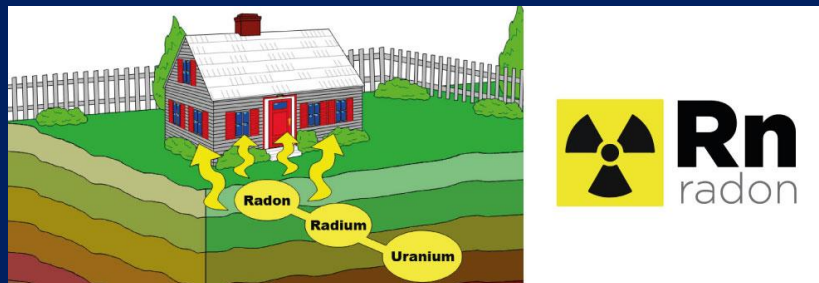


GAS RADON Giornata di discussione sulla L.R. n. 30/2016: finalità, contenuti e procedure operative



“Cos’è il gas radon: i pericoli e come si misura”



Dirigente Fisico
Esperto Qualificato
U.O. FISICA SANITARIA
ASL Bari
Dott.ssa Patrizia CARMONE

Cos'è il Radon ?
RADIAZIONEEEEEEEEEEEEE!!!!!!!!!!!!!!



LE RADIAZIONI

Le radiazioni sono classificate in base alla capacità di provocare danni agli organismi viventi.

L'azione **lesiva** delle radiazioni sull'organismo è legata ai processi fisici di **ionizzazione** degli atomi e delle molecole dei tessuti biologici

Da questo punto di vista, si possono classificare in:

- NON Ionizzanti → $E < 12 \text{ eV}$ → **NON ionizzazione** dei tessuti biologici
- Ionizzanti → $E > 12 \text{ eV}$ → **ionizzazione** dei tessuti biologici

Cambiamento chimico e biologico del sistema

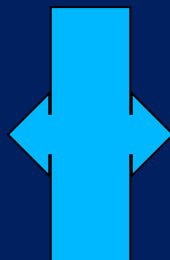
Mutazioni
genetiche

Insorgere del
cancro

FONTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

Naturali 82%

Artificiali 18%



Radon 56%
Raggi cosmici 8%
Terreno 8%
Interne 10%

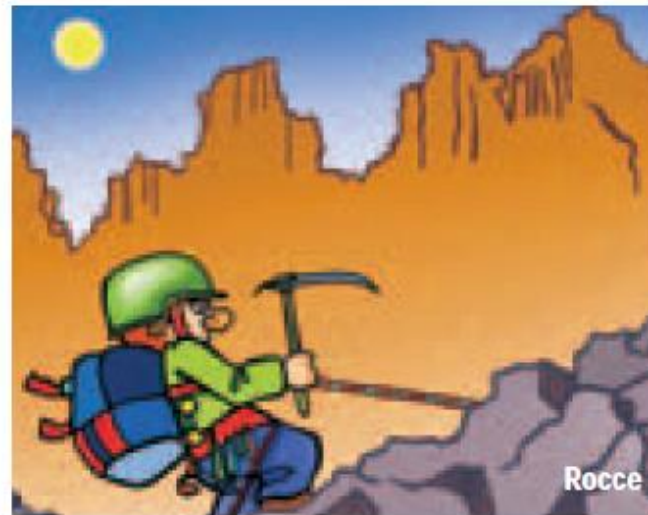
Medicina nucleare 4%
Prodotti di consumo 3%
Altro 1%
Radiografie 10%

Decadimento radioattivo

RADIOATTIVITA' NATURALE

RADIOATTIVITA' ARTIFICIALE

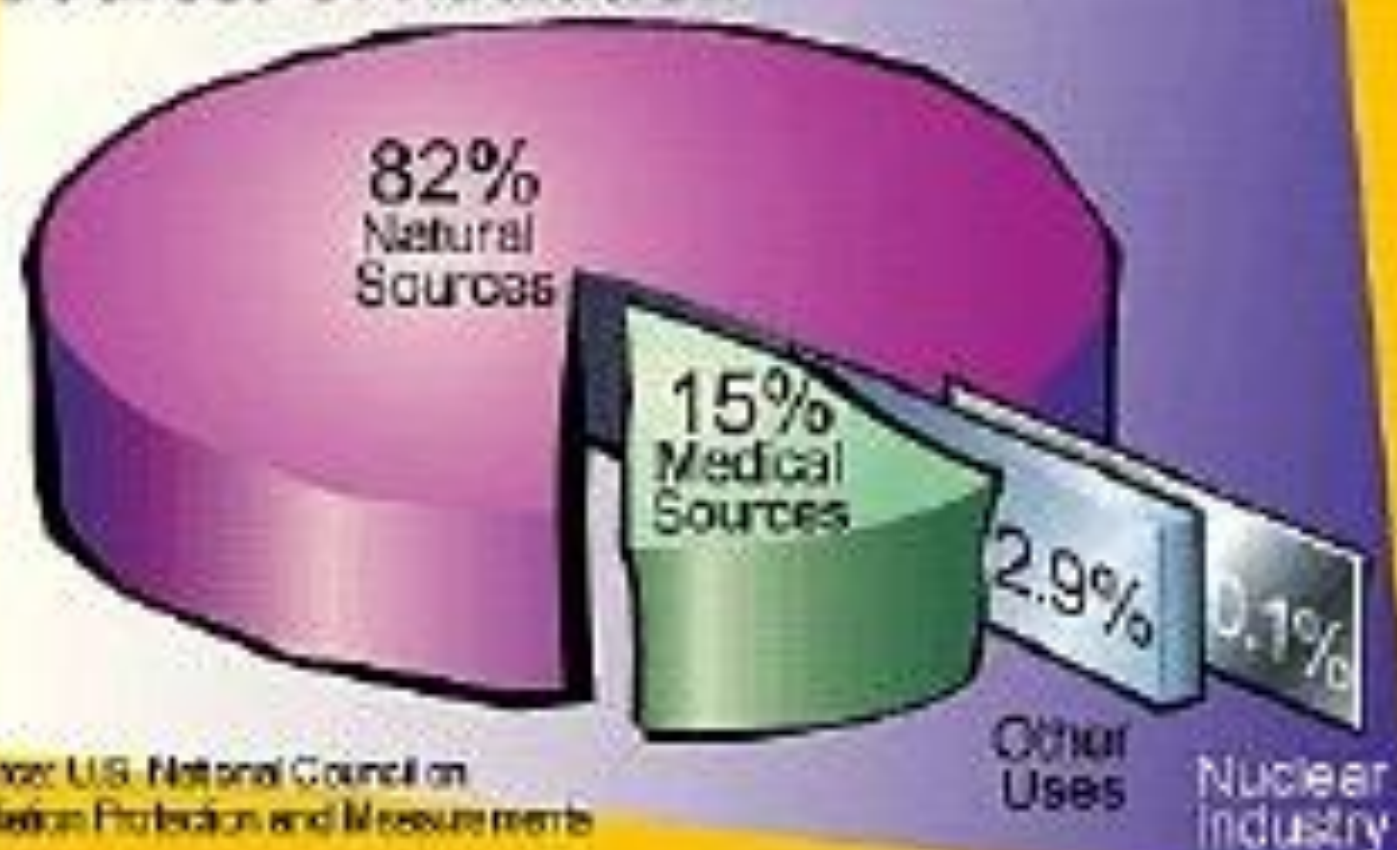
RADIOATTIVITA' NATURALE



RADIOATTIVITA' ARTIFICIALE (strumenti di uso quotidiano, per scopo medico, industriale o di ricerca)

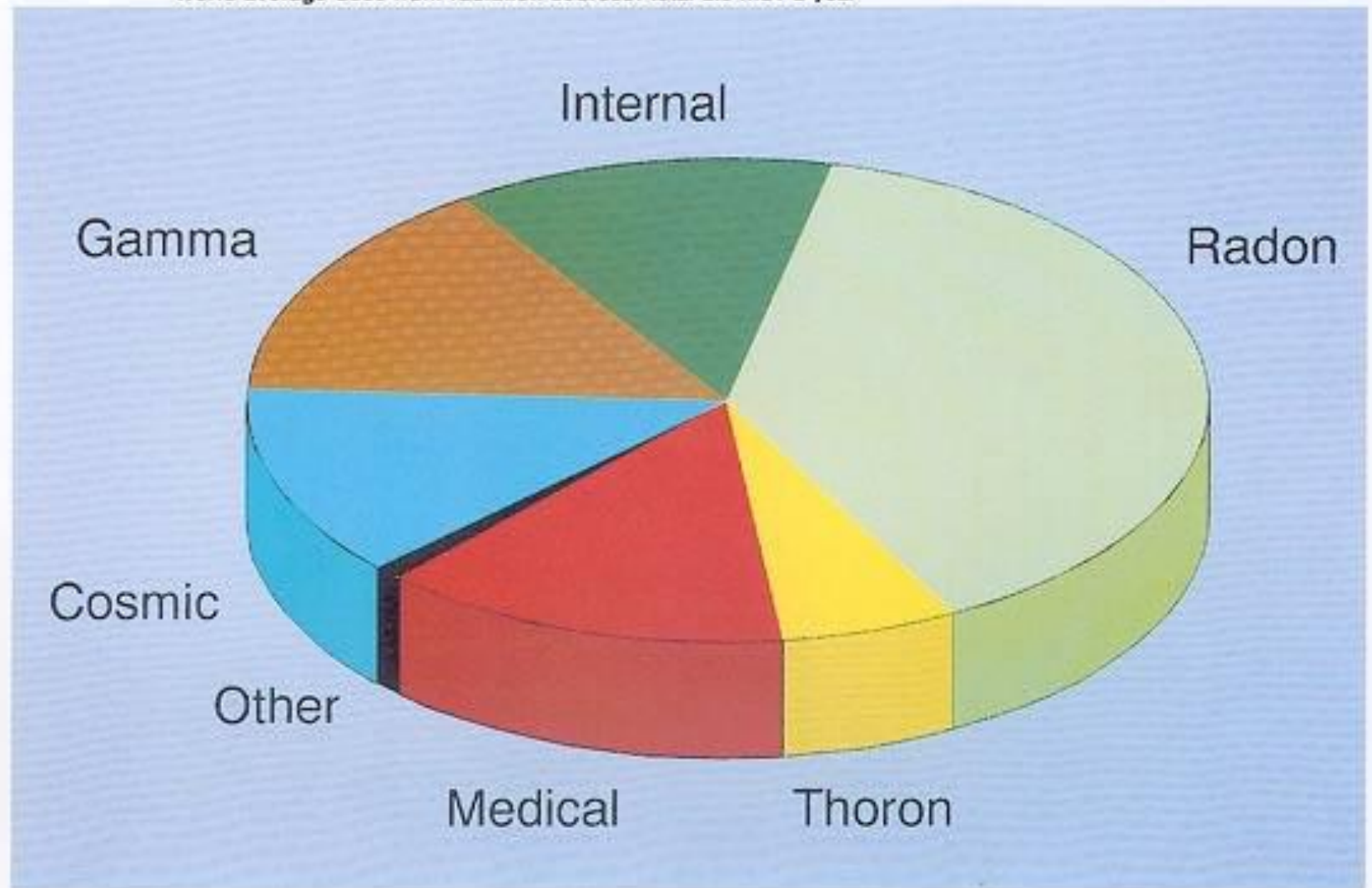


Sources of Radiation



Source: U.S. National Council on
Radiation Protection and Measurements

World average dose from radiation sources: total 2.8 mSv a year



Dose media annuale mondiale

LA RADIOATTIVITA'

CAPACITA' DI EMISSIONE SPONTANEA DI PARTICELLE O ONDE E.M. DA PARTE DI NUCLEI INSTABILI

✓ Naturale (in quasi tutti i nuclei avente Z compreso tra 81 e 92)

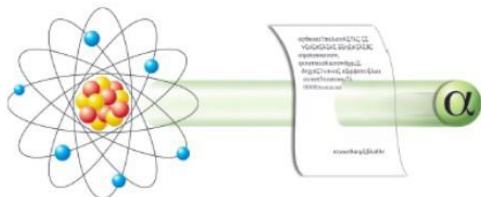
Artificiale (bombardamento del nucleo con particelle come protoni o neutroni)



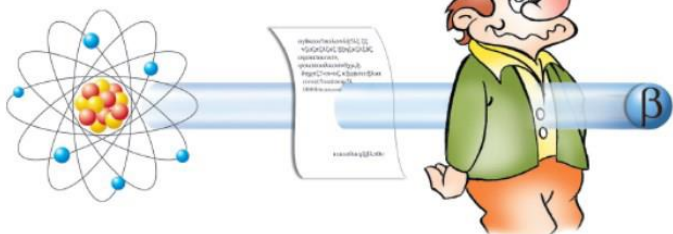
Si può avere un processo
in cascata finchè non si
giunge ad un nucleo stabile



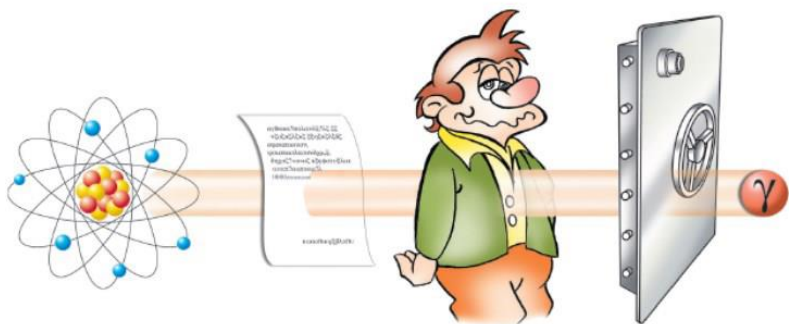
SERIE RADIOATTIVA: Un nucleo di un elemento
decade in un altro nucleo emettendo radiazioni
(DECADIMENTO)



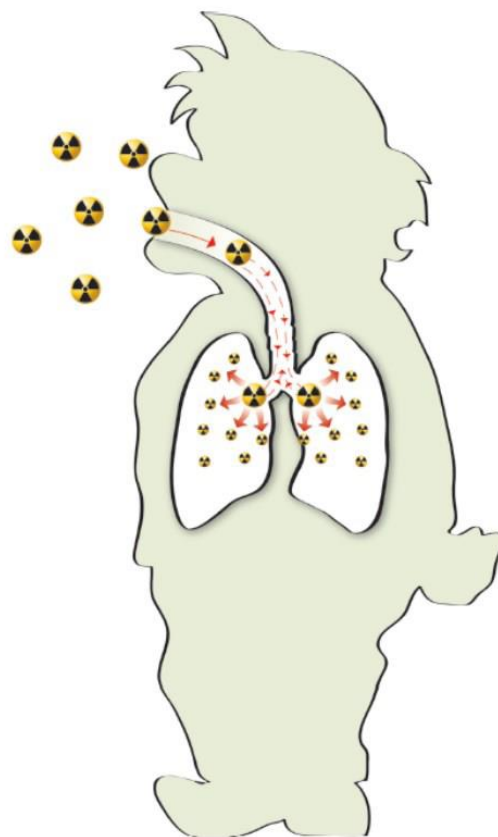
**Radiazioni
alfa (α)**



**Radiazioni
beta (β)**



**Radiazioni
gamma (γ)**



Le **particelle α** sono costituite da nuclei di elio. Penetrano in misura molto scarsa nella materia perché sono tra le particelle più pesanti emesse dai nuclei. Questa caratteristica permette loro di superare solo gli strati più esterni della cute; comportano quindi rischi contenuti per quanto concerne l'irraggiamento esterno, ma configurano rischi molto maggiori in caso di irraggiamento interno (penetrazione attraverso lesioni della cute, ingestione accidentale di cibi contaminati, inalazione di gas Radon). Il decadimento **α** è proprio di elementi chimici pesanti, quali uranio, torio, lo stesso radon e i suoi "figli".

Le **particelle β** sono costituite da elettroni (**β^-**) o positroni (**β^+**), a seconda del tipo di isotopo radioattivo che decade. La maggior parte dei decadimenti **β** è di tipo **β^-** e interessa soprattutto isotopi radioattivi di elementi leggeri. Gli elettroni hanno massa molto inferiore rispetto alle particelle **α** e di conseguenza sono dotati di un potere di penetrazione maggiore nei tessuti del corpo.

A differenza delle particelle **α** e **β** le **radiazioni γ** sono costituite da fotoni, sono cioè vere e proprie radiazioni elettromagnetiche. Hanno la stessa natura della luce e si muovono alla stessa velocità, ma possiedono frequenza, e quindi energia, molto più elevata. Costituiscono il tipo di radiazione ionizzante più penetrante.

LE FAMIGLIE RADIOATTIVE

URANIO 238 (U238) DECADIMENTO RADIOATTIVO

tipo di radiazione	nuclide	tempo di dimezzamento
	 uranio-238	4.47 miliardi di anni
α	 torio-234	24.1 giorni
β	 protattinio-234m	1.17 minuti
β	 uranio-234	245000 anni
α	 torio-230	75200 anni
α	 radio-226	1600 anni
α	 radon-222 (*)	3.823 giorni
α	 polonio-218	3.05 minuti
α	 piombo-214	26.8 minuti
β	 bismuto-214	19.7 minuti
β	 polonio-214	0.000164 secondi
α	 piombo-210	22.3 anni
β	 bismuto-210	5.01 giorni
β	 polonio-210	138.4 giorni
α	 piombo-206	stabile

URANIO 235 (U235) DECADIMENTO RADIOATTIVO

tipo di radiazione	nuclide	tempo di dimezzamento
	 uranio-235	703.8 milioni di anni
α	 torio-231	25.52 ore
β	 protoattinio-231	32800 anni
α	 attinio-227	21.77 anni
β	 torio-227	18.72 giorni
α	 radio-223	11.43 giorni
α	 radon-219	3.96 secondi
α	 polonio-215	0.00178 secondi
α	 piombo-211	36.1 minuti
β	 bismuto-211	2.14 minuti
α	 tallio-207	4.77 minuti
β	 piombo-207	stabile

TORIO 232 (Th232) DECADIMENTO RADIOATTIVO

tipo di radiazione	nuclide	tempo di dimezzamento
	 torio-232	14.05 miliardi di anni
α	 radio-228	5.75 anni
β	 attinio-228	6.15 ore
β	 torio-228	1913 anni
α	 radio-224	3.66 giorni
α	 radon-220	55.6 secondi
α	 polonio-216	0.145 secondi
α	 piombo-212	10.64 ore
β	 bismuto-212	60.6 minuti
β	 polonio-212	0.299 microsecondi
α	 tallio-208	3.05 minuti
β	 piombo 208	stabile

Caratteristiche chimico-fisiche del Rn

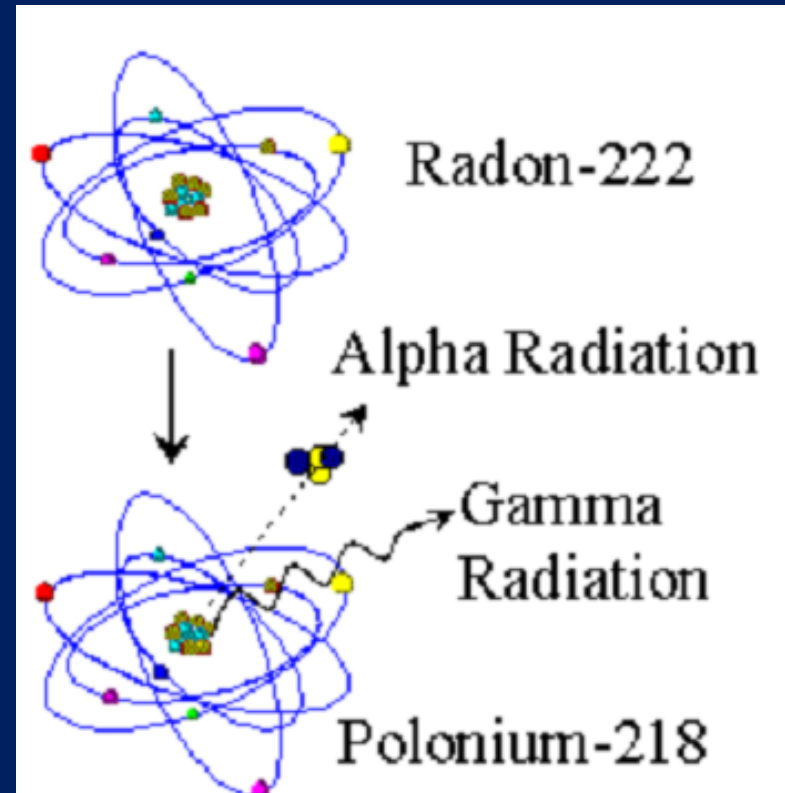
Gruppo gas nobili

Tavola periodica elementi

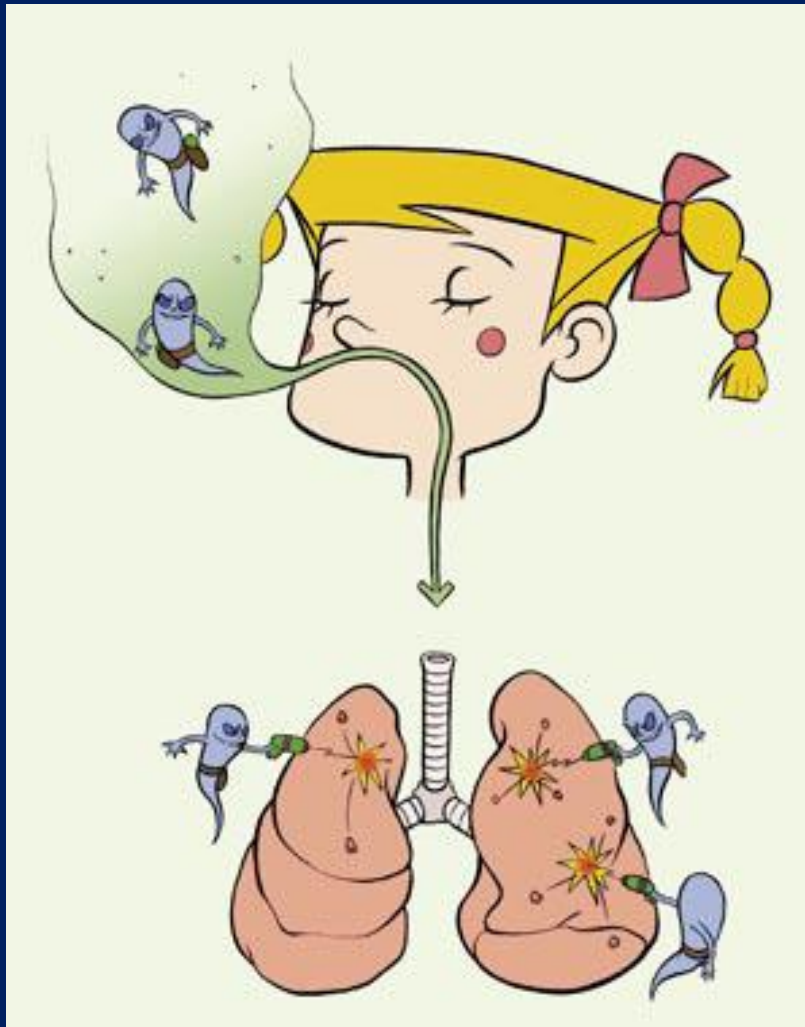
1 H .037																	2 He —
3 Li .123	4 Be .089											5 B .080	6 C .077	7 N .074	8 O .074	9 F .072	10 Ne —
11 Na .157	12 Mg .136											13 Al .125	14 Si .117	15 P .110	16 S .104	17 Cl .099	18 Ar —
19 K .203	20 Ca .174	21 Sc .144	22 Ti .132	23 V .122	24 Cr .117	25 Mn .117	26 Fe .117	27 Co .116	28 Ni .115	29 Cu .117	30 Zn .125	31 Ga .125	32 Ge .122	33 As .121	34 Se .117	35 Br .114	36 Kr —
37 Rb .216	38 Sr .191	39 Y .162	40 Zr .145	41 Nb .134	42 Mo .129	43 Tc —	44 Ru .124	45 Rh .125	46 Pd .128	47 Ag .134	48 Cd .141	49 In .150	50 Sn .141	51 Sb .141	52 Te .137	53 I .133	54 Xe —
55 Cs .235	56 Ba .198	*	72 Hf .144	73 Ta .134	74 W .130	75 Re .128	76 Os .126	77 Ir .126	78 Pt .129	79 Au .134	80 Hg .144	81 Tl .155	82 Pb .154	83 Bi .152	84 Po .153	85 At —	86 Rn —
87 Fr —	88 Ra —	†	104 Ku —	105 Ha —													

- ✓ Elemento piu' pesante del gruppo
- ✓ $\rho \cong 8 \rho_{\text{aria}}$, $Z=86$, $A=219,\dots,222$
- ✓ Gas inodore e insapore

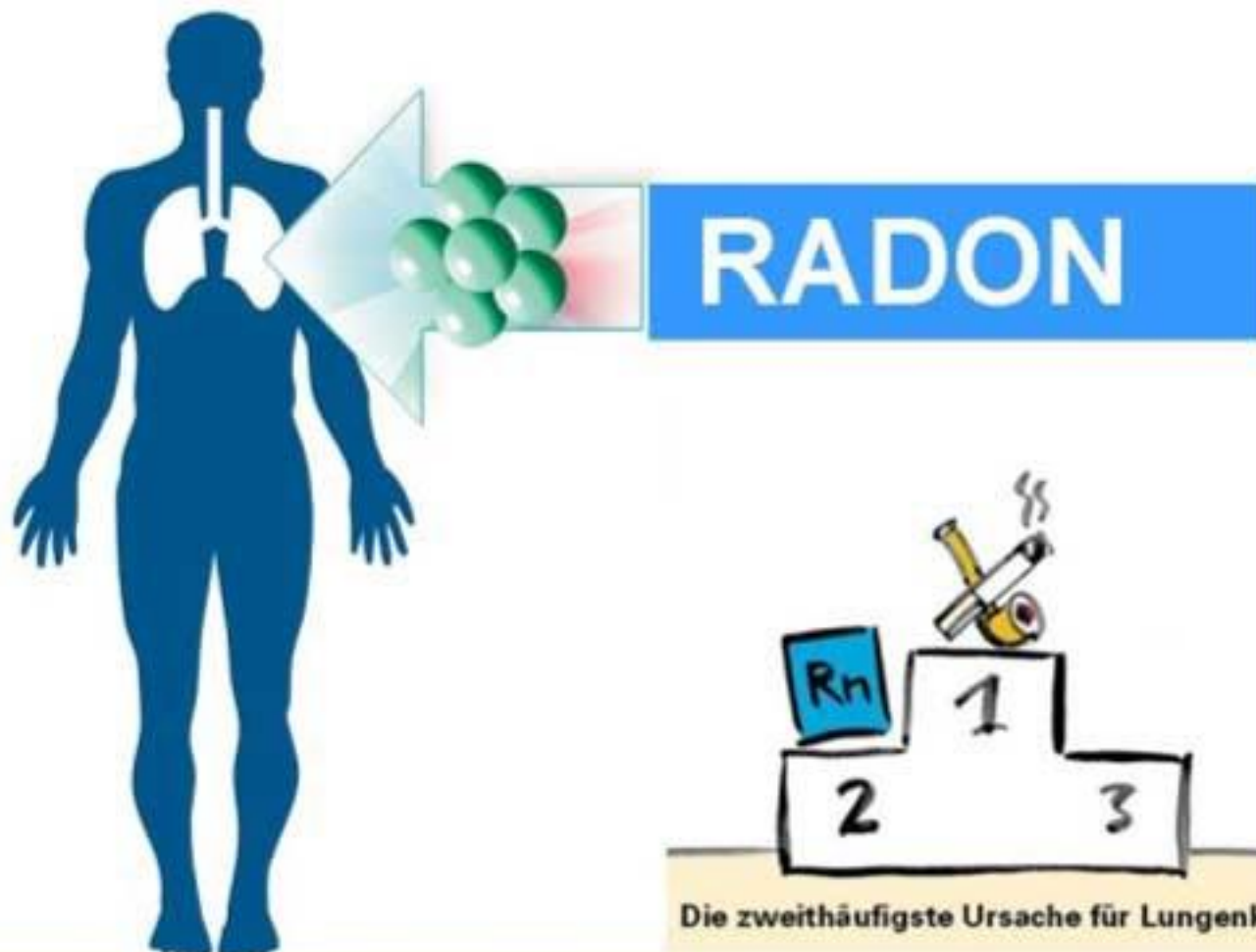
DECADIMENTO DEL RADON



Il Radon è un gas nobile non reattivo che, inalato, non si deposita nei polmoni ma viene rapidamente espulso, con trascurabile contributo di dose ai polmoni.

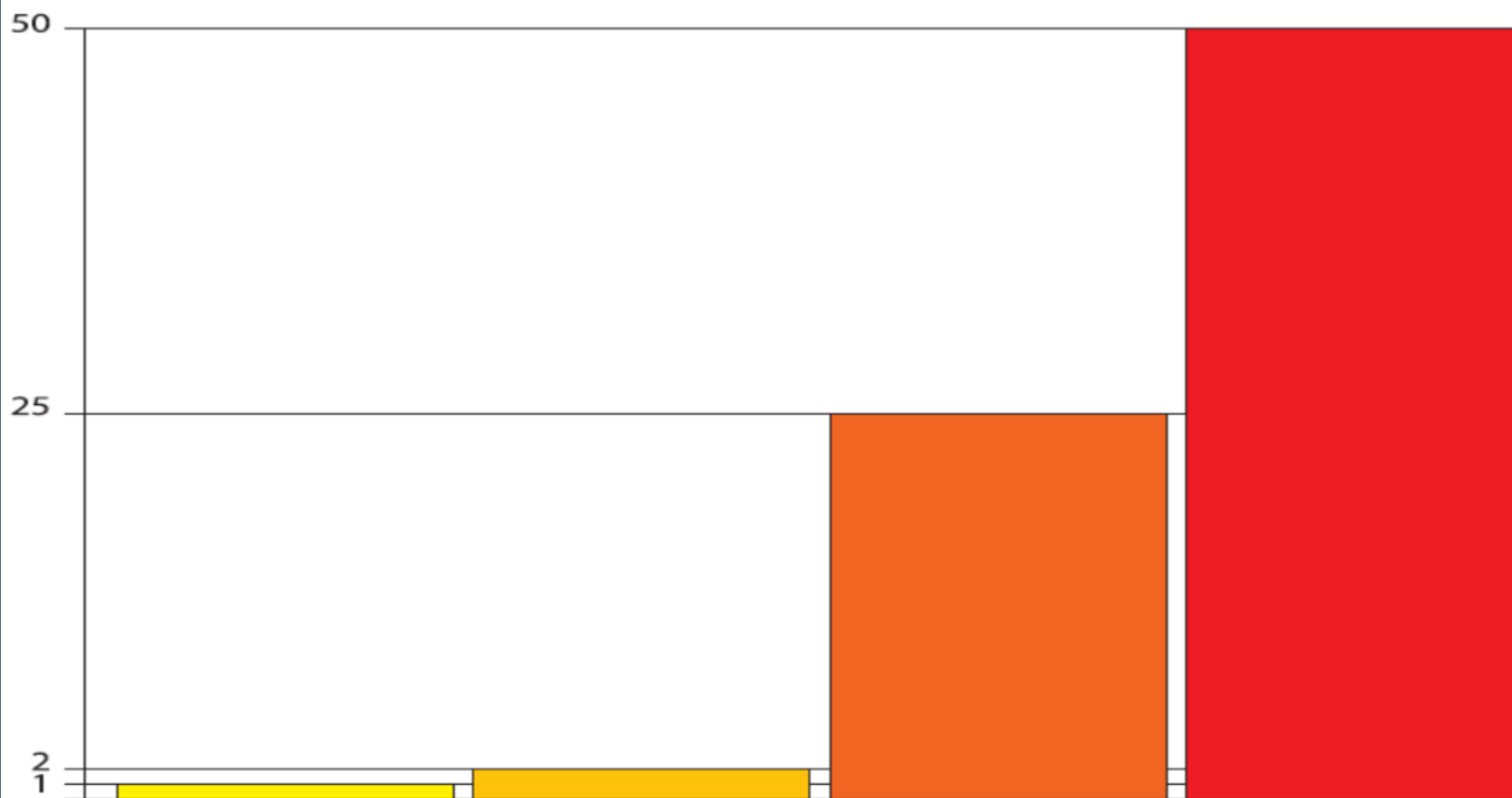


Il radon non sarebbe così pericoloso se non fosse un gas. Infatti le particelle alfa che esso emette non creano problemi all'uomo perché sono facilmente arrestate dai vestiti o dalla pelle così non riescono a danneggiare i tessuti interni. L'effetto dannoso legato al radon è essenzialmente dovuto all'inalazione dei suoi prodotti di decadimento a vita breve (polonio-218, piombo-214, bismuto-214 e polonio-214) che sono i più significativi dal punto di vista sanitario in quanto, essendo solidi, una volta formati possono aderire alle particelle di aerosol sospese nell'atmosfera, mentre una piccola parte di essi rimane in forma libera.



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).



BASALE



SOLO RADON



SOLO FUMO



FUMO+RADON

Inquinamento del Rn negli edifici

Rn

Gas con elevata mobilità'

Diffonde attraverso il suolo

Presente nell' aria e negli edifici

*Concentrazione media all' aria aperta 5-10 Bq/m³ ,
in ambienti chiusi puo' raggiungere valori molto superiori!!!*

Dosi efficaci annue da sorgenti di radiazioni ionizzanti (mSv)

1-2mSv su tutto il corpo annui dovuti a Rn presente negli edifici

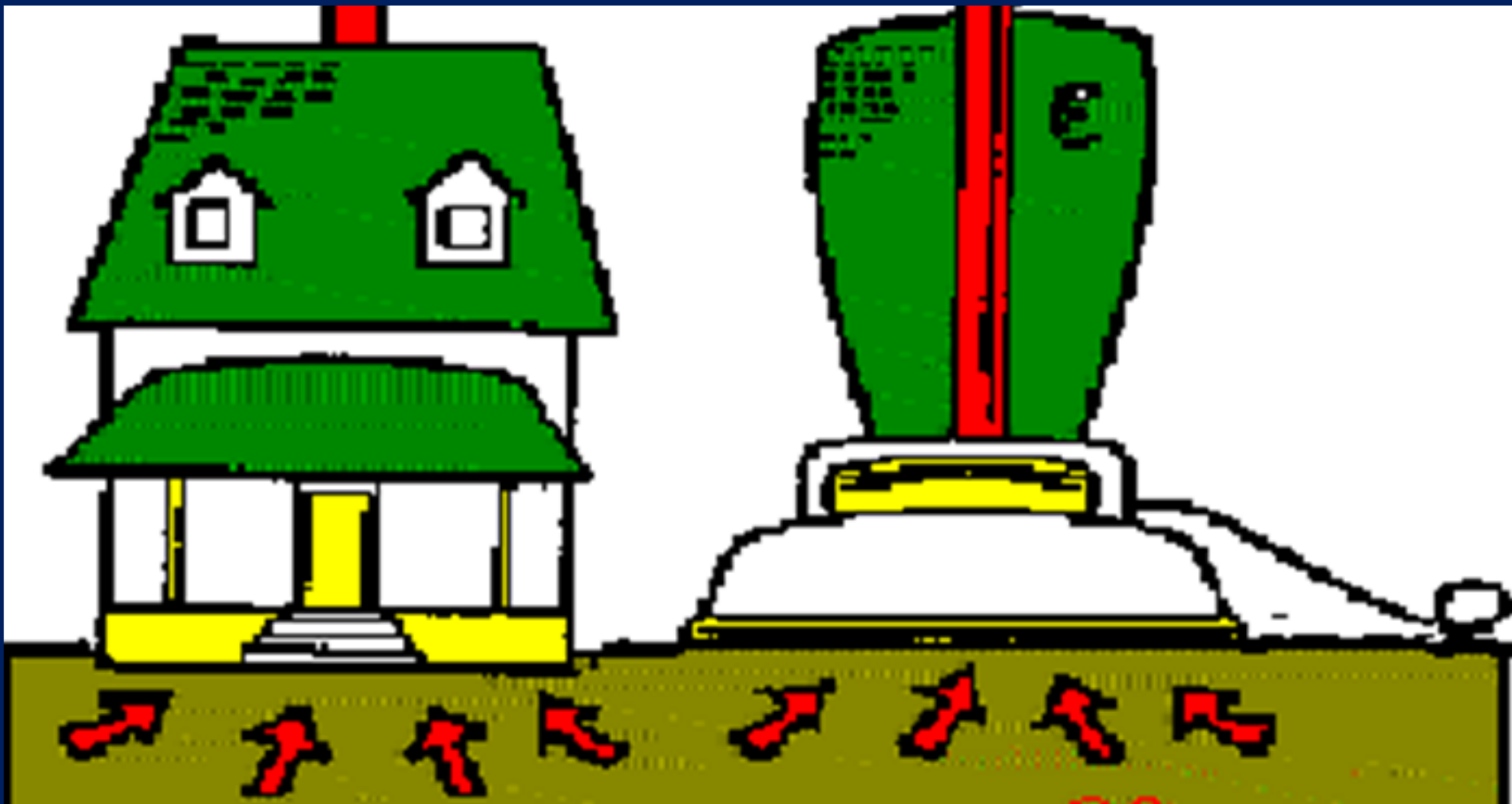
	Dose media mondiale per la popolazione	Dose media nei Paesi industrializzati per la popolazione	Dose media per i lavoratori
Raggi cosmici	0.39		
Radiazione gamma terrestre	0.46		
Radionuclidi naturali nel corpo	0.23		
Radon e suoi discendenti	1.3		
TOTALE da sorgenti di origine naturale	2.4		
Radiazioni ionizzanti in diagnostica medica	0.33	1.1	
Fallout da esplosioni nucleari in atmosfera	0.022		
Attività nel ciclo nucleare			2.9
Attività in altri impieghi industr.			0.9
Attività in diagnosi e ter. medica			0.5
Media nelle attività con radiazioni ionizzanti			1.1

Valore non trascurabile soprattutto se si considera che e' un valore medio

1 mSv provoca circa 5 casi extra di cancro all'anno su 10⁵ adulti

Il Rn arriva negli edifici per diffusione dal terreno!!!





- La costruzione si comporta in modo da creare una depressione che induce l'ingresso del gas all'interno.
- Tale depressione è minima ed è indotta dalla differente pressione esistente dentro e fuori del fabbricato

...allora da cosa dipende la concentrazione di Rn negli edifici?

Rate di produzione
nel terreno di Rn

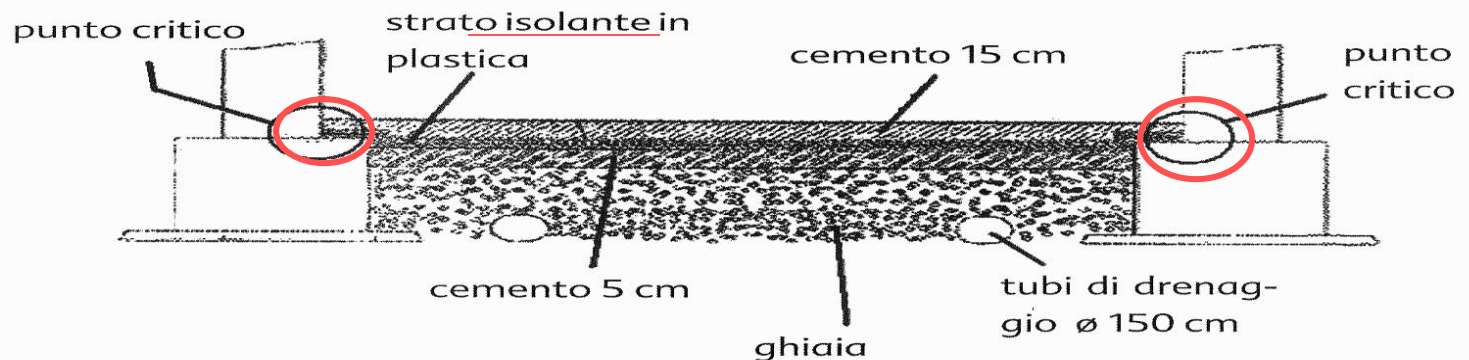
Flusso di gas che
entra nell'edificio

Ventilazione casa

Permeabilit  del suolo

Fondamenta casa

Esempio:



Come diminuire la concentrazione di Rn negli edifici?



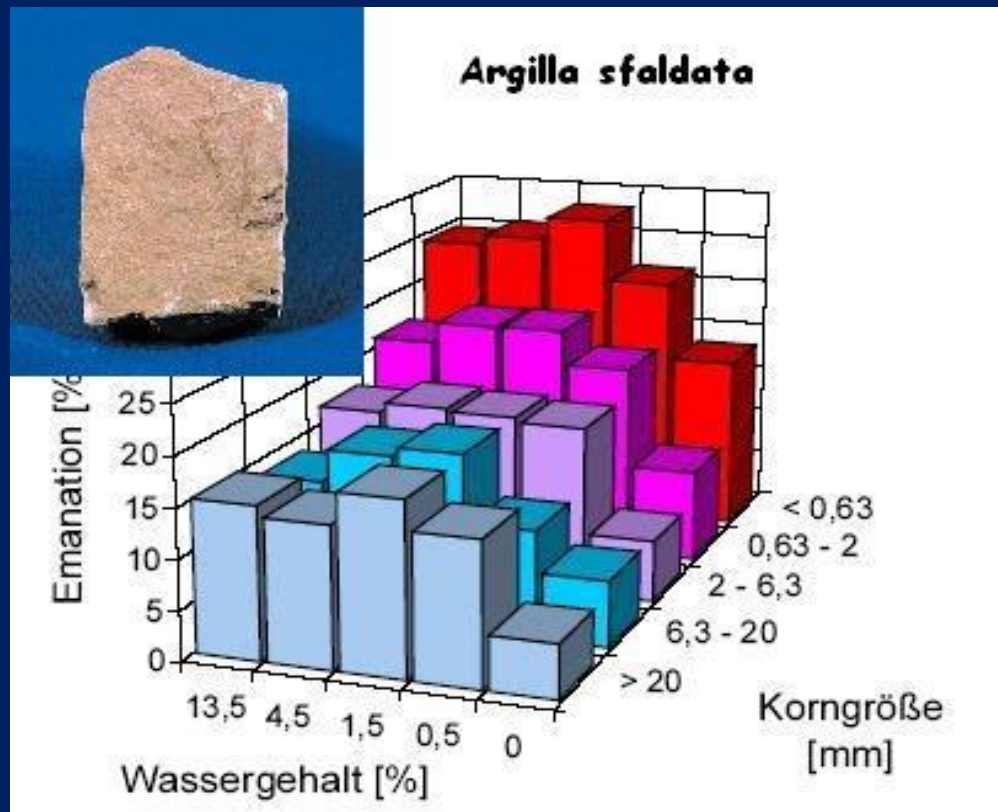
Capire da quali fattori dipende

Il Rn arriva negli edifici per diffusione dal terreno!!!

...anche se una *piccola parte* di esso puo' essere prodotto dai materiali di costruzione (misure in Svezia e negli U.S.A.) che possono contenere Ra

le rocce vulcaniche quelle che hanno il maggior contenuto di radon, proprio quelle da cui si produce il cemento comune per l'edilizia. Ma non è solo là che si trova il radon. Infatti nelle diverse ere geologiche questo gas pesante è rimasto intrappolato nelle rocce sedimentarie. Anche l'utilizzo di determinate lave, tufi, pozzolane e di alcuni graniti nella costruzione o nei rivestimenti interni contribuiscono alla concentrazione del radon.

L'emanazione di Radon non dipende in maniera direttamente proporzionale dal contenuto di Uranio e Radio nelle rocce



Rimane per la parte prevalente intrappolato nella matrice solida nella quale avviene il decadimento del Ra-226, solo una piccola frazione, quella emessa dal Ra-226 posto alla periferia dei singoli elementi solidi (superfici e zone di fratture delle rocce, grani di terreno o di sabbia,), emerge dal suolo o si discioglie nelle acque e diffonde nell'aria

Quindi non possiamo dire che in un posto c'è del radon ed in un altro no, ma solo che in un posto ce n'è di meno ed in un altro di più.

Anche nelle zone in cui il flusso di radon è basso, ci possono essere luoghi non aerati (scantinati, grotte) in cui la concentrazione di tale gas non è molto diluita e tende ad accumularsi in dosi pericolose.

Cosa fare per proteggersi dal radon ? (strategie di difesa e mitigazione)

EDIFICI ESISTENTI



Opere di risanamento

EDIFICI NUOVI



Prevenzione dal radon,

OBIETTIVO



Impedire ingresso
radon



limitare l'ingresso
radon

MISURARE LA CONCENTRAZIONE DEL RADON

SCOPO

valutare la **dose alla popolazione**,
valutare l'efficacia di una azione di risanamento

LA MISURA DEL RADON

Nei luoghi di lavoro e nelle abitazioni, la stima dell'esposizione media degli occupanti viene di regola condotta attraverso misure integrate protratte per tempi relativamente lunghi. La misura integrata, infatti, annulla l'effetto delle fluttuazioni, che si verificano sia nell'arco della giornata che nel corso delle varie stagioni fornendo un valor medio della concentrazione di radon utile per la stima della dose, come previsto dal Decreto Legislativo n.241/00.

Misura della concentrazione di Rn

Tecniche di misura

```
graph TD; A[Tecniche di misura] --> B["“ACTIVE”"]; A --> C["“PASSIVE”"];
```

“ACTIVE”

- campionamento forzato del Rn
- Durata misura: risultato quasi istantaneo (minuti, ore)
- Più costose

“PASSIVE”

- Il gas entra nel rivelatore per diffusione
- Durata misura: forniscono risultati medi (6 mesi, 1 anno)
- Meno costose

**Tecnica di misura
ATTIVA**

```
graph TD; A([Tecnica di misura  
ATTIVA]) --> B[camere a ionizzazione  
a pressione]; A --> C[Rivelatori a  
termoluminescenza (TLD)]; A --> D[scintillatori plastici];
```

*camere a ionizzazione
a pressione*

*Rivelatori a
termoluminescenza (TLD)*

scintillatori plastici

**Tecnica di misura
PASSIVA**

```
graph TD; A[Tecnica di misura PASSIVA] --> B[Rivelatori a tracce]; A --> C[Rivelatori a elettrete]; A --> D[Canestri a carboni attivi];
```

Rivelatori a tracce

Rivelatori a elettrete

Canestri a carboni attivi



Il rivelatore passivo a tracce CR-39 é costituito da un polimero realizzato in lastre di poco spessore, sensibile alle radiazioni alfa ed insensibile alle altre radiazioni. La rivelazione del radon avviene attraverso la registrazione delle tracce di particelle alfa emesse dal radon e dai suoi prodotti di decadimento all'interno della camera a diffusione. I processi chimici in laboratorio amplificano le tracce



Misurazioni di Radon in tempi brevi

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



Canestri con carbone attivo Si tratta di piccoli contenitori con carbone attivo, che sono in grado di assorbire una parte del radon presente nell'ambiente di misura. Alla fine del periodo di esposizione (non più di una settimana), deve essere rapidamente misurato in laboratorio o per mezzo di tecniche di scintillazione liquida o di spettrometria gamma. La sensibilità dei canestri è in genere molto elevata ed indicata per misurare anche concentrazioni di radon di poche decine di Bq/m^3 . Parametri influenti: il sistema è particolarmente sensibile all'umidità. Tale tecnica di misura è ritenuta ai giorni nostri piuttosto precaria ed è scarsamente impiegata

Radon and microclimatic monitoring in Putignano's Grotto to assess workers and visitors annual effective dose.

Carmone P.^a, Laterza G.^a, Mola D.^a, Terlizzi A.^a, Belviso B.D.^b, Lippolis P.^c, Intini E.^c

^aS.S. FISICA SANITARIA, A.S.L. Taranto, Ospedale "S.G.Moscato", S.S. 172 Taranto, Italy

^bKARSIKO (Scientific research association – SS 172 per Turi, Putignano – Bari, Italy)

^cGRUPPO RICERCHE CARSICHE (speleology association – via Noci 83, Putignano – Bari, Italy)

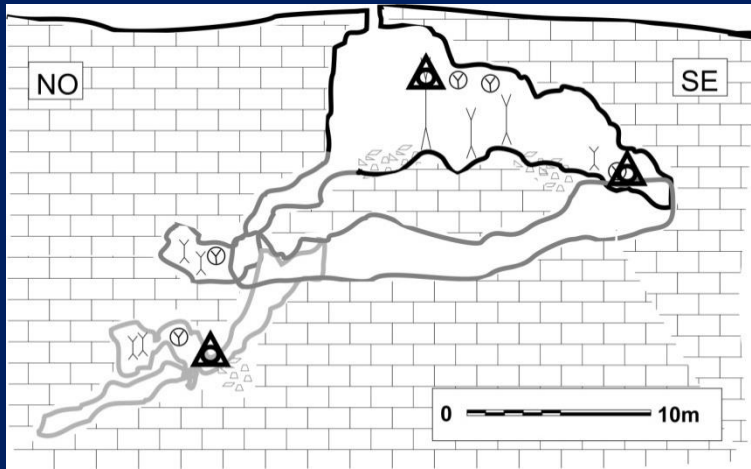


Figure 1: longitudinal section of Grotto of the Trullo

Il paese di Putignano si trova in una zona della Puglia in cui gli strati superficiali di roccia sono di calcare compatto (CaCO_3), una roccia sedimentaria formata nel cretaceo (circa 200 milioni di anni fa) molto fratturata ed altamente carsica. Nel sottosuolo dell'area del paese sono infatti presenti decine di cavità naturali di dimensioni e profondità molto differenti. Tali cavità formano delle sacche all'interno delle rocce in cui i gas che circolano nelle fratture ristagnano, sono cioè come dei “laghi” di aria: il posto migliore per monitorare i flussi di gas nel sottosuolo

RISULTATI DELLE MISURE

Il monitoraggio ha consentito di tranquillizzare gli assidui frequentatori della Grotta del Trullo e ha poi mostrato che il sistema di aerazione di quest'ultima è molto valido in quanto la concentrazione di radon lungo il percorso turistico risulta essere assai vicino alla media esterna anche nelle zone più nascoste, il che lascia le guide della grotta al sicuro dai problemi connessi all'inalazione del radon.

CONCLUSIONI

RADON.....

Intere generazioni vi hanno convissuto per molto tempo. Non se ne conosceva la pericolosità . Oggi, oltre che attenersi alla normativa, vi è la necessità di tenerlo sotto controllo.

*L'ambiente in cui viviamo con il quale
abbiamo imparato a convivere è pieno
di rischi. In questo caso l'attitudine
corretta sarebbe quella di non
preoccuparci di piccole dosi di
radiazioni oltre il fondo naturale, ma
controllarle non farebbe male e*

.....



.....eviterebbe le speculazioni che
la mancanza di informazione porta con sé!

Grazie per l'attenzione



Fininvestimenti per la Sicurezza