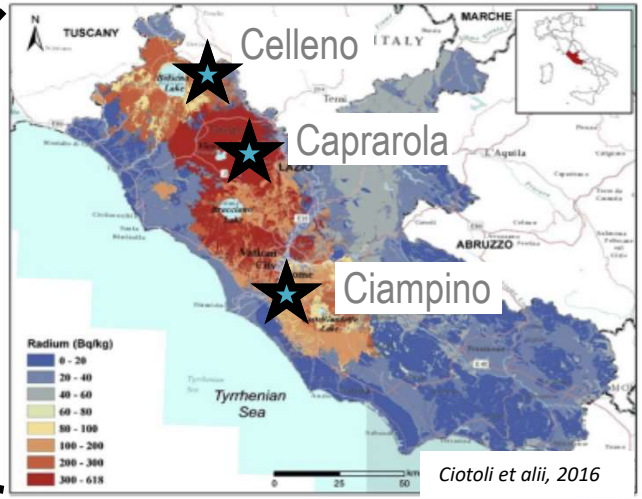
Industry

1999 2019 VENT'ANNI DELL'INGV

Il progetto europeo Life-RESPIRE per le misure di radon indoor

Il progetto riguarda 4 aree caratterizzate da differenti livelli di emanazione di gas radon in Italia e in Belgio. Il fine è quello di sviluppare soluzioni efficienti per la misura in continuo del radon indoor e abbatterne i livelli **al di sotto di 300 Bq/m^3** e, **se possibile di 100 Bq/m^3**, come indicato nella Direttiva Europea 2013/59/EURATOM.

Area del Belgio
- Ardenne



Ciotoli et alii, 2016

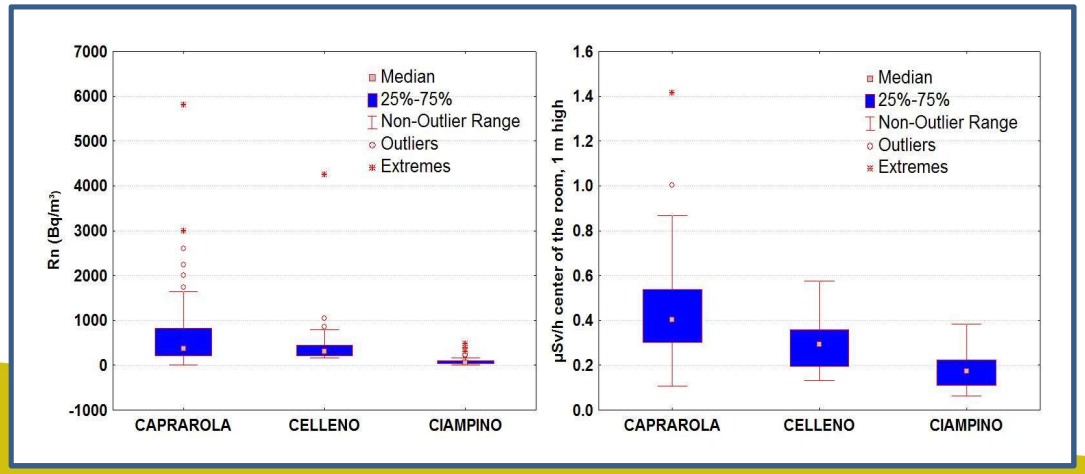
Comuni del Lazio
- Celleno
- Caprarola
- Ciampino

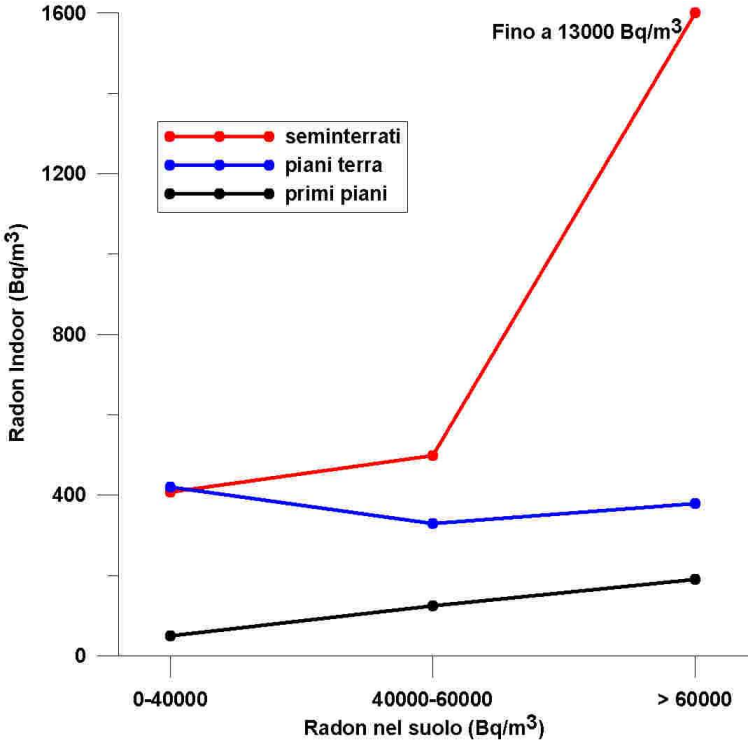
RESPIRE
Radon real time monitoring system

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Il progetto europeo Life-RESPIRE per le misure di radon indoor

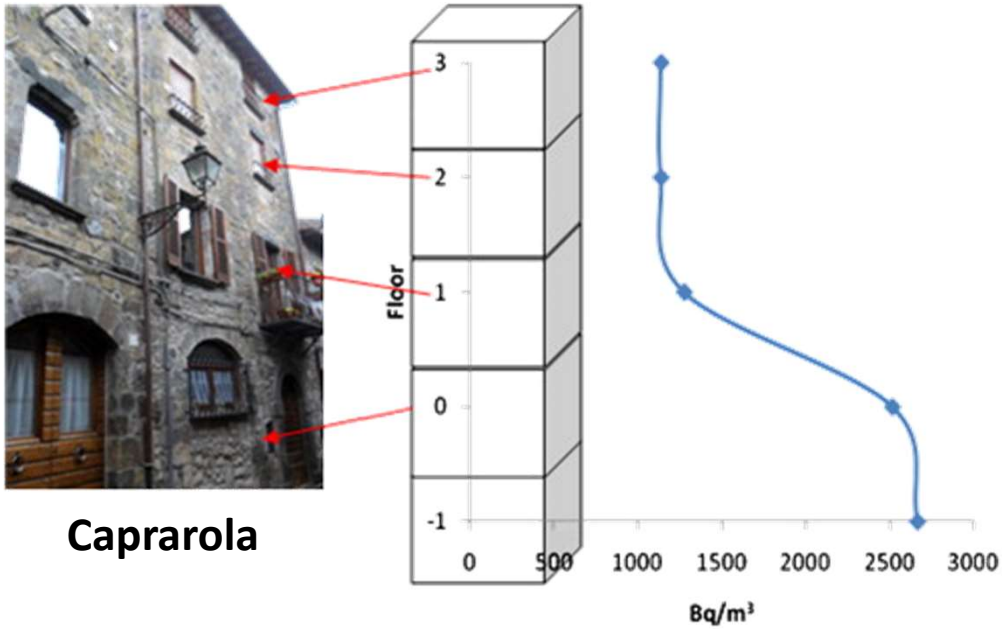
I punti rappresentano i valori medi di concentrazione indoor all'interno di ognuna delle tre classi di radon nel suolo. Il valore di 60,000 Bq/m^3 corrisponde alla soglia di anomalia geochimica e statistica.





1999 2019
VENT'ANNI DELL'INGV

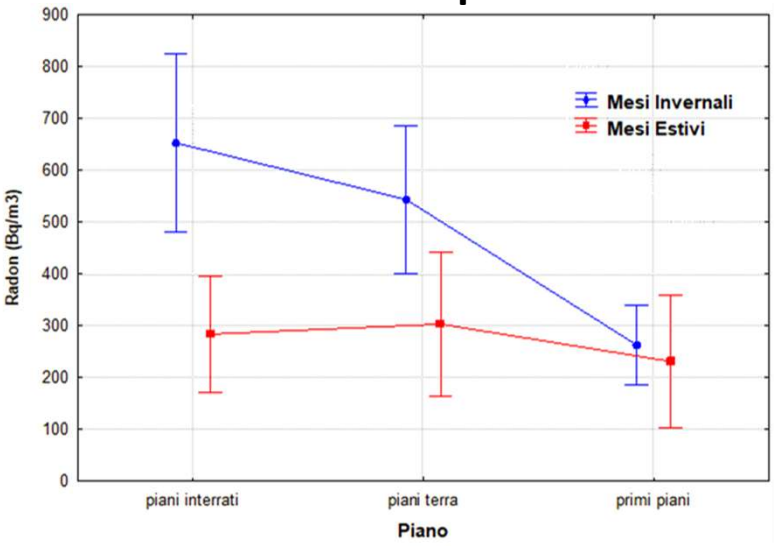
Il progetto europeo Life-RESPIRE per le misure di radon indoor



Caprarola

Valori di radon indoor in funzione del livello dell'abitazione

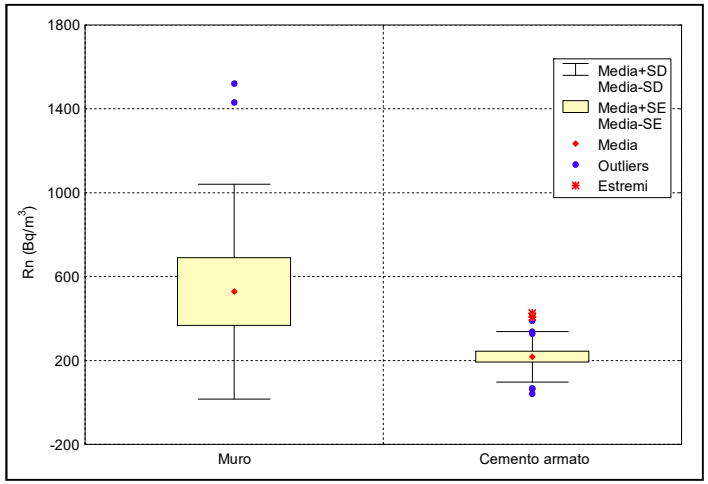
Ciampino



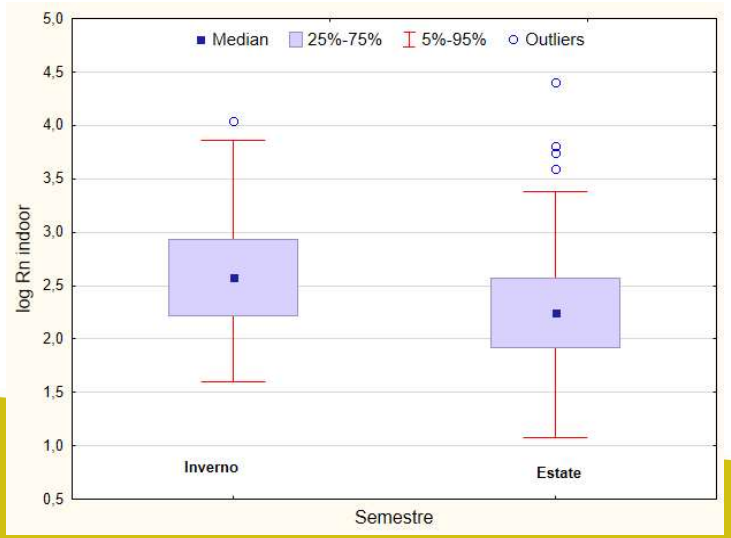
Effetto stagionale del radon indoor in base al piano dell'abitazione

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Il progetto europeo Life-RESPIRE per le misure di radon indoor



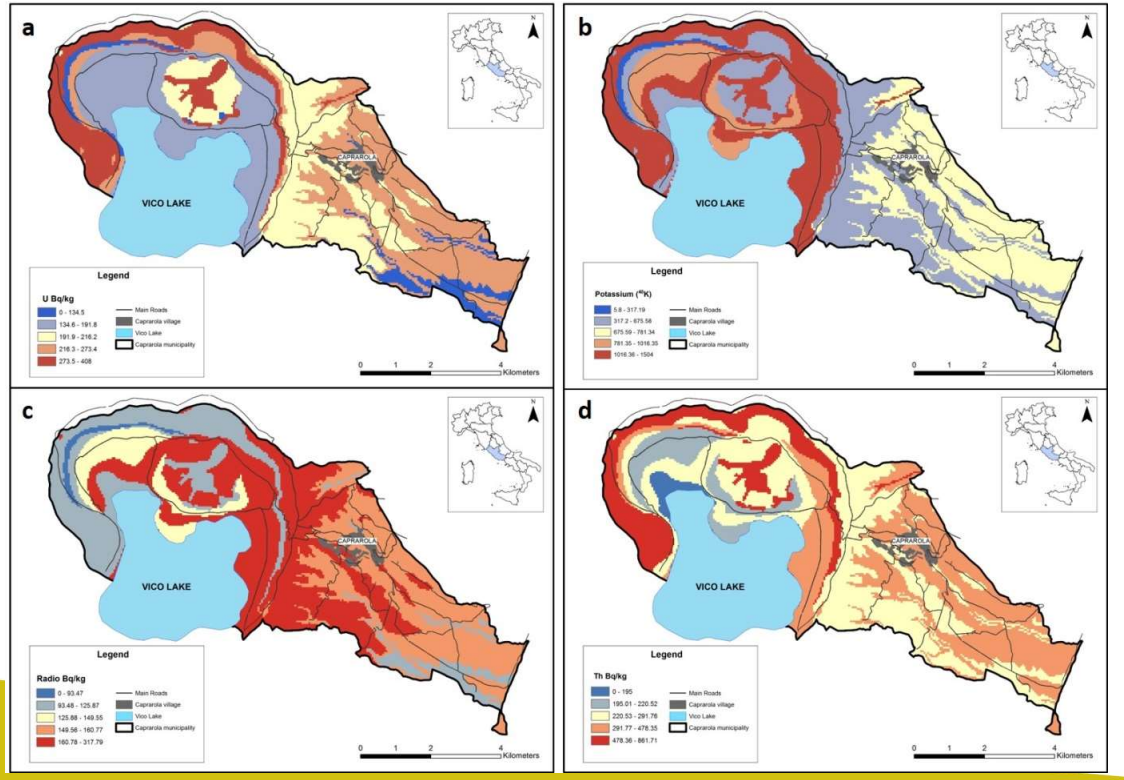
Celleno



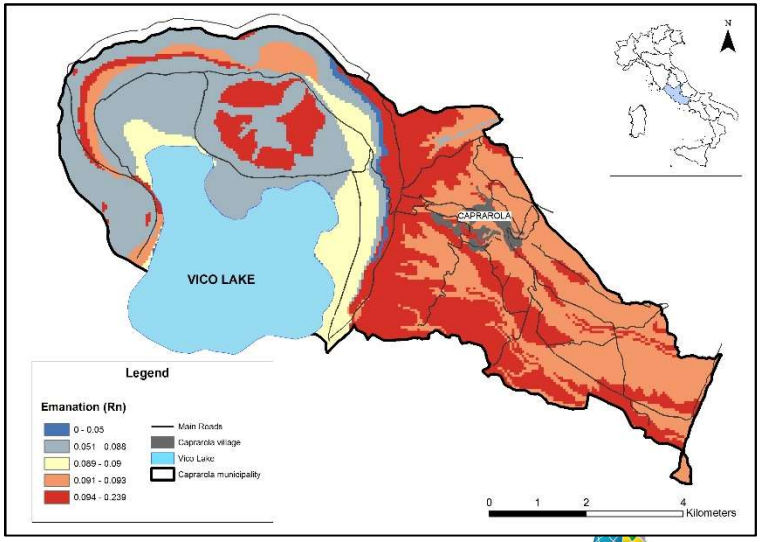
1999 2019
VENT'ANNI DELL'INGV

Risultati – Mappe dei parametri studiati

Contenuto in Radionuclidi (U, K, Ra, Th)



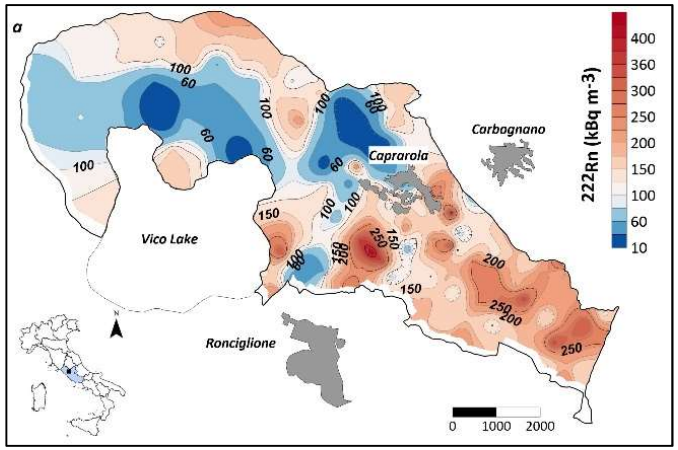
Coefficiente di emanazione

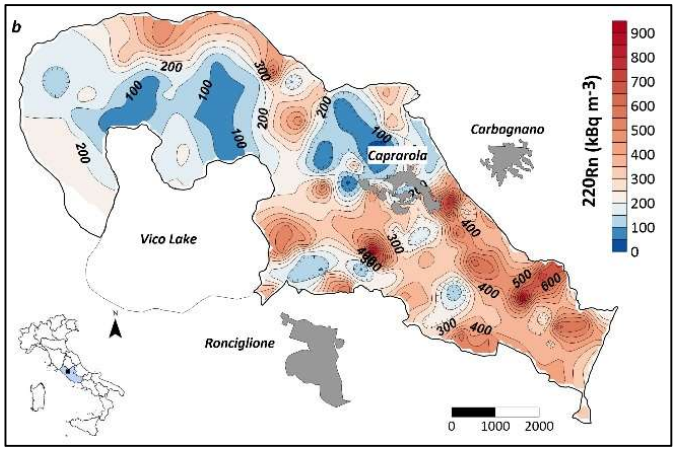


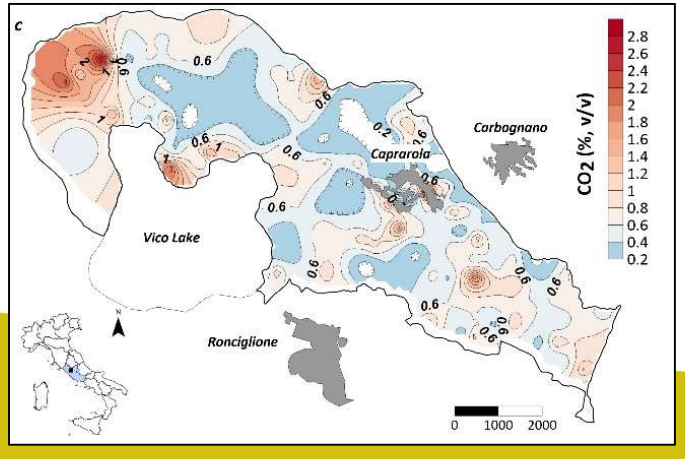
1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

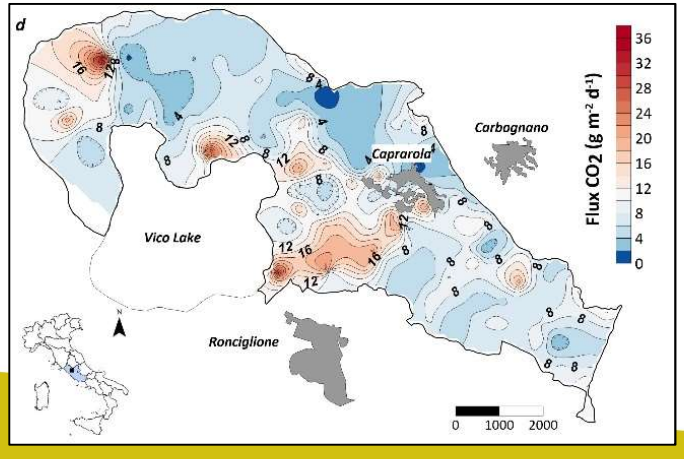
Risultati – Mappe dei parametri studiati

Gas nei suoli





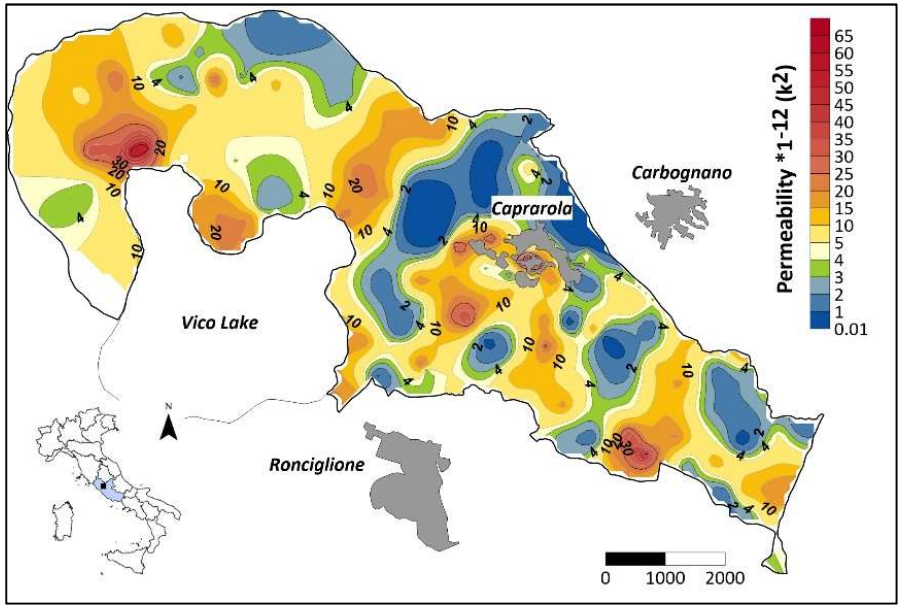


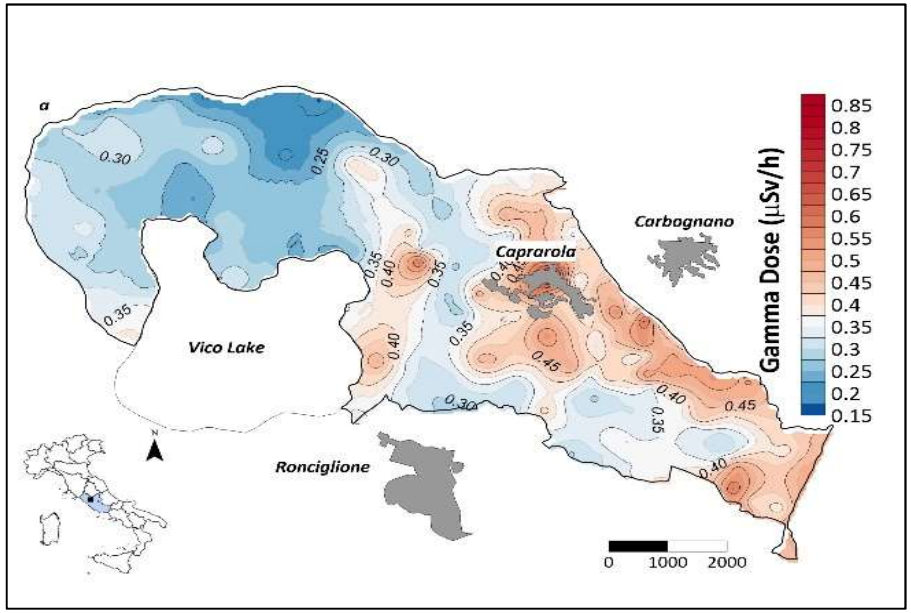


1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV

Risultati – Mappe dei parametri studiati

Permeabilità – Radiazione terrestre (dose gamma)

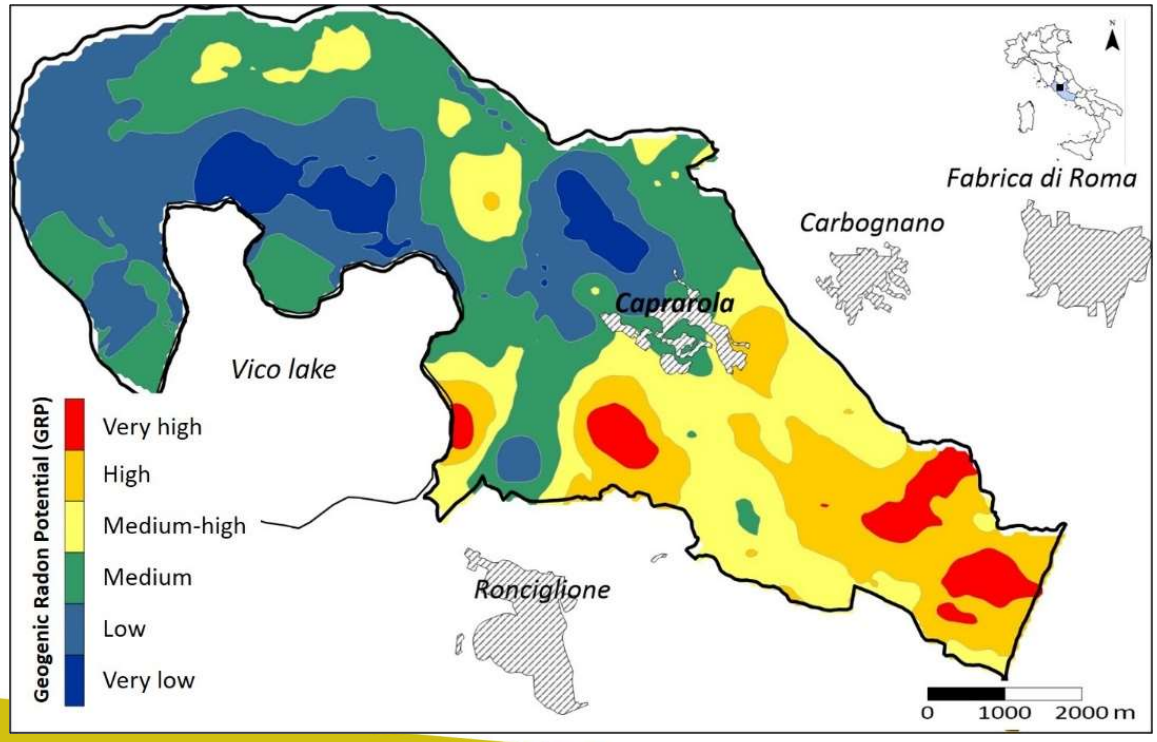




1999 2019
VENT'ANNI DELL'INGV

Risultati – Mappe dei parametri studiati

Potenziale Geogenico di Radon

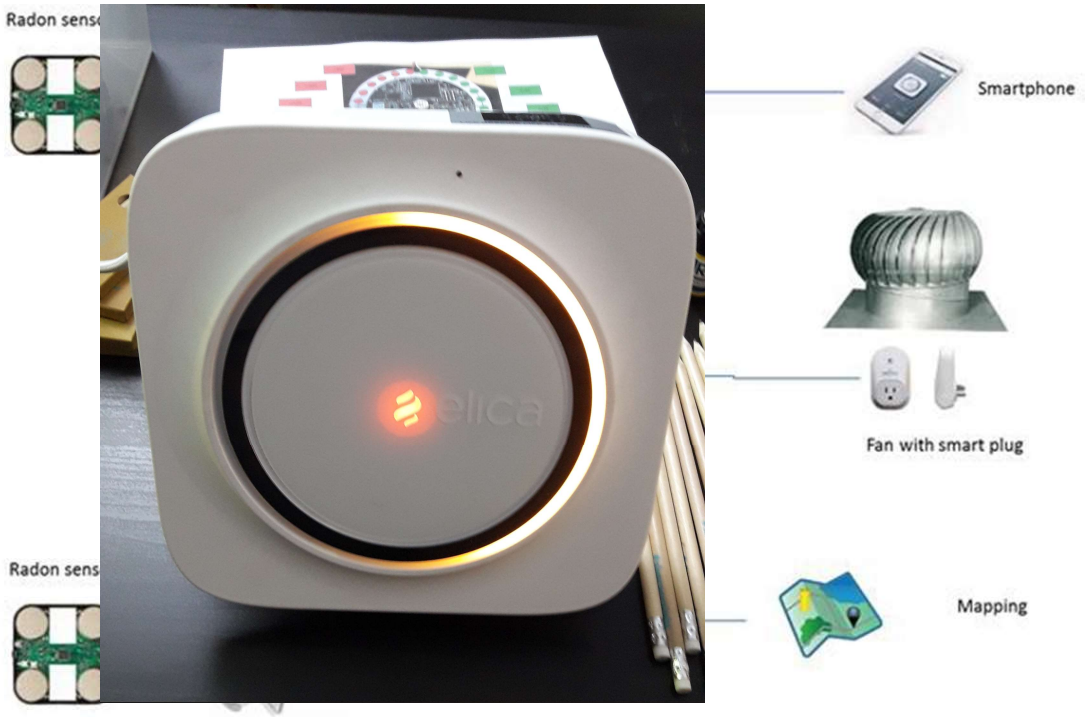


1999 2019
VENT'ANNI DELL'INGV

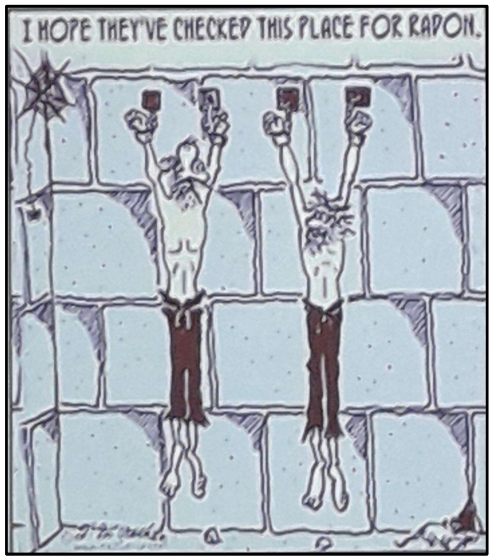
Metodo di bonifica applicata dal LIFE-RESPIRE

Nell'ambito del progetto RESPIRE è stato realizzato e installato un sistema di mitigazione del radon intelligente e versatile composto da sensori, SNAP (Air Quality Balancer) e un sistema di ventilazione esterno alimentato elettricamente o da energia eolica che opera mandando in sovrapressione l'ambiente.

1. Network integrato di sensori di radon e ventole adattabili implementati da ventole esterne (hybrid eolic snap)
2. Sistema in sovrapressione che include uno scambiatore passivo di calore
3. Flusso d'aria elevato e basso consumo di energia



1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV



Grazie per l'attenzione

1999**2019**
VENT'ANNI DELL'INGV