

I CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



A E ASSOCIAZIONE
TECNOLOGI
PER L'EDILIZIA



CONVEGNO ON LINE
MERCOLEDÌ 8 FEBBRAIO 2023, ORE 13.45 - 18.30

COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO E RADON
PROBLEMI E SOLUZIONI IN ACCORDO AL D. Leg. 101/2020

**Impiego di guaine bituminose per bloccare il radon emanato dal terreno
attraverso pavimenti industriali poggiati direttamente sul terreno**

Ines Antunes¹, Pierluigi Ciferni¹, Silvia Colleparidi², Mario Colleparidi², Roberto Troli³



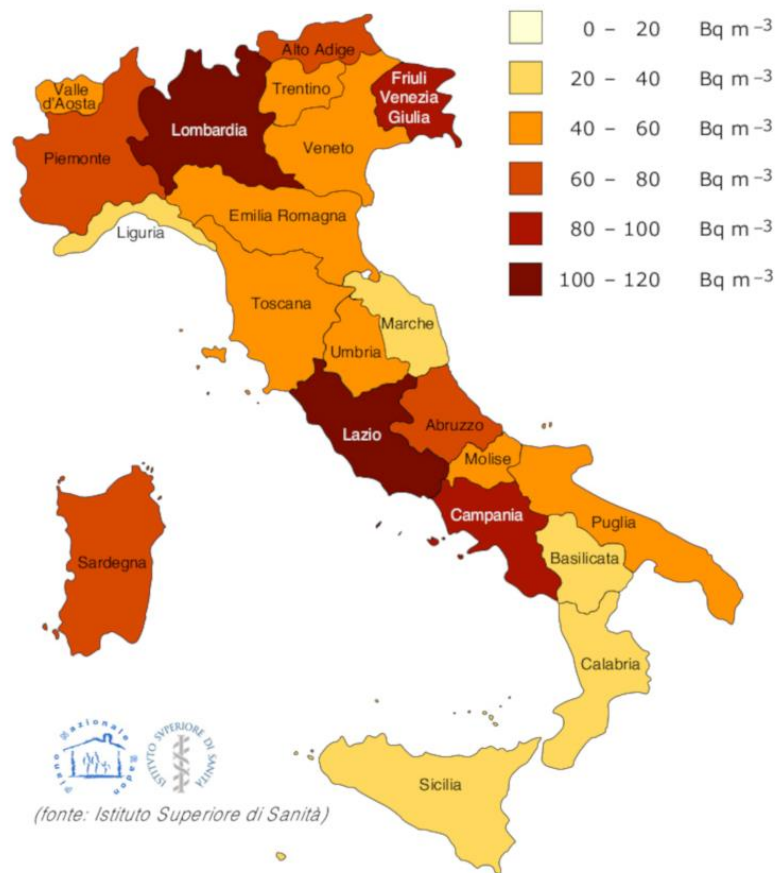
betonrossi

Evento organizzato con la collaborazione della:

I FONDAZIONE
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

08 febbraio 2023 – Corso online

ATTUALI RIFERIMENTI NORMATIVI ITALIANI



Dlgs 101 del 31 Luglio 2020

Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti

Tipologia locale	Concentrazione media annua (Bq/m ³)
Luoghi di lavoro	300
Abitazioni esistenti	300
Abitazioni costruite dopo il 31/12/2024	200

Dal 2002 - Piano Nazionale Radon (PNR)

- Programmare azioni finalizzate alla riduzione del rischio radon
- Valutare l'efficacia delle azioni intraprese per valutarne quantitativamente l'impatto ed effettuare eventuali correzioni alla programmazione

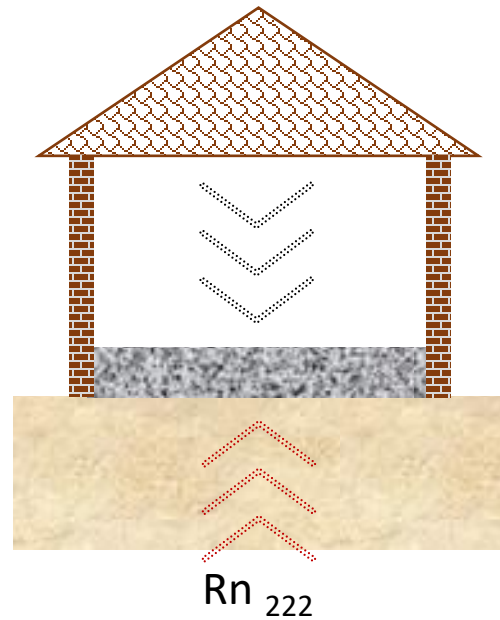
ATTENZIONE: il valore di concentrazione medio regionale, ricavabile dalla mappa, **non dà nessuna indicazione riguardo al livello di radon della propria abitazione.** Per conoscere la concentrazione di radon nella propria casa è necessario effettuare una misura con dispositivi adeguati.

PENETRAZIONE DEL RADON NEGLI EDIFICI

Il radon penetra negli edifici attraverso 3 meccanismi principali

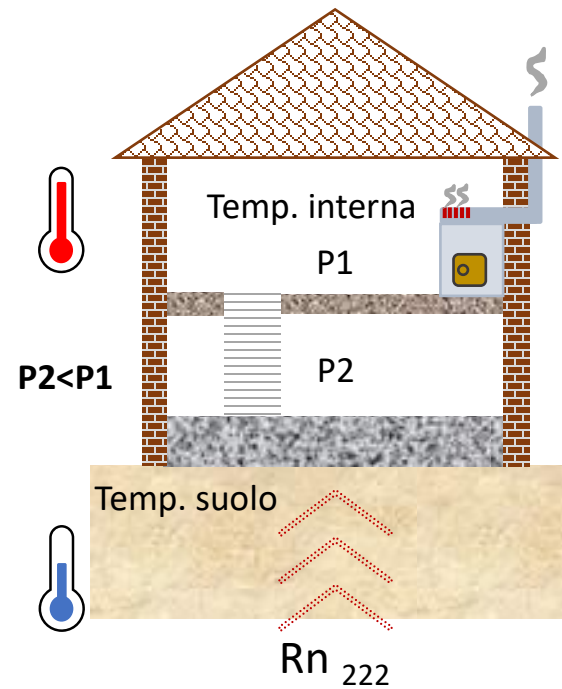
Diffusione

Equilibrio dei gas

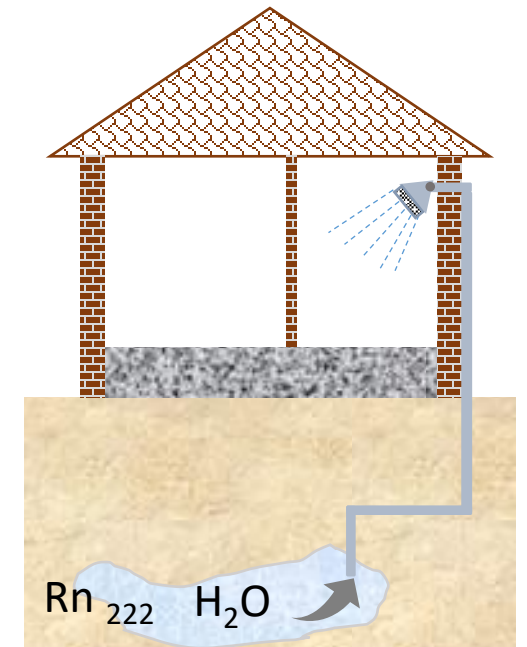


Convezione

Edificio in depressione



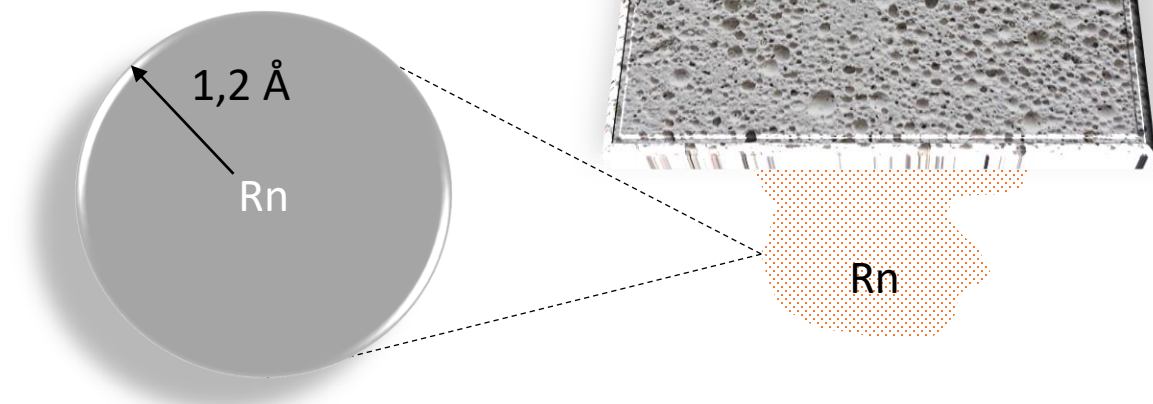
Trasporto fluido



PENETRAZIONE DEL RADON ATTRAVERSO LE POROSITÀ DEL CALCESTRUZZO

La presenza di micro-cavità e pori nella matrice cementizia è fisiologica ed è dovuta al suo processo di reazione e alla sua composizione eterogenea.

Il diametro dei pori capillari è compreso nell'intervallo di 5-10 μm che è molto maggiore della dimensione del diametro degli atomi di radon (qualche Ångström).



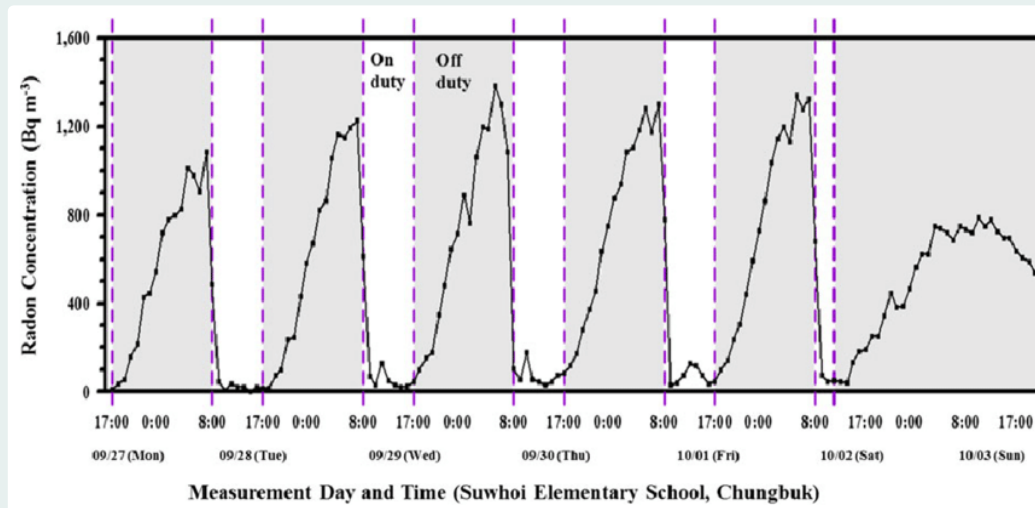
RISCHIO PER LA SALUTE DA RADON

Le misure quantitative di radon indoor devono essere valutate calcolando una media di dati raccolti **generalmente nell'arco di un anno**.

Questo perchè la presenza del radon cambia significativamente dal giorno alla notte, con le stagioni e persino a seconda del clima esterno all'abitazione.

L'assenza momentanea di radon proveniente da un terreno, destinato a sostenere la costruzione di un edificio, non significa che quell'area resterà sempre sicura per la salute umana.

Quindi, tutto il calcestruzzo delle fondazioni dovrà sempre agire come se fosse protetto da una barriera al radon.



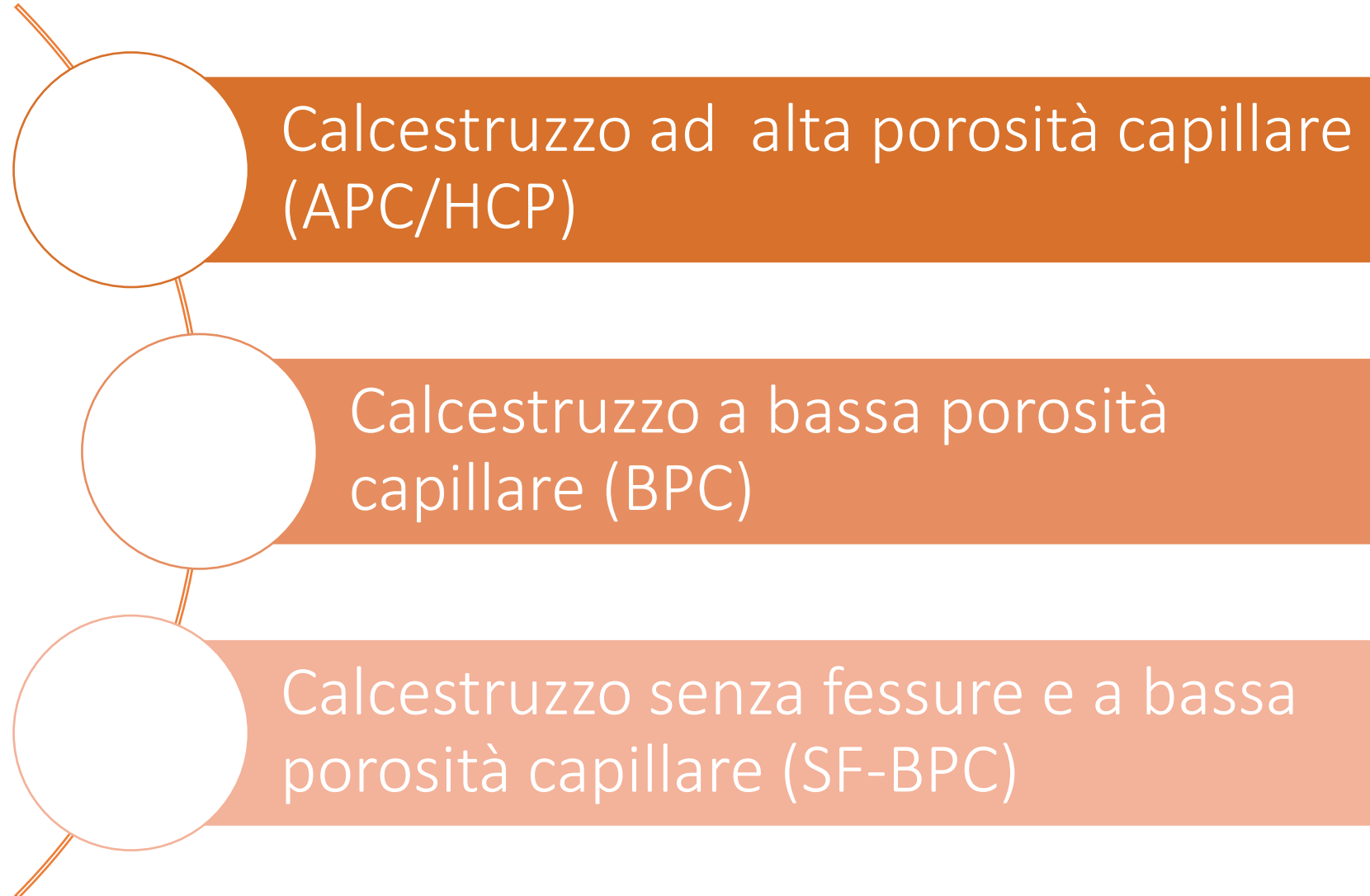
Lee, E., Chang, Byung-Uck, Kim, Yong-Jae, radon survey in school and estimation of effective dose using corrected radon concentration, Radiation Protection Dosimetry 179(7485), April 2018

OBIETTIVI DELLA RICERCA

I principali obiettivi della presente ricerca sono:

- Verificare se esiste un tipo di calcestruzzo che possa di per sé bloccare la penetrazione del radon attraverso la fondazione
- Verificare se un rivestimento in bitume liquido riduca la penetrazione del radon attraverso il calcestruzzo
- Verificare se una guaina bituminosa già impiegata sul mercato sia effettivamente un'eccellente barriera alla penetrazione del radon

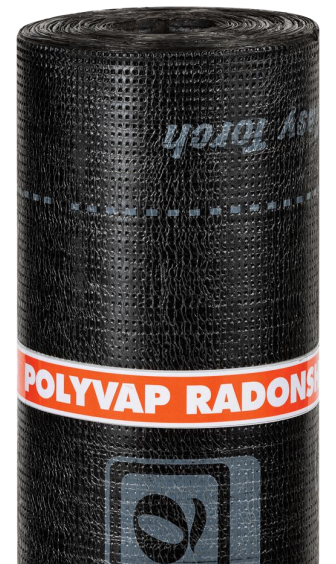
SPERIMENTAZIONE: TIPI DI CALCESTRUZZO



I MATERIALI DI PROTEZIONE

- La **membrana liquida** utilizzata è a base bituminosa in emulsione acquosa. Particolarmente indicata per l'applicazione sui tetti, terrazzi in calcestruzzo, vecchi manti bituminosi, fondazioni. Si tratta di un prodotto alternativo alla membrana bitume-polimero per quelle applicazioni localizzate dove la membrana tradizionale non può essere posata.

- **Polyvap Radonshield** è una membrana bituminosa composta da bitume modificato APP ed elastomeri (APAO) ed un'armatura in lamina di alluminio accoppiata con un poliestere rinforzato. Essa è specificatamente studiata per schermare le risalite di radon dal terreno.

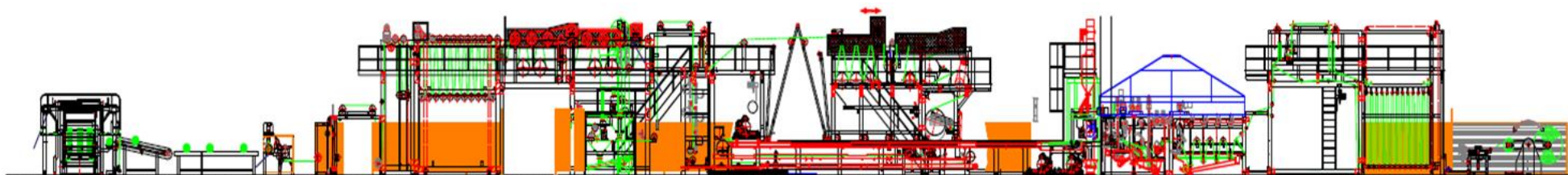
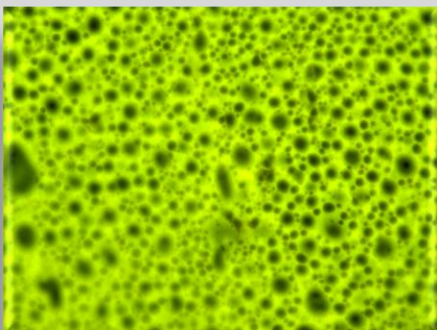


COME SI PRODUCE UNA MEMBRANA BITUMINOSA

Una membrana bituminosa viene prodotta per impregnazione di una armatura generalmente in poliestere o fibre di vetro con una mescola costituita da bitume modificato con polimeri.

A seconda dei polimeri utilizzati e della loro qualità, il bitume acquisisce proprietà quali elevato punto di rammollimento, elevata elasticità, ottima flessibilità a freddo, resistenza ai raggi UV e all'invecchiamento ossidativo

L'armatura utilizzata è invece responsabile delle proprietà meccaniche della membrana e di numerose altre caratteristiche peculiari come la capacità di fungere da barriera al vapore



COMPOSIZIONE DEI CALCESTRUZZI

Tipo di calcestruzzo	APC	BPC	SF-BPC
CEM II/A-LL 42.5 R: kg/m ³	330	358	359
Acqua: kg/m ³	198	143	139
Sabbia (0-5 mm): kg/m ³	940	944	916
Ghiaia (5-10 mm): kg/m ³	420	447	443
Ghiaia (10-25 mm): kg/m ³	550	596	598
Superfluidificante*: kg/m ³	—	2.90	2.89
SRA**: kg/m ³	—	—	3.98
Agente Espansivo***: kg/m ³	—	—	33

* 30% di una soluzione acquosa di poli-carbossilato

** Basato su neopentyl-glicole

*** Basato su CaO cotto a 1.000 °C

PROVE DI LABORATORIO

Le seguenti prove di laboratorio sono state eseguite:

- Misura dello slump sui calcestruzzi freschi
- Resistenza meccanica a compressione su provini cubici a 28 giorni e 20 °C
- Variazione contrastata della lunghezza di provini di calcestruzzo armati 80 x 80 x 240 in accordo alla prova ASTM 845-90 a 20°C e umidità relativa (UR) del 50 % \pm 5%
- Microscopia ottica per rilevare le eventuali micro-fessure causate dal ritiro igrometrico sulle lastre dopo aver rimosso a 2 giorni i fogli di plastica protettivi

RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO A 20 °C

Prestazione	ACP	BCP	SF-CCP
Slump (mm)	240	250	250
Resistenza meccanica cubica a compressione a 28 giorni (MPa)	28	57	58
Variazione dimensionale (10^{-6}) con UR = 50% \pm 5% dopo 1 mese	-313	-303	+65
Presenza di micro-fessure	SI	SI	NO

PROVE DI CAMPO: TRATTAMENTO DELLA SUPERFICIE DEL CALCESTRUZZO



Ogni calcestruzzo in forma di una lastra spessa 100 mm rinforzata con un'armatura metallica è stata sottoposta ai seguenti trattamenti sulla superficie quadrata 300 x 300 mm:

A) Nessuna applicazione sulla superficie della lastra

B) Applicazione a rullo sulla superficie della lastra di una membrana di bitume liquido

C) Applicazione sulla superficie della lastra di una guaina costituita da bitume distillato modificato con polimero e rinforzato con una armatura di poliestere accoppiato con alluminio



PROVE DI CAMPO: MISURE DELLA PENETRAZIONE DEL RADON ATTRAVERSO LASTRE DI CALCESTRUZZO



Vista delle tre lastre confezionate con APC (HCP in Inglese)

A) Senza protezione

B) Rivestita con uno strato di bitume liquido

C) Rivestita con la guaina di bitume che funge da barriera al radon

Su ogni lastra è stato adagiato un rivelatore di radioattività coperto con un bicchiere di vetro rovesciato e sigillato alla lastra.

Misure simili sono state eseguite con le lastre BPC e SF-BPC.

PENETRAZIONE DEL RADON ATTRAVERSO LA LASTRA IN CALCESTRUZZO APC

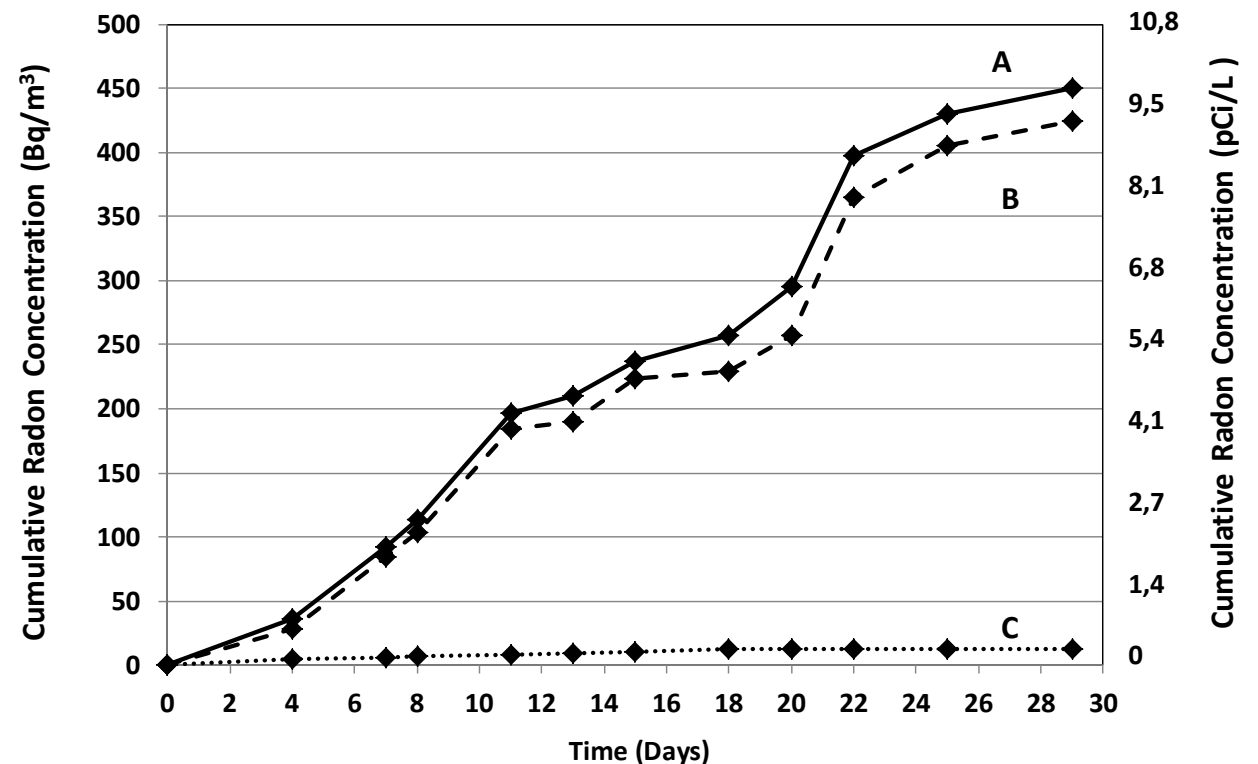
Il grafico sotto rappresenta la concentrazione cumulativa del radon attraverso la lastra APC in funzione tempo in giorni ed il tipo di rivestimento a base di bitume

Curva A: calcestruzzo senza protezione

Curva B: calcestruzzo rivestito con membrana liquida

Curva C: calcestruzzo protetto con guaina bituminosa industriale

$$1 \text{ [pCi/l]} = 37 \text{ [Bq/m}^3\text{]}$$



PENETRAZIONE DEL RADON ATTRAVERSO IL CALCESTRUZZO BPC

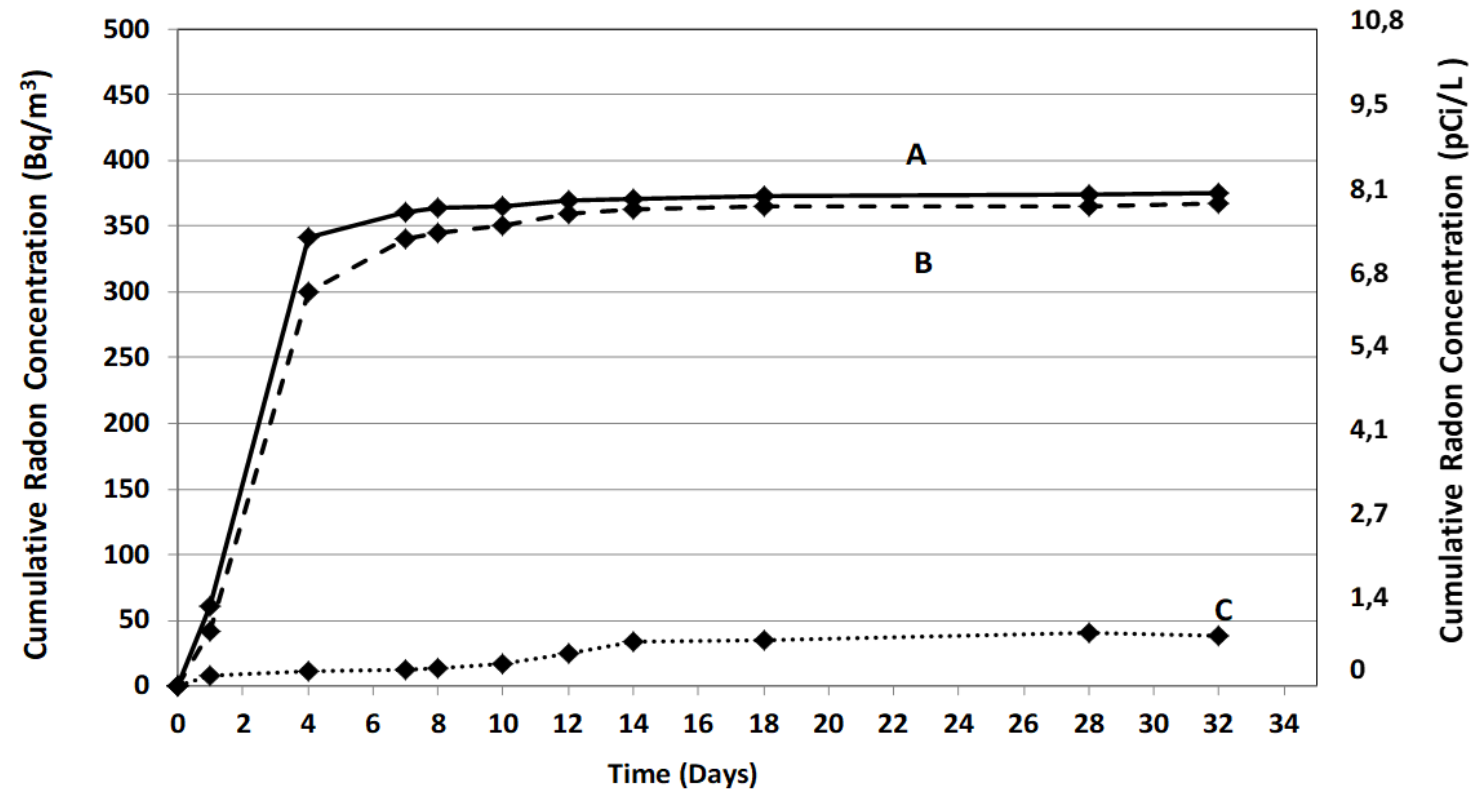
Calcestruzzo BPC in funzione del tempo e del tipo di rivestimento superficiale in bitume

Curva A: calcestruzzo senza protezione

Curva B: calcestruzzo rivestito con membrana liquida

Curva C: calcestruzzo protetto con guaina bituminosa industriale

$$1 \text{ [pCi/l]} = 37 \text{ [Bq/m}^3\text{]}$$



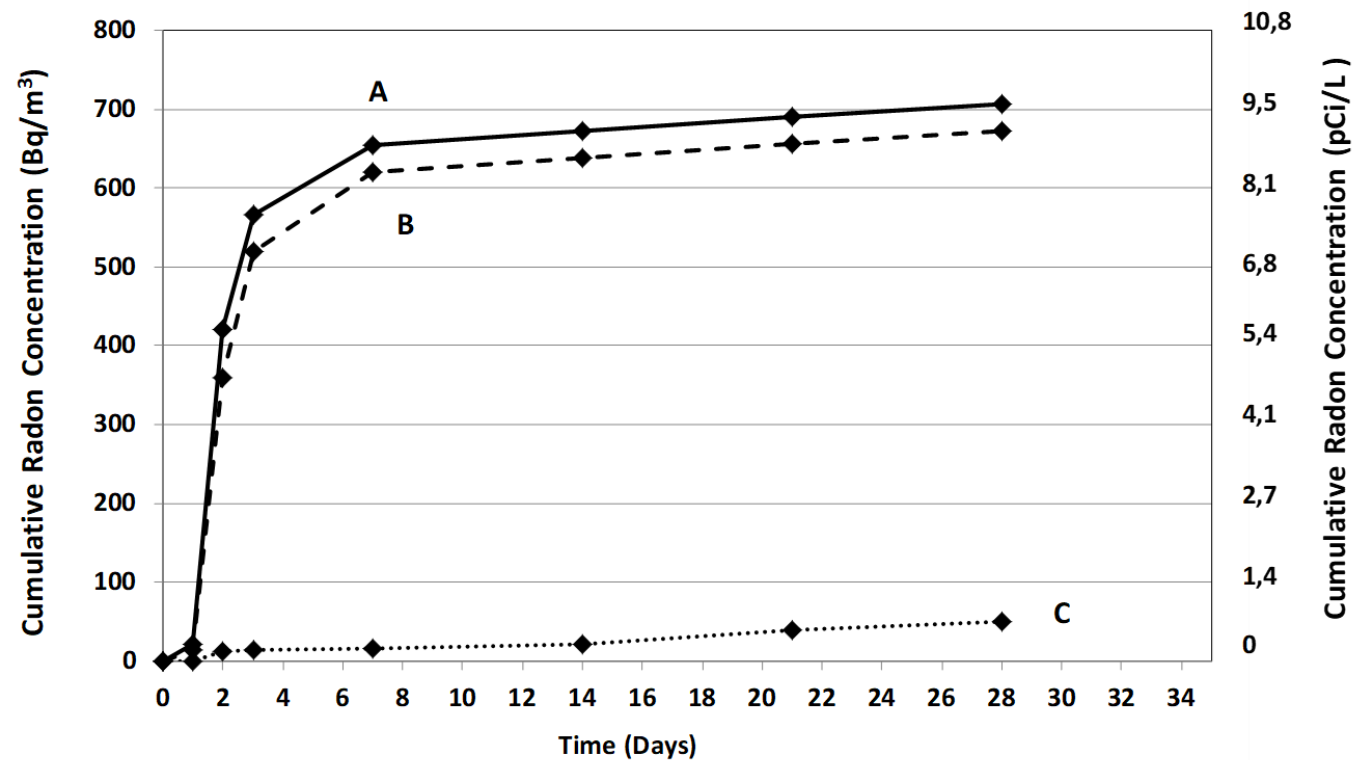
PENETRAZIONE DEL RADON ATTRAVERSO IL CALCESTRUZZO SF-BPC (SENZA FESSURE E A BASSA POROSITA' CAPILLARE)

Calcestruzzo SF-BPC in funzione del tempo e del tipo di rivestimento bituminoso.

Curva A: calcestruzzo senza protezione

Curva B: calcestruzzo rivestito con membrana liquida

Curva C: calcestruzzo protetto con guaina bituminosa industriale



$$1 \text{ [pCi/l]} = 37 \text{ [Bq/m}^3\text{]}$$

CONCLUSIONI

- 1) L'impiego di un calcestruzzo più prestazionale per la minore porosità capillare e assenza di fessure non assicura alcuna protezione contro la penetrazione del radon
- 2) La protezione della fondazione di calcestruzzo mediante applicazione a rullo di bitume liquido si è rivelata poco efficace nel ridurre l'ingresso di radon, indipendentemente dal tipo di calcestruzzo
- 3) La guaina in bitume, specificatamente formulata come barriera al radon, è molto efficace nel bloccare il flusso di radon qualsiasi sia il tipo di calcestruzzo nel pavimento

L'applicazione di una guaina industriale a base di bitume come quella descritta nella presente ricerca è assolutamente indispensabile per proteggere le persone che lavorano o vivono sui piani terra di edifici industriali, supermercati, ristoranti, alberghi e scuole



REALIZZAZIONE PRATICA DI PAVIMENTI IMPENETRABILI AL RADON IN 6 STADI

- a) Ricoprire con guaine bituminose tutto il pavimento esistente sovrapponendo lembi di guaine in modo che il calcestruzzo sia tutto coperto
- b) Adagiare fogli di tessuto non-tessuto o di polietilene per evitare che le successive operazioni possano danneggiare le guaine bituminose
- c) Posare i casseri, adagiare una rete metallica distaccata dal fondo con opportuni distanziatori e gettare il calcestruzzo per uno spessore di 20-30 cm
- d) Spianare il calcestruzzo fresco ed applicare lo spolvero industriale quando il pavimento è pedonabile
- e) Eseguire sul pavimento i giunti di contrazione e di costruzione
- f) Risvoltare la guaina bituminosa lungo le pareti e i pilastri presenti nella pavimentazione per essere incollata “a fiamma” al fine di realizzare una impermeabilizzazione; prima di gettare il calcestruzzo occorre applicare sul risvolto verticale della guaina una fascetta adesiva in polietilene espanso del tipo utilizzato per realizzare i giunti di isolamento; la fascetta servirà a proteggere la guaina bituminosa dalle lavorazioni del pavimento.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO E RADON
PROBLEMI E SOLUZIONI IN ACCORDO AL D. Leg. 101/2020 08 febbraio 2023

