



CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)
C.U.G.R.I. Comitato Unificato di Geologia e Radiologia

WEBINAR

RISCHI NATURALI:

Amianto e Radon, pericoli occulti

La stima dei flussi superficiali di radon attraverso proxy geochimici e radiometrici.

Il caso di studio della Campania



Venerdì 10 Giugno 2022 DALLE 15.00 ALLE 19.00
APC: ai partecipanti Geologi saranno riconosciuti n. 4 crediti formativi

SPONSOR
bertin **LOGISTICA AMBIENTALE** **POLYGLASS** **PROTEX ITALIA**

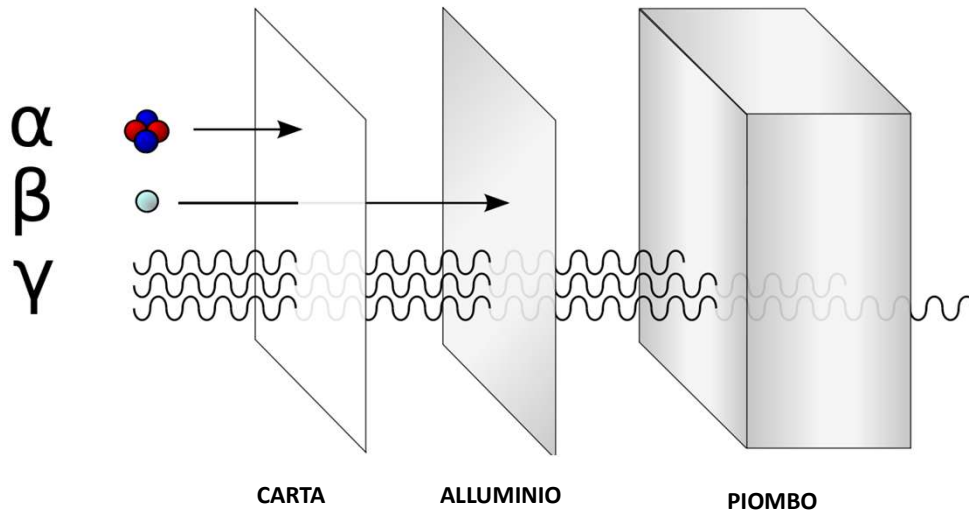


EGWG



DiSTAR Dipartimento di Scienze della Terra,
dell'Ambiente e delle Risorse
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

Radiazioni ionizzanti



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



CON IL PATROCINIO DI



Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.

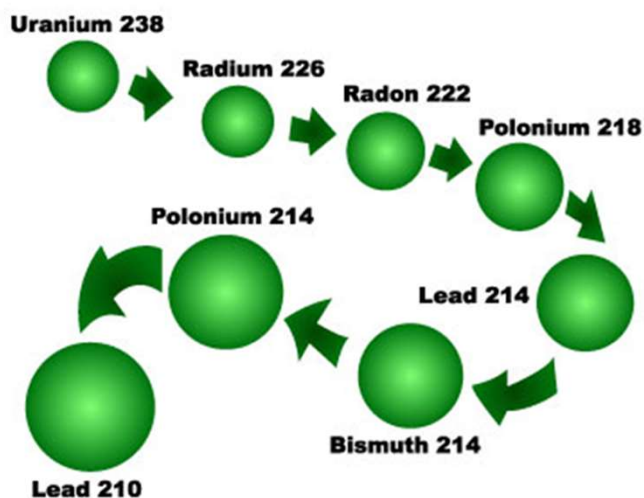
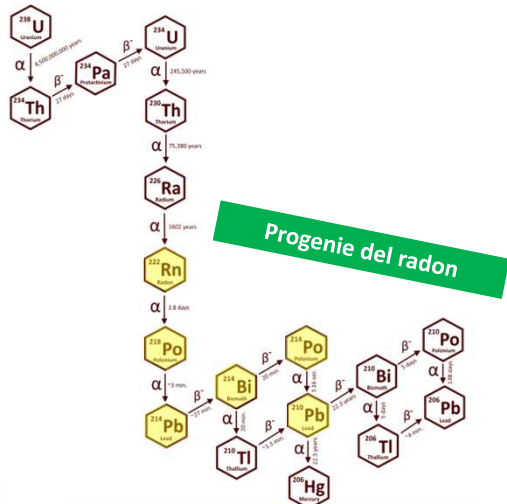
Consorzio Inter-Regionale
per la Prevenzione e Protezione dai Grandi Rischi
Autonomia di Scienze - Università di Napoli - Federico II



Le radiazioni ionizzanti sono radiazioni particolarmente energetiche che tra le loro forme più diffuse in natura sotto forma di raggi alfa, beta o gamma. La radiazione alfa ha la massa di un atomo di elio mentre la radiazione beta corrisponde grossolanamente ad un elettrone. L'energia portata da queste radiazioni è proporzionale alla loro massa e mentre la loro capacità di penetrazione della materia è inversamente correlata all'energia e dunque alla massa. Per tale ragione la radiazione beta è maggiormente penetrante della radiazione alfa ed è meno penetrante della radiazione gamma che è costituita esclusivamente da fotoni ovvero da quanti energetici che non si associano a nessuna massa e che si producono a seguito di un decadimento alfa o beta in una fase di assestamento del nucleo dell'isotopo appena formato.

Radiazioni ionizzanti

Serie dell'uranio



CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.
 Comitato Unico di Garanzia
 per la Prevenzione e Protezione nei Luoghi di Lavoro
 Autorità Nazionale per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro

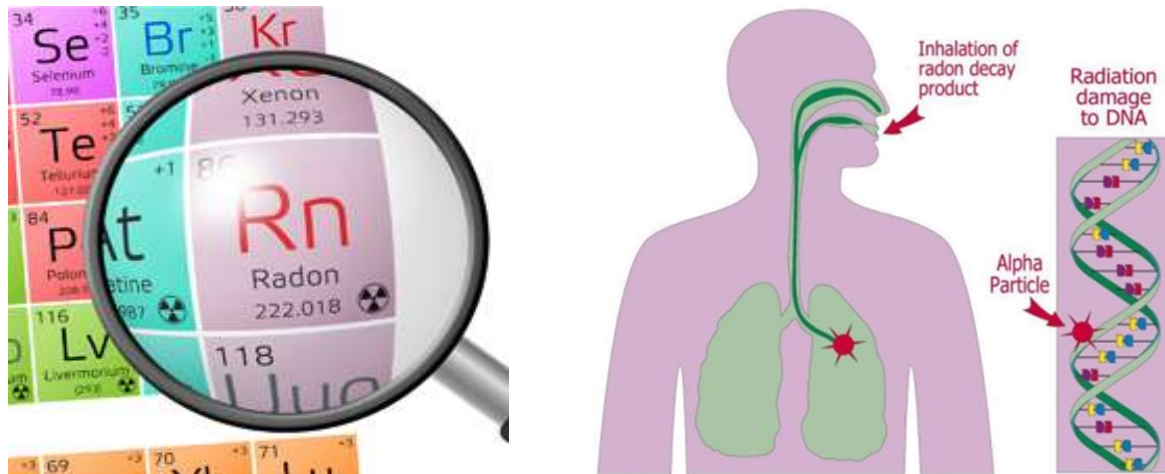


Ogni isotopo radioattivo rappresenta un momento di un percorso (serie) che porta un atomo instabile a trovare, attraverso diversi passaggi, una configurazione isotopica quanto più stabile possibile. In natura esistono tre percorsi o serie di decadimento ed una di queste è la serie dell'uranio (o del radio) che ha come capostipite del processo un isotopo dell'uranio (U-238) e come recapito finale il Pb-206 che è, però, stabile.

Tra L'U-238 ed il Pb-206 c'è una lunga serie, appunto, di decadimenti che passa attraverso la formazione di diversi isotopi, sempre instabili, la cui esistenza (o, meglio ancora, la cui emivita) è di diversa durata.

Il Rn-222 è un isotopo che si forma a partire dal Ra-226 in seguito ad un decadimento alfa.

Caratteristiche del radon



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



CON IL PATROCINIO DI



Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.

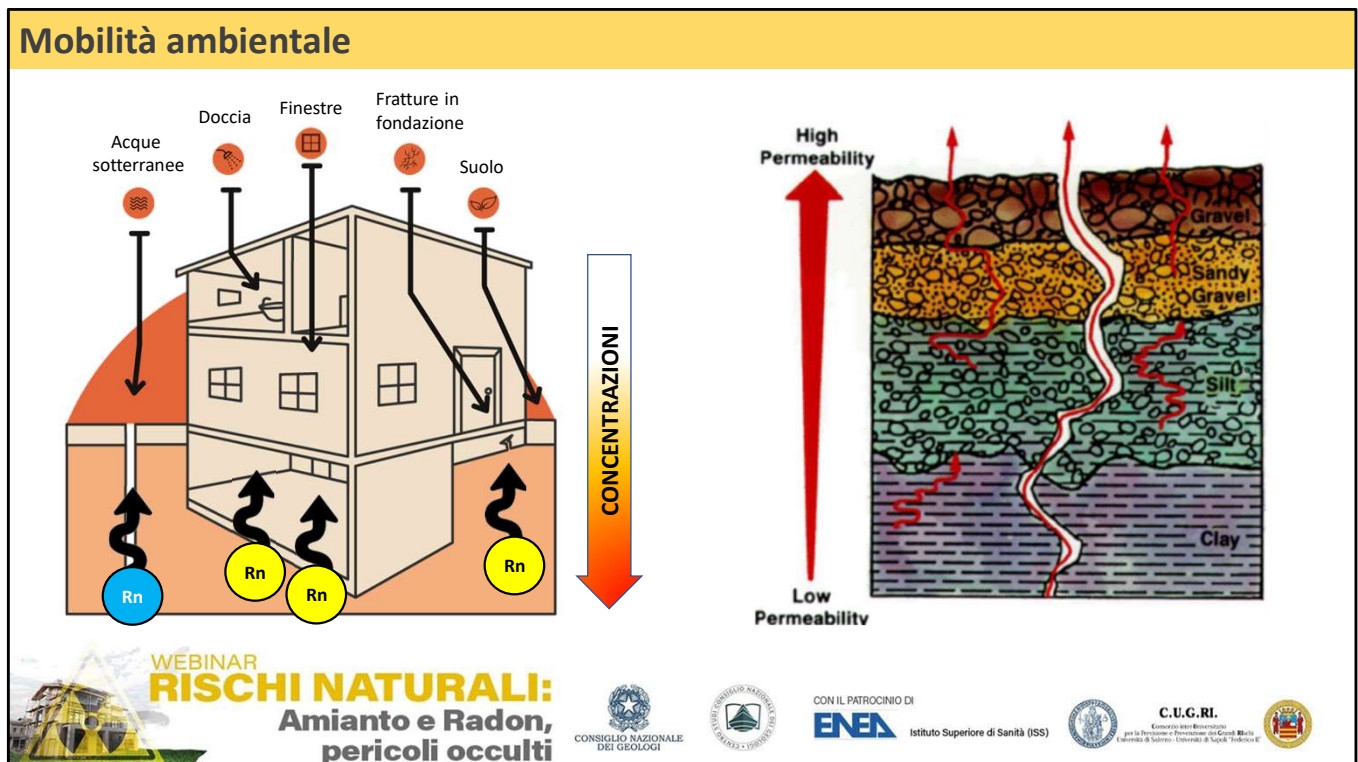
Consorzio Inter-Universitario
per la Ricerca e l'Innovazione nei Grandi Moli
Autonoma di Scienze - Università di Napoli Federico II



Il radon è un gas nobile ed è per lo più inerte. Ciò significa che non possiamo parlare di tossicità di questo elemento chimico che è poco reattivo e difficilmente si lega ad altre molecole. Del radon, invece, va considerato il ruolo di «carrier della radioattività» essendo esso capace di trasferire il pericolo di esposizione a radiazioni ionizzanti dal suolo e dal sottofondo litologico, soprattutto quando contengono sensibili quantità di uranio, agli esseri umani attraverso l'apparato respiratorio e l'apparato digerente.

Infatti il radon è particolarmente solubile in acqua e questo ne favorisce la mobilità ambientale anche sotto forma di soluto nelle acque sotterranee che spesso diventano fonte di approvvigionamento idropotabile.

Una volta che il radon è entrato nell'organismo di un essere vivente attraverso la respirazione o l'ingestione, è possibile che durante la sua permanenza all'interno del corpo umano subisca un ulteriore decadimento e si trasformi in Po-218. Il Po-218 e tutta la progenie che segue è caratterizzato da una forma fisica solida, è, pertanto, se il decadimento avviene gli isotopi di nuova formazione non sono più in grado di lasciare l'organismo e tendono ad aderire alle pareti dei tessuti epiteliali. I decadimenti che avvengono sono prevalentemente di tipo alfa, quindi poco penetranti, ma avvengono direttamente a contatto con i tessuti degli organi coinvolti inducendo danni al DNA direttamente e indirettamente attraverso la formazione di radicali liberi a partire dalle molecole d'acqua presenti nei tessuti.



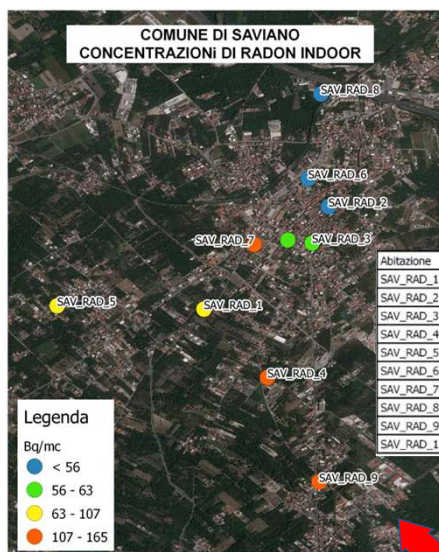
Le occasioni di contatto con il radon in un ambiente indoor associato ad un contesto geologico e pedologico caratterizzato da concentrazioni naturali sensibili di uranio sono molteplici. Le aree vulcaniche sono esempio didascalico di territori per i quali è facilmente prevedere che vi sia un flusso di radon dalla superficie piuttosto elevato.

Ovviamente le variazioni apparentemente randomiche delle concentrazioni di radon in edifici che insistono su uno stesso territorio dipendono sicuramente in maniera preponderante dalle caratteristiche costruttive degli edifici e dai materiali utilizzati.

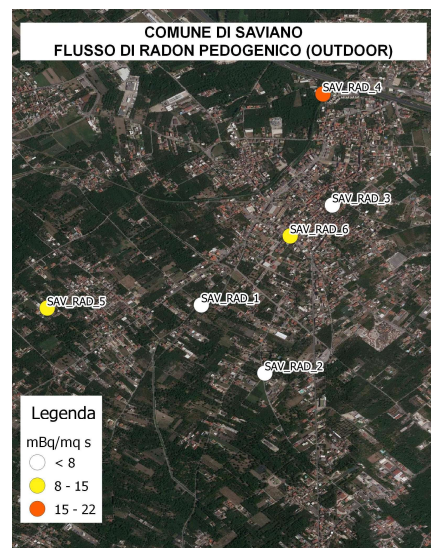
A subire cambiamenti, in effetti, non è la sorgente. Il contributo primario di gas, che è rappresentato dal flusso di radon che dal suolo arriva in superficie, tende ad essere omogeneo in una stessa zona al netto di variazioni spaziali secondarie legate a fattori che sono tra gli altri:

- velocità di emanazione dai grani agli spazi interstiziali,
- distribuzione granulometrica,
- porosità e permeabilità del suolo
- rapporto di ripartizione tra fase gassosa e fase liquida nei pori
- gradienti di temperatura e pressione tra suolo e atmosfera

Concentrazioni indoor vs. flusso pedogenico



Abitazione	MATERIALE	CALPESTIO	FINESTRE	PORTE	Destinazione d'uso
SAV_RAD_1	Tufo	Terra	No	No	Cantina
SAV_RAD_2	Tufo	Cemento	Si	No	Cantina
SAV_RAD_3	Tufo	Terra	No	No	Cantina
SAV_RAD_4	Tufo	Pavimento	Si	Si	Tavernetta
SAV_RAD_5	Tufo	Pavimento	Si	Si	Tavernetta
SAV_RAD_6	Cemento	Pavimento	Si	Si	Tavernetta
SAV_RAD_7	Tufo	Pavimento	Si	Si	Tavernetta
SAV_RAD_8	Cemento	Pavimento	Si	Si	Tavernetta
SAV_RAD_9	Tufo	Pavimento	Si	Si	Tavernetta
SAV_RAD_10	Tufo	Cemento	No	Si	Garage



**WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti**



CON IL PATROCINIO DI



Istituto Superiore di Sanità (ISS)



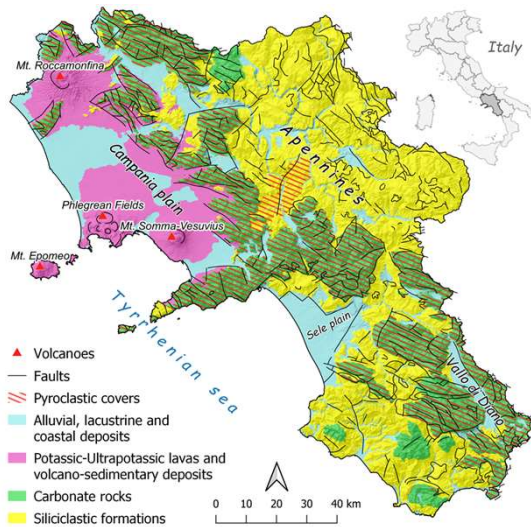
C.U.G.R.I.

Comitato Nazionale Italiano
per la Protezione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Scienze - Università di Napoli - Università di



Il confronto tra la mappa di concentrazioni indoor e i valori di flusso pedogenetico misurati con il metodo statico della flux chamber (o box) (camera d'accumulo) mette in evidenza la maggiore stabilità dei valori di flusso che fanno prevalentemente riferimento alla natura composizionale del suolo e, subordinatamente, a quelle fisiche. Il flusso pedogenico che caratterizza un territorio per quanto non possa essere direttamente connesso con la quantità di gas radon che viene respirata all'interno di uno spazio confinato rappresenta un'indicazione del potenziale di rilascio di radon da parte di un suolo. Attraverso il flusso si stabilisce una sorta di linea di base (baseline) che rappresenta l'apporto di fondo che ogni edificio potrebbe ricevere se fosse totalmente penetrabile dalla parte delle fondazioni.

Complessità geologica e coperture della regione Campania



WEBINAR RISCHI NATURALI: Amianto e Radon, pericoli occulti



CON IL PATROCINIO DI



Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.

Consorzio Inter-Regionale
per la Ricerca e Promozione dei Geologi
Università di Salerno, Università di Napoli, Federico II



La regione Campania è indiscutibilmente una delle regioni italiane dove la variabilità geologica è un elemento di complessità importante in tutte le questioni collegate con la gestione dell'ambiente e la pianificazione dello sviluppo urbanistico. Quando facciamo riferimento al radon sicuramente due sono i fattori che sicuramente hanno un peso sostanziale nella distribuzione spaziale dei rischi ad esso connessi:

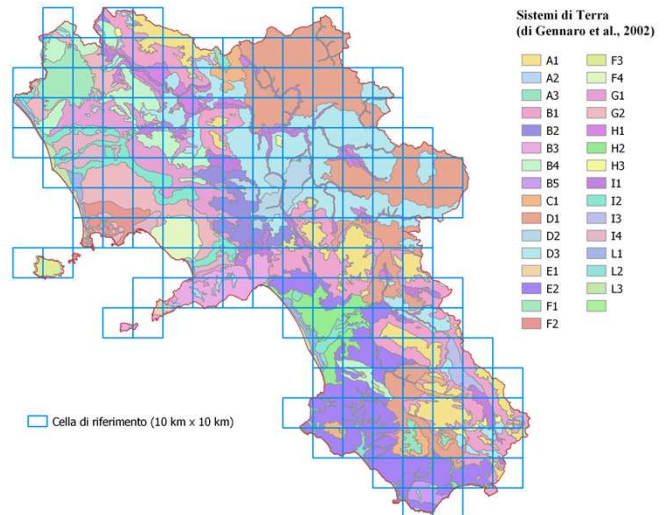
1. La presenza di coperture pedologiche caratterizzati da alti tenori di concentrazioni di Uranio (sicuramente i suoli vulcanici, dunque)
2. La presenza di strutture che possono favorire la risalita del gas in superficie anche da livelli geologici profondi produttivi.

In ottica di sviluppo, volendo essere realisti, gli studi sulla distribuzione della concentrazione indoor di Rn oltre a mettere in evidenza l'esistenza di un rischio reale per la salute dei cittadini molto raramente vengono presi in considerazione dai singoli proprietari per la realizzazione di opere di mitigazione all'interno degli edifici. Il Rn, impercettibile ai sensi, al netto dello sconcerto iniziale che può cogliere i cittadini che vivono in case caratterizzate da alti tenori di concentrazione, viene poi derubricato dall'agenda delle priorità sanitarie anche dagli enti locali. Da questo punto di vista, l'approccio di alcuni paesi rispetto alla potenziale esposizione al radon ed alla programmazione risulta essere molto pragmatico. In Cina, infatti, la normativa vigente prevede che per avviare la costruzione di un nuovo edificio prima vengano valutati localmente i flussi di radon pedogenico con l'obiettivo di verificare l'eventuale superamento di una soglia di riferimento (50 mBq-2 s-1) oltre la quale particolari accorgimenti costruttivi devono essere applicati.

Una mappa del flusso pedogenico regionale



Flux box



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.
Comitato Inter-Università
per la Ricerca e Promozione dei Geologi Ricercatori
Università di Salerno, Università di Napoli, Federico II

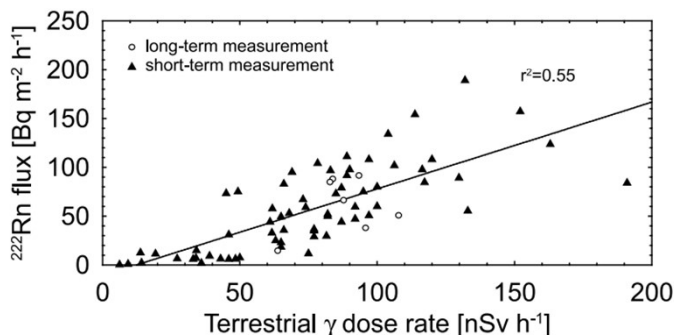


Con l'obiettivo di avere un'idea dell'andamento dei flussi di Rn a scala regionale una campagna di misura è stata avviata nel 2021 del Gruppo di lavoro di Geochimica Ambientale dell'Università di Napoli Federico II in collaborazione con alcuni colleghi dell'Università del Sannio. L'intento del progetto, prevalentemente finanziato da risorse interne assegnate ai singoli ricercatori, è la realizzazione di una prima cartografia per l'intero territorio regionale che possa diventare di riferimento, ci auguriamo, per la gestione delle criticità legate all'esposizione al radon almeno per ciò che riguarda la costruzione di nuovi edifici pubblici e privati e la mitigazione del rischio negli edifici pubblici preesistenti.

Il progetto prevede un impegno di campo importante e l'utilizzo di una tecnica di misurazione basata su una camera di accumulo. Le tempistiche di realizzazione dell'acquisizione dei dati sono piuttosto ampie e il piano originario ha subito diverse battute d'arresto complice anche le limitazioni alla mobilità dello scorso anno connesse con la pandemia.

In questo quadro, ritenendo che la tematica sia di cruciale importanza, la realizzazione di una review critica dei contributi scientifici dedicati al tema e la disponibilità ampia di dati geochimici e radiometrici relativi alla radiazione gamma per il territorio della regione Campania ci ha portato a valutare percorsi alternativi o, meglio ancora, integrativi per la realizzazione di una prima stima dei flussi di radon a scala regionale.

Relazioni tra flusso e dosimetria gamma terrestre



$${}^{222}\text{Rn flux} [\text{atoms cm}^{-2} \text{s}^{-1}] = a\gamma - b$$

γ è il tasso di dose in $\mu\text{Sv h}^{-1}$

a e b sono fattori i cui valori sono $11.75 (\pm 1.27)$ and $0.15 (\pm 0.11)$, rispettivamente.

Correlazione tra flusso di Rn-222 e tasso di dose della radiazione gamma terrestre misurate in Svizzera, Germania, Scozia, Finlandia e Ungheria.

T. Szegvary, M. C. Leuenberger, F. Conen. Predicting terrestrial ${}^{222}\text{Rn}$ flux using gamma dose rate as a proxy. *Atmospheric Chemistry and Physics, European Geosciences Union*, 2007, 7 (11), pp.2789- 2795. fflhal-00296241f



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.

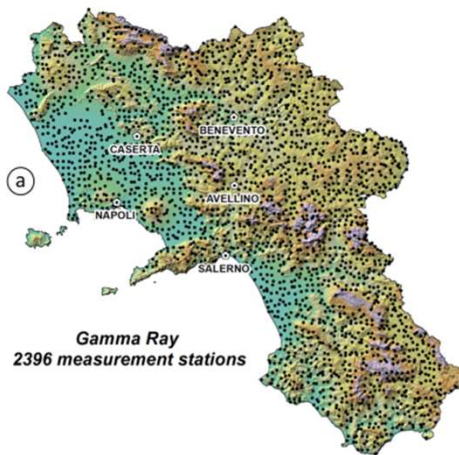
Consorzio Inter-Università
per la Ricerca e l'Innovazione in Geologia, Mineralogia,
Cristallografia, Scienze, Università di Napoli, Federico II



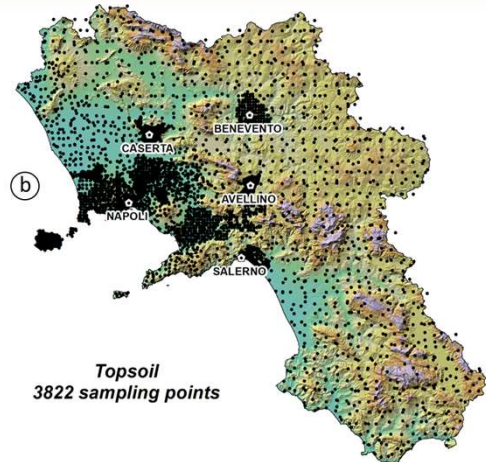
Szegvary ed altri coautori, a partire dal 2007, dimostrano con una serie di lavori realizzati a scala Europea che esiste una correlazione lineare tra flusso di Rn e tasso di dose della radiazione gamma terrestre. Il coefficiente di correlazione mostra una discreta rappresentatività della relazione anche se condizioni locali dei terreni come la porosità dei terreni e la tortuosità degli spazi intergranulari può generare delle discrepanze sensibili tra il dato di flusso misurato ed il dato stimato.

Tutto sommato, considerata l'esistenza di questi limiti metodologici ma anche l'ampia disponibilità di dati geochimici e radiometrici relativi alla radiazione gamma, si è deciso di proporre un'applicazione locale del metodo appena mostrato.

Dati disponibili



Dati dell'attività (**Espressa in Bq**) da radiazione gamma prodotta da ^{40}K , ^{238}U e ^{232}Th derivati una prospezione radiometrica con una densità nominale di 1 stazione di misura per 5 kmq



Dati di concentrazione quasi-totale (Aqua Regia/ICP-MS) (**Espressa in mg/kg**) per **K, U, Th** con una densità nominale di 1 stazione di misura per kmq



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



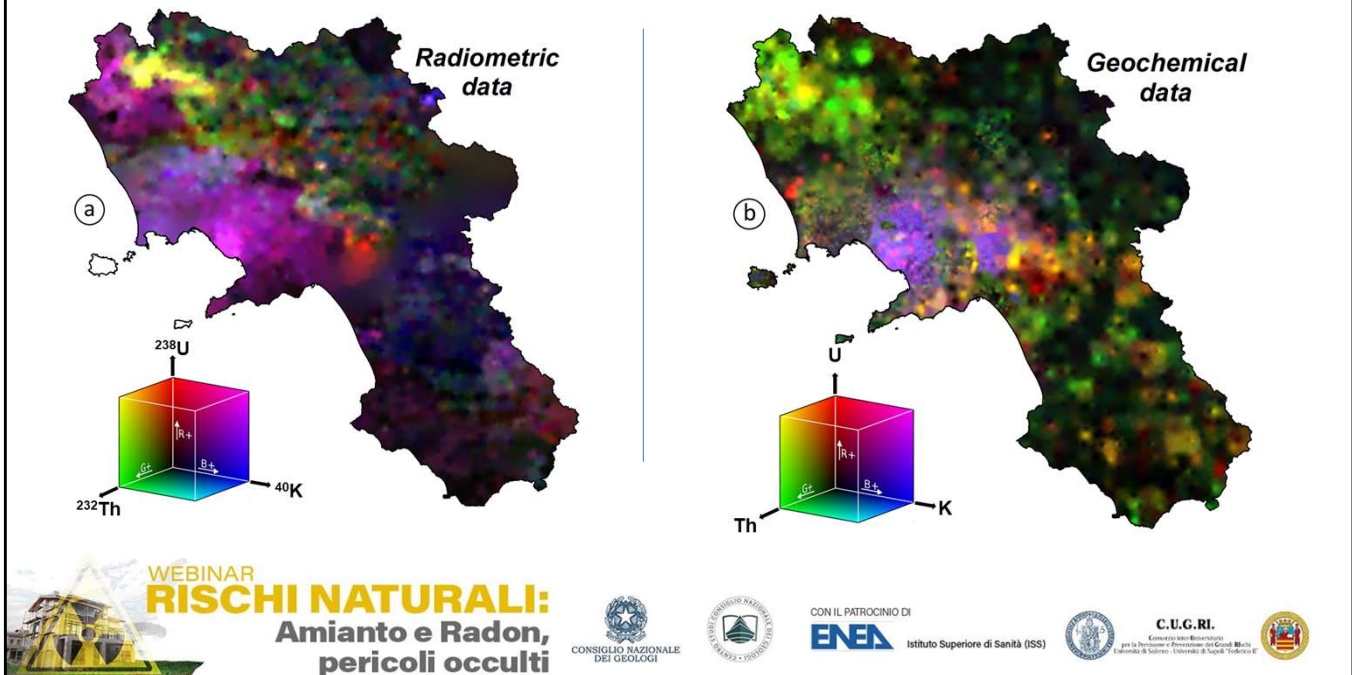
CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.
Comitato Inter-Università
per la Ricerca e l'Innovazione dei Grandi Materiali
Università di Salerno, Università di Napoli, Politecnico di

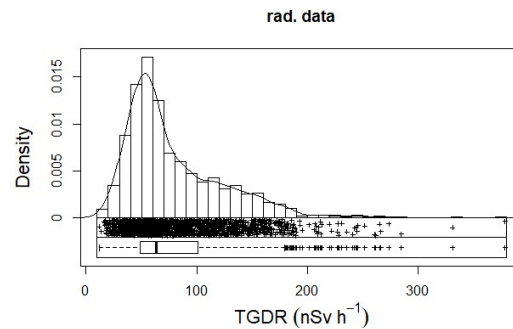
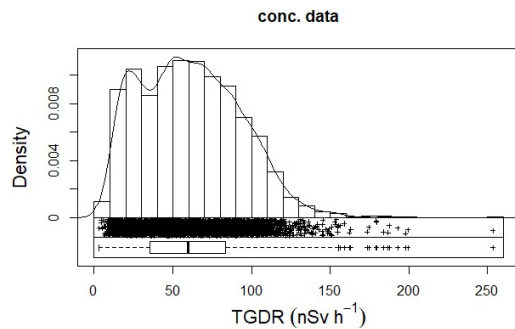
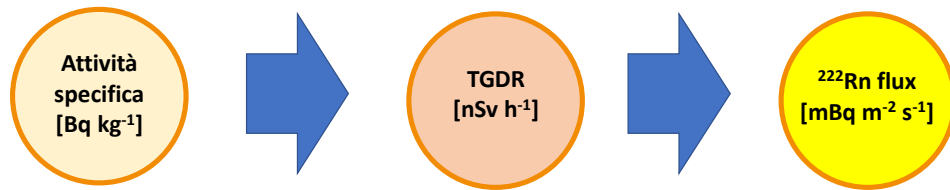


Mappe tricomponenti



In seguito ad interpolazione M-IDW dei dati e utilizzo delle tecniche del color composite (comuni in telerilevamento) sono state prodotte le mappe per i dati di attività gamma e per i dati geochimici. Esse al netto di una generale corrispondenza dei pattern di distribuzione mostrano, comunque, delle differenze che sottolineano come alcuni radionuclidi hanno diversa mobilità geochimica nei suoli e come, probabilmente, la radiazione gamma registrata abbia come sorgente non solo i livelli crostali superficiali, meglio ancora i suoli, ma dipenda anche da apporti profondi probabilmente di tipo proprio gassoso.

La stima dei flussi



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



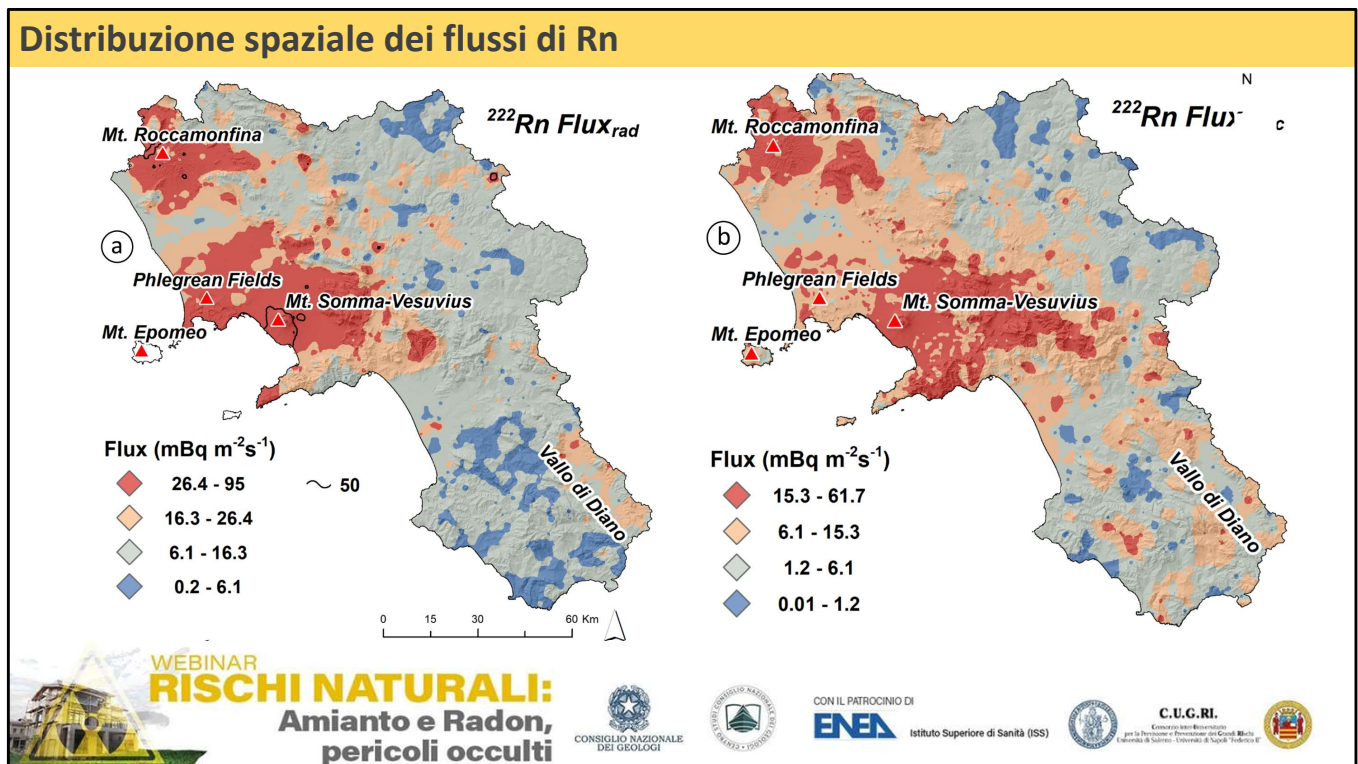
CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.
 Comitato Inter-Università
 per la Ricerca e Protezione dei Grandi Rischi
 Università di Sassari - Università di Napoli - Politecnico di



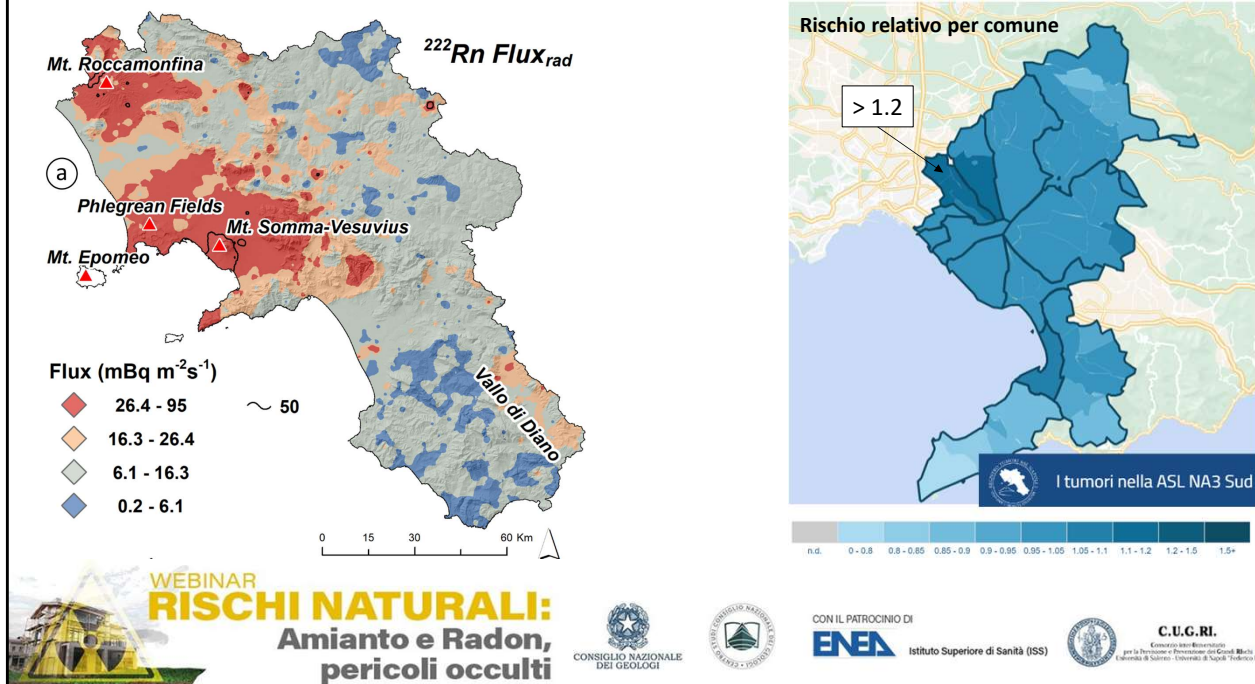
Mediante una serie di equazioni presenti in letteratura, ampiamente confermate da studi di campo e di laboratorio, l'**attività gamma e la concentrazione chimica è stata trasformata in attività specifica relativa all'unità di massa** e da questa successivamente si è passati a determinare per ogni stazione il **tasso di dose della radiazione gamma terrestre (TGDR)**. Dalla TGDR con l'applicazione dell'equazione mutuata da Szegvary et alii si è stimata il flusso di dose a partire dalle due sorgenti di dati.



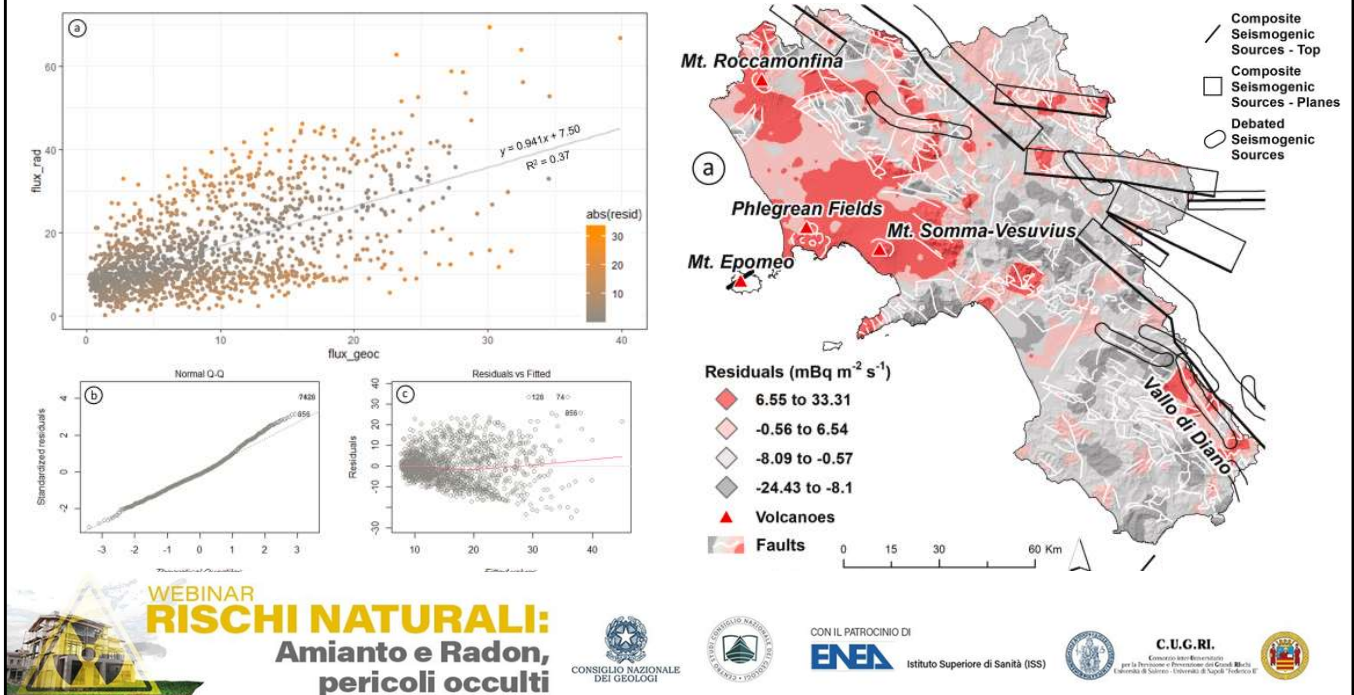
Le mappe finali prodotte per il flusso di radon mostrano, così come già accadeva per i dati di input, una generale sovrapposibilità dei pattern di distribuzione dei flussi con una tendenza di massima dei flussi derivati dai dati radiometrici ad essere più elevati rispetto a quelli prodotti su base geochimica.

Considerando i flussi generati a partire dai dati radiometrici, generalmente più elevati degli altri, e prendendo anche in considerazione le soglie di riferimento suggerite dalla normativa cinese (50mBqm-2s-1) (Code for Indoor Environmental Pollution Control of Civil Building Engineering in China” - GB 50325–2010) risulta che il territorio ad ovest del Somma Vesuvio (che include i centri di Torre del Greco and Torre Annunziata), con una densità abitativa di circa 3000 abitanti/km², potrebbe essere associato ad un rischio rilevante per esposizione ambientale al radon negli edifici.

Distribuzione spaziale dei flussi di Rn e incidenza tumorale



Analisi dei residui e significato geologico



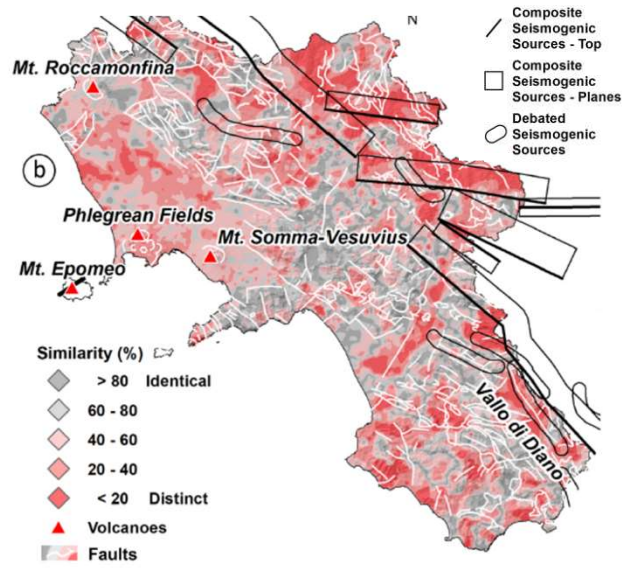
Con l'intento di meglio comprendere le discrepanze tra le due mappe prodotte, un'analisi della correlazione è stata realizzata per evidenziare i rapporti esistenti tra le due stime e determinare valore e successivamente collocazione spaziale dei residui stessi.

Come è evidente, i residui tendono a diventare maggiori per valori maggiori di flusso da dati radiometrici e la mappa dei residui individua come aree di maggiore discrepanza la piana campana ed alcune fasce territoriali interne.

Per quanto riguarda la piana campana, un confronto con i **modelli geologici regionali sembra confermare che i maggiori valori di flusso stimati dai dati radiometrici siano da mettere in relazione alla presenza in profondità di livelli importanti di materiali vulcanici**. Inoltre considerato che minerali come **zircono e monazite** che contengono concentrazioni importanti di **U e Th** non sono del tutto dissolti in acqua regia potrebbe essere plausibile che in corrispondenza dei suoli vulcanici si verifichi una sottostima dei valori di flusso a partire dai dati geochimici.

Per ciò che riguarda le aree interne, generalmente caratterizzate da materiali silicoclastici i residui elevati potrebbero essere, invece, un utile strumento per identificare aree caratterizzate dalla presenza di lineamenti tettonici attivi le cui condizioni di stress e tensione sono ampiamente riconosciute, in generale, come causa dell'aumento di densità di flusso in superficie che sarebbe intercettato dalle misure radiometriche ma non dalle misure geochimiche che fanno riferimento alla sola composizione delle coperture.

Analisi delle similarità e significato geologico



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.
 Comitato Inter-Università
 per la Ricerca e Promozione dei Grandi Rischi
 Università di Salerno, Università di Napoli, Politecnico di



Conclusioni

- La stima dei flussi può essere uno **strumento per la gestione dello sviluppo urbanistico in chiave conservativa** rispetto alla salute degli esseri umani.
- **I metodi di misura di campo sono sicuramente maggiormente precisi ed accurati rispetto alle stime** mediante proxy geochimici o radiometrici ma queste ultime, basate sulla disponibilità di dati pregressi o sulla rapidità di acquisizione, possono essere **utili quando c'è la necessità di definire la variabilità dei flussi a scala regionale o sub-regionale.**
- La **relazione esistente tra flusso e proxy geochimici e radiometrici** può essere migliorata attuando **studi pilota nel dominio spaziale dei territori di interesse.**
- Il confronto tra le stime generate da proxy geochimici e da proxy radiometrici può essere utile a scala regionale anche a produrre considerazioni di tipo geologico e geodinamico.



WEBINAR
RISCHI NATURALI:
Amianto e Radon,
pericoli occulti



CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)



C.U.G.R.I.
Comitato Inter-Università
per la Ricerca e l'Innovazione in Geologia
Università di Salerno, Università di Napoli, Federico II



Per approfondire...

Chemosphere 287 (2022) 132233

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Chemosphere

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

Radon flux estimates, from both gamma radiation and geochemical data, to determine sources, migration pathways, and related health risk: The Campania region (Italy) case study

Annalise Guarino^a, Domenico Cicchella^b, Annamaria Lima^a, Stefano Albanese^{a,*}

^a Department of Earth, Environmental and Resources Sciences, University of Naples Federico II, 80126, Naples, Italy

^b Department of Science and Technology, University of Sannio, 82100, Benevento, Italy



CON IL PATROCINIO DI
ENEA Istituto Superiore di Sanità (ISS)
C.U.G.R.I. Comitato Unificato di Geologia e Radiologia

WEBINAR

RISCHI NATURALI:

Amianto e Radon, pericoli occulti

La stima dei flussi superficiali di radon attraverso proxy geochimici e radiometrici.

Il caso di studio della Campania



Venerdì 10 Giugno 2022 DALLE 15.00 ALLE 19.00
APC: ai partecipanti Geologi saranno riconosciuti n. 4 crediti formativi

SPONSOR
bertin **LOGISTICA AMBIENTALE** **POLYGLASS/0** **PROTEX ITALIA**



EGWG

GRAZIE



DiSTAR Dipartimento di Scienze della Terra,
dell'Ambiente e delle Risorse
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE