

II RADON NEGLI EDIFICI

Modulo 1: Strumentazione e tecniche di Monitoraggio ambientale

03 APRILE 2025 – RADON E GAS ENDOGENI NELLA PRATICA PROFESSIONALE

MASSIMO MORONI, DIRETTORE LABORATORIO HARMAT ACCREDITATO UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018

GIA' MEMBRO DEL TAVOLO TECNICO "RADON" ISTITUITO PRESSO IL CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

Note introduttive sul Radon

2

Il Radon è un gas radioattivo inodore ed incolore; proviene dal decadimento di tre nuclidi capostipiti che danno luogo a tre diverse famiglie radioattive; essi sono l'Uranio 238, il Thorio 232 e l'Uranio 235.

In termini di classificazione chimica, il radon è uno dei gas rari, come neon, kripton e xeno. Il radon non reagisce con altri elementi chimici. Esso è il più pesante dei gas conosciuti (densità 9.72 g/l a 0°C, 8 volte più denso dell'aria).

Il radon diffonde nell'aria dal suolo e, a volte, dall'acqua (nella quale può disciogliersi). In spazi aperti, è diluito dalle correnti d'aria e raggiunge solo basse concentrazioni. Al contrario, in un ambiente chiuso, come può essere quello di un'abitazione, il radon può accumularsi e raggiungere alte concentrazioni.

Ogni abitazione può avere problemi di Radon. *Tutte le maggiori organizzazioni di salute pubblica ad iniziare dalla Organizzazione Mondiale della Sanità, auspicano un controllo del livello di Radon in ciascuna abitazione* dal momento che indagini su larga scala non forniscono indicazioni di dettaglio necessarie a programmare interventi strutturali di riduzione della concentrazione.

Alcuni studi nell'ultimo decennio hanno dimostrato che l'inalazione di radon anche a basse concentrazioni costituisce la seconda causa, in ordine di importanza dopo il fumo, del cancro ai polmoni.

Serie dell'Uranio 238

| Isotopo | Radiazione | Emivita |
|------------------|-------------|------------------------------|
| Uranio 238 | alfa | 4.5x10 ⁹ anni |
| Torio 234 | Beta | 24.1 giorni |
| Protoattinio 234 | Beta | 1.2 minuti |
| Uranio 234 | alfa | 2.5x10 ⁵ anni |
| Torio 230 | alfa | 7.5x10 ⁴ anni |
| Radio 226 | alfa | 1600 anni |
| Radon 222 | alfa | 3.8 giorni |
| Polonio 218 | alfa | 3 minuti |
| Piombo 214 | beta | 27 minuti |
| Bismuto 214 | alfa e beta | 20 minuti |
| Polonio 214 | alfa | 1.5x10 ⁻⁴ secondi |
| Piombo 210 | beta | 25 anni |
| Bismuto 210 | beta | 5 giorni |
| Polonio 210 | alfa | 136 giorni |
| Piombo 206 | ----- | Stabile |

Serie del Thorio 232

| Isotopo | Radiazione | Emivita |
|--------------------|------------|-----------------------------|
| Thorio 232 | alfa | 1.405×10^{10} anni |
| Radio 228 | beta | 6.7 anni |
| Attinio 228 | beta | 6.1 ore |
| Thorio 228 | alfa | 1.913 anni |
| Radio 224 | alfa | 3.66 giorni |
| Radon 220 o Thoron | alfa | 55.6 secondi |
| Polonio 216 | alfa | 0.15 secondi |
| Piombo 212 | beta | 10.64 ore |
| Bismuto 212 | beta | 1.0 ore |
| Polonio 212 | alfa | 3×10^{-7} sec. 64% |
| Tallio 208 | beta | 3.1min. 36% |
| Piombo 208 | ----- | stabile |

Unità di Misura del Radon

L'unità di misura del Radon è il Becquerel al metro cubo (Bq/m^3).

Il Bq/m^3 corrisponde ad una disintegrazione al secondo in un metro cubo d'aria.

Nei Paesi Anglosassoni è in uso una diversa unità di misura: il PicoCurie al litro pCi/L .

$$1 \text{ pCi}/\text{L} = 37 \text{ Bq}/\text{m}^3$$

Nel suolo si parlerà di Bq/Kg

Nell'acqua di Bq/l

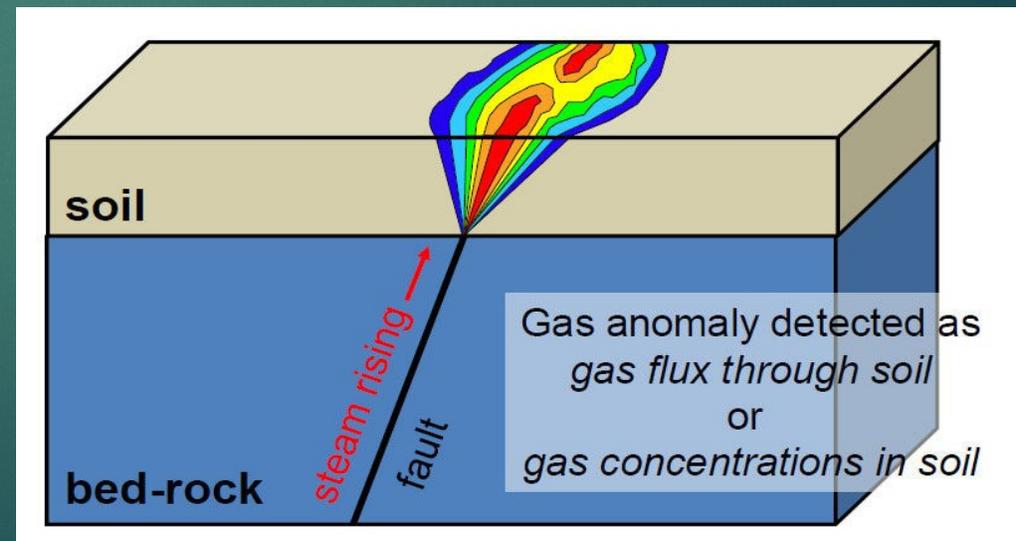
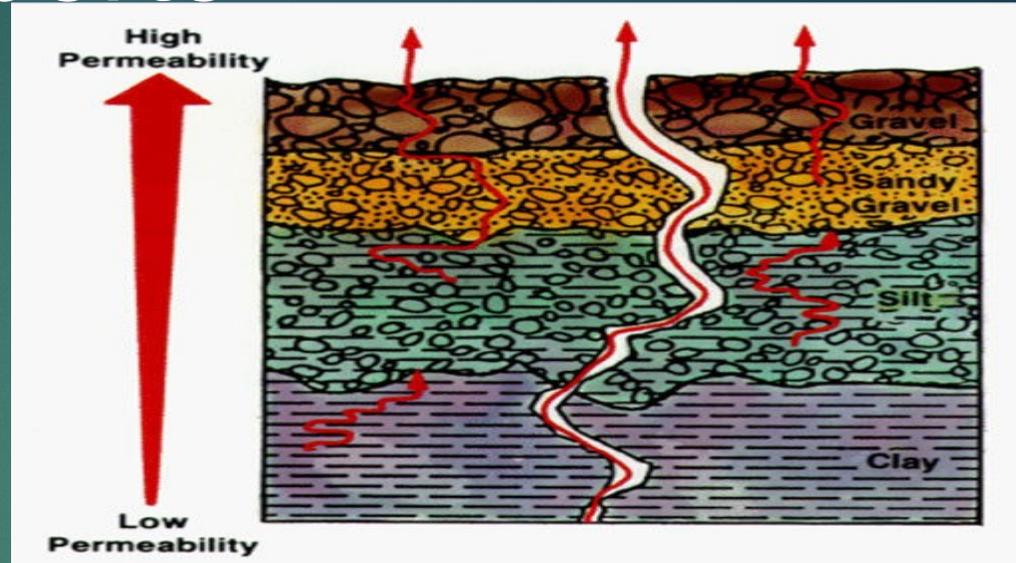
[Dlgs 28 del 15 Febbraio 2016](#)

Trasporto

Quando il radon viene emanato da un granulo, viene trasportato attraverso gli spazi interstiziali tramite:

Diffusione all'interno del poro fluido

Avvezione / convezione o trasporto forzato, quando è il fluido a trasportare il radon.



Tecniche di Misura del radon

7

1. Requisiti per la rappresentatività delle misure di Radon
2. Tipi di Rilevatori
3. Variazioni Stagionali
4. Durata delle misure
5. Dove posizionare I dosimetri
6. Conservazione, confezionamento, trasporto
7. Requisiti di qualità

Cosa dice la Legge

DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020, n. 101.

8

Art. 12

Livelli di riferimento radon (direttiva 59/2013/EURATOM, articolo 7, articolo 54, comma 1, 74, comma 1; decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, allegato I -bis , punto 4 lettera a)).

1. I livelli massimi di riferimento per le abitazioni e i luoghi di lavoro, espressi in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria, sono di seguito indicati:

a) 300 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le abitazioni esistenti;

b) 200 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024;

c) 300 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per i luoghi di lavoro;

d) il livello di riferimento di cui all'articolo 17, comma 4, è fissato in 6 mSv in termini di dose efficace annua.

.....

Chi esegue le misure

Dlgs 101/2020 come integrato dal dlgs 203/2022 – Art. 155

3-bis. I servizi di dosimetria e gli organismi di misura riconosciuti idonei garantiscono i seguenti requisiti minimi:

- a) hanno una organizzazione conforme ai requisiti della norma tecnica UNI CEI EN ISO/IEC 17025 ovvero sono in possesso di un accreditamento in conformita' alla norma 17025 per il servizio di dosimetria;
- b) operano con personale tecnico dipendente o con rapporto esclusivo di collaborazione;
- c) garantiscono l'effettuazione di test di interlaboratorio per verificare la correttezza della misura dosimetrica e radiometrica;
- d) utilizzano un sistema di misurazione conforme allo stato della tecnica;
- e) assicurano la formazione e informazione e l'aggiornamento del personale addetto ai servizi di dosimetria;
- f) stipulano una polizza assicurativa a copertura delle attivita' oggetto del servizio di dosimetria o dell'organismo di misura.

Scopo dell'indagine

- ✓ Valutazione dell'esposizione al radon
- ✓ Caratterizzazione di ambienti di lavoro con condizioni particolari mediante la misura sperimentale del fattore di equilibrio F (stabilimenti termali, gallerie, ecc.)
- ✓ Misure di screening indoor per identificare i punti di ingresso del radon in un edificio/locale
- ✓ Caratterizzazione delle sorgenti di radon indoor (suolo, materiali da costruzione, acqua)
- ✓ Misure di concentrazione media di radon per valutare l'efficacia degli interventi di risanamento
- ✓ Ecc.

Metodi di Misura

11

La metodologia puo' essere:

| | |
|---------|--|
| ATTIVA | il campionamento del radon avviene attraverso un mezzo filtrante mediante una pompa di aspirazione |
| PASSIVA | il campionamento del radon avviene mediante diffusione naturale attraverso un mezzo filtrante |

Il Campionamento puo' essere:

| | |
|----------------|---|
| ISTANTANEO | il campionamento della matrice avviene in tempi molto brevi |
| CONTINUO | consente di determinare le variazioni temporali della concentrazione di ^{222}Rn nella matrice |
| A INTEGRAZIONE | integra la misura su intervalli di tempo lunghi determinando un valor medio nell'intervallo di tempo |

Principali metodi di misura del radon-222 in aria

ISO 11665 – Parte 4

12

| Campionamento | Tecnica di Misura | Strumentazione | Principio di funzionamento | Scopo |
|-----------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|--|
| Istantaneo / Continuo | Attiva | Cella a scintillazione | Conteggio con scintillatori | Valutazioni di screening. Registrare le variazioni di concentrazione nel tempo |
| | Attiva / Passiva | Camera a ionizzazione | Conteggio Impulsi di corrente | |
| A Integrazione | Passiva | Carbone attivo | Spettrometria | Screening - valutazione esposizione - valutaz. efficacia risanamento |
| | | Elettretta | Misura della Diff. di potenziale | |
| | | Tracce nucleari | Conteggio delle tracce | |

Alpha-Track Detector

13

I rivelatori a tracce nucleari SSNTD sono costituiti da una camera di diffusione in plastica conduttiva all'interno della quale è posizionato un rivelatore costituito di una resina di derivazione ottica PoliAllilDiglicolCarbonato o PADC o più semplicemente CR-39.

Il dosimetro viene spedito all'utilizzatore in un involucro di plastica impermeabile al Radon per evitare esposizioni indesiderate.



Il Processo di lettura dei Dosimetri SSNTD

14

<C:\Users\user\Desktop\Seminari Ordine Geologi\21-04-2024-Radon e Gas Endogeni nella pratica professionale\Files\VID20230303122122.mp4>

Activated Charcoal Detector

15

il cosiddetto “canestro a carboni attivi” è generalmente una scatola metallica cilindrica contenente i carboni attivi che adsorbono il radon presente nell’aria. Dopo un tempo di esposizione, dell’ordine di qualche giorno, i canestri, che adsorbono il radon ma non lo rivelano, subiscono un’analisi di spettrometria gamma tramite rivelatore a scintillazione, tipicamente a cristalli di ioduro di sodio.



La tecnica dei carboni attivi è adatta a misure di concentrazioni anche inferiori ai 20 Bq/m^3 e richiede pochi giorni per la sua realizzazione, ma può essere applicata anche per determinare la concentrazione media annuale eseguendo una misura ogni 3 mesi. Tali rivelatori a carboni attivi possono inoltre essere riutilizzati per ulteriori esposizioni, dopo aver perso memoria della loro precedente misura in seguito ad un riscaldamento ad alte temperature che elimina il Radon residuo. Il loro limite principale consiste nella forte dipendenza dalle condizioni ambientali di temperatura e umidità.

Electret Ion Chamber

o dosimetro ad elettreta

16

Rad Elect E-Perm è un sistema integrato per misure di radon. Si basa sull'uso di un voltmetro digitale per misurare la variazione di potenziale indotta su un elettrete dalla raccolta degli ioni prodotti dalle radiazioni.

L'elettrete è un disco di Teflon che mantiene un potenziale elettrostatico stabile. Quando l'elettrete è posto in una camera contenente un certo volume di aria, raccoglie gli ioni prodotti dal decadimento del radon e il potenziale elettrostatico si riduce in modo proporzionale alla radioattività presente nella camera. Misurando la perdita di potenziale durante un certo intervallo di tempo e utilizzando appropriati fattori di calibrazione si determina la concentrazione media di radon nella camera e quindi nell'ambiente.



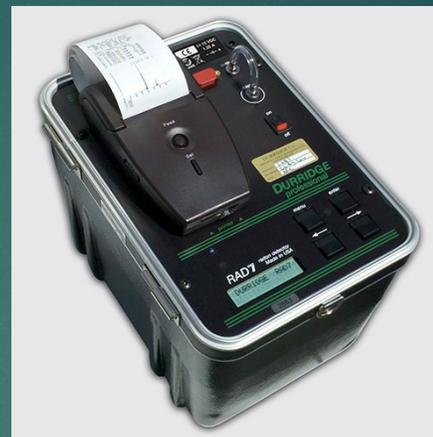
Gli organismi che utilizzano rivelatori ad elettrete dovranno essere dotati di strumenti o tecniche idonee anche alla misura della dose da radiazione gamma, che viene sottratta come un contributo di fondo. La dose da radiazione gamma deve essere misurata indipendentemente dalla concentrazione di radon, poiché non sono attualmente disponibili dati medi regionali o locali negli ambienti sotterranei, dove sia il contributo dei materiali che della radiazione cosmica sono poco conosciuti.

Rilevatori Continui

17

Con pompa dell'aria - ATTIVI

L'aria entra nella camera di misura in modo forzato e la precisione della misura è funzione delle caratteristiche fisiche del radionuclide misurato



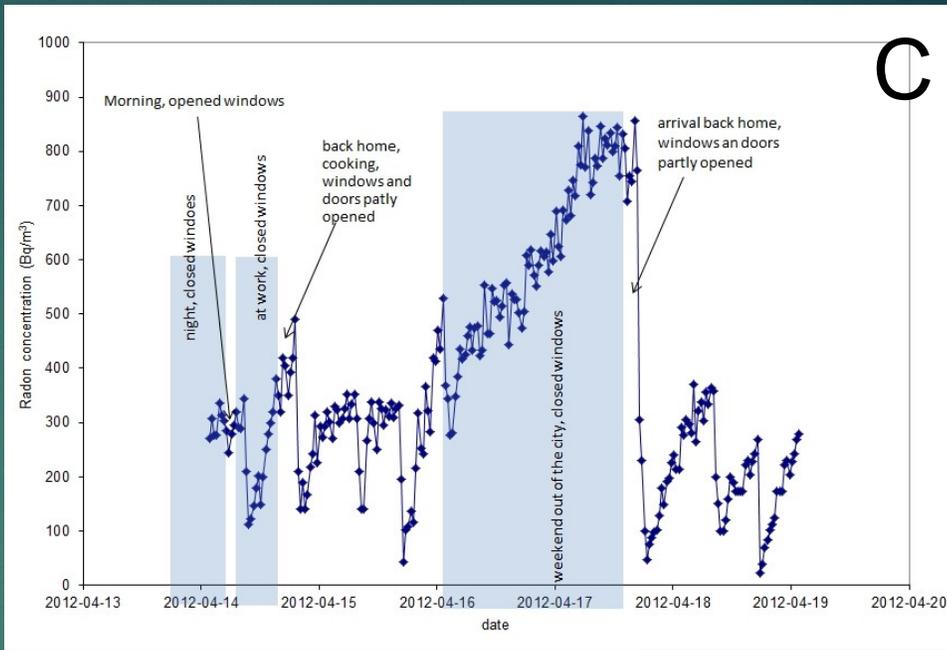
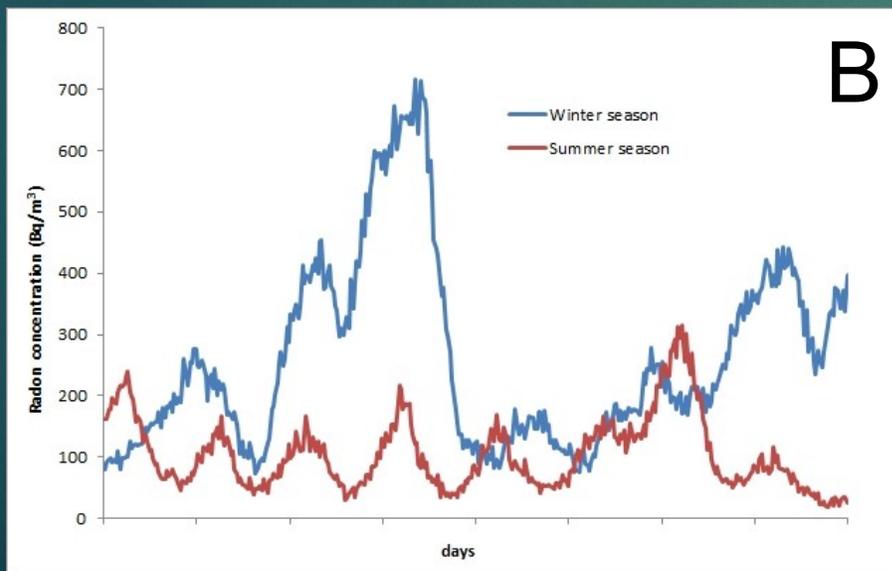
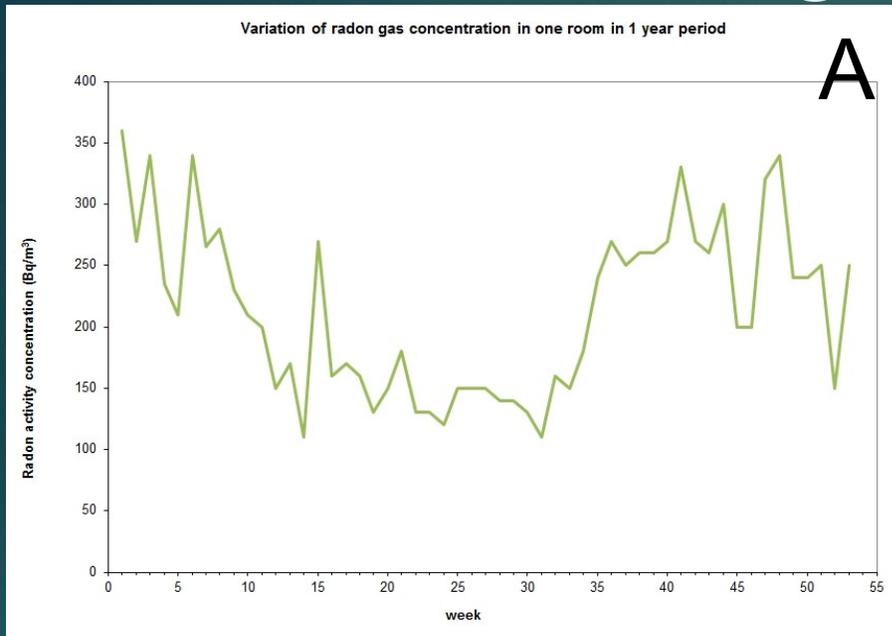
Senza pompa dell'aria - PASSIVI

L'aria entra nella camera di misura per diffusione e sono necessarie almeno 12 ore per la stabilizzazione



La misura per un periodo di tempo inferiore all'annualità è rappresentativa esclusivamente del periodo di tempo valutato e non ha alcuna validità legale. Potrebbe però essere utilmente utilizzata per la valutazione dell'efficienza di un impianto di mitigazione

Variazioni Stagionali e Giornaliere



Variation of radon concentration over

- (A) one year,
- (B) seasonally, and
- (C) daily

Source: BfS Germany

Rilievo di Gas Radon ai sensi del Dlgs 101/2020 - Durata delle misure

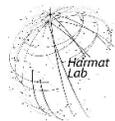
19

- ✓ Deve contemperare la a volte necessaria velocità di accesso ai dati, affidabilità tecnica, costo del rilievo e la possibilità di perdita dei rilevatori.
- ✓ La misura annuale è comunque sempre da considerare come quella che soddisfa sia l'aspetto tecnico che legale.
- ✓ L'annualità puo' essere utilmente suddivisa in due semestri
- ✓ Misure più brevi di uno/tre mesi sono da sconsigliare.

Campagna di misura: Dove e quanti dosimetri utilizzare

- ▶ Il Radon gas si distribuisce abbastanza omogeneamente in un ambiente di vita o di lavoro
- ▶ Il/I dosimetri saranno posizionati in un ambiente ad elevata frequentazione in caso di ambienti residenziali ed in ciascun ambiente nei luoghi di lavoro. In caso di ambienti grandi > 100 mq le linee guida richiedono 1 dosimetro ogni 100 mq
- ▶ Fuori dalla portata di bambini e animali domestici
- ▶ Lontano da fonti di calore, luce solare diretta, fonti di umidità etc.
- **Seguire le indicazioni di cui all'All. II del Dlgs 101/2020 e le linee Guida pubblicate dalle Arpa Regionali ove disponibili.**

Campagna di misura: Il Rapporto di Esposizione



LAB N° 1777 L

RILEVATORI DI GAS RADON *Radonalpha-C*

SCHEDA DI CONTROLLO ESPOSIZIONE

COMMITTENTE:

CF- P. Iva

DATI RELATIVI ALLA MISURAZIONE:

Città

Prov

Via

c.a.p. .

TIPOLOGIA DI LUOGO: Abitazione Scuola Luogo di lavoro

| N. | Dosimetro n. | Inizio Esp. g/m/a | Fine Esp. g/m/a | Rif | Luogo di Esposizione | Piano |
|----|--------------|-------------------|-----------------|-----|----------------------------------|-------|
| 0 | 45910 | 22/01/2020 | 04/06/2020 | 1 | Tabaccheria Rossi – Area vendita | |
| 1 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 2 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 3 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 4 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 5 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 6 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 7 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 8 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 9 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |
| 10 | | ___/___/___ | ___/___/___ | | | |

Nome e Cognome Persona di Riferimento: _____

Tel: _____ Cell: _____ E.-

Mail: _____@_____

Il sottoscritto presta il consenso per l'invio di informazioni di natura tecnica, commerciale e promozionale esclusivamente da parte della ns. azienda, in conformità a quanto stabilito dal Regolamento Europeo UE n. 679/2016 e dal D.L. 196/2003, così come adeguato al D.L. 101/2018 in tema di protezione dei dati personali.

SI Firma _____ Data _____

Conservazione, confezionamento, trasporto

2.4 Valutazione dell'esposizione di trasporto

I dosimetri e i rivelatori devono essere conservati prima e dopo l'uso in modo appropriato, per evitare il contributo di esposizioni aggiuntive in luoghi diversi da quello di interesse, che diminuiscono la precisione del risultato della misura.

La consegna e il ritiro dei dosimetri deve avvenire mediante buste impermeabili al radon; i dosimetri non protetti non devono sostare per più di poche ore in luoghi chiusi diversi da quelli di misura, a meno che questi non siano a bassa concentrazione di radon.

Buona norma potrebbe essere quella di conservare in frigorifero i dosimetri in attesa di essere esposti.

controllo qualità

Un doppio ogni 10 per controllo qualità
Da Health Canada

5.3 Quality Control

In the case of large-scale community radon testing of homes, or of multi-unit residential buildings for example, it is important to incorporate additional quality control measurements such as duplicates, blanks, and spikes into a testing program. Duplicate measurements allow the user to make an estimate of the relative precision or agreement between two measurements. Large precision errors can be caused by detector manufacture, improper data transcription or handling by suppliers, laboratories or persons performing detector placement.

Duplicate measurements should be made at the rate of 10% of the total number of measurement locations (e.g., if 10 detectors are deployed in a building, one duplicate measurement should also be made; if 20 detectors are deployed, two duplicate measurements should also be made, etc.).

Duplicate measurements are made by placing two detectors side-by-side (< 10 cm or 4 inches apart). In the case of multi-unit residential buildings, the locations selected for duplicate measurements should be distributed throughout the entire population of the sampling. Duplicate measurements should be compared by calculating their relative percent difference (RPD). The RPD can be calculated by using the formula below:

Figure 4 – RPD Formula

$$RPD = \frac{|[\text{Radon}]_{\text{Test 1}} - [\text{Radon}]_{\text{Test 2}}|}{\left(\frac{[\text{Radon}]_{\text{Test 1}} + [\text{Radon}]_{\text{Test 2}}}{2}\right)} \times 100$$

Where

$[\text{Radon}]_{\text{Test 1}}$ is the radon concentration in Bq/m³ for one detector, and

$[\text{Radon}]_{\text{Test 2}}$ is the radon concentration in Bq/m³ for the duplicate detector

The following chart provides guidance on allowable variances in RPD for duplicate tests.

| Average Test Measurement | Acceptable RPD | Warning Level | Above Acceptable |
|----------------------------|----------------|---------------|------------------|
| <75 Bq/m ³ | No limits | No limits | No limits |
| 75–149 Bq/m ³ | 25% | 50% | 67% |
| Over 150 Bq/m ³ | 14% | 28% | 36% |

Table 2 – Allowable Variances in Relative Percent Difference

Rapporto di Prova

24

Data arrivo campione: 2022-06-01
(§) A cura del personale di laboratorio secondo UNI ISO 11665-4:2021

| Determinazione: | u.m. | LOQ | Metodo | Inizio Prova | Fine Prova |
|---|-------|-----|----------------------|--------------|------------|
| Concentrazione media di attività di gas Radon in aria | Bq/mc | 20 | UNI ISO 11665-4:2021 | 2022-06-09 | 2022-06-10 |

ESITO DI ESAME

| Monitor n. ID | ^ Data Inizio Esposizione | ^ Data fine esposizione | Giorni Trascorsi | ^ Cod. Rif. | Esposizione kBq*h/mc | Risultato +-Inc. Bq/mc |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|-------------|----------------------|------------------------|
| 94641 | 2021-11-25 | 2022-06-01 | 188 | 2 | 403 | 89 +/- 15 |
| ^ Luogo di Esposizione: | | | | | | Piano: |
| Note: - | | | | | | |

L'incertezza di misura dovrebbe sempre accompagnare un rapporto di prova

La componente delle concentrazioni indoor complessiva nelle case italiane, relativa ai materiali da costruzione, è più rilevante che in altre nazioni. In molte regioni infatti costruire in tufo vulcanico è una prassi secolare motivata da vantaggi di coibentazione. Senza le necessarie accortezze però il tufo può rappresentare una componente consistente dell'inquinamento indoor da Radon.

Per i materiali da costruzione il D.P.R. 246/1993 del 21/4/1993 in GU 22/7/1993, a recepimento della Direttiva CEE 106/1989, richiedeva che i materiali da costruzione non debbano emettere gas e sostanze pericolose, tra le quali è anche compreso il Radon. Senza l'indicazione di limiti numerici, risulta, di fatto, inapplicabile.

Dal 1° luglio 2013 è entrato in vigore il Regolamento Europeo 305/2011 che abroga definitivamente la vecchia Direttiva 89/106 e introduce la Dichiarazione di prestazione che sostituisce la vecchia dichiarazione di conformità che presenta le stesse criticità.

I materiali da costruzione costituiscono, dopo il suolo, una importante sorgente di radon negli edifici a causa del loro contenuto di (radio 226 (progenitore di radon 222) e di torio 232 (progenitore di radon 220). Inoltre gli occupanti sono soggetti alle radiazioni gamma dei loro figli ed anche del potassio 40. Oltre a questi radionuclidi naturali NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) particolari lavorazioni producono materiali radioattivi (aggiunta al cemento di ceneri volatili di carbone, fosfogessi dalla preparazione di fosfati, sabbie zirconifere nella produzione di piastrelle. Per questi motivi nei primi mesi del 2000 la Commissione Europea ha pubblicato un documento contenente linee guida sui principi di radioprotezione riguardanti la radioattività naturale nei materiali da costruzione (Radiation Protection 112: Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials).

Poiché diversi radionuclidi contribuiscono alla dose, per identificare i materiali critici è stato stabilito un indice di concentrazione di attività, I, definito come segue:

$$I = C_{226\text{Ra}}/300 + C_{232\text{Th}}/200 + C_{40\text{K}}/3000$$

in cui $C_{\text{Ra-226}}$, $C_{\text{Th-232}}$ e $C_{\text{K-40}}$ indicano, rispettivamente, la concentrazione di radio-226, di torio-232 e di potassio-40, nei materiali edili.

La determinazione di queste concentrazioni viene eseguita di norma mediante spettrometria gamma

La pericolosità di un dato materiale da costruzione dipende anche da come esso viene adoperato, cioè come materiale strutturale o di rivestimento e di posizione cioè utilizzato per ambienti interni o realizzazioni all'esterno. In particolare nel secondo caso l'esposizione a radiazioni ionizzanti per la popolazione risulta inferiore.

Materiali da Costruzione

27

| Materiali da costruzione | Ra-226 Bq/kg | | Th-232 Bq/kg | | K-40 Bq/kg | |
|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | <i>Valore medio</i> | <i>Intervallo</i> | <i>Valore medio</i> | <i>Intervallo</i> | <i>Valore medio</i> | <i>Intervallo</i> |
| Tufo | 209 | 136-316 | 349 | 99-542 | 1861 | 1245-2335 |
| Pozzolana | 164 | 33-352 | 229 | 53-481 | 1341 | 374-2000 |
| Cemento | 42 | 7-98 | 66 | 9-240 | 369 | 80-846 |
| Basalto | 308 | 113-498 | 466 | 175-733 | 2178 | 1973-2354 |
| Peperino | 159 | 109-256 | 171 | 152-231 | 1422 | 1312-1790 |
| Calcestruzzo | 22 | 21-23 | 16 | 16 | 237 | 253-290 |
| Laterizi | 29 | 0-67 | 26 | 3-51 | 711 | 198-1169 |
| Argilla | 37 | 29-45 | 40 | 31-49 | 550 | 412-687 |
| Sabbia | 18 | 0-24 | 22 | 6-27 | 530 | 379-750 |
| Calce | 9 | 7-15 | 6 | 2-8 | 265 | 77-312 |
| Travertino | 1 | 0-2 | < 1 | 0-1 | 4 | 1-18 |
| Marmo | 4 | 1-13 | 1 | 0-3 | 8 | 0-30 |
| Granito | 89 | 24-378 | 94 | 36-358 | 1126 | 738-1560 |
| Porfido | 41 | 25-51 | 59 | 45-73 | 1388 | 1164-1633 |
| Calcare | 12 | 12 | 1 | 1 | 5 | 5 |

MISURA DI ESALAZIONE DA PARETI

28

Una camera di accumulo viene collocata sul materiale costituente la parete determinando il parametro di esalazione che viene espresso in Bq/mq t
Dove t rappresenta l'unità di tempo.

La camera di accumulo è sigillata sulla parete ed il circuito è chiuso.
La prova è codificata dalla ISO 11665-7:2015



CAM E DNSH

29

CAM: Criteri minimi ambientali di cui al Decreto 23 giugno 2022 pubblicato in GURI n. 163 del 6/8/2022

DNSH: Do Not Significant Harm di cui Regolamento UE 2020/852

CAM 2.4.12 Radon – Criteri Minimi Ambientali (Decreto 23 giugno 2022)

30

Devono essere adottate strategie progettuali e tecniche idonee a prevenire e a ridurre la concentrazione di gas radon all'interno degli edifici. Il livello massimo di riferimento, espresso in termini di valore medio annuo della concentrazione di radon è di 200 Bq/m³.

È previsto un sistema di misurazione con le modalità di cui all'allegato II sezione I del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, effettuato da servizi di dosimetria riconosciuti ai sensi dell'articolo 155 del medesimo decreto, secondo le modalità indicate nell'allegato II, che rilasciano una relazione tecnica con i contenuti previsti dall'allegato II del medesimo decreto.

Le strategie, compresi i metodi e gli strumenti, rispettano quanto stabilito dal Piano nazionale d'azione per il radon, di cui all'articolo 10 comma 1 del decreto dianzi citato.

Verifica: La Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

D.M. 11.10.17
2.3.5.8. Radon

VERIFICA

La Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

DNSH: Prevenzione e riduzione dell'inquinamento (Guida operativa del principio DNSH - Regolamento UE 2020/852)

Dovrà essere fornita, se la ristrutturazione dovesse interessare locali a rischio, una valutazione del rischio Radon, realizzata secondo i criteri tecnici indicati dal quadro normativo nazionale e regionale vigente.

Elementi di verifica ex ante

Verifica del rischio Radon associato all'area su cui sorge il bene e definizione delle eventuali soluzioni di mitigazione e controllo da adottare.

Elementi di verifica ex post

Radon - Dare evidenze implementazione eventuali soluzioni di mitigazione e controllo identificate.

3. Modalita' di esecuzione della misurazione di concentrazione media annua di attivita' di radon in aria

a) Ai fini della misurazione della concentrazione media annua di attivita' di radon in aria, devono essere impiegati dispositivi di misurazione per un intero anno solare, mediante uno o piu' periodi di campionamento consecutivi, utilizzando metodiche di misura riferibili a norme tecniche nazionali o internazionali. *Nell'ambito del Piano nazionale d'azione per il radon potranno essere definite ulteriori modalita' di misurazione valide ai fini della determinazione della concentrazione media annua di attivita' di radon in aria.*

E IL PIANO NAZIONALE RADON ?

32

21-2-2024

Supplemento ordinario n. 10 alla GAZZETTA UFFICIALE

Serie generale - n. 43

PIANO NAZIONALE D'AZIONE PER IL RADON 2023-2032

IL PIANO NAZIONALE DI AZIONE PER IL RADON 2023 - 2032

Azione 2.2 Indicazioni per prevenire e ridurre l'ingresso del radon nel caso di nuove costruzioni e di ristrutturazioni

Questa Azione prevede indicazioni di prima applicazione in Appendice

Azione 2.2 - Premessa

La principale fonte di radon indoor è il suolo, ma anche i materiali da costruzione, il tipo di attacco a terra e la tecnica di costruzione hanno un ruolo importante nel favorire la diffusione naturale e l'accumulo di radon in aria degli ambienti interni. Inoltre, i principali meccanismi di richiamo dal sottosuolo e di trasporto all'interno dell'edificio (*effetto camino, effetto vento*) sono oramai noti da tempo.

Queste conoscenze fanno sì che sia possibile, per le nuove costruzioni, individuare misure preventive atte a impedire l'ingresso o la diffusione del radon nell'edificio. Il decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101, all'articolo 12 comma 1 lettera b), ha previsto che alle abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024 si applichi il livello di riferimento pari a 200 Bq/m³, come contrazione di radon media annua.

In un'ottica di pianificazione e di programmazione degli interventi di protezione preventiva (nuove costruzioni), si deve definire un approccio metodologico e una strategia di programmazione basata su elementi comuni:

- analisi tecnica della situazione iniziale della costruzione, ivi compresa la caratterizzazione del sedime di fondazione e l'effettuazione di misurazioni del livello di radon presente. In questa fase è da valutare l'opportunità di eseguire anche test di permeabilità del sottosuolo o di analisi delle pressioni in gioco e, se del caso, anche misure in tempo reale di radon nel suolo;
- fase di pianificazione di massima degli interventi che comprendano, a seconda dei casi e ove possibile, la progettazione di misure di prevenzione rispetto all'ingresso del radon;
- fase di monitoraggio della concentrazione di radon non appena l'edificio entra in uso, allo scopo di verificare l'efficacia degli interventi realizzati o l'eventuale necessità di procedere alla loro ottimizzazione (ad esempio passando da un sistema passivo a uno attivo, già predisposto).

Da un punto di vista operativo, nelle condizioni più comuni o frequenti, la protezione preventiva dal radon nelle nuove costruzioni, come pure il risanamento delle costruzioni esistenti, fanno capo ad analoghi principi teorico-scientifici e contemplan il ricorso a tecniche di intervento sostanzialmente comuni.

In linea del tutto generale, pertanto, gli stessi accorgimenti progettuali considerati per le nuove costruzioni possono essere presi a riferimento anche nelle ristrutturazioni, ma nel caso di nuove costruzioni, le misure preventive possono essere opportunamente coordinate e individuate, presumibilmente anche con costi supplementari relativamente modesti.

In generale, infatti, gli interventi preventivi costano meno dei risanamenti da effettuare sulle costruzioni già terminate.

QUINDI?

Come si puo' procedere alla progettazione di nuovi edifici o ristrutturazione di edifici privi di un controllo Radon già eseguito ?

Le norme impongono ma non chiariscono come ...

MISURE BREVI PER LE RISTRUTTURAZIONI

Un criterio per svolgere misure brevi è l'adozione del protocollo dell'edificio chiuso – Closed Building Conditions di EPA - per la Valutazione della Contaminazione di Radon 222 e Thoron (o Radon 220) in aria.

Valutazione della emissività dalle pareti di materiali esalanti

Ove possibile definizione della permeabilità del suolo per la progettazione di eventuali impianti di depressurizzazione del medium di sottofondazione o pozzi radon.

Protocollo edificio chiuso

EPA 402 R 92 004

36

Il protocollo dell'Edificio Chiuso si attua quando è necessario effettuare misure di radon per un periodo inferiore a 30 giorni.

Una misurazione speditiva di almeno 48/72 ore può essere eseguita solo se sono soddisfatte le condizioni dell'edificio chiuso e mantenute per almeno 12/24 ore prima dell'inizio del rilievo. Se le condizioni non vengono attuate prima dell'inizio del rilievo, il minimo di 48/72 ore di test dovrà essere esteso ad un minimo di 72/96 ore.

Le condizioni di Edificio Chiuso devono essere mantenute fino al termine del rilievo.

Condizioni edificio chiuso

Tutte le finestre dell'immobile devono rimanere chiuse.

Tutte le porte esterne devono essere tenute chiuse, tranne per l'ingresso normale e di uscita.

Gli impianti di condizionamento d'aria possono essere usati con il ventilatore in modalità AUTO.

Se l'immobile è occupato dovrebbe essere tenuto a una temperatura confortevole per gli occupanti tra 18 e 26 °C.

Se l'immobile non è occupato (se vuoto, o gli abitanti sono fuori città) è preferibile utilizzare un range più stringente tra 19 e 25 °C.

Eventuali ventilatori non devono essere utilizzati.

Ventilatori da soffitto, deumidificatori portatili, e filtri aria non devono essere utilizzati a meno di 1 metro dal rilevatore.

I caminetti non devono essere usati durante il periodo di prova e le valvole di aerazione dovrebbero essere tenute chiuse.

Essiccatori, cappe da cucina, bagno e ventilatori di scarico possono essere usati con moderazione.

Se la casa ha un sistema di attenuazione del radon, questo deve essere funzionale per almeno 24 ore prima e durante tutto il periodo di prova.

Nuove Costruzioni

Al termine del processo edilizio, può essere complicato effettuare il test. La verifica non andrebbe fatta troppo presto dal termine dei lavori ma più tempo passa più è difficile mantenere condizioni di tranquillità utili alla esecuzione. Si consiglia di eseguire test per una nuova costruzione dopo la chiusura, ma quando ancora si è sotto la tutela di garanzia del Costruttore o con fondi specificatamente tenuti da parte in deposito a garanzia per la mitigazione in attesa dei risultati del test post-chiusura.

Di seguito si riportano le condizioni per l'esecuzione del test per una nuova costruzione.

Dovranno essere completati i seguenti lavori:

Isolamento esterno

Porte esterne

Finestre

Camini e le valvole di aerazione

Impianti di riscaldamento, aria condizionata, impianti idraulici ed elettrodomestici

Eventuali controsoffitti

Rivestimenti interni e finiture per le pareti esterne

Protezioni esterne dalle intemperie (impermeabilizzazioni)

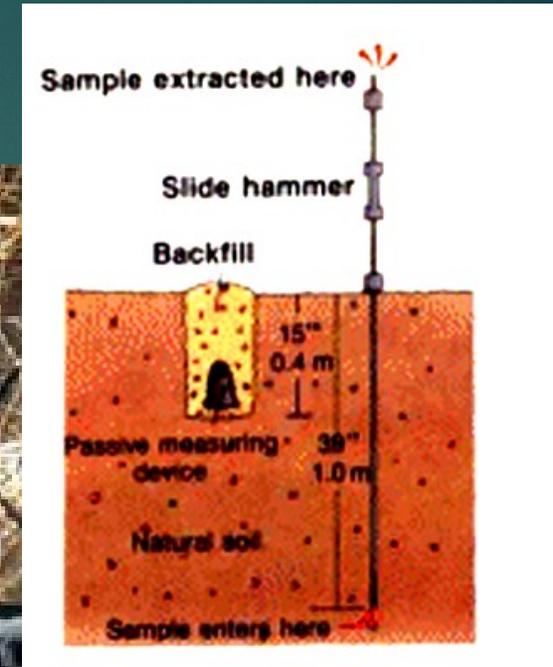
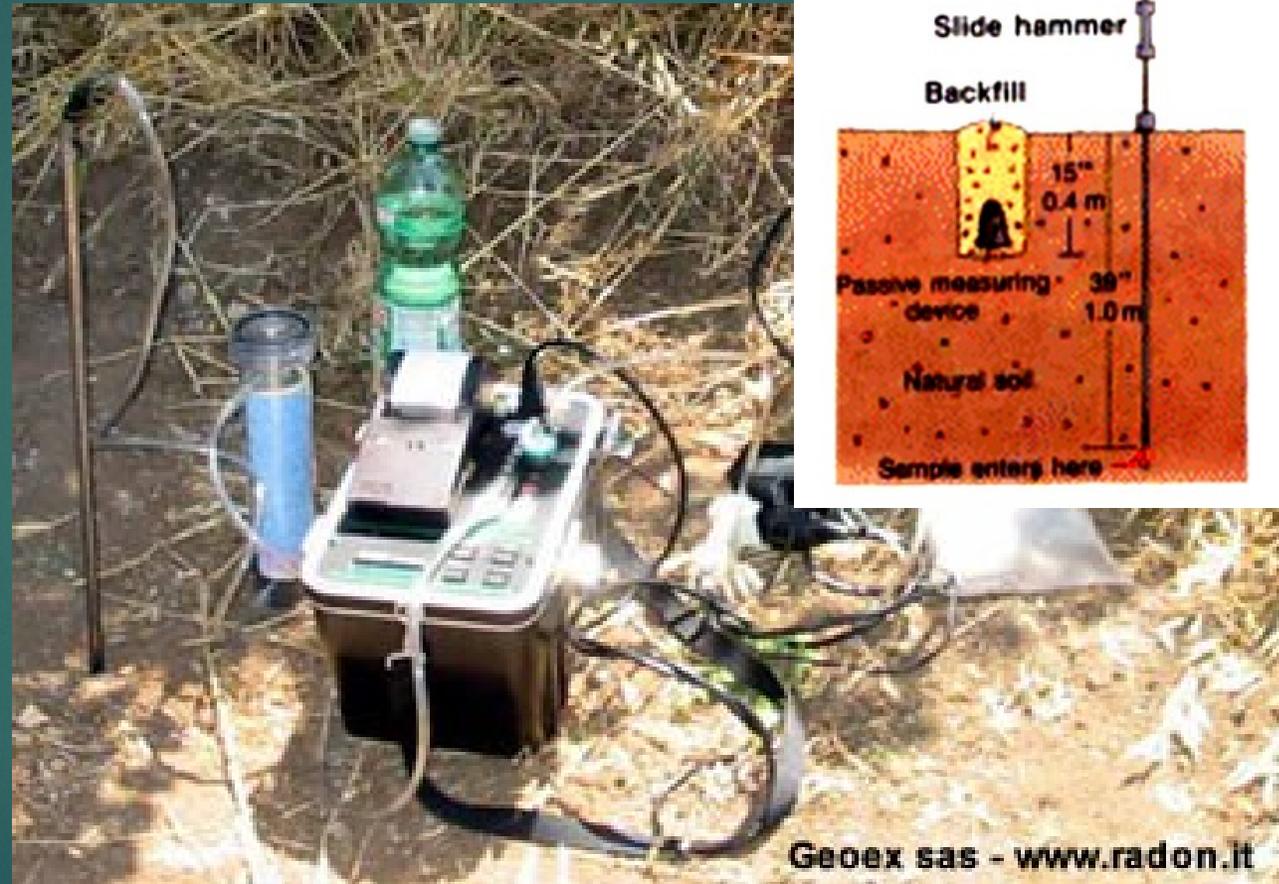
Completamento delle strutture interne ed esterne

Impianti idrici, elettrici e del gas

La misura del Radon nei Gas del Suolo

37

Attraverso l'uso di una sonda e' possibile aspirare, direttamente in strumenti predisposti, l'aria del suolo per analizzare la pericolosita' di un sito e determinare quindi gli accorgimenti piu' opportuni da adottare alla interfaccia terreno-struttura.



Regolamento Edilizio

38

Il regolamento edilizio del Comune di Pomezia è stato integrato per la salvaguardia dagli effetti nocivi dei Gas Endogeni con un testo quasi integralmente mutuato dal ns. lavoro pubblicato a dicembre 2012 sul Bollettino de:
Italian Journal of Engineering Geology and Environment (IJEGE)

DOI: 10.4408/IJEGE.2012-02.O-XX

LA CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ RADON NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE FINALIZZATA ALLA GESTIONE DEL RISCHIO

CLASSIFICATION OF RADON HAZARD IN URBAN PLANNING FOCUSED TO RISK MANAGEMENT

MAURO CASTELLUCCIO^(*), GIANLUIGI GIANNELLA^(), CARLO LUCCHETTI^(*),
MASSIMO MORONI^(***) & PAOLA TUCCIMEI^(*)**

^(*)Università "Roma Tre", Dipartimento di Scienze Geologiche - L.go San Leonardo Murialdo 1 - 00146 Roma, Italy - tuccimei@uniroma3.it

^(**)Geologo, Libero Professionista - Via Carlo Fadda, 6 - 00173 Roma, Italy - g.giannella@libero.it

^(***)GEOEX s.a.s., Corso Matteotti, 44 - 00041 Albano Laziale, Italy - info@Radon.it

La situazione nel Lazio

Le attività della campagna di monitoraggio del radon indoor nella regione Lazio sono state svolte nell'ambito di due programmi portati a termine tra il 2003 e il 2011 - (http://www.arpalazio.gov.it/download/?sez=pubblicazioni&pid=file&fln=Report_Radon_2013.pdf)

Il quadro che emerge è molto preoccupante e le conclusioni coincidono con la premessa del mio Libro del 2002:

“Alla luce dei risultati delle indagini e delle analisi effettuate è possibile individuare delle azioni che le diverse Autorità competenti sul tema del radon potrebbero, compatibilmente con le risorse disponibili, sviluppare in futuro:

- ✓ *informazione dei cittadini e delle amministrazioni;*
- ✓ *definizione di azioni di prevenzione per le nuove abitazioni;*
- ✓ *pianificazione e realizzazione di nuove campagne di monitoraggio;*
- ✓ *individuazione e risanamento degli edifici.”*

La situazione nel Lazio

40

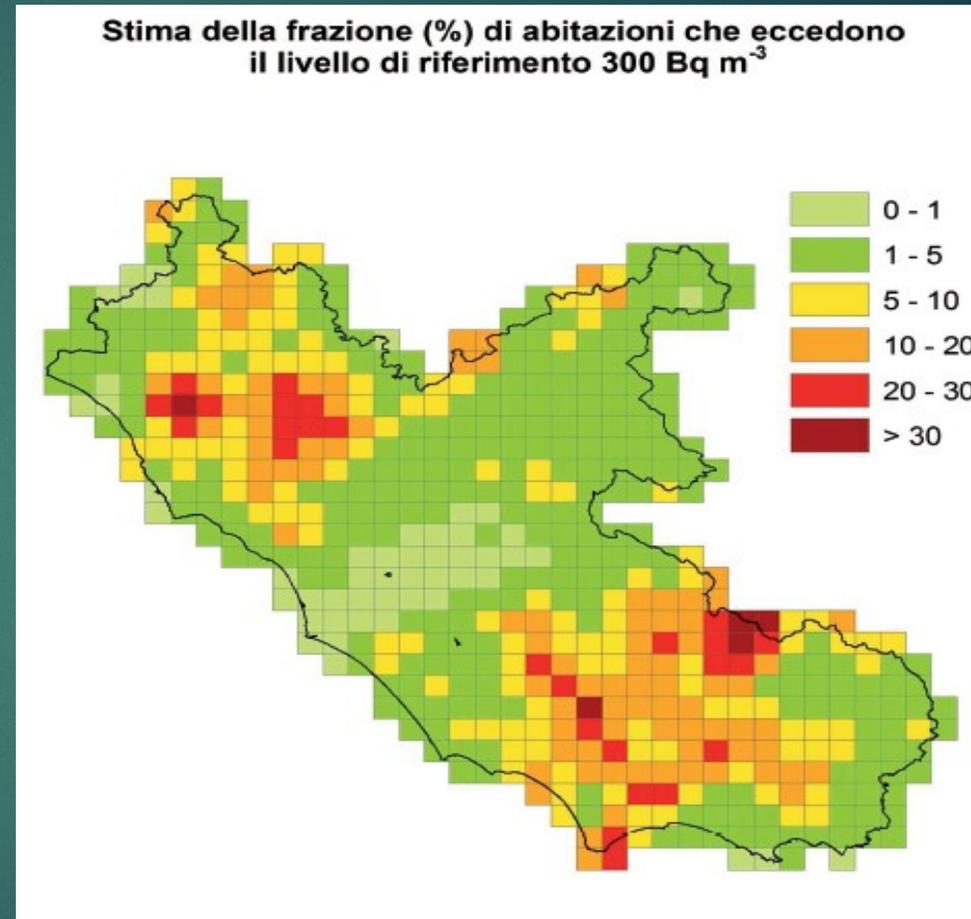
Dalla distribuzione emergono alcuni dati interessanti:

Non è solo la parte Nord della Regione ad essere interessata dal Rischio Radon.

Le aree ad urbanizzazione intensiva vengono penalizzate nella definizione del rischio con metodi geostatistici

ROMA non è affatto esente dal rischio come emergerebbe dalla cartografia.

Una pesatura del dato sulla qualità dell'immobile e sul piano di misura veniva richiesta già dal 2002



II RADON NEGLI EDIFICI

Modulo 1.1: Considerazioni geologiche sulla tipologia dei terreni

21 MARZO 2024 – IL RADON NEGLI EDIFICI

MASSIMO MORONI, DIRETTORE LABORATORIO HARMAT ACCREDITATO UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018

GIA' MEMBRO DEL TAVOLO TECNICO "RADON" ISTITUITO PRESSO IL CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

Art. 12.

Livelli di riferimento radon (direttiva 59/2013/ EURATOM, articolo 7, articolo 54, comma 1, 74, comma 1; decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, allegato I -bis , punto 4 lettera a)).

1. I livelli massimi di riferimento per le abitazioni e i luoghi di lavoro, espressi in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria, sono di seguito indicati:

a) 300 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le abitazioni esistenti;

b) 200 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024;

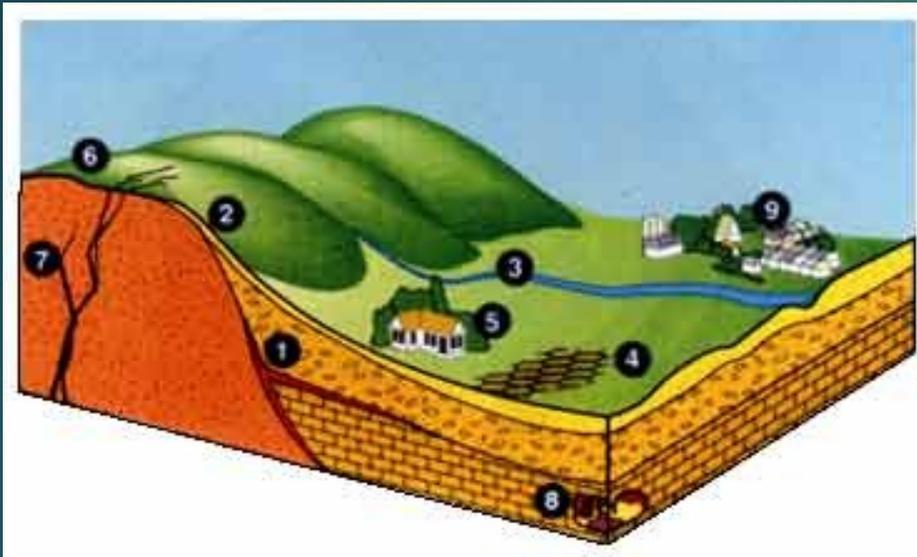
c) 300 Bq m⁻³ in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per i luoghi di lavoro;

d) il livello di riferimento di cui all'articolo 17, comma 4, è fissato in 6 mSv in termini di dose efficace annua.

La Variabilita' Geologica

43

Dalla conoscenza della caratteristiche Geologiche e dei suoli di un'area e' possibile risalire alla potenziale presenza di Radon nelle abitazioni dell'area di interesse: Progetto PERS oggi reintrodotta da Piano Nazionale di Azione per il Radon 2023-2032.



1. Rocce ricche di Uranio e Thorio nei suoli dell'area
2. Elevata permeabilita' dei suoli
3. Suoli ben drenati o asciutti durante lunghi periodi dell'anno
4. Presenza di profonde fratture di trazione nei mesi estivi
5. Collocazione di pendio o versante

6. Sottili coltri di copertura sulle rocce superficiali
7. Basamento roccioso fratturato
8. Basamento roccioso ricco di cavita' e caverne anche carsiche
9. Elevati livelli di Radon sono noti in abitazioni vicine

Il Radon ed i Materiali da Costruzione

La componente delle concentrazioni indoor complessive nelle case italiane, relativa ai materiali da costruzione, è più rilevante che in altre nazioni. In molte regioni infatti costruire in tufo è una prassi secolare motivata da indubbi vantaggi di coibentazione. Senza le necessarie accortezze però il tufo può rappresentare una componente consistente dell'inquinamento da Radon.

Studi di Primo Livello: PERS

45

Individuazione di *Radon Prone Areas* (ad esempio per la redazione di un nuovo piano urbanistico)

Algoritmo per il calcolo del **Potenziale di Esalazione di Radon dal Suolo** (ANPA, 2000).
Base di partenza della caratterizzazione geologica in questo studio è la suddivisione in **“Unità di Roccia”**, di cui si definiscono:

- Litologia, spessore, fratturazione
- Carsismo e presenza di faglie
- Concentrazione di isotopi radioattivi (eventuale presenza di mineralizzazioni uranifere)
- Presenza nell'area di manifestazioni gassose e sorgenti calde ($T > 20^{\circ}\text{C}$)
- Gradiente geotermico dell'area

A ciascuno di questi parametri è assegnato un punteggio utilizzato per la determinazione del PERS

- Altri parametri: permeabilità e caratteristiche idrogeologiche, esistenza di cavità sotterranee, spessore e natura della coltre di copertura.
- Misure di *soil radon* mirate esclusivamente al controllo e alla validazione della procedura di classificazione.

Studi di Secondo Livello

4
6

Approccio proposto da Neznal et al. (2004)

Radon potential (RP): indice numerico

Radon index (RI): indice qualitativo

- Definiscono il livello di pericolosità di un determinato sito in termini di rilascio di radon dal suolo.
- Utilizzati per definire il grado di protezione dal radon che un edificio necessita per essere messo in opera su quel sito.

$$RP = \frac{(C_A - 1)}{(-\log k - 10)}$$

in cui:

CA = concentrazione di attività di radon nel suolo (kBq/m³)

k = permeabilità intrinseca del suolo (m²)

RP < 10 → RI basso

10 ≤ RP < 35 → RI medio

RP ≥ 35 → RI alto

MISURE DI PROTEZIONE DEGLI EDIFICI IN FUNZIONE DI RI

47

| RI | Protezione dell'edificio (Jiránek, 2010) | Altre opere di urbanizzazione |
|-------|--|---|
| Basso | Nessuna | Nessun accorgimento particolare |
| Medio | Membrane impermeabili al radon | Evitare l'impermeabilizzazione del terreno nelle aree circostanti l'edificio, preferendo coperture permeabili |
| Alto | Membrane + depressurizzazione o ventilazione del vespaio | Garantire la presenza di un'area priva di ogni copertura (fascia di rispetto permeabile) intorno all'edificio |

PERMEAMETRO A DEPRESSIONE



Journal of Geochemical Exploration 148 (2015) 56–59

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Geochemical Exploration

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jgeoexp

ELSEVIER

JGE JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION

A new technique to measure in situ soil gas permeability

M. Castelluccio ^a, G. De Simone ^a, C. Lucchetti ^a, M. Moroni ^b, F. Salvati ^a, P. Tuccimei ^{a,*}

^a Università "Roma Tre", Dipartimento di Scienze, 00145 Roma, Italy
^b GEOEX s.a.s., C.so Matteotti 44, 00041 Albano Laziale, Roma, Italy

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 6 March 2014
 Accepted 3 August 2014
 Available online 10 August 2014

Keywords:
 Soil permeability
 Gas transport
 Permeameter
 Environmental pollution

ABSTRACT

Intrinsic permeability is crucial to assess gases and volatile compounds transport through soil. In situ measurements of this parameter are based on Darcy equation, an empirical relation that describes the flow of a fluid through a porous medium. A new technique for in situ measurement of soil gas permeability was developed and deeply tested in several terrains. The new instrument was successfully calibrated against RADON JOK, a permeameter which is widely employed all over the world. The new device provides rapid responses and is easy to carry in the field. It can be employed in the range of 3×10^{-13} – 8.0×10^{-11} m², extending the upper detection limit of RADON JOK (1.8×10^{-11}). Its use is recommended to investigate radon and other gas transfer through the soil and to map radon or CO₂ potentials of a given site. It could be also employed in environmental studies where the transfer of volatile pollutants is of primary concern.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

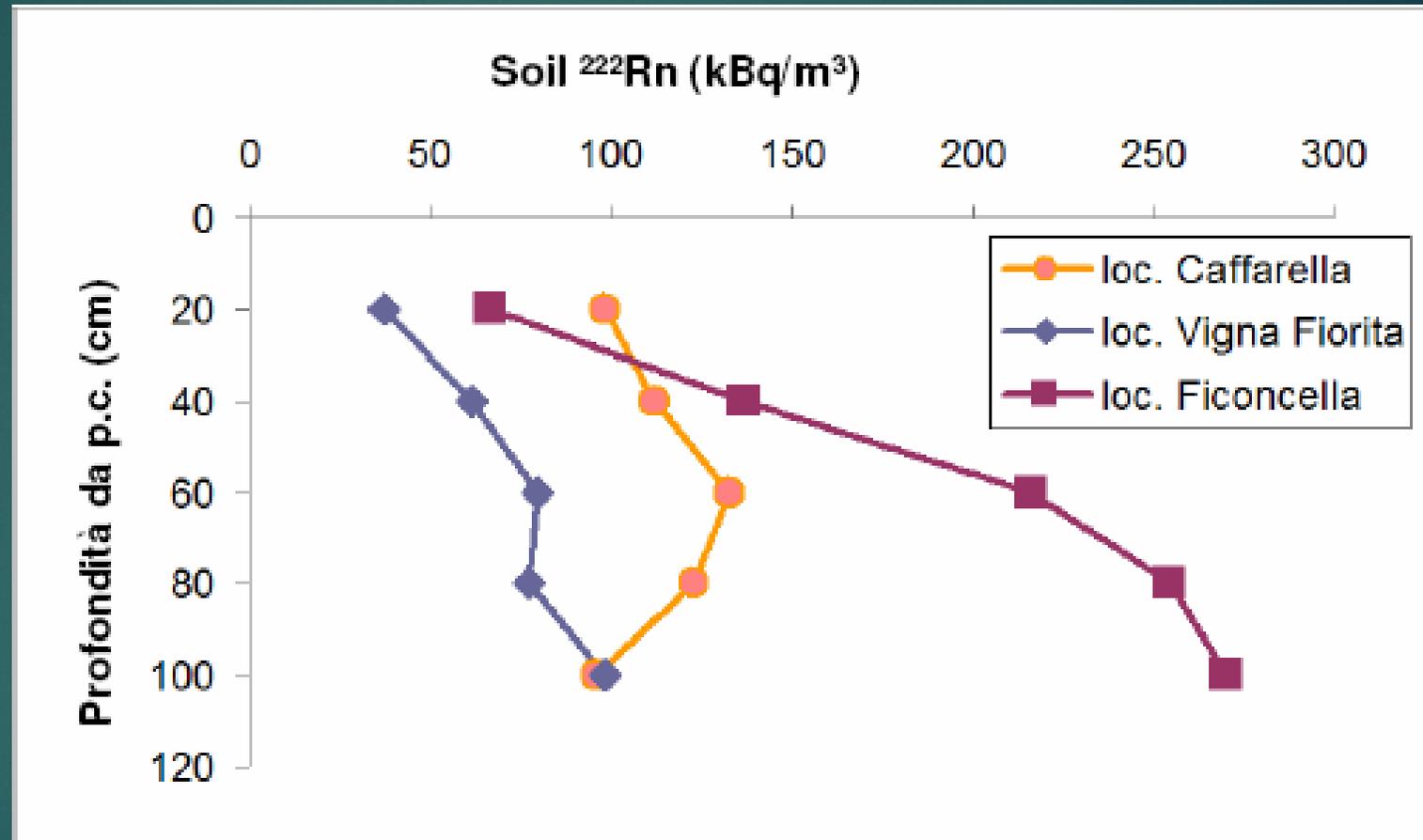
| Permeability | Pervious | | | | Semi-Pervious | | | | Impervious | | | | |
|-------------------------------|------------------------|----------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|---------------------------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| Unconsolidated Sand & Gravel | Well Sorted Gravel | | Well Sorted Sand or Sand & Gravel | | Very Fine Sand, Silt, Loess, Loam | | | | | | | | |
| Unconsolidated Clay & Organic | | | | | Peat | | Layered Clay | | Unweathered Clay | | | | |
| Consolidated Rocks | Highly Fractured Rocks | | | | Oil Reservoir Rocks | | Fresh Sandstone | | Fresh Limestone, Dolomite | | Fresh Granite | | |
| κ (cm ²) | 0,001 | 0,0001 | 1,00E-004 | 1,00E-005 | 1,00E-006 | 1,00E-007 | 1,00E-008 | 1,00E-009 | 1,00E-010 | 1,00E-011 | 1,00E-012 | 1,00E-013 | 1,00E-014 |
| k m ² | 1,00E-07 | 1,00E-08 | 1,00E-08 | 1,00E-09 | 1,00E-10 | 1,00E-11 | 1,00E-12 | 1,00E-13 | 1,00E-14 | 1,00E-15 | 1,00E-16 | 1,00E-17 | 1,00E-18 |
| K m/s | 5,59E-02 | 5,59E-03 | 5,59E-03 | 5,59E-04 | 5,59E-05 | 5,59E-06 | 5,59E-07 | 5,59E-08 | 5,59E-09 | 5,59E-10 | 5,59E-11 | 5,59E-12 | 5,59E-13 |

VARIABILITÀ VERTICALE DEL SOIL RADON

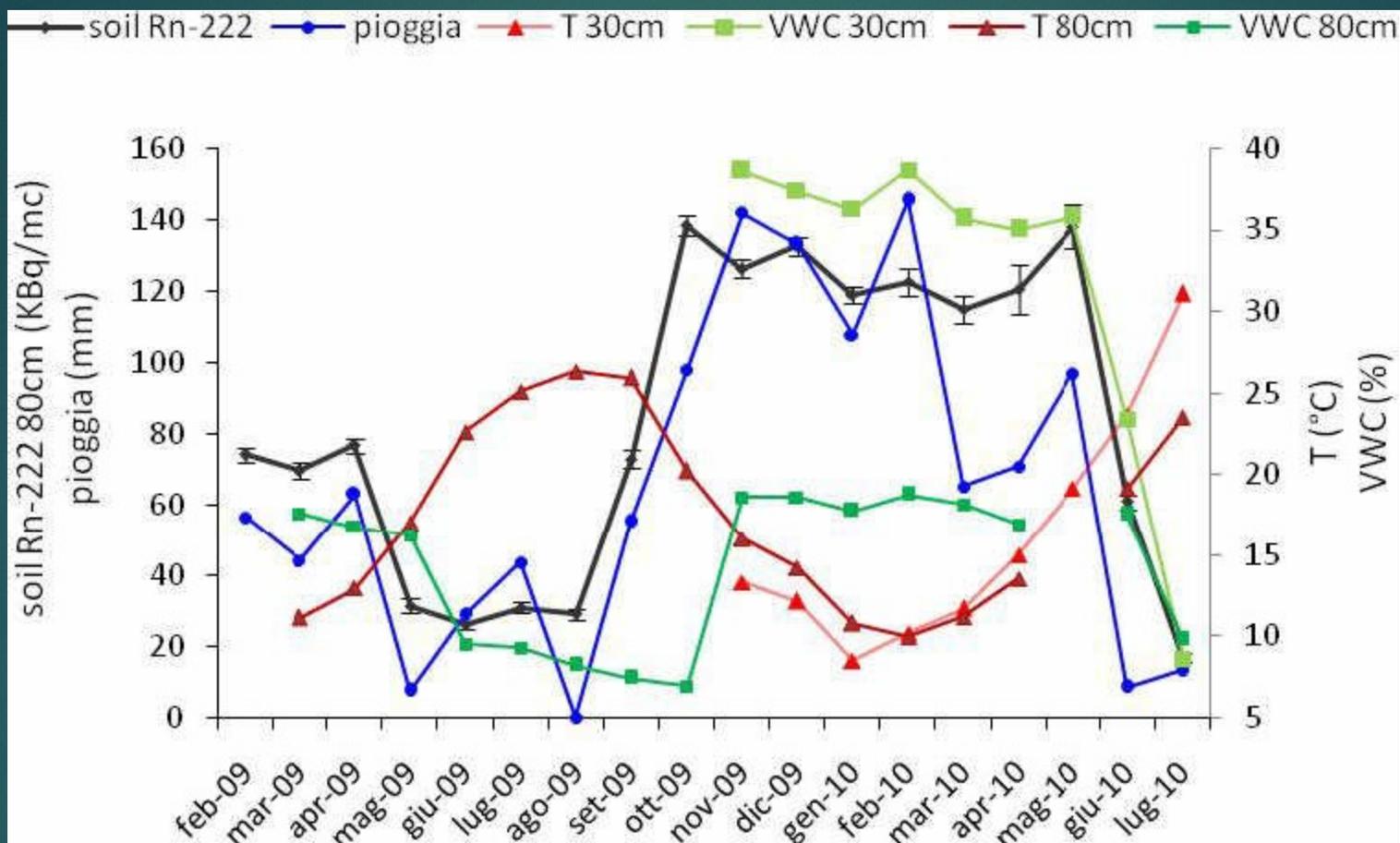
49

Dati misure primavera
2013 nei siti di:

- Roma – loc. valle della Caffarella
- Marino (RM) – loc. Vigna Fiorita
- Civitavecchia (RM) – loc. terme della Ficoncella



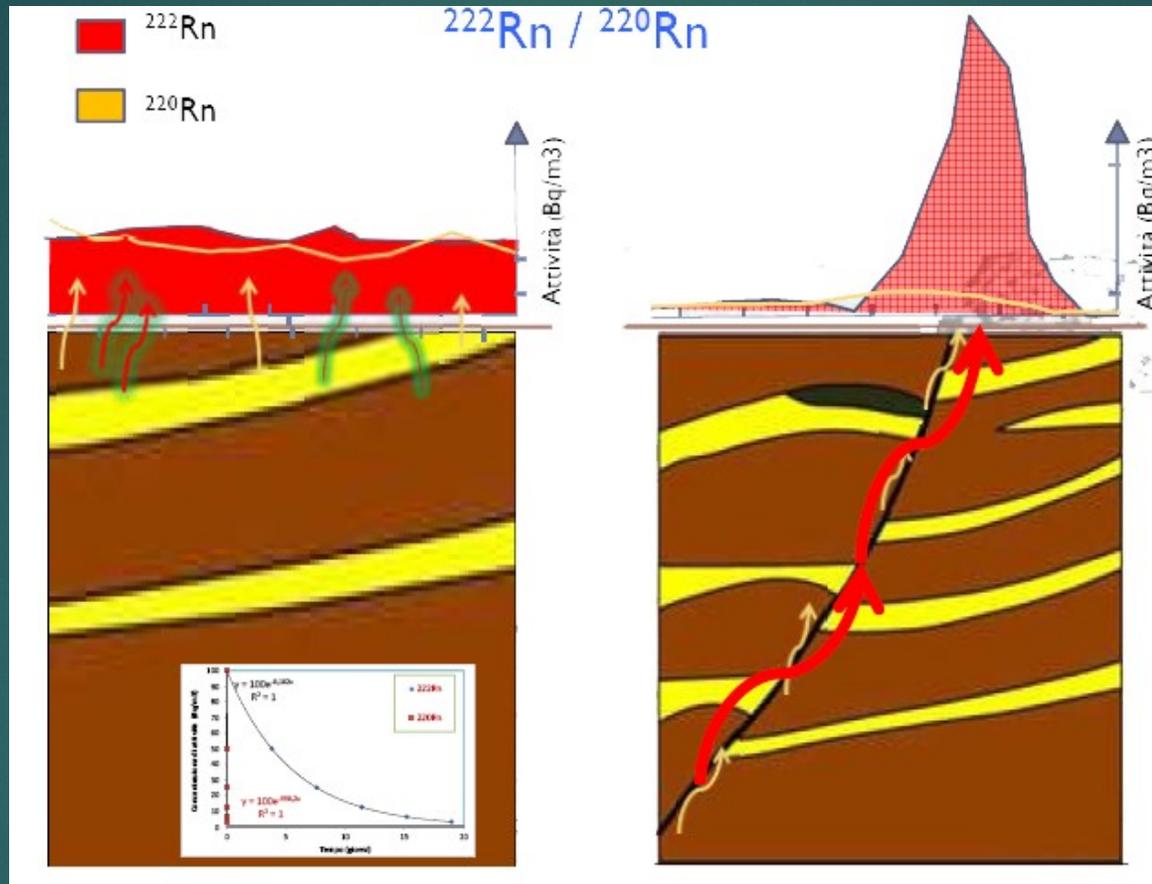
INFLUENZA DEI PARAMETRI ATMOSFERICI



Correlazione inversa con la temperatura (T) e correlazione diretta con il contenuto d'acqua (VWC Volumetric Water Content) del suolo, misurati sia a 30 sia a 80 cm di profondità (livello significatività 0.01).

Risultati del progetto di ricerca "Studio del *soil radon* in valle della Caffarella" (2007-2010)

IL TRASPORTO DEL RADON IN SUPERFICIE: DIFFUSIVO E AVVETTIVO



- Il termine "avvezione" è spesso utilizzato come sinonimo di convezione, sebbene la convezione sia tecnicamente la somma dei fenomeni di avvezione e diffusione. L'avvezione non comprende quindi il fenomeno di trasporto per diffusione, ma descrive il trasporto di una quantità a causa del moto collettivo delle particelle che compongono il fluido, come in un fiume o una tubatura.

Gli studi hanno messo in evidenza che:

1) con prevalenza di un **meccanismo di trasporto del gas di tipo diffusivo**:

- piovosità e contenuto d'acqua del suolo svolgono un ruolo fondamentale e determinano un marcato trend stagionale del *soil radon*
- determinante è la geologia di superficie

2) con prevalenza di un **meccanismo di trasporto del gas di tipo avveztivo**:

- le variazioni durante l'anno possono essere minime: prevale il contributo della sorgente profonda e determinante è l'assetto geologico-strutturale

IL RADON È UN RISCHIO GEOLOGICO

Al pari del rischio sismico, idrogeologico,
vulcanico etc.

*..... ma i geologi non sono contemplati in
nessun modo.*



Fine

Grazie per l'attenzione

info@radon.it

GAS ENDOGENI – CO₂ E H₂S

Modulo 2: Strumentazione e tecniche di Monitoraggio ambientale

03 APRILE 2025 – RADON E GAS ENDOGENI NELLA PRATICA PROFESSIONALE.

MASSIMO MORONI, DIRETTORE LABORATORIO HARMAT ACCREDITATO UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018

GIA' MEMBRO DEL TAVOLO TECNICO "RADON" ISTITUITO PRESSO IL CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

PERICOLO DI EMANAZIONI GASSOSE IN AREE URBANE DEI COLLI ALBANI



Direzione Regionale
Protezione Civile del Lazio

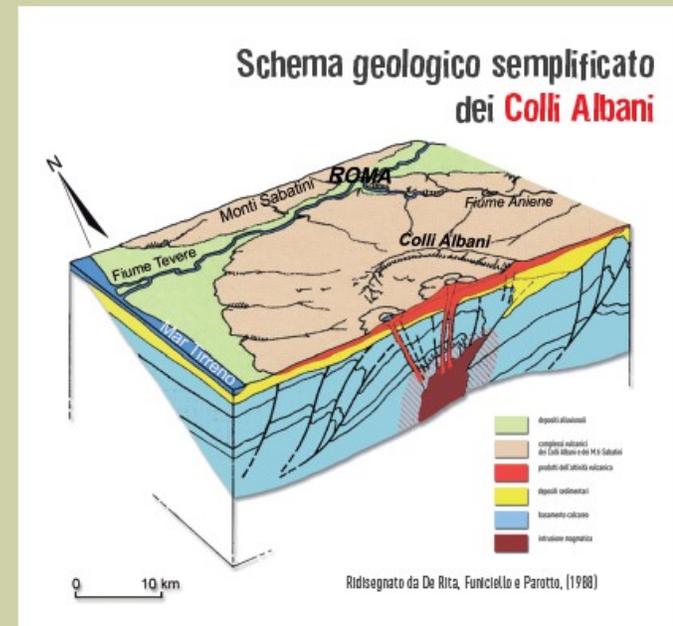


Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia

EMISSIONI DI GAS NEI COLLI ALBANI

I comuni di **Ciampino**, **Marino** e il X Municipio di Roma ricadono nel complesso vulcanico dei Colli Albani, che ha cominciato a formarsi circa 600.000 anni fa ed è costituito da numerosi centri eruttivi. Il sistema craterico più recente ospita il lago Albano dal quale sono avvenuti fenomeni pericolosi (eruzioni, esondazioni) fino ad epoca Romana (IV sec. a.C.).

Nelle aree vulcaniche quiescenti si osserva spesso un rilascio anomalo di gas dal suolo, costituito prevalentemente da anidride carbonica. L'emissione di gas avviene soprattutto in corrispondenza di fratture o faglie, lungo le quali i gas presenti negli strati profondi risalgono facilmente verso la superficie. Il fenomeno può variare nello spazio e nel tempo: infatti i terremoti possono produrre l'apertura di nuove fratture e la circolazione di acqua termale può sigillarne altre.



La presenza di manifestazioni gassose nell'area dei Colli Albani è anche associata ad acque sotterranee che hanno in soluzione una notevole quantità di anidride carbonica che viene liberata per abbassamento di pressione quando l'acqua risale verso la superficie.

Oltre all'anidride carbonica nel gas emesso troviamo idrogeno solforato, metano e in misura minore il radon.

CO₂

L'**anidride carbonica**, è il più abbondante tra i gas rilasciati (fino al 98 % vol.). E' un gas inodore, incolore, più pesante dell'aria che, in assenza di vento, tende ad accumularsi in prossimità del suolo e soprattutto nelle zone depresse, dove può raggiungere concentrazioni molto elevate. La sua concentrazione normale nell'aria è di 330 ppm (parti per milione) pari allo 0,03 %. I limiti di concentrazione consentiti in ambiente di lavoro sono di 0,5 % per un'esposizione di 8 ore e del 3 % per brevi esposizioni fino a 15 minuti. La CO₂ provoca un incremento dell'attività respiratoria e un'azione vasocostrittrice, per concentrazioni fino al 5 %. Superata questa soglia, la CO₂ diventa un tossico pericoloso che provoca asfissia. Per concentrazioni inferiori al 8 % i sintomi (emicrania, ipotensione, capogiri) sono reversibili respirando aria pura. Di contro, superandosi questo valore, può sopraggiungere rapidamente la paralisi respiratoria, e lo svenimento. Oltre il 25 % si ha la morte immediata.

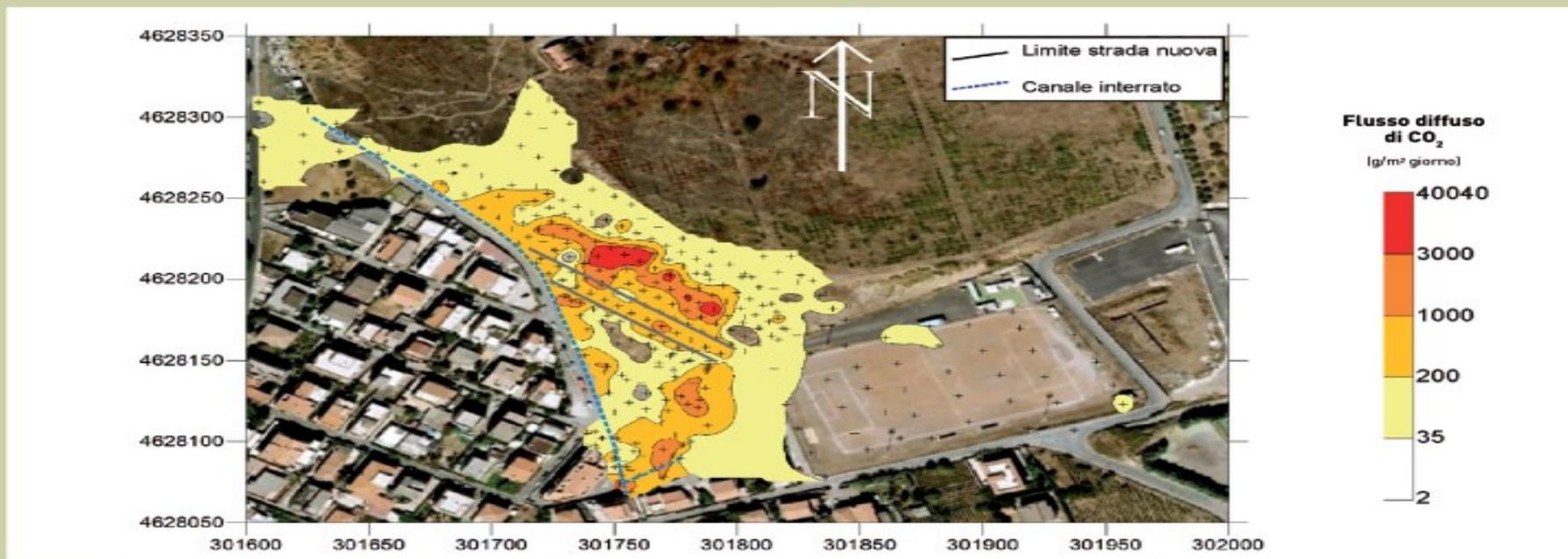
H₂S

L'**idrogeno solforato** (1-2 % vol. nelle emissioni naturali dei Colli Albani) è un gas incolore, più pesante dell'aria, ma a differenza dell'anidride carbonica si riconosce facilmente dal classico odore di uova marce. I limiti consentiti in ambiente di lavoro sono di 10 ppm per un'esposizione di 8 ore e di 15 ppm per brevi esposizioni. Questo gas esercita un'azione irritante a carico del sistema respiratorio. A 150 ppm procura un effetto paralizzante sull'apparato olfattivo. A 250 ppm può provocare edema polmonare. La morte istantanea si ha per concentrazioni superiori a 500 ppm.

Rn

Il **radon** è un gas di origine radioattiva inodore, incolore e insapore, 8 volte più pesante dell'aria. Si concentra nelle falde acquifere e nei luoghi chiusi a contatto col terreno. La concentrazione di radon in un'area è molto variabile e dipende sia dalla quantità di uranio contenuto nelle rocce (da cui si genera il radon), sia dalla presenza di altri gas, come la CO₂ che lo trascina con sé verso la superficie. Inoltre, il radon può raggiungere elevate concentrazioni all'interno delle abitazioni, anche in mancanza di emissione di gas dal suolo, se i materiali costruttivi usati sono rocce ad alto contenuto in uranio. Il pericolo da radon si manifesta a lungo termine. Se respirato per anni a concentrazioni elevate può provocare il tumore polmonare, del quale rappresenta a scala mondiale la causa principale dopo il fumo.

MAPPA DELLE ANOMALIE DI FLUSSO DI ANIDRIDE CARBONICA



La mappa del flusso di CO₂ dal suolo copre l'area intorno alla manifestazione di Cava dei Selci ed è stata realizzata nel giugno 2010. I colori indicano l'entità dell'emissione di CO₂ dal suolo: le zone di massimo rilascio di gas sono colorate in rosso. Il flusso totale di CO₂ della zona (35.000 m²) è stimato a 10,2 ton/giorno.



Cava dei Selci - Marino (sinistra)
Alla mattina spesso il gas viene disperso dalla manifestazione verso le case (come evidenziato dal fumogeno).

Cava dei Selci - Marino (destra)
Misura con tecniche laser della concentrazione in aria di CO₂ e H₂S.

REGIONE LAZIO



Dipartimento: DIPARTIMENTO ISTITUZIONALE E TERRITORIO

Direzione Regionale: AMBIENTE

Area: DIFESA DEL SUOLO E CONCESSIONI DEMANIALI

DETERMINAZIONE

N. A00271 del 19/01/2012

Proposta n. 920 del 19/01/2012

Oggetto:

Aree indiziate di emissione pericolosa di Anidride Carbonica (CO₂) nei territori dei Comuni di Castel Gandolfo, Ciampino, Marino e Roma (Municipi X, XI, XII). Nuove direttive agli uffici regionali competenti ai fini del rilascio dei pareri ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/01.

DETERMINA

di impartire ai funzionari dell'Area Difesa del Suolo, per l'espletamento dell'istruttoria tecnica finalizzata al rilascio del parere geomorfologico ai sensi dell'art. 89 D.P.R. 380/01, le seguenti disposizioni, valide nell'area delimitata nell'allegato 1 parte integrante della presente determinazione:

1. in via precauzionale le varianti al P.R.G. o al P.U.G.C. e gli Strumenti Urbanistici Attuativi, dovranno essere accompagnati da studi, indagini e relazioni specifiche sui gas i cui contenuti sono dettagliatamente descritti ai successivi punti 2, 3, 4. Sulla base dei risultati degli studi eseguiti si applicheranno le disposizioni illustrate ai successivi punti 5, 6, 7, 8 e 9.
2. I documenti previsti, ai sensi della D.G.R. Lazio n. 2649/99, per le varianti urbanistiche (qualora non sia indicata l'area di sedime delle edificazioni) dovranno essere integrati da una relazione geologica che includa i risultati del monitoraggio del flusso e della concentrazione di CO₂ al suolo e contenga anche una descrizione delle caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata (marca e modello dello strumento, specifiche dei sensori e data dell'ultima calibrazione certificata dalla ditta costruttrice).

Il monitoraggio dovrà essere eseguito secondo i passi seguenti:

- a. Esecuzione di una campagna di misure del flusso di CO₂ al suolo, utilizzando strumenti con camera di accumulo in condizioni di terreno asciutto e di tempo stabile senza forti sbalzi di pressione atmosferica e/o umidità del suolo. Sulla base di questa campagna dovrà essere valutato il valore di fondo e le varie classi di flusso anomale con metodi geostatistici. Dovrà essere elaborata una mappa di flusso di CO₂ al suolo con metodi geostatistici.

Le misure dovranno essere distribuite secondo una maglia il più possibile regolare e con una densità di:

- almeno 25 campioni per ettaro per piani urbanistici fino a 10.000 m²;

- almeno 15 campioni per ettaro per piani urbanistici con estensione compresa tra 10.000 m² e 300.000 m²;
 - almeno 10 campioni per ettaro per proposte di piano urbanistico superiori a 300.000 m²;
- b. Esecuzione, successivamente alle misure di flusso, di una campagna di misure di concentrazione di CO₂ nel suolo, ad una profondità compresa tra 50 e 80 cm, con terreno asciutto e con strumenti ad infrarossi. Le misure di concentrazione dovranno essere distribuite secondo lo schema della campagna di flusso, il più possibile regolare, con un raffittimento delle misure in corrispondenza dei massimi valori di flusso di CO₂ registrati durante la fase precedente (punto 2a).
3. Dopo il rilascio del parere favorevole sulla variante, e prima della redazione del progetto esecutivo, dovrà essere obbligatoriamente presentato, alla struttura regionale competente, il piano attuativo con un'ulteriore campagna di misure di concentrazione di CO₂ eseguite secondo le modalità descritte al punto 4.
4. I documenti previsti, ai sensi della D.G.R.L. n. 2649/99, per gli strumenti urbanistici attuativi, e in generale tutti gli strumenti urbanistici dove sia indicata l'area di sedime delle edificazioni, dovranno essere integrati da una relazione geologica che includa i risultati del monitoraggio del flusso e della concentrazione di CO₂ effettuati sull'area così come indicato al precedente punto 2 ai paragrafi a, b.
- Inoltre dovranno essere eseguite misure di concentrazione di CO₂ nel suolo, con le modalità previste nel punto 2b, con un raffittimento in corrispondenza dell'area di sedime di tutti gli edifici previsti.

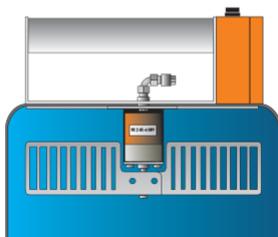
5. In sintesi le misure dovranno essere eseguite secondo lo schema seguente:

| Tipologia di Strumento Urbanistico | Campagne di Misura |
|---|---|
| <u>Variante Urbanistica</u> senza indicazione dell'area di sedime delle edificazioni | una campagna di misure di flusso e una successiva di misure di concentrazione |
| <u>Piano Attuativo</u> successivo ad una variante urbanistica approvata secondo le norme della presente determinazione | una campagna di misure di concentrazione al suolo con raffittimento nelle aree di sedime |
| <u>Piano Attuativo</u> | <ul style="list-style-type: none"> • una campagna di misure di flusso e successivamente una prima campagna di misure di concentrazione; • una seconda campagna di concentrazione al suolo effettuata in modo che l'intervallo temporale tra le due campagne di concentrazione non risulti inferiore a 3 mesi; |

Le Misure di Flusso

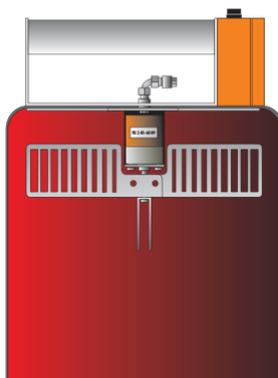


The accumulation chambers



Type A

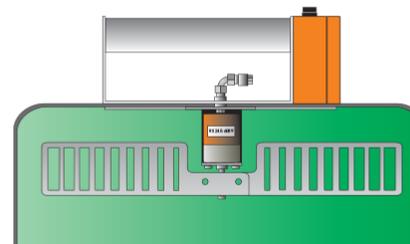
Internal diameter: 0.2 m (200 mm)
 Internal height: 0.097 m (97 mm)
 Internal volume chamber: $2.797 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.095 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $2.756 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $3.140 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 1.650 Kg (with alkaline battery)



Type B

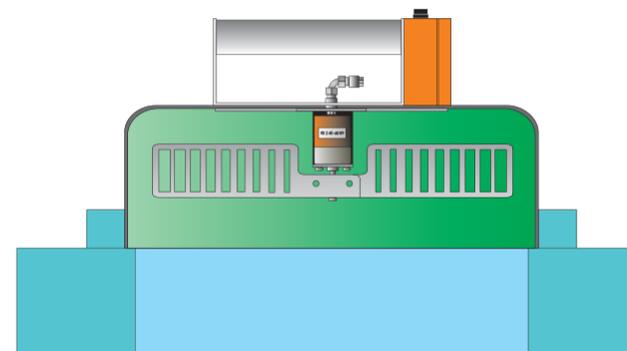
Internal diameter: 0.2 m (200 mm)
 Internal height: 0.198 m (198 mm)
 Internal volume chamber: $6.231 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.498 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $6.186 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $3.140 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 2.150 Kg (with alkaline battery)

With Accumulation Chamber Type B you can measure flux higher than $10000 \text{ grams/m}^2 \times \text{day}$ with more accuracy.



Type C

Internal diameter: 0.3 m (300 mm)
 Internal height: 0.97 m (97 mm)
 Internal volume chamber: $6.925 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.647 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $6.878 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $7.116 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 1.900 Kg (with alkaline battery)



Type C-floating

Internal diameter: 0.3 m (300 mm)
 Internal height: 0.97 m (97 mm)
 Internal volume chamber-floating: $11.277 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.647 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $11.231 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $6.697 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 2.000 Kg (with alkaline battery)

With accumulation chambers type C-floating you can measure flux over lakes or other water sources.

Method 2: Measuring the flux directly in moles/sm/day.

To get the results directly in moles/sm/day you have to set the Accumulation Chamber factor to the correct value, taking it from the tables.

For each measurement, if there are variations in the air temperature, or of the barometric pressure, or if you changed the accumulation chamber you have to select the [tools][settings] menu and put the correct accumulation chamber factor in the "A.c.K." field. This operation can be "critical". In any case on the saved files you'll find the results of flux evaluation expressed in both units , the raw ppm/sec and the moles/sm/day computed with the A.c.K. you set.

The accumulation chamber factors

Here following the formula used to compute the A.c.K.:

$$K = \frac{86400 \cdot P}{10^6 \cdot R \cdot T_k} \cdot \frac{V}{A}$$

Where

- **P** is the barometric pressure expressed in mBar (HPa)
- **R** is the gas constant 0.08314510 bar L K⁻¹ mol⁻¹
- **T_k** is the air temperature expressed in Kelvin degree
- **V** is the chamber net volume in cubic meters
- **A** is the chamber inlet net area in square meters.

The dimensions of the A.c.K. are

$$K = \frac{\text{moles} \cdot \text{meter}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}}{\text{ppm} \cdot \text{sec}^{-1}}$$

In the table the conversion factors vs temperature and barometric pressure for the Accumulation Chamber Type A and B are reported.

Accumulation chamber A factors

| | Air temperature °C | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 1033 | 0.382 | 0.374 | 0.367 | 0.360 | 0.354 | 0.347 | 0.341 | 0.335 | 0.330 | 0.324 | 0.319 | 0.313 | 0.308 |
| 1013 | 0.374 | 0.367 | 0.360 | 0.353 | 0.347 | 0.341 | 0.335 | 0.329 | 0.323 | 0.318 | 0.312 | 0.307 | 0.303 |
| 993 | 0.367 | 0.360 | 0.353 | 0.346 | 0.340 | 0.334 | 0.328 | 0.322 | 0.317 | 0.311 | 0.306 | 0.301 | 0.297 |
| 973 | 0.359 | 0.352 | 0.346 | 0.339 | 0.333 | 0.327 | 0.321 | 0.316 | 0.310 | 0.305 | 0.300 | 0.295 | 0.291 |
| 953 | 0.352 | 0.345 | 0.339 | 0.332 | 0.326 | 0.320 | 0.315 | 0.309 | 0.304 | 0.299 | 0.294 | 0.289 | 0.285 |
| 933 | 0.345 | 0.338 | 0.332 | 0.325 | 0.319 | 0.314 | 0.308 | 0.303 | 0.298 | 0.293 | 0.288 | 0.283 | 0.279 |
| 913 | 0.337 | 0.331 | 0.324 | 0.318 | 0.313 | 0.307 | 0.302 | 0.296 | 0.291 | 0.286 | 0.282 | 0.277 | 0.273 |
| 893 | 0.330 | 0.323 | 0.317 | 0.311 | 0.306 | 0.300 | 0.295 | 0.290 | 0.285 | 0.280 | 0.275 | 0.271 | 0.267 |
| 873 | 0.322 | 0.316 | 0.310 | 0.304 | 0.299 | 0.294 | 0.288 | 0.283 | 0.278 | 0.274 | 0.269 | 0.265 | 0.261 |
| 853 | 0.315 | 0.309 | 0.303 | 0.297 | 0.292 | 0.287 | 0.282 | 0.277 | 0.272 | 0.268 | 0.263 | 0.259 | 0.255 |
| 833 | 0.308 | 0.302 | 0.296 | 0.291 | 0.285 | 0.280 | 0.275 | 0.270 | 0.266 | 0.261 | 0.257 | 0.253 | 0.249 |
| 813 | 0.300 | 0.295 | 0.289 | 0.284 | 0.278 | 0.273 | 0.269 | 0.264 | 0.259 | 0.255 | 0.251 | 0.247 | 0.243 |
| 793 | 0.293 | 0.287 | 0.282 | 0.277 | 0.271 | 0.267 | 0.262 | 0.257 | 0.253 | 0.249 | 0.245 | 0.241 | 0.237 |
| 773 | 0.286 | 0.280 | 0.275 | 0.270 | 0.265 | 0.260 | 0.255 | 0.251 | 0.247 | 0.242 | 0.238 | 0.235 | 0.231 |
| 753 | 0.278 | 0.273 | 0.268 | 0.263 | 0.258 | 0.253 | 0.249 | 0.244 | 0.240 | 0.236 | 0.232 | 0.229 | 0.225 |
| 733 | 0.271 | 0.266 | 0.260 | 0.256 | 0.251 | 0.246 | 0.242 | 0.238 | 0.234 | 0.230 | 0.226 | 0.222 | 0.219 |
| 713 | 0.263 | 0.258 | 0.253 | 0.249 | 0.244 | 0.240 | 0.235 | 0.231 | 0.227 | 0.224 | 0.220 | 0.216 | 0.213 |
| 693 | 0.256 | 0.251 | 0.246 | 0.242 | 0.237 | 0.233 | 0.229 | 0.225 | 0.221 | 0.217 | 0.214 | 0.210 | 0.207 |
| 673 | 0.249 | 0.244 | 0.239 | 0.235 | 0.230 | 0.226 | 0.222 | 0.218 | 0.215 | 0.211 | 0.208 | 0.204 | 0.201 |
| 653 | 0.241 | 0.237 | 0.232 | 0.228 | 0.224 | 0.220 | 0.216 | 0.212 | 0.208 | 0.205 | 0.201 | 0.198 | 0.195 |
| 633 | 0.234 | 0.229 | 0.225 | 0.221 | 0.217 | 0.213 | 0.209 | 0.205 | 0.202 | 0.199 | 0.195 | 0.192 | 0.189 |
| 613 | 0.226 | 0.222 | 0.218 | 0.214 | 0.210 | 0.206 | 0.202 | 0.199 | 0.196 | 0.192 | 0.189 | 0.186 | 0.183 |
| 593 | 0.219 | 0.215 | 0.211 | 0.207 | 0.203 | 0.199 | 0.196 | 0.192 | 0.189 | 0.186 | 0.183 | 0.180 | 0.177 |
| 573 | 0.212 | 0.208 | 0.204 | 0.200 | 0.196 | 0.193 | 0.189 | 0.186 | 0.183 | 0.180 | 0.177 | 0.174 | 0.171 |
| 553 | 0.204 | 0.200 | 0.197 | 0.193 | 0.189 | 0.186 | 0.183 | 0.179 | 0.176 | 0.173 | 0.171 | 0.168 | 0.165 |
| 533 | 0.197 | 0.193 | 0.189 | 0.186 | 0.182 | 0.179 | 0.176 | 0.173 | 0.170 | 0.167 | 0.164 | 0.162 | 0.159 |
| 513 | 0.190 | 0.186 | 0.182 | 0.179 | 0.176 | 0.172 | 0.169 | 0.166 | 0.164 | 0.161 | 0.158 | 0.156 | 0.153 |
| 493 | 0.182 | 0.179 | 0.175 | 0.172 | 0.169 | 0.166 | 0.163 | 0.160 | 0.157 | 0.155 | 0.152 | 0.150 | 0.147 |

Barometric pressure mBar (Hpa)

Volume: 2.756*10⁻³ m³
Area: 3.140*10⁻² m²

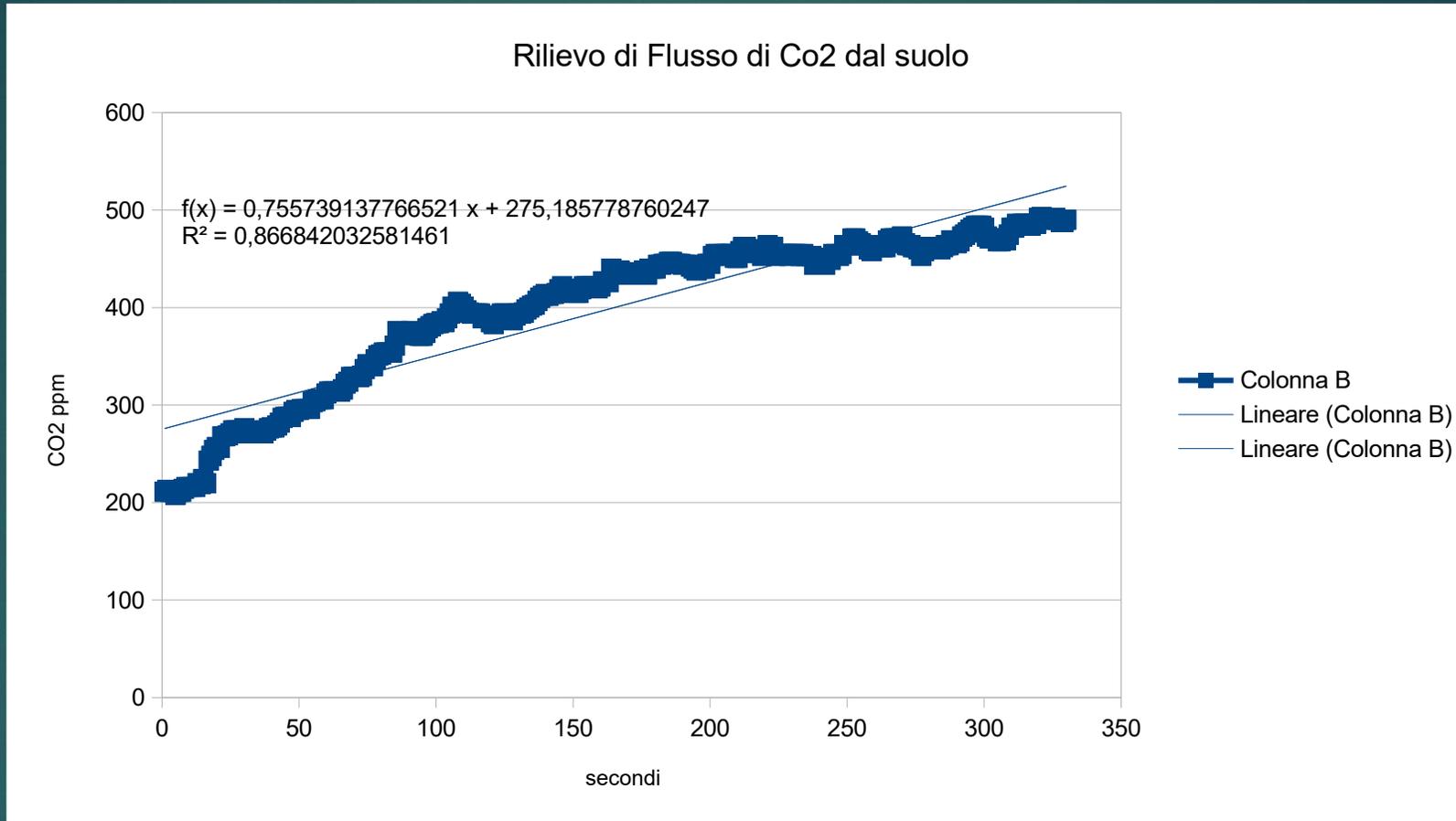


Tabella di cantiere

| 26/05/2015 – Temperatura 23 – Pressione 1013 | | | | | | | |
|--|----------|---------|--------|---------|----------------------|------------------|----------------|
| n. campione | data/ora | lat | long | ppm/sec | Coeff Calibrazione K | Flusso moli/mq/g | Flusso gr/mq/g |
| 028 | 16:06 | 4626827 | 299807 | 0,52 | 0,318 | 0,16536 | 7,27584 |
| 029 | 16:24 | 4626893 | 299770 | 0,3 | 0,318 | 0,0954 | 4,1976 |
| 030 | 16:42 | 4626937 | 299721 | 0,74 | 0,318 | 0,23532 | 10,35408 |
| 031 | 16:53 | 4626991 | 299636 | 0,59 | 0,318 | 0,18762 | 8,25528 |
| 032 | 17:08 | 4627024 | 299557 | 0,34 | 0,318 | 0,10812 | 4,75728 |
| 033 | 17:23 | 4626966 | 299584 | 0 | 0,318 | 0 | 0 |
| 034 | 17:38 | 4626917 | 299637 | 0,15 | 0,318 | 0,0477 | 2,0988 |
| 035 | 17:53 | 4626877 | 299683 | 0,36 | 0,318 | 0,11448 | 5,03712 |
| 036 | 18:07 | 4626832 | 299734 | 0,45 | 0,318 | 0,1431 | 6,2964 |
| 037 | 18:22 | 4626792 | 299768 | 0,36 | 0,318 | 0,11448 | 5,03712 |
| 038 | 18:37 | 4626712 | 299800 | 0,85 | 0,318 | 0,2703 | 11,8932 |
| 039 | 18:52 | 4626680 | 299878 | 0,32 | 0,318 | 0,10176 | 4,47744 |
| 040 | 19:05 | 4626647 | 299942 | 0,68 | 0,318 | 0,21624 | 9,51456 |
| 041 | 19.20 | 4626556 | 299948 | 0,75 | 0,318 | 0,2385 | 10,494 |