



## IL RISCHIO RADON NEI LUOGHI DI VITA E DI LAVORO

# Il radon e le azioni di rimedio negli ambienti confinati

Ambiente Lavoro  
Sala Donizetti – Bologna Fiere  
16 Ottobre 2015

[s.procopio@arpacal.it](mailto:s.procopio@arpacal.it)

RADIAZIONI IONIZZANTI

# Gli operai della Fisica delle radiazioni



**Dipartimento di Catanzaro**

**Laboratorio fisico**

*Ettore Majorana*

- la misura della radioattività;*
- gas radon: aria, acqua, suolo;*
- campi elettromagnetici a bassa e alta frequenza;*
- agenti fisici nei luoghi di lavoro: microclima, illuminamento  
irradianza*



# RETE INTERNAZIONALE PER LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ (stazioni gamma proprietà ISPRA)

- Mongiana (956 m slm)
- Cupone (1100 m slm)





# SORGENTI ORFANE

art. 14, comma 3 del d. lgs n.52/07



RADIAZIONI IONIZZANTI

**PARAFULMINE, <sup>241</sup>Am**





Regione Calabria

# ARPACAL

Agenzia Regionale per dell'Ambiente della Calabria



Crotone

# RIFIUTI OSPEDALIERI IN DISCARICA PER NON PERICOLOSI



Generalmente suggeriamo di accogliere delle unità operative minime:

- ❑ ogni impianto deve nominare un esperto qualificato;
- ❑ attivare i controlli in continuo o manuali adottando un registro di carico dei controlli radiometrici, ruoli e personale oltre che formazione. Addetto presa responsabile allarme ecc.:

- In certi casi la radioattività (es. medicali) è un indicatore per il ritrovamento del mix di rifiuti con codice CER diverso;
- Il destino dei rifiuti con codice CER diverso ( infetti)

# L'ORIGINE RADIOATTIVITÀ



**1898 Marie e Pierre  
Curie**

studiano il fenomeno della  
**radioattività** e i raggi X,

una proprietà dell'atomo e  
non dipendeva dallo stato  
chimico o fisico  
dell'elemento

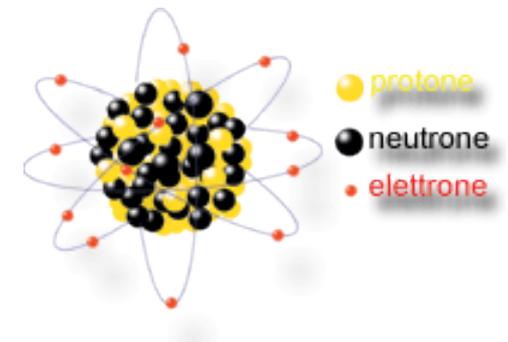
Po

Ra

# Principi Generali Radioattività

La materia è costituita da elementi atomici che combinandosi e legandosi tra loro in diverso modo danno origine a sostanze o molecole sotto forma di gas, liquidi e solidi. Ogni elemento ha una propria struttura interna che ne determina le proprietà chimico-fisiche.

Esistono elementi con atomi che, a parità di numero di protoni, possono avere nuclei con differenti numeri di neutroni: **isotopi**



**Atomo**



## Cos'è un decadimento radioattivo

Alcuni isotopi naturali, e quasi tutti gli isotopi artificiali, presentano **nuclei instabili**, a causa di un **eccesso di protoni e/o di neutroni**. Tale instabilità provoca la **trasformazione spontanea in altri isotopi**, e questa

La trasformazione di un atomo radioattivo porta alla formazione di un altro atomo, che può essere ancora radioattivo oppure stabile.

La radioattività consiste proprio in questo processo di disintegrazione spontanea dei nuclei.



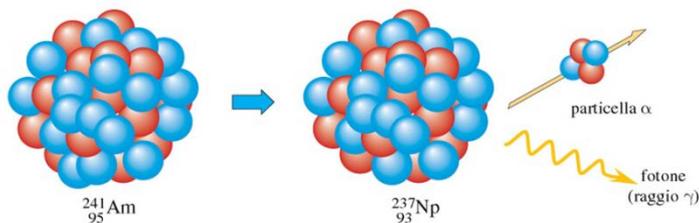
## Radiazioni “ionizzanti”

I frammenti nucleari, le singole particelle e le radiazioni elettromagnetiche di elevata energia emesse nel corso del processo di disintegrazione sono in grado di provocare **danni alle strutture molecolari** e più in generale provocano fenomeni di ionizzazione.

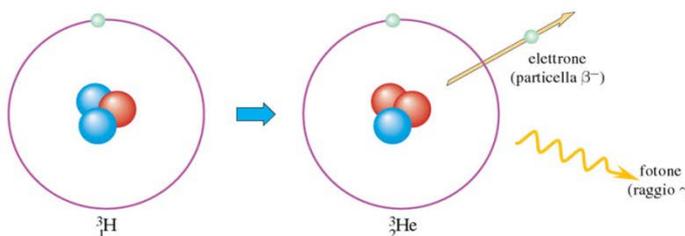
Per tale motivo i prodotti emessi dai nuclei soggetti a decadimenti radioattivi sono individuati col termine generale di “**radiazioni ionizzanti**”.

## Esistono **tre diversi tipi di decadimenti radioattivi**

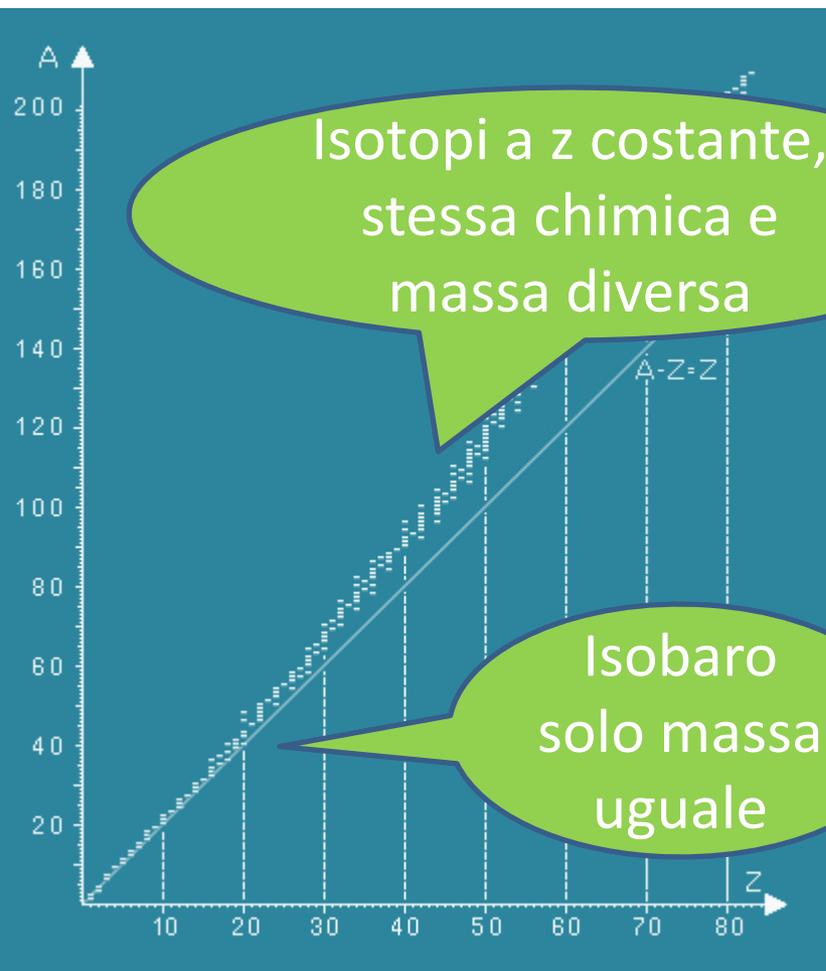
- Decadimento Alfa ( $\alpha$ ): esempio è il decadimento dell'Americio-241 in nettunio-2



- Decadimento Beta ( $\beta$ ): Il nucleo emette un elettrone e un antineutrino.  
 Un esempio è il decadimento del Trizio (H-3) in Elio (stabile)



- Decadimento Gamma ( $\gamma$ ): onda elettromagnetica indirettamente ionizzante

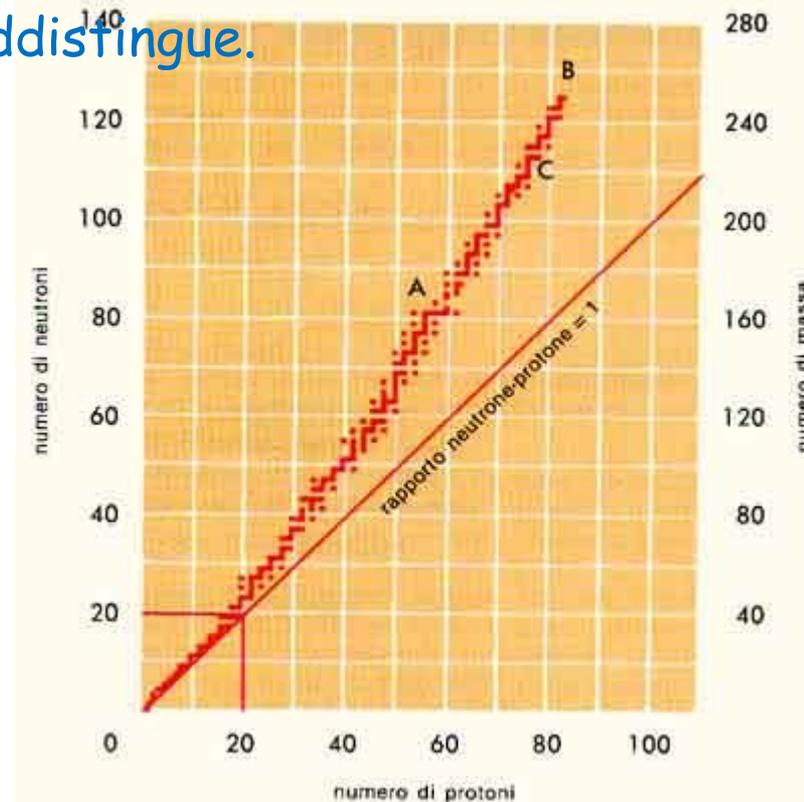


Isotopi a  $Z$  costante, stessa chimica e massa diversa

Isobaro solo massa uguale

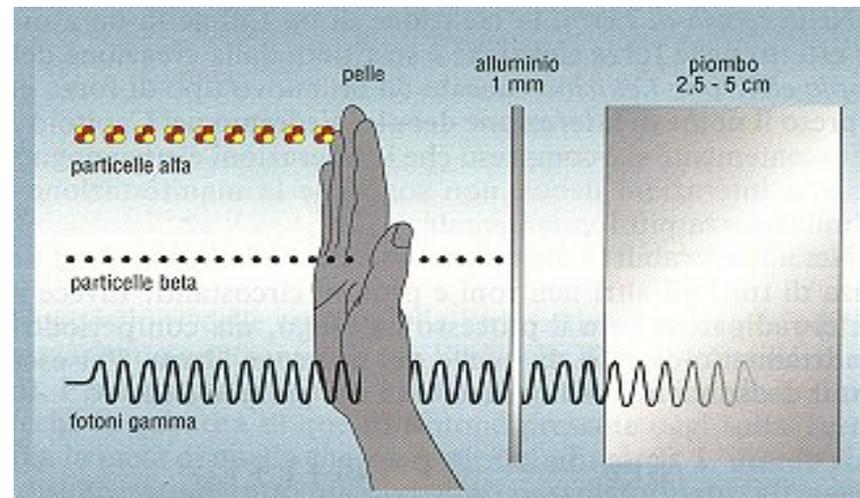
## CURVA DI STABILITÀ E INSTABILITÀ NUCLEARE

Più un nucleo ( coppia  $Z-N$  ) si discosta dai valori ottimali maggiore è l'instabilità che lo contraddistingue.



## Potere di penetrazione

Le **radiazioni alfa**, sono poco penetranti e possono essere completamente bloccate da un semplice foglio di carta.



Le **radiazioni beta** sono più penetranti di quelle alfa, ma possono essere completamente bloccate da piccoli spessori di materiali metallici (ad esempio, pochi millimetri di alluminio).

Le **radiazioni gamma** al contrario delle radiazioni alfa e beta, sono molto penetranti e per bloccarle occorrono materiali ad elevata densità come il piombo



# Definizione di danno biologico

*Se un organismo biologico è esposto ad una radiazione c'è un'interazione tra l'energia della radiazione e i tessuti dell'organismo.*

**Effetto biologico** = variazioni morfologiche o funzionali a carico di strutture di livello superiore dal punto di vista organizzativo a quello molecolare.

**Danno** = effetto biologico che supera la capacità di compensazione di cui l'organismo dispone.

**Il rischio, conseguente ad una esposizione è infatti rappresentato dalla probabilità di subire un danno.**



# Effetti delle radiazioni **ionizzanti** sull'uomo

**Effetti somatici:** cellule somatiche che costituiscono i tessuti e che scompaiono con la morte

**Effetti genetici:** interessano il corredo genetico delle cellule riproduttive e possono essere trasmesse alla progenie attraverso la riproduzione

# La classificazione in base al periodo di latenza in cui si manifesta il danno

**Effetti deterministici o immediati** (infertilità, cataratta, radiodermite) (dose soglia, l'effetto insorge in tutta la popolazione esposta **sigmoide**)

**4 Gy** dose letale + 50% degli esposti muore

**Effetti stocastici o tardivi:** aberrazioni cromosomiche, mutazioni genetiche (genetici sono solo stocastici)

## Gli effetti

**Effetti somatici (INDIVIDUO) di tipo deterministici:** infertilità, cataratta, radiodermite

**Effetti somatici di tipo stocastico:** tumori solidi, leucemie

**Effetti genetici (PROGENIE) di tipo stocastico:** aberrazioni cromosomiche, mutazioni genetiche

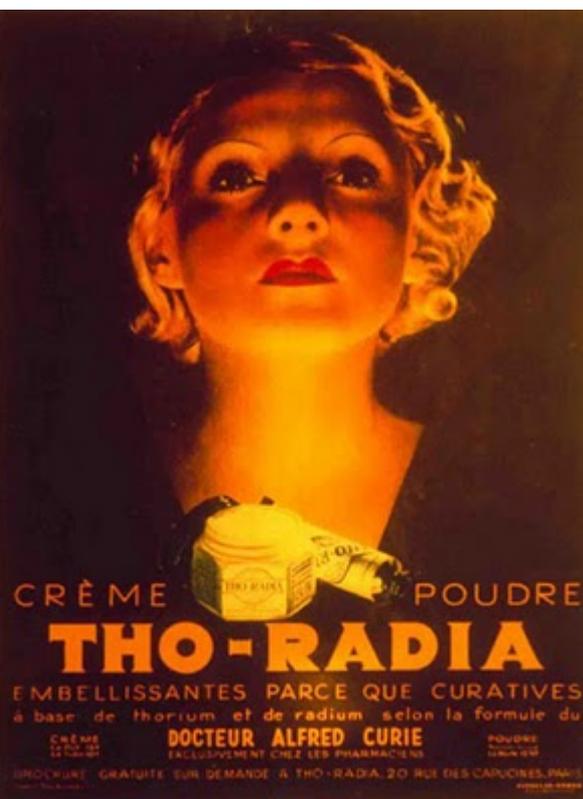


Regione Calabria  
**A.R.P.A.Cal.**

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria

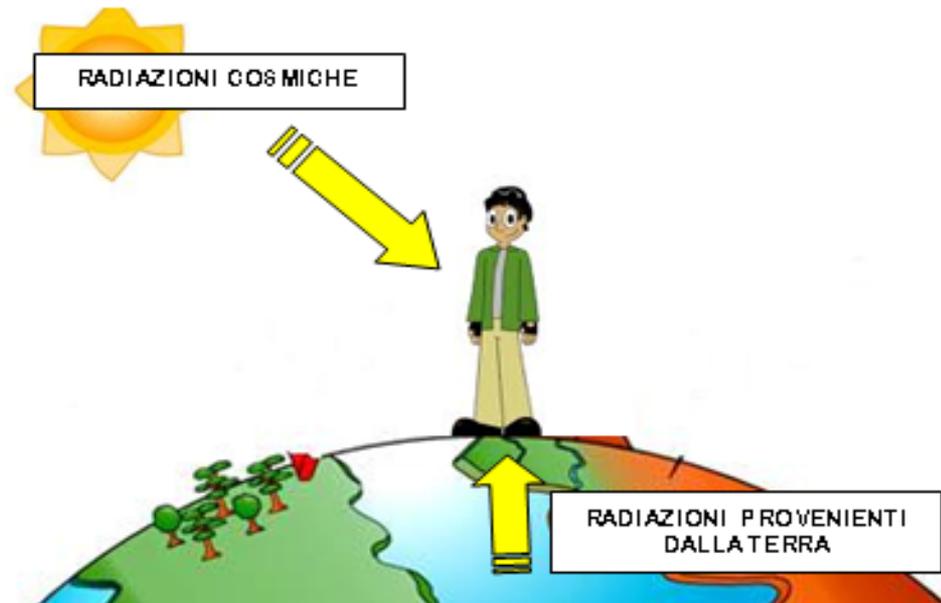


# In principio la considerazione sulla radioattività era diversa



## Cos'è la radioattività naturale?

Ogni giorno tutti noi siamo esposti alla **radioattività naturale** proveniente in parte dai raggi cosmici e in parte dalla crosta terrestre.



# La radioattività naturale

## Componente terrestre:

Radionuclidi cosiddetti primordiali presenti in varie quantità nei materiali inorganici della crosta terrestre (rocce, minerali) fin dalla sua formazione. (serie radioattive di uranio e torio,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{138}\text{La}$ , ) sono presenti in diversa misura in tutti i comparti ambientali, compreso il corpo umano

## Componente extraterrestre:

- Atmosferica: radionuclidi residenti in atmosfera;
- Raggi cosmici.

**fondo naturale di radiazioni.**



# Componente terrestre della radioattività **naturale**

La concentrazione dei radionuclidi naturali nel suolo e nelle rocce dipende dalla conformazione geologica delle diverse aree.

Rocce ignee e i graniti contengono concentrazioni  $^{238}\text{U}$  > rocce sedimentarie come il **calcere e gesso**.

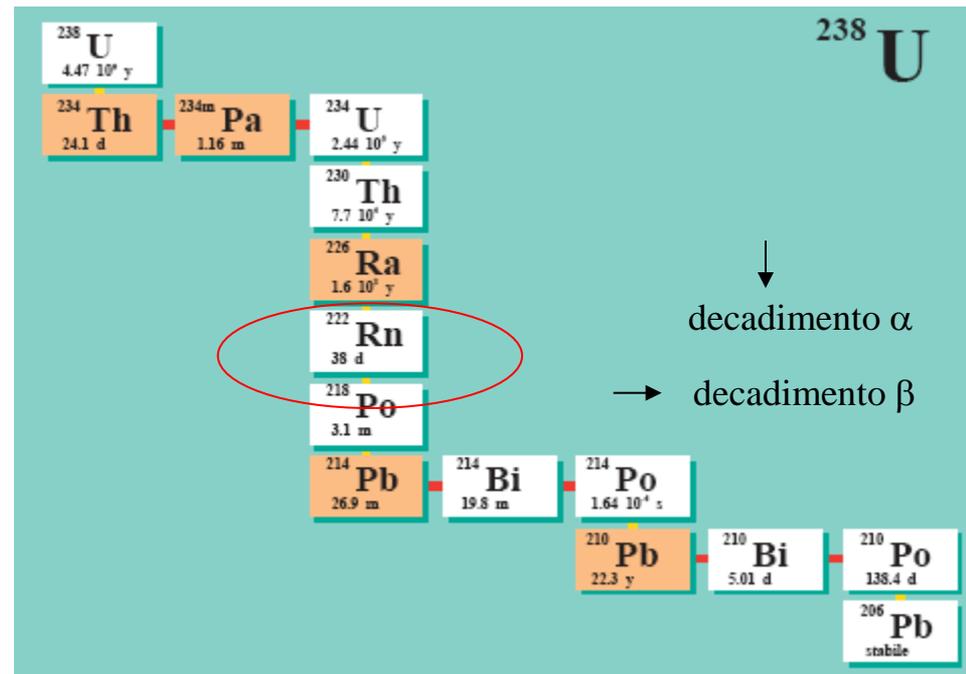
Rocce sedimentarie di origine marina possono però contenere  $^{238}\text{U}$  in concentrazione assai elevata.

**CIRCA IL 40% DELLA RADIOATTIVITÀ NATURALE È  
PRODOTTA DAL GAS RADON E DAL TORON OLTRE AI  
COSMOGENICI  $^7\text{Be}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$**

# Famiglie radioattive

In condizioni **indisturbate** tutti i radionuclidi che appartengono alla stessa famiglia hanno **uguale attività**:

$$A(^{238}\text{U}) = A(^{234}\text{Th}) = A(^{234\text{m}}\text{Pa}) = A(^{234}\text{U}) = A(^{230}\text{Th}) = A(^{226}\text{Ra}) = A(^{222}\text{Rn}) = \dots : \text{EQUILIBRIO RADIOATTIVO}$$



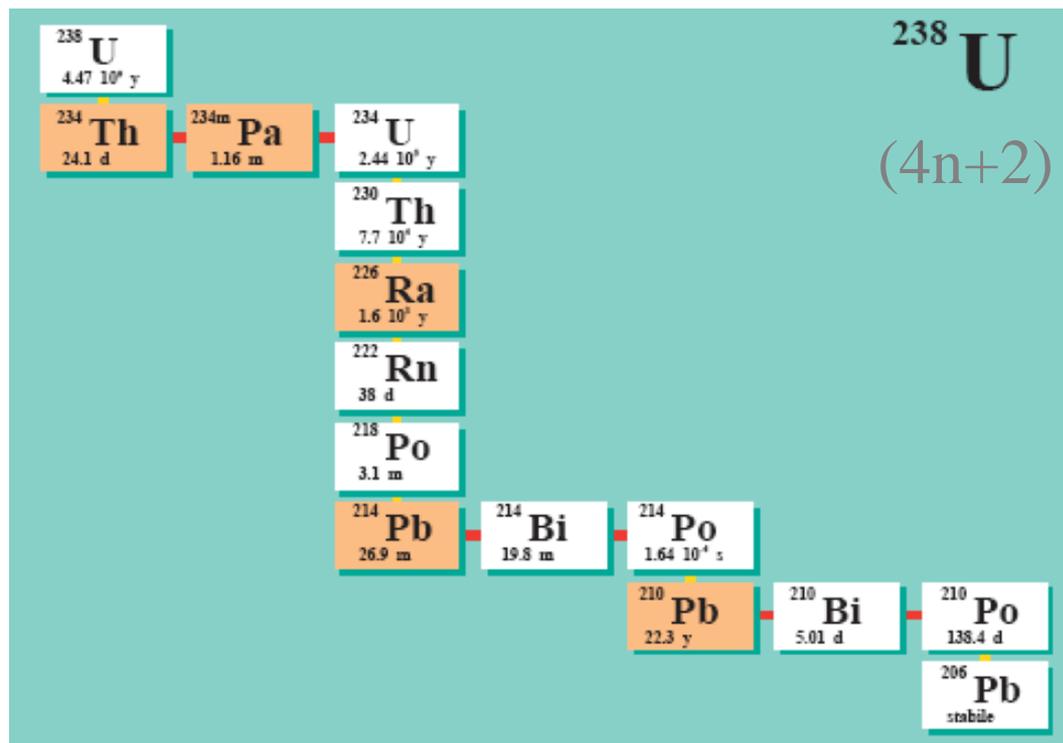
L'equilibrio si può spezzare a seguito di fenomeni **chimici** o **fisici**, **spontanei** o **indotti dall'uomo**, ad esempio:.

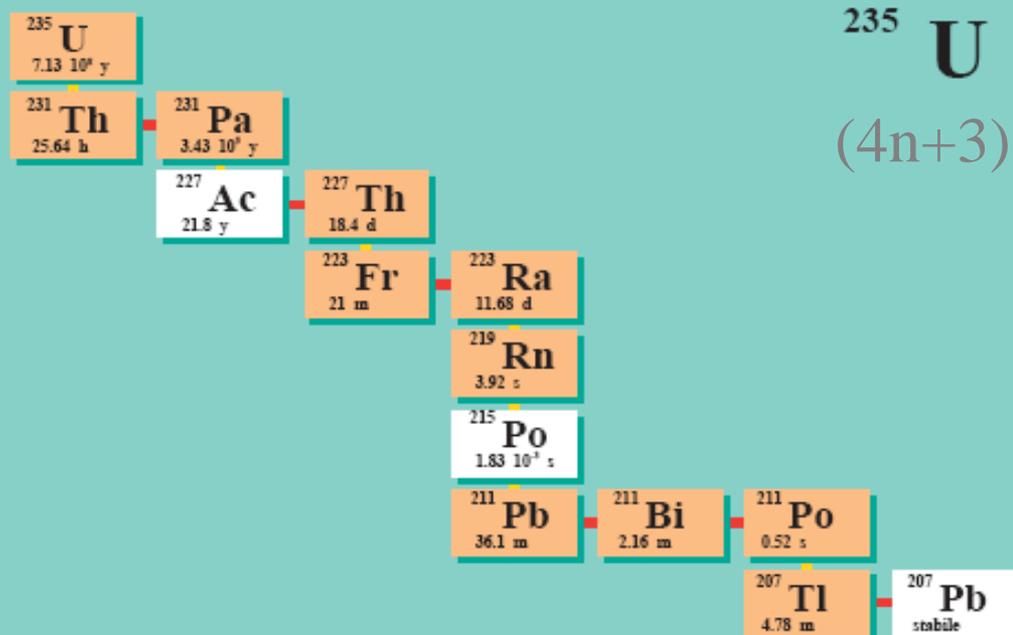
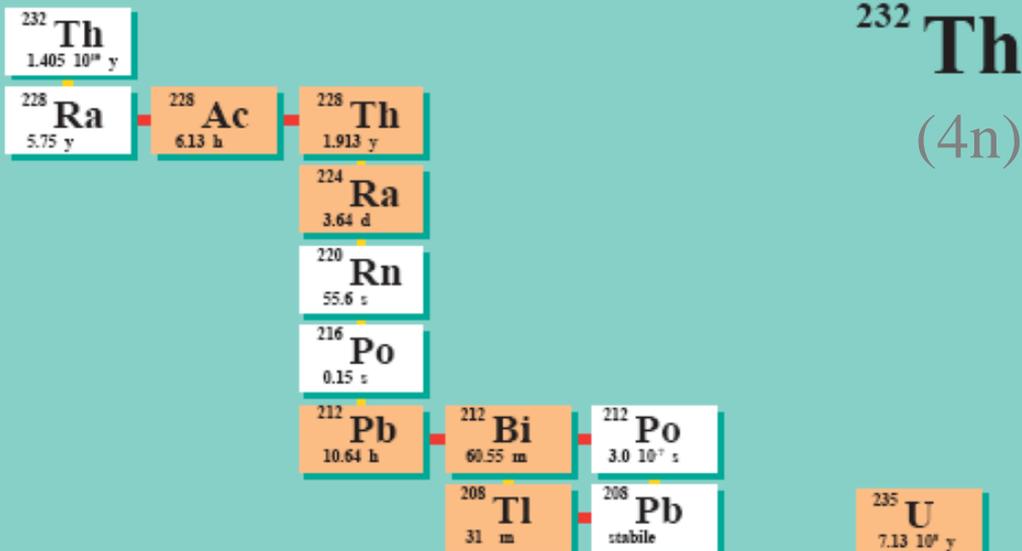


Quando l'equilibrio radioattivo tra padre e figlio si spezza, il tempo necessario affinché si ripristini è dell'ordine di **5 volte il  $T^{1/2}$  del figlio**:

- $^{238}\text{U} - ^{226}\text{Ra} : 5 * T^{1/2}(^{226}\text{Ra}) \cong 8000$  anni
- $^{226}\text{Ra} - ^{222}\text{Rn} : 5 * T^{1/2}(^{222}\text{Rn}) \cong 20$  giorni
- $^{222}\text{Rn} - ^{214}\text{Pb} : 5 * T^{1/2}(^{214}\text{Pb}) \cong 2.5$  ore

$T^{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1600$  a  
 $T^{1/2}(^{222}\text{Rn}) = 3.8$  g  
 $T^{1/2}(^{214}\text{Pb}) = 26.9$  min



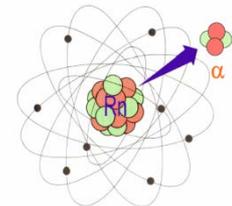


## Il radon

Il radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), è un radionuclide della famiglia del radio.

Da solo è circa il 40% della radioattività naturale.

È un **gas radioattivo** che genera altri elementi radioattivi come **Polonio**, **Piombo** e **Bismuto** che, per le loro caratteristiche chimico-fisiche, sono responsabili degli effetti dannosi sull'organismo umano.



GAS NOBILE RADIOATTIVO, EMETTITORE  $\alpha$ ,

## **Epidemiologia residenziale:**

**9 paesi europei 13 studi casi-controllo**

**7148 casi di tumore al polmone 14208 controlli**

**Non fumatori**

**$[\text{Bq/m}^3]_{\text{Rn}} = 0,100; 400$       **RA=0. 4%;.5%;.7%****

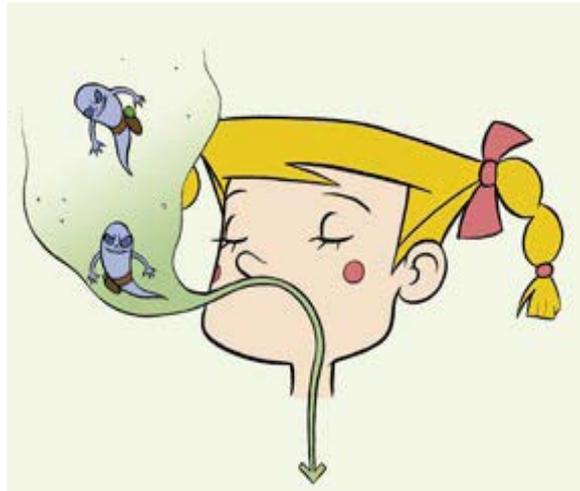
**In Europa : 2% delle morti per cancro;**

**9% delle morti per cancro al polmone;**

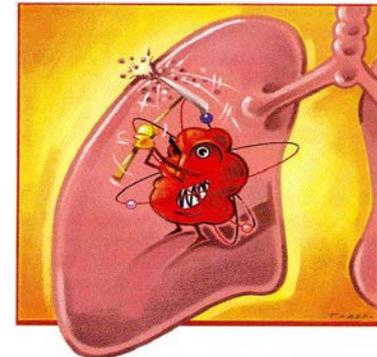
**La concentrazione media per i casi è 104 Bq/m<sup>3</sup>**

**Il rischio aumenta del 8,7% ogni 100 Bq/m<sup>3</sup>**

I figli del radon, si legano al pulviscolo e per inalazione possono raggiungere l'apparato respiratorio.



*La pericolosità del radon sui tessuti biologici è legata all'emissione di particelle  $\alpha$  (alfa) dei figli a vita breve.*



L'apparato respiratorio si può ammalare:

- I. naso-faringe;
- II. tratto bronchiale;
- III. tratto polmonare.

Aumento della dose assorbita derivante dall'esposizione alla radioattività naturale e conseguentemente l'incremento della probabilità di insorgenza di tumori polmonari.



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

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



**World Health Organization**

L'Organizzazione Mondiale della Sanità:  
come **cancerogeno di gruppo 1**  
collocandolo al secondo posto, dopo il  
fumo, (per i fumatori) come

*Gli effetti a lungo termine o  
probabilistici, provocati nell'uomo  
dall'esposizione a concentrazioni di  
radon, possono insorgere anche dopo  
**25-30 anni** e con concentrazioni non  
necessariamente al di sopra di un valore  
soglia. **NoN c'è un livello soglia***

# Bisogna misurarlo



Il radon è un gas  
inodore e incolore

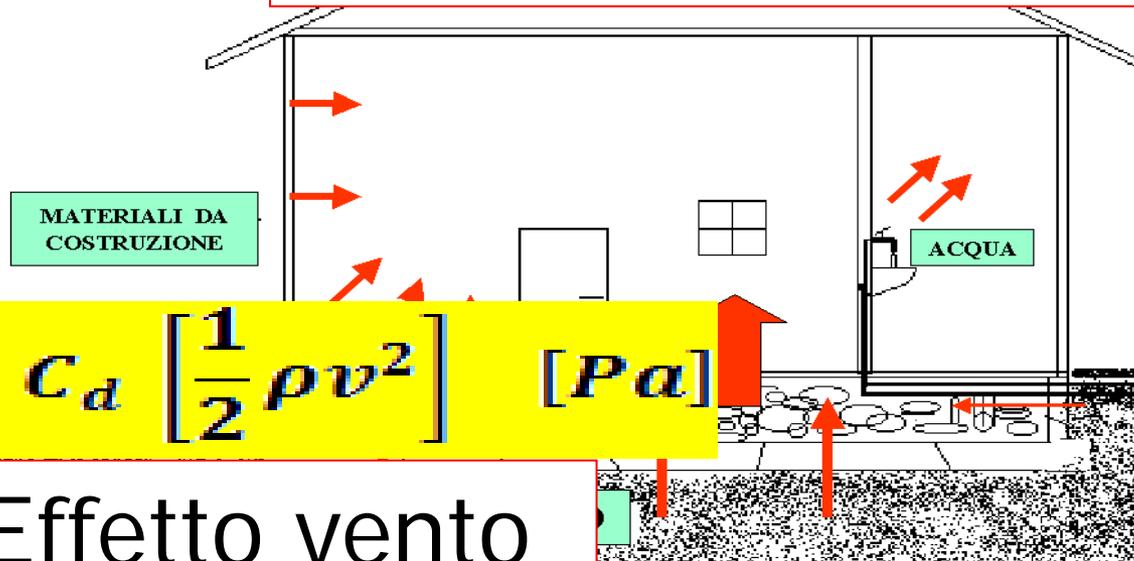
Si misura la  
concentrazione di attività  
espressa in Becquerel al  
metro cubo ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ).

Il **Becquerel** ci dice quanta *attività* possiede  
un materiale radioattivo o quante radiazioni  
o colpi vengono emessi o rilasciati in un  
secondo

# Come entra nei luoghi di vita

$$\Delta_p = \alpha \left[ \frac{1}{t_{est} + 273 \text{ °C}} - \frac{1}{t_{in} + 273 \text{ °C}} \right] [Pa]$$

**Effetto camino**

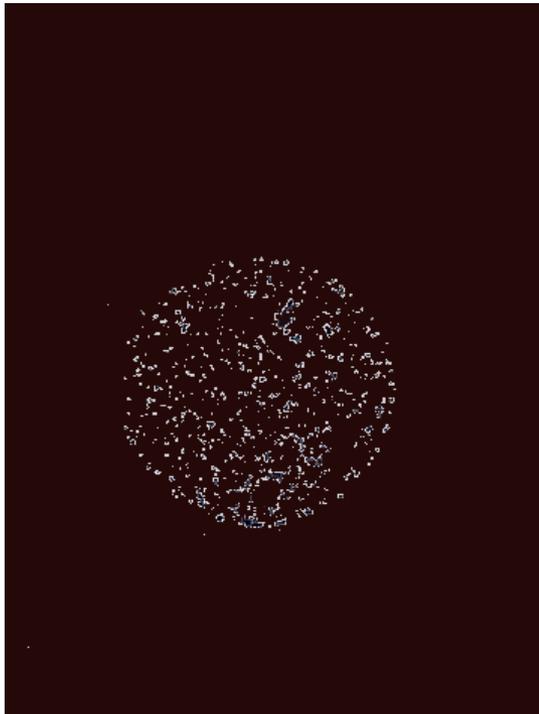


$$\Delta_p = C_d \left[ \frac{1}{2} \rho v^2 \right] [Pa]$$

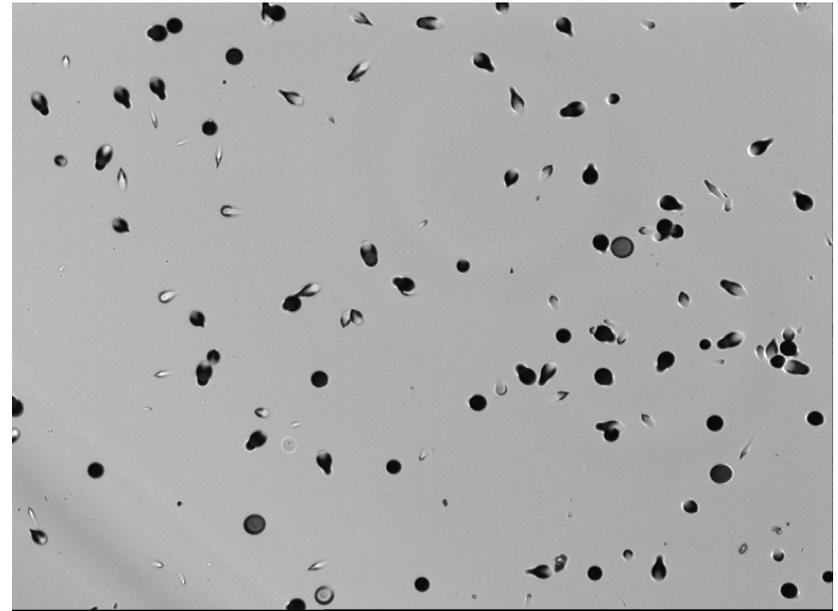
**Effetto vento**

$$\begin{cases} t_{int} > t_{est} \\ v_{est} > v_{int} \end{cases}$$

# I rivelatori a traccia per la misura del radon



**LR-115**



**CR-39**

# Esposimetri passivi



dosimetri ad elettrete per lunga durata (long term)

**Intercomparison  
Berlino BFS [2010 – 2015]**

concentrazione radon  
equivalente per la  
radiazione gamma

fattore  
correttivo  
altitudine

$$[^{222}\text{Rn}] = \left\{ \frac{V_i - V_f}{C_F \cdot t_e} - C_\gamma \right\} \cdot H$$

coefficiente di  
calibrazione

tempo di  
esposizione

## Radon in acqua

- Più campionamenti in diversi periodi dell'anno (basso flusso)
- Tutte le sorgenti di acqua destinate al consumo umano presenti sul territorio



sistema IDRA (MAR = 2 Bq/l)

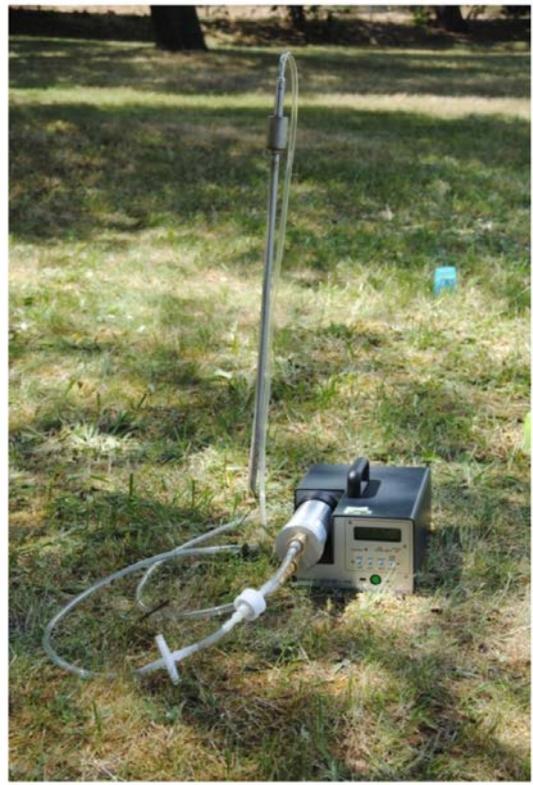


**CONDIZIONI DI  
EQUILIBRIO SECOLARE**

## Radon nel suolo

- **monitore MR1 con cella di Lucas** ( $s=0,0341\text{cpm}/(\text{Bq}/\text{m}^3)$ )  
accoppiata ad un  
fotomoltiplicatore
- **sonda in acciaio** (profondità 60 cm)
- **modalità attivo**  
(flusso di aspirazione 0,25 l/min)
- **su ogni punto di misura tre campionamenti** ( $t_{c,\text{tot}}=30$  minuti)

Tutte le misure vengono eseguite in condizioni meteorologiche stabili.



D. Lgs . n.81/08 09 aprile 2008  
Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro  
Definizioni (art.2)

- ❑ Servizio di prevenzione e protezione dai rischi;
  - ❑ Sorveglianza sanitaria;
  - ❑ Rischi professionali;
  - ❑ Formazione;

Sezione II la valutazione dei rischi

Aggiornamento almeno ogni quattro anni o se intervengono mutamenti nei cicli di lavorazione

## Agenti Fisici Titolo VIII, 41 articoli (180, 220)

☐ RUMORE, ULTRASUONI, INFRASUONI, CEM, VIBRAZIONI, MICROCLIMA, RADIAZIONE OTTICA, ATMOSFERE IPERBARICHE

☐ RADIAZIONI IONIZZANTI D.LGS. N.230/95 E S.M.E I.

☐ RADIAZIONI NON IONIZZANTI

IL CAPO IV DEL TITOLO VIII DEL D.LGS. N. 81/08 MAI ENTRATO IN VIGORE IN QUANTO LA DIRETTIVA DI RECEPIMENTO ABROGATA

DIRETTTIVA 2013/35/UE DEL PARLAMENTO E DEL CONSIGLIO EUROPEO

# Il quadro normativo

La normativa relativa alle radiazioni ionizzanti, D.lgs. n.241/00 - Capo III bis – in evidenza indirettamente nel D.lgs n.81/08, *Titolo VIII, art. 180, comma 3*,

**impone ai datori di lavoro la misura negli ambienti chiusi a maggior rischio collocati nei piani più vicini alla sorgente di radon: litosfera.**

## RADIOATTIVITÀ NATURALE E RADIOPROTEZIONE

- Esposizione di **lavoratori e popolazione** al  $^{222}\text{Rn}$  in aria (terme, luoghi di lavoro sotterranei, etc.)
- Esposizione della **popolazione** a causa delle sostanze radioattive presenti nell'acqua potabile (principalmente uranio e radio, radon)
- Esposizione di **lavoratori e popolazione** causata da materiali ad alta concentrazione di NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) in alcune particolari lavorazioni (industria dei fertilizzanti, dei refrattari, etc.)
- Esposizione degli **equipaggi di volo** alla radiazione cosmica

# Le indicazioni normative nazionali

**D.Lgs 241/00**

**Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.**

Tunnel, sottovie, catacombe, grotte, e comunque i luoghi di lavoro sotterranei;

Stabilimenti termali, personale navigante su aerei

D.Lgs 241/00 introduce il (8 articoli) di modifica 230/95: obblighi per i lavori per la presenza di radiazioni naturali:

$^{222}\text{Rn}$  e  $^{220}\text{Rn}$



# Il quadro normativo

Obblighi previsti dal d.lgs n.241/00 – art. 10 bis, comma 1 a), b)

Entro 24 mesi dal 01.03.2002



(\*) il livello di azione vale obbligatoriamente per asili nido e scuole dell'obbligo; per gli altri ambienti di lavoro è necessario non superare i  $3\text{mSv/y}$

# DIRETTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSIGLIO

5 dicembre 2013

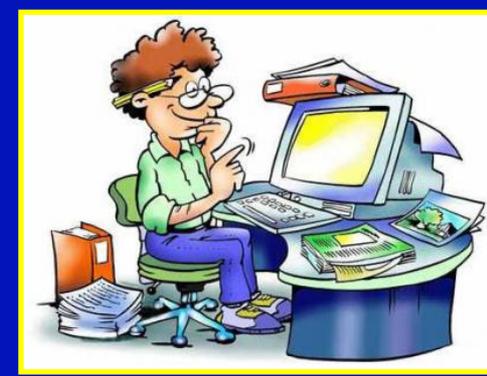
*"Norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti"*

## **Recepimento**

Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro il 6 febbraio 2018.

# 1. Esposizioni professionali

## Art.54 Radon nei luoghi di lavoro



Le misurazioni di radon devono essere effettuate in:

- luoghi di lavoro all'interno di zone individuate (in cui si prevede che la concentrazione di radon (come media annua) superi il pertinente livello di riferimento nazionale ( $300 \text{ Bq/m}^3$ ) in un numero significativo di edifici), situati al pianterreno o a livello interrato
- specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel piano d'azione nazionale (es. scuole, luoghi di lavoro sotterranei o ubicati in zone che necessitano misurazioni della concentrazione di radon sulla base di una valutazione del rischio, tenendo conto ad esempio delle ore di occupazione (Allegato XVIII punto3)).

Nelle zone all'interno dei luoghi di lavoro in cui la concentrazione di radon (come media annua) continua a superare il livello di riferimento nazionale nonostante le azioni intraprese conformemente al principio di ottimizzazione, gli Stati membri dispongono che tale situazione sia notificata imponendo l'obbligo di tenere sotto controllo le esposizioni,

# Allegato XVIII

## Piano d'azione radon

### 1. Strategia per l'esecuzione di indagini su:

- concentrazioni di radon in ambienti chiusi,
- concentrazioni di gas nel suolo,

al fine di stimare la distribuzione delle concentrazioni di radon in ambienti chiusi, per la gestione dei dati di misurazione e per la determinazione di altri parametri pertinenti (quali suolo e tipi di roccia, permeabilità e contenuto di radio-226 della roccia o del suolo);

### 2. Assegnazione di responsabilità (governative e non governative), meccanismi di coordinamento e risorse disponibili per la messa in atto del piano d'azione;

### 3. Strategie per la riduzione dell'esposizione al radon nelle abitazioni;

### 4. Strategie volte a facilitare interventi di risanamento dopo la costruzione;

### 5. Strategia, compresi i metodi e gli strumenti, per prevenire l'ingresso del radon nei nuovi edifici, inclusa l'identificazione di materiali da costruzione con esalazione di radon significativa;

# Allegato XVIII

## Piano d'azione radon

6. **Tempistiche** delle revisioni del piano d'azione;
7. **Strategia per** la comunicazione finalizzata a **sensibilizzare** maggiormente l'opinione pubblica e a informare i responsabili delle decisioni a livello locale, i datori di lavoro e i dipendenti in merito **ai rischi del radon**, anche associati al consumo di tabacco;
8. **Obiettivi di lungo termine** in termini di **riduzione del rischio di cancro dei polmoni** attribuibile all'esposizione al radon (per fumatori e non fumatori);
9. **Orientamenti** riguardanti i **metodi** e gli **strumenti per le misurazioni** e gli interventi di risanamento. Occorre considerare anche l'opportunità di definire criteri per l'accreditamento dei servizi di misurazione e dei servizi che effettuano interventi di risanamento;

.....

# DIRETTIVA 2013/51/EURATOM

22 ottobre 2013

*"Requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano"*

*già in vigore dal gennaio 2015*



*Dott.ssa Valentina Fuoco*

## Art.4

### Obblighi generali:

Programma di controllo delle acque:  
in caso di non conformità dei valori di  
parametro



1. Valutazione del rischio per la salute umana;
2. Provvedimenti correttivi, ove necessari, per migliorare la qualità dell'acqua fino ad un livello conforme ai requisiti per la tutela della salute umana sotto il profilo della radioprotezione;
3. Informare la popolazione interessata del rischio e dei provvedimenti correttivi adottati.



## Allegato I

Valori di parametro per radon, trizio e DI delle acque destinate al consumo umano

\*Il livello fissato da uno Stato membro può essere superiore a 100 Bq/l ma comunque inferiore a 1.000 Bq/l

\*\* Livelli elevati di trizio possono indicare la presenza di altri radionuclidi artificiali

**38 milioni di  
anni fa**

PLACCA EUROPEA

Alpi liguri

Appennini

Bacino  
Balearico

Bacino  
Tirrenico

"Faglia" del  
Pollino

"Faglia" di  
Taormina

PLACCA AFRICANA

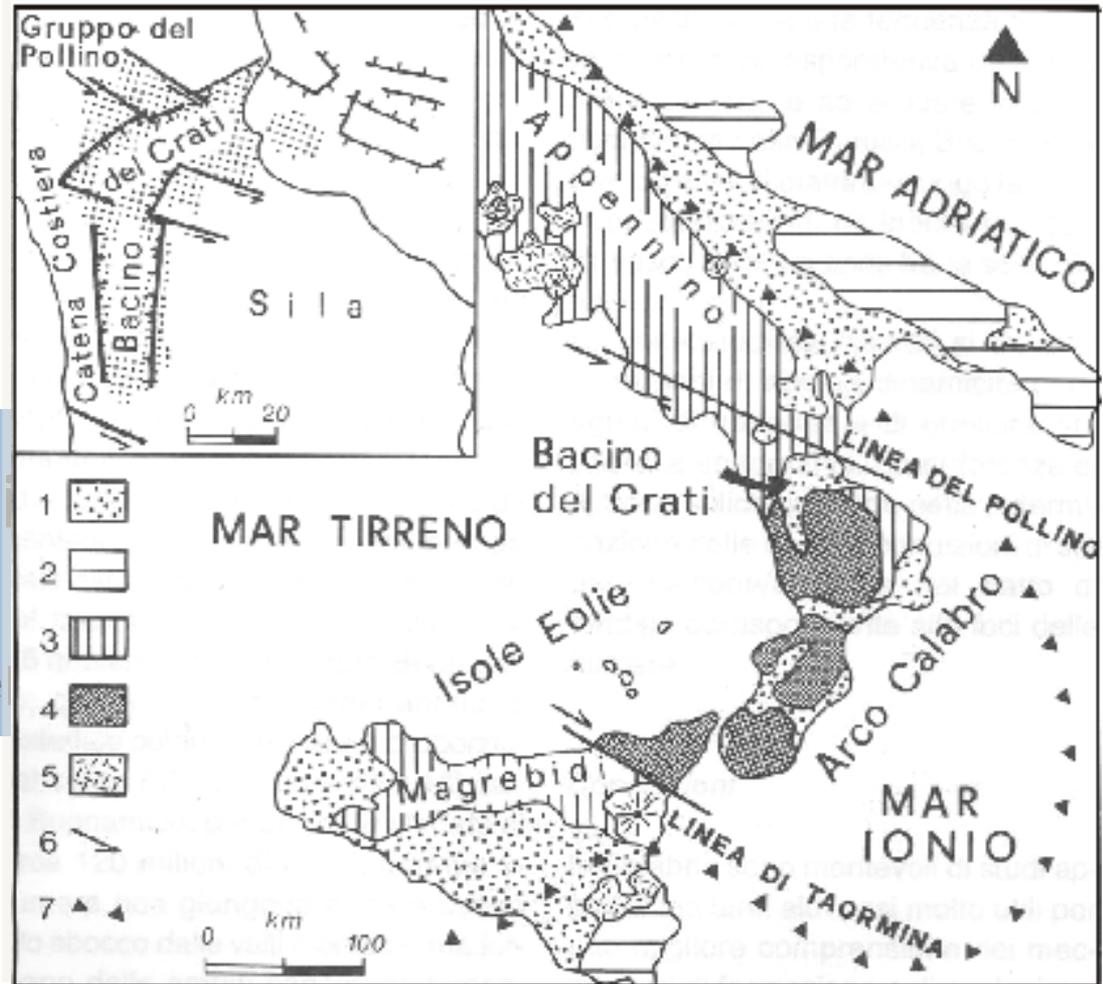
**Miocene  
inferiore  
Pliocene  
Superiore**



# Anomalia geologica della Calabria



*Tansi, Folino Gallo, CNR – UNICAL, 2000*



## IL CONTROLLO DELLA CONCENTRAZIONE DI RADON IN ACQUA DESTINATA AL CONSUMO UMANO NEL TERRITORIO CALABRESE

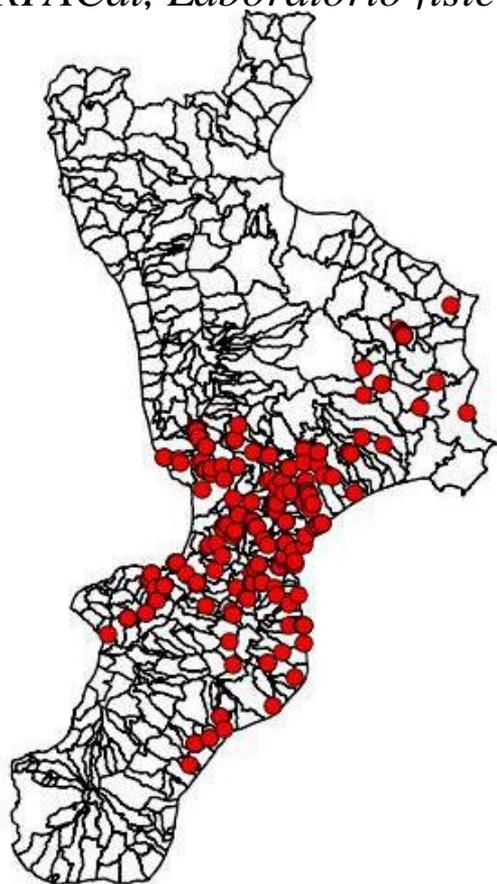
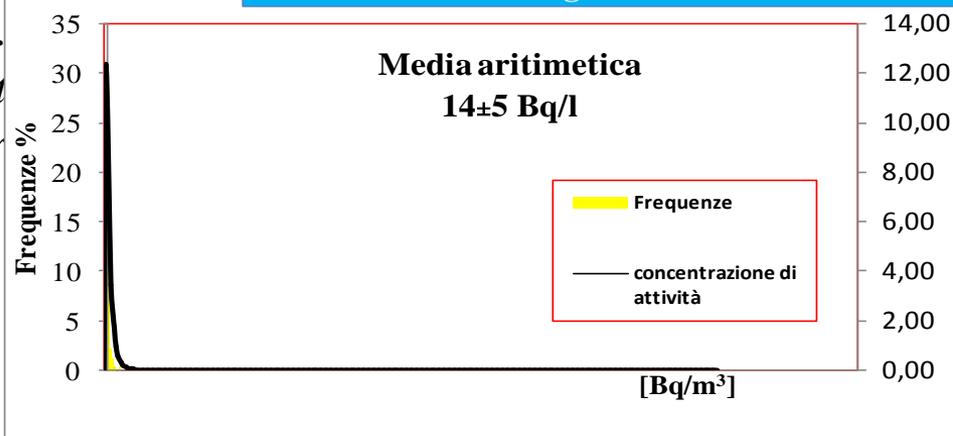
A.Diano\*, S. Procopio\*, P.C

T.

\*ARPACal, Laboratorio fisico Et

per

Concentrazioni di attività di radon nelle acque regionali



PUNTI DI PRELIEVO	Concentrazione di attività di radon [Bq/l]
Curinga (Cz) -Samboni	1213±82
Pallagorio (Kr)- Cascate Lauro	237±35
Castiglione cosentino (Cs) - Pristini	145±22
Castiglione cosentino (Cs) - Orbo	52±7



# IL GAS RADON LA CARTA DEL RISCHIO RADON DI CATANZARO E CROTONE

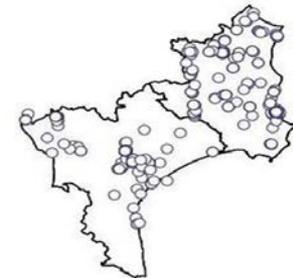
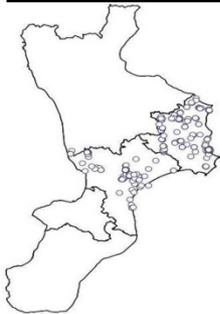
V. Fuoco, M. Fòlino Gallo, S. Procopio, C. Migliorino<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>ArpaCal (CZ), [fisico.cz@arpacal.it](mailto:fisico.cz@arpacal.it)



## SCOPO DELLO STUDIO

La complessità geologico - strutturale e litologica del territorio in esame impone un aggiornamento continuo dei dati acquisiti al fine di affinare l'individuazione delle zone più esposte e rappresentare nel contempo un valido strumento per la pianificazione urbanistica e per il contenimento del rischio sanitario sia per la popolazione i lavoratori esposti.



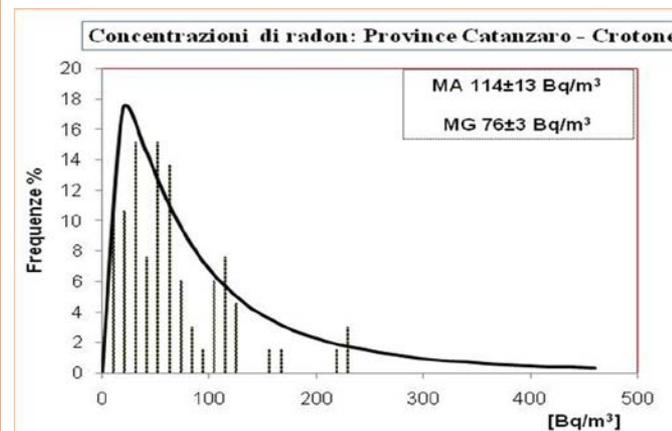
*area indagata*



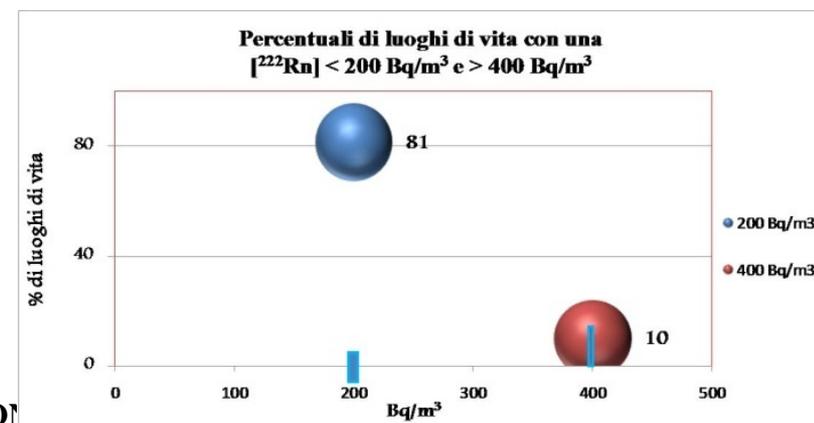
## RISULTATI E CONCLUSIONI

Tab.1: Arpacal, Laboratorio Fisico, campagna 2012 - 2014

		Comuni >3000 ab.	Comuni <3000 ab.
Abitazioni private	66	6	5
Concentrazione Max (Bq m <sup>-3</sup> )	441	399	441
Media Aritmetica	114±13	143±28	87±12
Media Geometrica	76±3	102±2	56±3



distribuzione della concentrazione di radon nell'area di studio



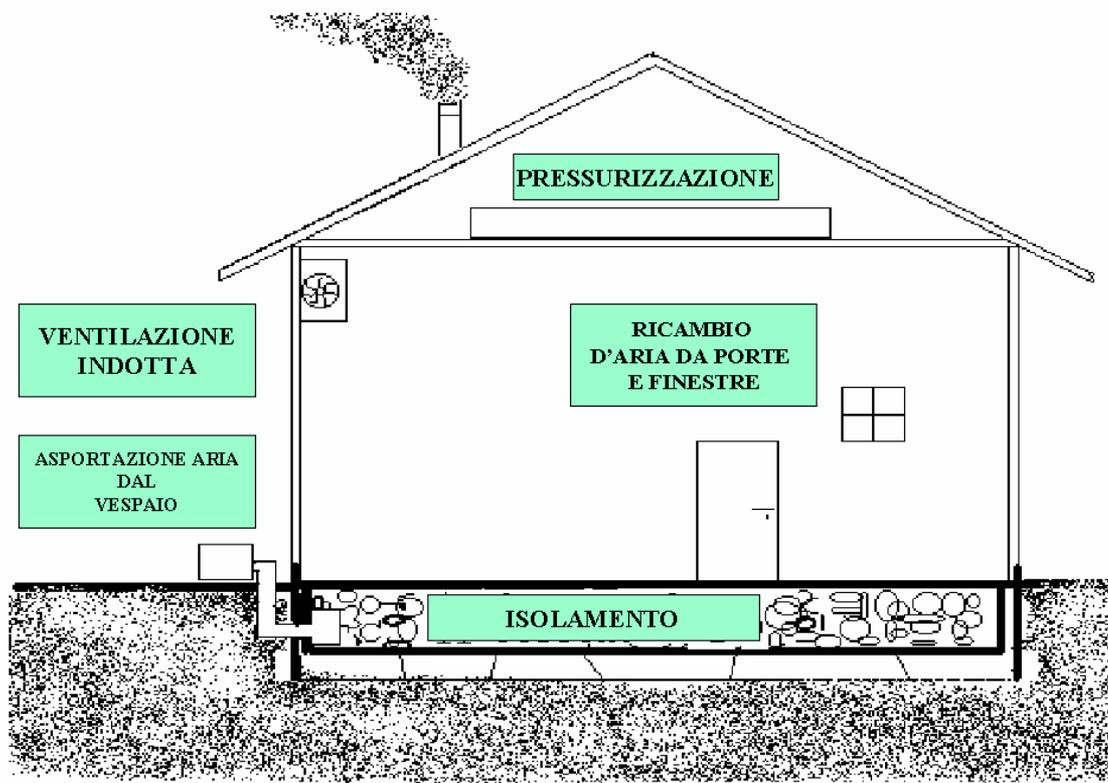
% luoghi di vita a diverse concentrazioni di attività di radon



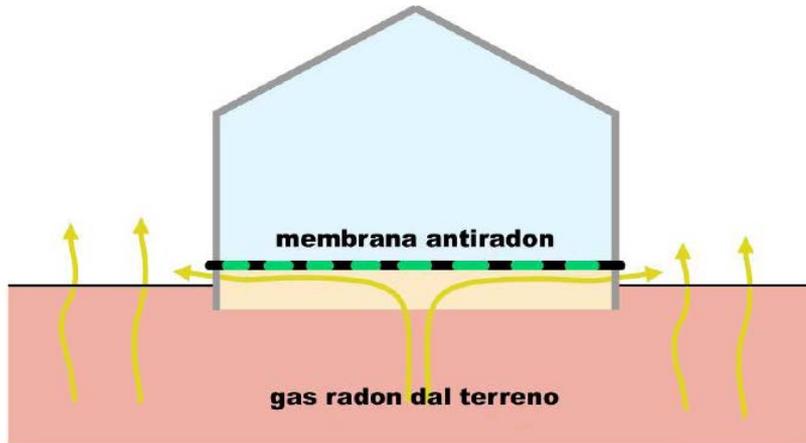
## Ambienti di vita

- ❑  $77 \pm 5$  Bq/m<sup>3</sup> Campagna Nazionale ISS 1990/4 [media nazionale]; la Calabria tra 20 – 40 Bq/m<sup>3</sup>;
- ❑  $67 \pm 10$  Bq/m<sup>3</sup> ARPA Cal Luoghi di lavoro Piano terra ;
- ❑  $120 \pm 14$  Bq/m<sup>3</sup> ambienti scolastici

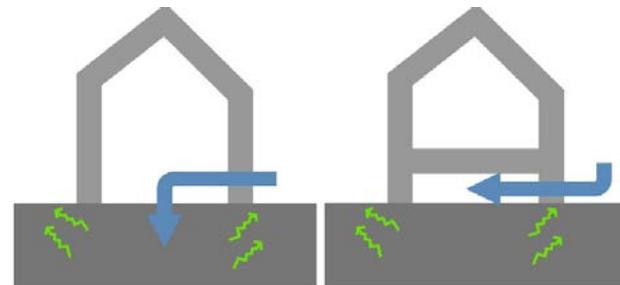
# Le azioni di rimedio



# Prevenzione pura abbattere il rischio



Tubi drenanti



Pressurizzazione



# Regione Calabria ARPACAL

Agenzia Regionale per dell'Ambiente della Calabria



Sant'Illario

SS 106 jonica



Concentrazione radon nel suolo [Bq/m <sup>3</sup> ]	incertezza [Bq/m <sup>3</sup> ]
7895	163
21668	687
13282	806
18037	807
<b>12323</b>	<b>883</b>
15221	616

# Prevenzione vera: riduzione del rischio a monte

- ❑ gettata platea con rete elettrosaldata sull'area totale di fondazione;
- ❑ armatura telaio di base con introduzione di tubi in polietilene del diametro di 110 mm nelle travi: piatta e rovescia; su tutto il perimetro della fondazione ad una distanza di 250/300 cm e diverse altezze  $h = 30 - 100$  cm;
- ❑ i tubi sono stati connessi col vespaio fatto da diversa granulometria;
- ❑ sono stati installati ulteriori tubi (quota terreno) per favorire la fuoriuscita del gas radon e per il ricircolo dell'aria tramite griglie metalliche per tutto il perimetro della costruzione e la eventuale aspirazione.



Società Estuario S.r.l. - Costruzioni  
Generali - Sant'Ilario dello Jonio (RC)  
Sede Operativa 0964365341 -  
3480324605 - 3489139312

## Altro esempio di riduzione del rischio

L'obiettivo: ridurre il livello di contaminazione della città di Crotona dove è presente un'industria chimica contenente agenti atmosferici.

La contaminazione è stata valutata e la radiometria dell'area.

Sulla base di questi dati sono state

- stime dosimetriche per la popolazione di interesse;
- valutazioni radioprotezionistiche sulla fattibilità ed efficacia di eventuali azioni di rimedio.

**I NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) non sono rifiuti radioattivi ma materiali che contengono un'attività radioattiva naturale elevata rispetto a quella abitualmente registrata**

Matrice Ambientale





# NORM di Kr

In tabella 1 sono riportati i dati ottenuti con la tecnica EDXRF relativi alla quantificazione totale di Uranio e Torio.

*Tabella 1. Valori ottenuti con screening EDXRF.*

	U	Th
Campione ARPACAL replica 1	83.6 ± 3.7	10.1 ± 0.4
Campione ARPACAL replica 2	83.1 ± 3.7	9.6 ± 0.4
Campione ARPACAL replica 3	83.7 ± 3.7	10.4 ± 0.4
valore medio Campione ARPACAL	83.5	10.0
CV%	0.4	4.0
RM IAEA-312 replica 1	14.6 ± 0.6	97.7 ± 3.7
RM IAEA-312 replica 2	14.6 ± 0.6	98.7 ± 3.8
valore medio RM IAEA-312	14.6	98.2
CV%	0.0	0.7
RM IAEA-314 replica 1	55.4 ± 2.4	21.9 ± 0.8
RM IAEA-314 replica 2	54.1 ± 2.4	22.6 ± 0.9
valore medio RM IAEA-314	54.8	22.3
CV%	1.7	2.2

valori espressi in mg/kg s.s. tranne per CV% espresso in percentuale

# NORM di Kr

Tabella 2. Valori di concentrazione ottenuti con ICP-MS.

Tabella 3. Valori di attività calcolate dalle concentrazioni

	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$
Campione ARPACAL replica 1	1305 ± 190	30.5 ± 4.4
Campione ARPACAL replica 2	1202 ± 175	28.9 ± 4.2
valore medio Campione ARPACAL	1253	29.7
CV%	5.8	3.8
RM IAEA-312	216.4 ± 31.6	410.8 ± 59.6
RM IAEA-314	670.5 ± 97.8	71.6 ± 10.4
PB	NR	NR

valori espressi in Bq/kg s. s. tranne per CV% espresso in percentuale

### Concentrazioni di attività di uranio e torio in alcuni tipi di roccia [Unsear, 1977]

<b>Tipo di roccia</b>	<b><math>^{238}\text{U}</math> [Bqkg<sup>-1</sup>]</b>	<b><math>^{232}\text{Th}</math> [Bqkg<sup>-1</sup>]</b>	<b><math>^{40}\text{K}</math> [Bqkg<sup>-1</sup>]</b>
Rocce ignee acide	59,2	81,4	999
Rocce ignee intermedie	22,9	32,6	703
Rocce ignee mafiche	11,5	11,1	240,5
Rocce ignee ultrabasiche	0,4	24,4	148
Calcari	27,7	6,7	88,8
Rocce carbonatiche	26,6	7,8	-
Arenarie	18,5	11,1	370
Argillite	44,4	44,4	703

Dose efficace annua a cui può essere sottoposto un individuo [mSv]; [Unsear, 2000]

	<b>Sorgente</b>	<b>Dose (mSv)</b>	<b>%</b>		
Esposizione esterna	Raggi gamma terrestri	0,5	17,80	(2,4 mSv) 85,5%	Naturali
	Raggi cosmici	0,4	14,24		
Esposizione interna	Inalazione (radon)	1,2	42,74		
	Ingestione	0,3	10,68		
	Diagnostica medica	0,4	14,24	(0,41 mSv) 14,5%	Artificiali
	Test nucleari	0,005	0,18		
	Chernobyl	0,002	0,07		
	Produzione energia nucleare	0,002	0,07		
	Dose totale /anno	2,81	100		

$5 \times 10^3$  tonnellate di  
fosfogessi

$< 5 \times 10^3$  silicati di color  
grigio azzurro



- Scuole, edifici pubblici, abitazioni private
- Le barriere frangiflutti; (zona industriale);
- Le banchine del porto;





# RADIOATTIVITÀ NATURALE IMPOSTA



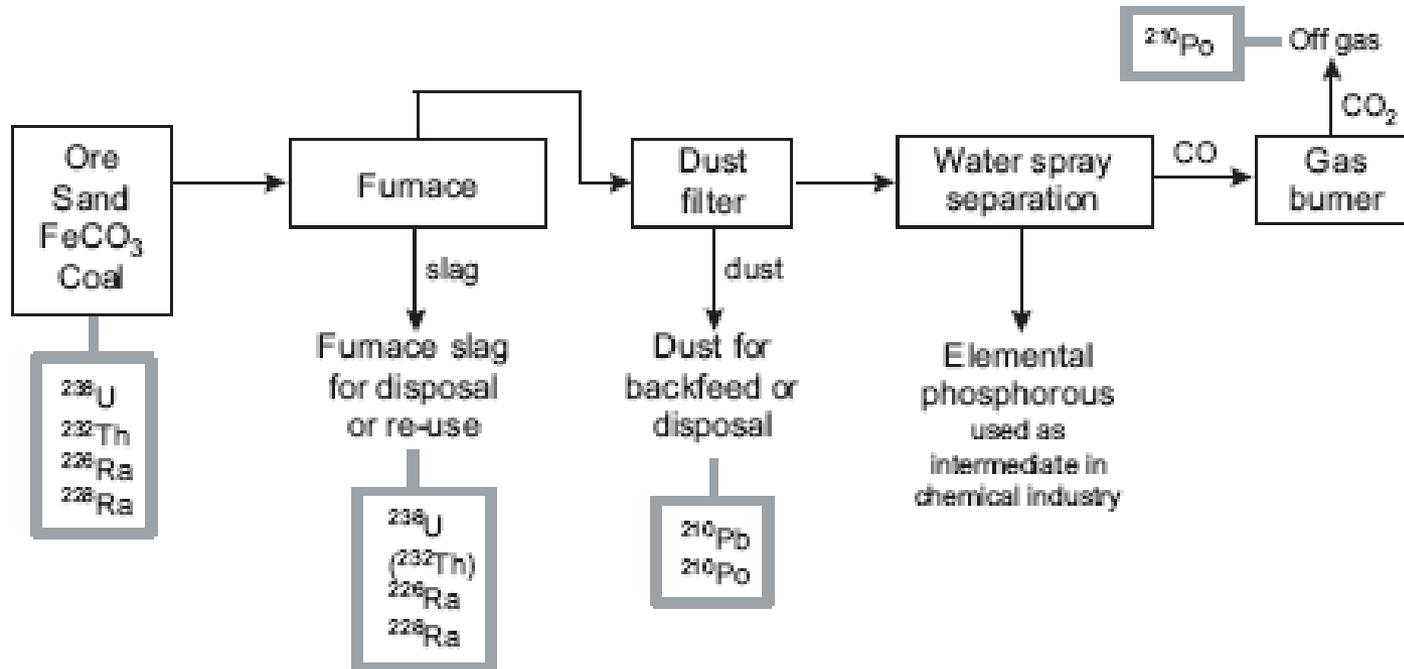
## ALLEGATO I BIS

### ALLEGATO I bis

#### 1. Elenco delle attività lavorative di cui all'articolo 10 bis, comma 1, lettere c) e d):

- a) industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso di fertilizzanti;
- b) lavorazione di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite;
- c) lavorazione di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari;
- d) lavorazione di terre rare;
- e) lavorazione ed impiego di composti del torio, per quanto concerne elettrodi per saldatura con torio, produzione di lenti o vetri ottici e reticelle per lampade a gas;
- f) produzione di pigmento al biossido di titanio;
- g) estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, per quanto concerne presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori.

- 
- perfosfato di calcio a basso tenore di anidride fosforica con attacco delle fosforiti (*fosfati di calcio*) dall'Algeria;
  - fertilizzanti fosfatici, detersivi e mangimi



UNSCEAR 2000

*Flow diagram of thermal production of elemental phosphorus.*

## LE PECULIARITÀ DELL'AREA IN ESAME

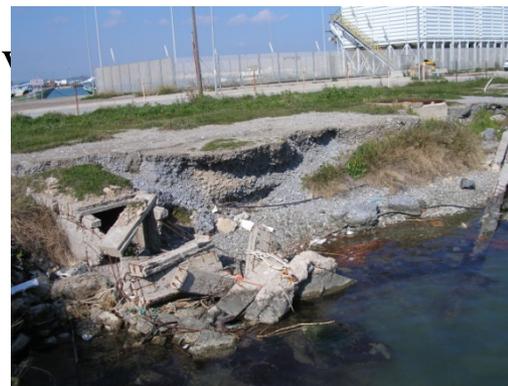
### MOLO DEL PORTO INDUSTRIALE CON BANCHINA FRANATA

- 1574 m<sup>2</sup>, ~ 1/3 franato e soggetto all'azione erosiva degli agenti atmosferici (mare e vento);
- area franata: rateo di dose in aria a 1 m dal suolo **590±39** nGyh<sup>-1</sup>;
- sito recintato: valore medio del rateo di dose di **266±12** nGyh<sup>-1</sup> da confrontare con il fondo medio della zona **95±15** nGyh<sup>-1</sup>

#### Le misure a contatto con i silicati:

- ✓ dose gamma 5 volte il fondo;
- ✓ misure con sonda beta gamma > 2 volte il fondo (19 cps).

Nell'area di accesso al molo recintato i livelli di radioattività sono superiori con il fondo.





# RADIOATTIVITÀ NATURALE

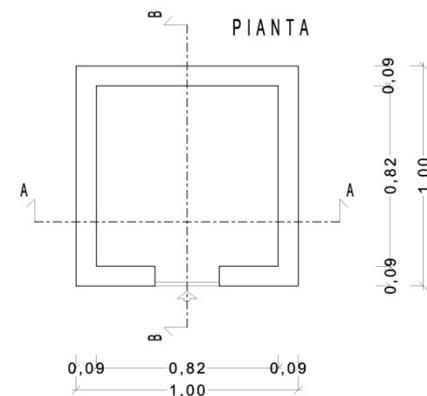


Matrice Ambientale

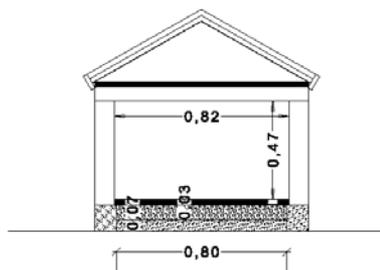
# SORGENTI NATURALI MARY'S HOUSE



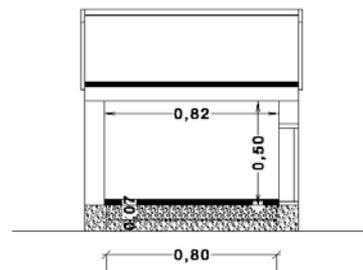
$$V_f = 0,32 \text{ m}^3$$



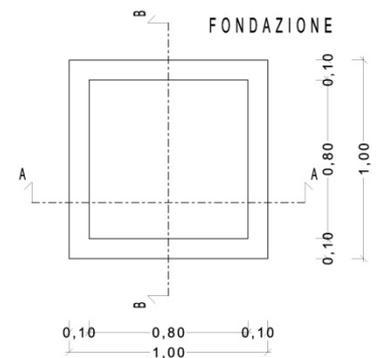
-  CONGLOMERATO CEMENTIZIO
-  MASSETTO PAVIMENTAZIONE
-  FOSFORITI



SEZIONE A-A



SEZIONE B-B



# RADIOATTIVITA' NATURALE

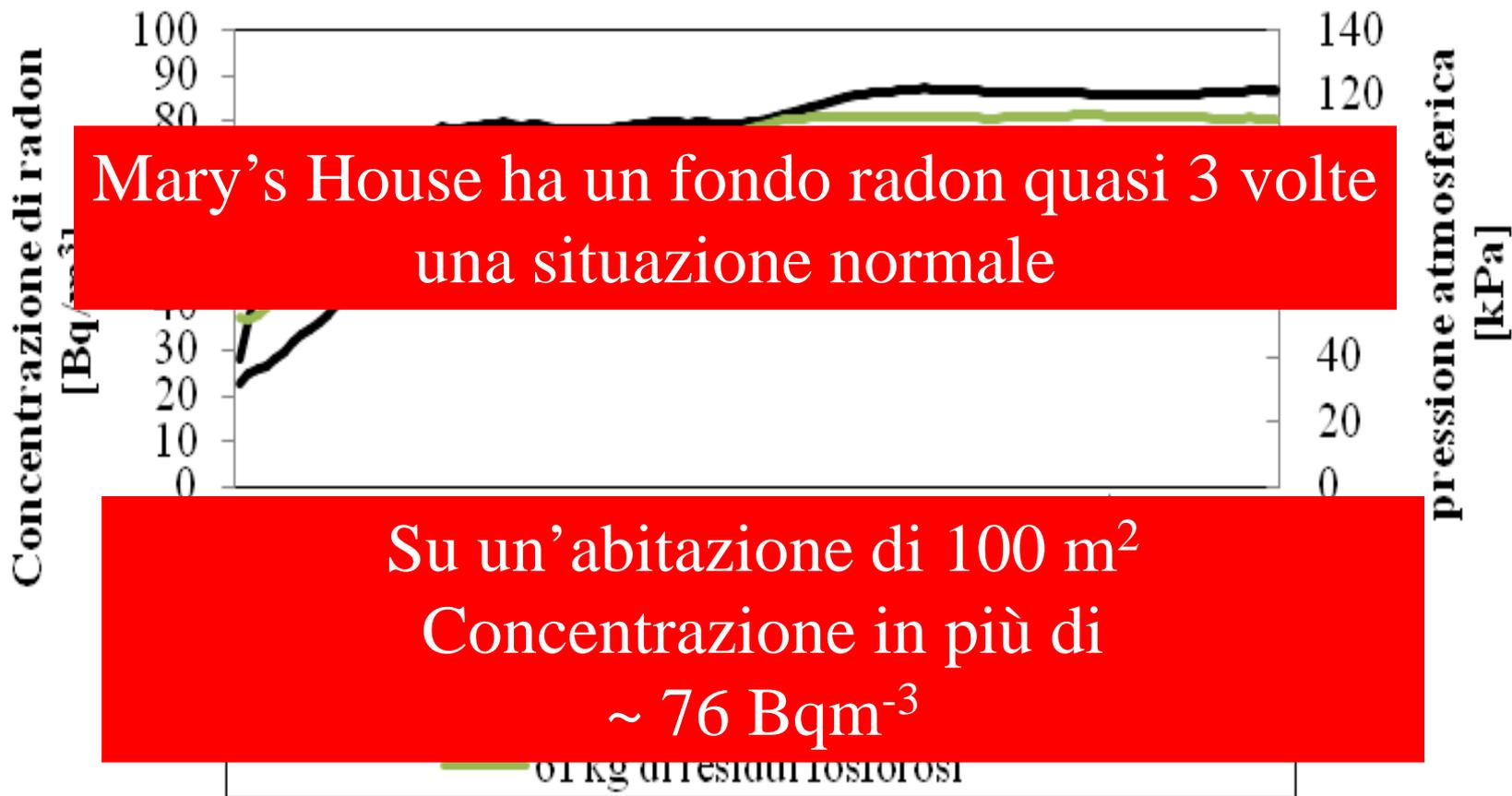




# MARY'S HOUSE



NORM

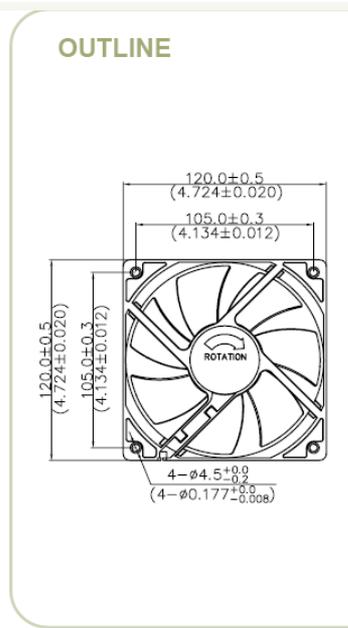
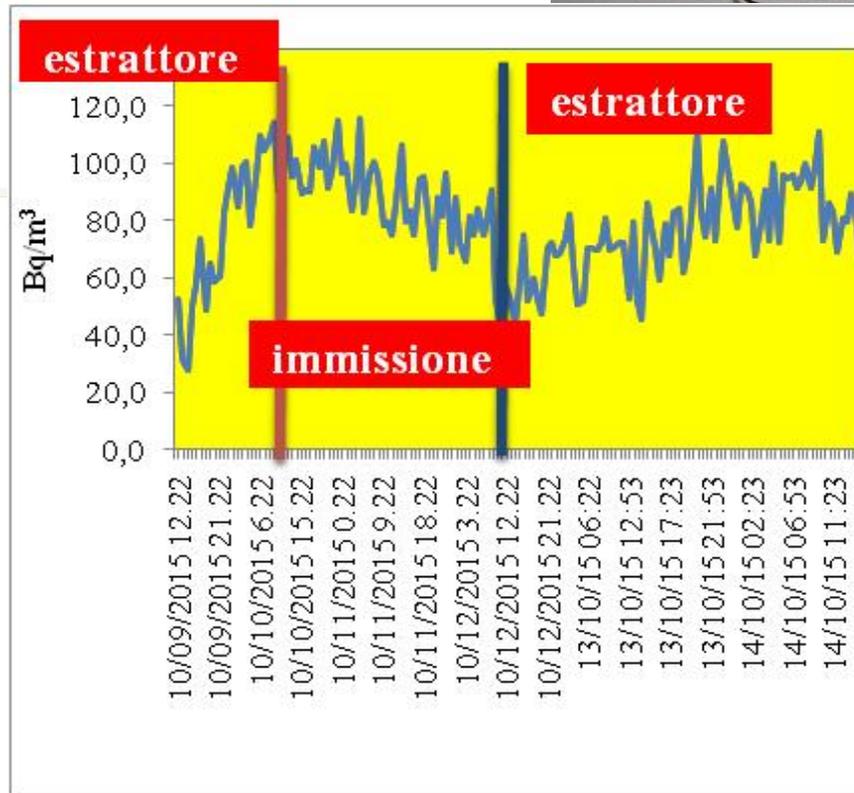


NORM



# RADIOATTIVITA' NATURALE

**Potenza: 2,2 W**  
**Tensione  $V_{dc}$ : 12 V**  
**Portata: 24 m<sup>3</sup>h**



Azione di  
rimedio  
Mary's House

**NORM**



## **MISURE DI RADON INDOOR: AZIONE DI RIMEDIO IN UN'ABITAZIONE DI LAMEZIA TERME (CZ)**

**S. Procopio\*, M. Fòlino Gallo\*, D. Iannetti\*\*, G. Racioppi, \*\***

*\* ARPACal, Laboratorio fisico Ettore Majorana Dipartimento di Catanzaro (CZ), Italia*

*\*\* Studio Tecnico ArchIn-ES, San Casciano V.d.P. (Fi), Italia*



## SCOPO DELLO STUDIO

In un quadro geologico territoriale complesso è stata realizzata un'azione di rimedio finalizzata alla riduzione del rischio radon in un'abitazione privata in cui i valori di concentrazione di attività di radon sono stati definiti non accettabili, a partire da una valutazione del rischio.

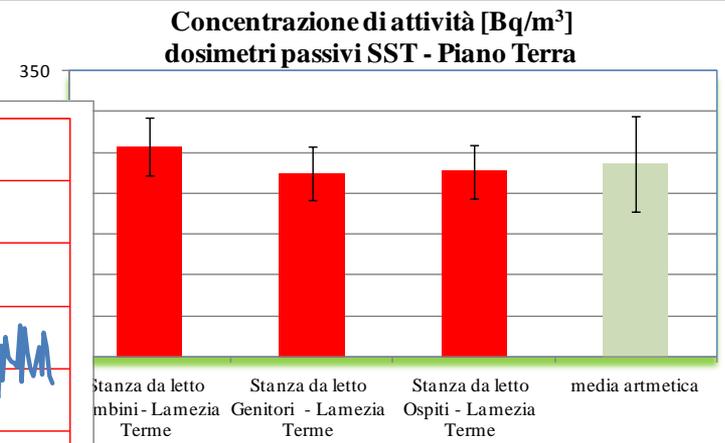
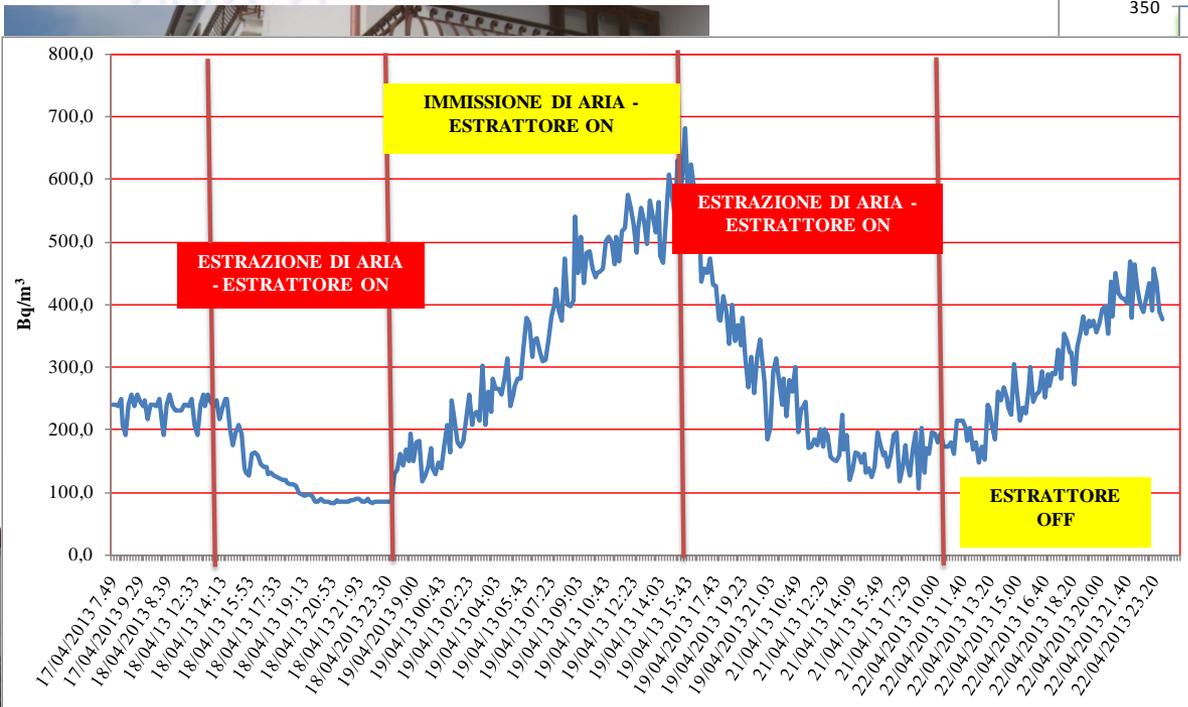
Lo studio presenta:

- il metodo e la valutazione del rischio;
- le tecniche d'intervento e le componentistiche strutturali.

L'analisi strutturale dell'edificio e la tipologia di costruzione, parimenti alle valutazioni geologiche e di analisi delle misure hanno animato il progetto. Il monitoraggio della radioattività è stato realizzato con dosimetria passiva (*Short e Long Term*) e con misure in continuo.



# RISULTATI E CON



La media iniziale di radon misurati è di  $236 \pm 58 \text{ Bq/m}^3$ .  
 La concentrazione media dopo l'azione di rimedio è  $47 \pm 22 \text{ Bq/m}^3$ .





## Campagna RADON 2015

promossa dall'Arpacal per la riduzione del rischio polmonare, hanno già aderito **50** comuni in tutta la Regione.

- Luoghi pubblici;
- Scuole;
- Abitazioni private;



Istituto Scolastico; abitazione privata, luogo di lavoro					
Indirizzo:				n°	
C.A.P.		Comune di:		Provincia:	

Fas

gas

<p>Tipologia dell'area:</p> <p><input type="checkbox"/> Urbana      <input type="checkbox"/> Piccolo agglomerato</p> <p><input type="checkbox"/> Isolata      <input type="checkbox"/> Altro:.....</p> <p>L'edificio è posto in:</p> <p><input type="checkbox"/> Montagna    <input type="checkbox"/> Collina</p> <p><input type="checkbox"/> Pianura      <input type="checkbox"/> Altro:.....</p> <p>Tipo di edificio:</p> <p><input type="checkbox"/> Casa / villa      <input type="checkbox"/> A schiera</p> <p><input type="checkbox"/> condominio ( a torre)    <input type="checkbox"/> edificio scolastico</p> <p><input type="checkbox"/> Altro:.....</p> <p>Impianto di condizionamento:</p>	<p>Anno di costruzione del fabbricato:</p> <p><input type="checkbox"/> &lt; 1800</p> <p><input type="checkbox"/> tra il 1800 e il 1900</p> <p><input type="checkbox"/> tra il 1900 e il 1930</p> <p><input type="checkbox"/> tra il 1930 e il 1960</p> <p><input type="checkbox"/> tra il 1960 e il 1990</p> <p><input type="checkbox"/> dopo il 1990</p> <p>Impianto idrico da :</p> <p><input type="checkbox"/> Acquedotto    <input type="checkbox"/> Pozzo</p> <p><input type="checkbox"/> Altro: .....</p> <p>Impianto di riscaldamento:</p> <p><input type="checkbox"/> gasolio      <input type="checkbox"/> legna      <input type="checkbox"/></p> <p>gas                      <input type="checkbox"/> Assente      <input type="checkbox"/></p> <p>Altro:.....</p>
---	---

1 : 1 1:

6);



Regione Calabria  
**A.R.P.A.Cal.**

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria



Materiali informativi

**WHO HANDBOOK ON  
INDOOR RADON  
A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE**



Manuale per il rischio radon: progetto di riduzione del rischio (Prot.Intesa Asp di Catanzaro e Arpacal)

