

Radon

Stagisti: Bistacchia Laura, Cianfanelli Marco e Fabiani Sergio Liceo Scientifico G. Vailati (Genzano di Roma)

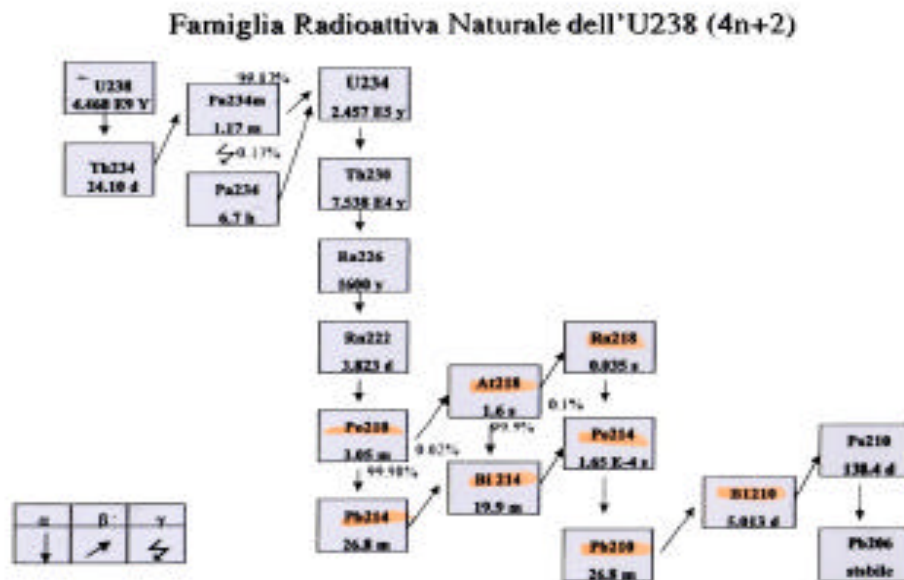
Tutori: A. Esposito, M. Chiti, L. Fioretti, A. Gentile

Cos'è il RADON

Il Radon è un gas radioattivo incolore estremamente volatile prodotto dal decadimento di tre nuclidi capostipiti che danno luogo a tre diverse famiglie radioattive; essi sono il Thorio 232, l'Uranio 235 e l'Uranio 238. In termini di classificazione chimica, il radon è uno dei gas rari, come neon, kripton e xeno. Il radon non reagisce con altri elementi chimici. Esso è il più pesante dei gas conosciuti (densità 9.72 g/l a 0°C, 8 volte più denso dell'aria). Il radon diffonde nell'aria dal suolo e, a volte, dall'acqua (nella quale può disciogliersi).

La Scoperta della Pericolosità del RADON

Il problema del radon fu riscontrato per la prima volta fra i lavoratori delle miniere circa cento anni fa, Harting e Hesse diagnosticarono un tipo di cancro assai diffuso tra i minatori, chiamato



"Shneeberger

Bergkrankheit". Quarantacinque anni più tardi Ludwig e Lorenzer suggerirono che quel tipo di cancro poteva essere causato da un'altra concentrazione di radon, ma soprattutto dall'inalazione dei suoi figli (Fig.1).

Il polmone quindi risulta l'organo più esposto ad un'alta dose di radiazioni rispetto agli altri organi del nostro corpo.

Questo tipo di radiazioni non sono dannose se vengono a contatto con la superficie cutanea in quanto lo

spessore della pelle è sufficiente a fermarle. Nel momento in cui il radon è inalato, giunge nei nostri polmoni dove decade in elementi solidi radioattivi che non vengono espulsi. Questi permangono all'interno dell'organo e decadendo emettono radiazione e che non sono schermate dalle membrane interne troppo fine recando gravi danni(Fig.2).

Come si genera il RADON 222

Il Radon viene generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre ed in modo particolare da lave, tufi, pozzolane, alcuni graniti, ecc. Sebbene sia lecito immaginare che le concentrazioni di Radon siano maggiori nei materiali di origine vulcanica spesso si riscontrano elevati tenori di radionuclidi anche nelle rocce sedimentarie come marmi, marne, flysh e simili. Come gas disciolto viene veicolato anche a grandi distanze dal luogo di formazione: può essere presente nelle falde acquifere. Infine e' nota la sua presenza in alcuni materiali da costruzione. In spazi aperti, è diluito dalle correnti d'aria e raggiunge solo basse concentrazioni.

Al contrario, in un ambiente chiuso, come può essere quello di un'abitazione, il radon è rilasciato dalle pareti e si accumula più facilmente(Fig.3, Fig.4).

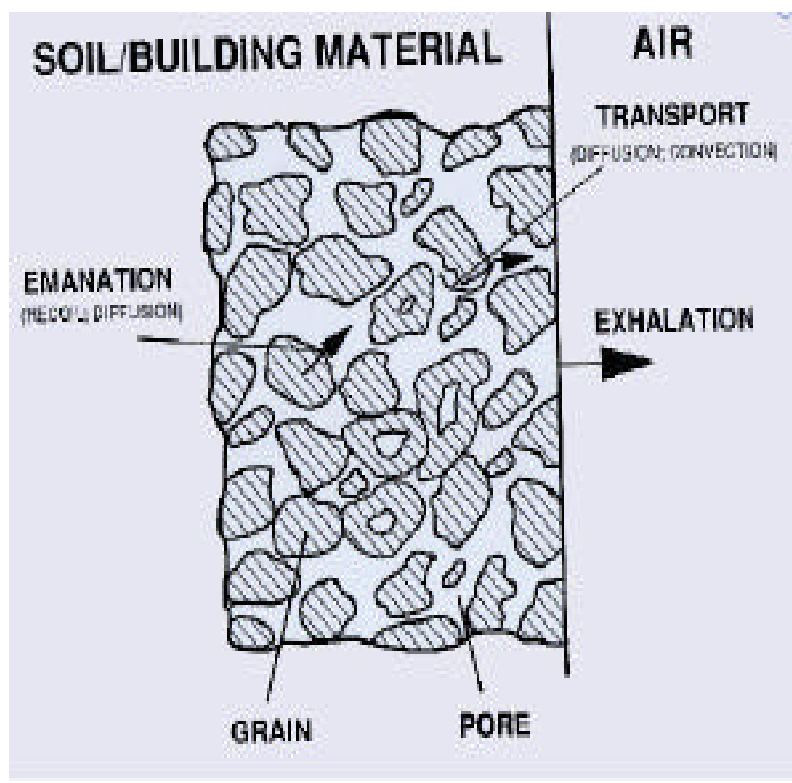


Fig.3

A livello mondiale si stima che circa il 50% dell'esposizione da sorgenti naturali di radiazioni è dovuta al radon.

Il radon è un gas radioattivo prodotto continuamente nel decadimento di sostanze radioattive presenti nella Terra sin dalla sua origine. Esso è quindi presente nel terreno, nelle rocce e generalmente nei materiali da costruzione e si diffonde con facilità attraverso tutti i materiali.

Alfaperto viene rapidamente disperso nell'atmosfera

Nelle abitazioni invece tende a concentrarsi specialmente quando si chiude l'edificio. A questo punto...

The illustration shows two scenarios. On the left, a person stands in an open field with arrows indicating radon dispersing into the atmosphere. On the right, a person is inside a closed room with arrows showing radon entering from the walls and floor and accumulating inside.

I problemi causati dal RADON

Alcuni studi nell'ultimo decennio hanno dimostrato che l'inalazione di radon ad alte concentrazioni aumenta di molto il rischio di tumore polmonare. I risultati di tali studi supportano l'opinione che, in alcune regioni europee, il radon può essere la seconda causa in ordine di importanza, di cancro ai polmoni. L'Organizzazione Mondiale della Sanità attraverso l' IARC ha inserito nel Gruppo 1 degli agenti cancerogeni conosciuti. Al contrario alcuni animali ne sentono gli effetti indesiderati e si allontanano naturalmente da quei luoghi.

Fig.4

Valutazione del potenziale rischio di un area

Dalla conoscenza delle caratteristiche geologiche e dei suoli di un'area è possibile risalire alla potenziale presenza di Radon nelle abitazioni dell'area di interesse. I fattori di seguito riportati contribuiscono alla probabilità che elevati livelli di Radon indoor vengano riscontrati nelle abitazioni.

1. Rocce ricche di Uranio e Thorio nei suoli dell'area
2. Elevata permeabilità dei suoli
3. Suoli ben drenati o asciutti durante lunghi periodi dell'anno
4. Presenza di profonde fratture di trazione nei mesi estivi
5. Collocazione di pendio o versante
6. Sottili coltri di copertura sulle rocce superficiali
7. Basamento roccioso fratturato
8. Basamento roccioso ricco di cavità e caverne anche carsiche
9. Elevati livelli di Radon sono noti in abitazioni vicine

Variazioni stagionali di RADON

La variazione del riscaldamento e della ventilazione interna nonché le condizioni del tempo, danno luogo ad ampie fluttuazioni del livello di Radon indoor. In linea generale, la concentrazione di Radon indoor notturna è più alta che di giorno e d'inverno più che d'estate. Per esempio, il livello di Radon in una casa a luglio è approssimativamente la metà di quanto si registra a gennaio.

La Legislazione Italiana

Con il decreto legge del 17 marzo 1995 n. 230 si è avuta l'attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti. In particolare vengono assegnate le funzioni ispettive oltre che alle singole amministrazioni già previste, al servizio sanitario nazionale e all'ANPA. In particolare le disposizioni del decreto vengono applicate nei casi in cui <<...le attività lavorative durante le quali i lavoratori ed eventualmente, le persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento di radon, o del Thorio, o a radiazione gamma o a ogni altra esposizione in particolare nei luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque in tutti i luoghi di lavoro sotterranei...>>.

La Situazione del RADON in Italia

Il valore medio nazionale della concentrazione di radon è risultato essere pari a 77Bq/m³ con un'incertezza complessiva dell'ordine del 10%. La percentuale di abitazione con concentrazione superiore a 200 e 400Bq/m³ è dell'ordine del 5% e del 1% rispettivamente. Il valore medio mondiale di concentrazione di gas radon, assunto nello stesso rapporto, è di 40 Bq/m³. Questo valore, per il motivi sopradetti è affetto da un maggiore errore difficilmente qualificabile. Un esame in dettaglio dei dati italiani disaggregati mostra altresì una disomogeneità. Si va, infatti, da concentrazioni medie di 25-40 Bq/m³ misurate, ad esempio, in Basilicata ed in Liguria, a concentrazioni di 90-120 Bq/m³ rilevate nel Lazio, in Campania, nel Friuli Venezia Giulia. Queste differenze devono essere messe in relazione principalmente con le caratteristiche geologiche del suolo (presenza di vulcani recenti, zone carsiche altamente permeabili, presenza di graniti, ecc.) e con l'uso di materiali da costruzione provenienti da cave locali.

Strategie di mitigazione della concentrazione di RADON

Per affrontare il problema Radon bisogna innanzitutto differenziare gli interventi da eseguirsi su costruzione esistente o su edifici in fase di progettazione. Nel primo caso gli accorgimenti saranno limitati, per non arrecare eccessivi danni all'abitazione, mentre per gli edifici in fase progettuale è possibile mettere in atto le tecniche più adeguate che incideranno in maniera irrisoria sul costo finale dell'opera.

Le tecniche d'intervento che permettono la fuoriuscita del gas radon dalle abitazioni si suddividono essenzialmente in tecniche attive e tecniche passive. Queste ultime, dove possibile, sono da preferirsi perché più semplici e meno onerose.

La Ventilazione

La *ventilazione naturale* (tecnica passiva) è un accorgimento che diminuisce la concentrazione del gas, permettendo così una diluizione del radon. L'apertura di finestre e porte è un espediente efficace negli insediamenti urbani e rurali ma solo quando il clima consente una continua ventilazione. La *ventilazione forzata* (tecnica attiva) è un artificio che permette la fuoriuscita del gas in maniera razionale evitando, nelle stagioni più fredde, un eccessivo dispendio termico. Una pompa estrattrice permette di convogliare all'esterno un volume d'aria ben noto, che può variare secondo la concentrazione del gas, permettendo un ricircolo d'aria controllato. Se installata sul sistema centrale d'aria calda forzata e sulle valvole di regolazione d'immissione di porte e finestre, può dare buoni risultati. La ventilazione forzata può essere adottata in tutti gli edifici, come la ventilazione naturale, senza particolari accorgimenti tecnici o costosi interventi d'altro tipo.

Cosa Fare

E' importante considerare il rapporto edificio-suolo, ossia se il terreno costituisce la fonte primaria di radon o se l'ingresso del gas avviene secondo un diverso meccanismo. A seconda del tipo di fondazione dell'edificio e delle tipologie costruttive annesse, si possono ipotizzare diversi tipi d'intervento. E' sempre comunque necessario che un Tecnico individui la soluzione più appropriata alla situazione locale.

Altre Tecniche

La depressurizzazione attiva del vespaio (tecnica attiva): la diversa concentrazione del radon nelle abitazioni può dipendere anche dalla differenza di pressione tra il suolo e gli ambienti stessi e, in questo caso, è possibile diminuire la quantità di radon in ingresso modificando le condizioni di pressione. Un opportuno drenaggio costituito da pietrame permette la captazione del gas, mentre il suo allontanamento è affidato a condotti d'aspirazione forzata.

La suzione del sottosuolo (tecnica attiva): in alcuni edifici si provvede al drenaggio al fine di allontanare le acque dal terreno e quando questa tubazione (perforata) forma un anello continuo, è possibile sfruttarla per far allontanare il radon. Applicando un estrattore al pozzetto di raccolta posto lontano dall'abitazione, si crea una depressione che permette l'estrazione del gas : si ottiene in taluni casi una riduzione del 98% .

La tecnica della parete ventilata (tecnica attiva o passiva). Quando esiste un'intercapedine tra i muri interni ed esterni, i movimenti convettivi, naturali o forzati, permettono l'allontanamento del gas evitando quindi l'ingresso nell'abitazione. Interventi più semplici ma ugualmente efficaci possono essere la realizzazione di una presa d'aria esterna, la sigillatura di tutti gli interstizi attorno alle condotte tecnologiche , la non perforazione del solaio con apparecchi da illuminazione ad incasso o botole, la sigillatura delle finestre, la sigillatura della porta d'accesso del piano interrato. Questo è attualmente il sistema più utilizzato in abitazioni di recente costruzione.

Per eliminare il radon in maniera sistematica, quando la concentrazione supera notevolmente le soglie, si può installare un *pozzo radon* di raccolta da collocarsi nel piano più basso dell'edificio. Il pozzo radon è costituito principalmente da mattoni non cementati, con dei larghi fori che danno la possibilità al gas radon di entrare nel pozzo che deve essere coperto da una lastra di cemento mentre attorno ad esso va posta della ghiaia grossolana .Così il gas tenderà naturalmente a convogliarsi nel pozzo, al quale sarà collegato un sistema evacuante, costituito da un tubo e da una pompa aspirante che canalizzeranno il gas, portandolo preferibilmente sul tetto o lontano comunque da porte e finestre. Elimina il 90-98 % del gas.

E' possibile inoltre *eliminare il gas che proviene dai materiali* da costruzione costituenti gli edifici, utilizzando l'aspirazione direttamente dalle pareti che, preventivamente, sono state isolate all'interno, di modo tale che il radon sia obbligato a passare nelle tubature. Il punto di connessione tra solaio e parete verticale è un punto critico, per quanto riguarda il passaggio del gas. Per intervenire efficacemente è possibile utilizzare degli appositi battiscopa che consentono di aspirare il gas, creando come via preferenziale di deflusso il battiscopa stesso. In questo modo è possibile captare il radon proprio nei punti di fuoriuscita : anche in questo caso, delle tubazioni impermeabili lo convogliano al di fuori del tetto.

Tavola comparativa dei sistemi e della loro efficacia

Strategie di mitigazione: analisi comparata

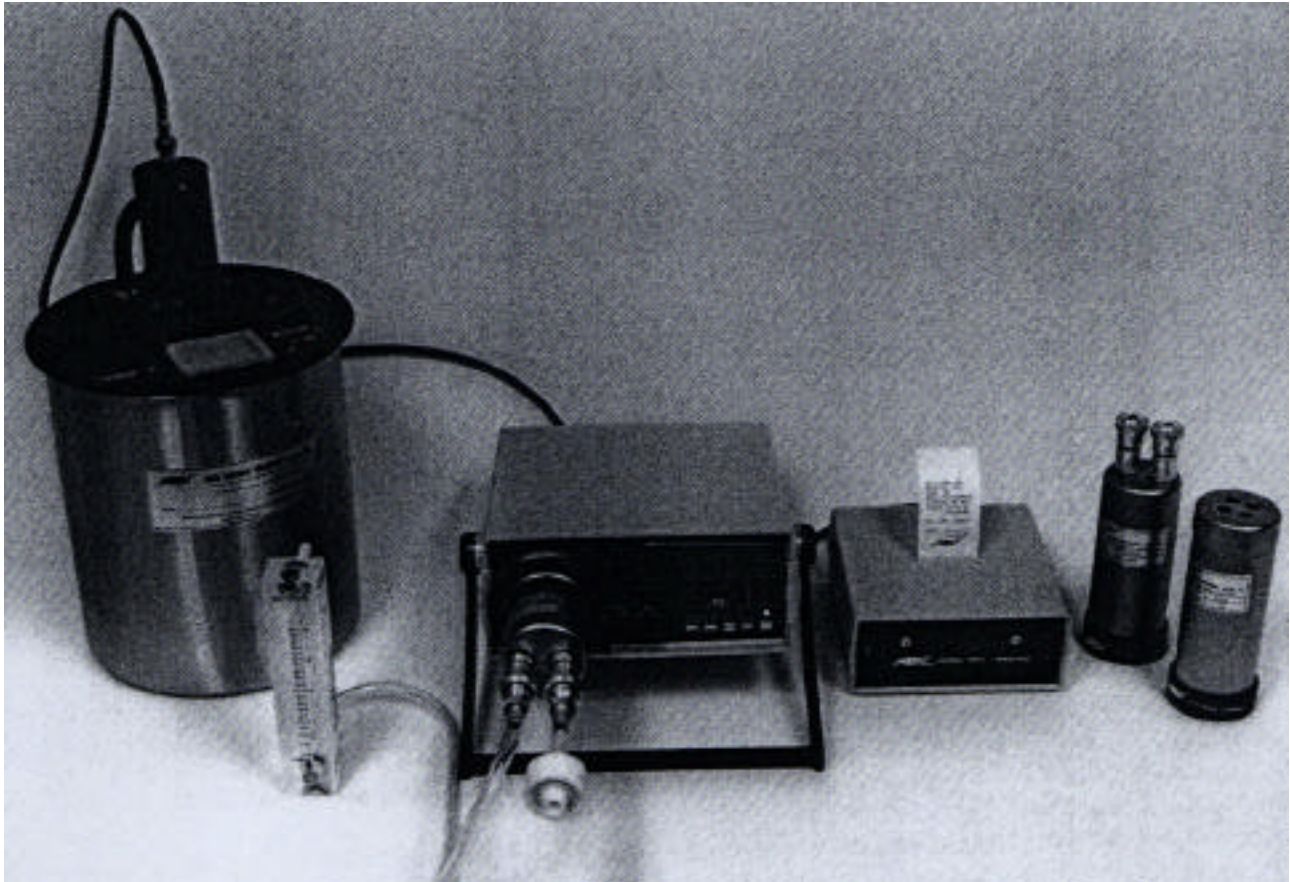
Tecnica	Riduzione di Radon Prevedibile	Commenti
Depressurizzazione delle Fondazioni	80%-99%	Ottimo per suoli permeabili o con vespaio. Ottimo se la guaina e' ben saldata e uniformemente posizionata sull'impronta della casa.
Aspirazione sotto guaina	90%-99%	Per costruzioni con blocchi forati senza interruzioni di continuit�.
Aspirazione muraria	50%-99%	Ottimo se le condizioni di fondazione permettono una buona mobilita' dell'aria .
Aspirazione da pozzo di drenaggio	90%-99%	Costi variabili.
Ventilazione naturale nella cantina	0%-50%	Normalmente usato in combinazione con altre tecniche, richiede materiali adatti e cura nella esecuzione.
Sigillatura delle vie di ingresso	0%-50%	Buono per scantinati isolati dall'esterno e dai piani superiori.
Pressurizzazione della costruzione	50%-99%	Significativa perdita di calore ed aggravio dei costi di riscaldamento.
Ventilazione naturale	Variabile	
Ventilazione a recupero di calore	25%-50% se per tutta la casa; 25%-75% se solo per la cantina	Uso prevalente nelle cantine

Come si misura il Radon

Ci sono due tipi fondamentali di rilevatori di Radon 222 negli ambienti: *i rilevatori passivi ed i rilevatori attivi*.

Per rilevatori passivi si intendono particolari pellicole sensibili alle radiazioni Alfa che si perforano quando sono colpite dalla radiazione. Il numero dei fori presenti sulla pellicola in funzione della superficie esposta e del periodo di esposizione forniscono una buona indicazione di concentrazione di Radon nell'ambiente. Tali rilevatori se esposti per non meno di un mese forniscono ottime indicazioni. I rilevatori attivi sono costituiti da strumenti dotati di apparecchiature sensibili prevalentemente alle radiazioni Alfa.

La Nostra Esperienza



Obiettivo e Strumentazione

Il nostro studio è mirato ad individuare la quantità di radon presente nell'ambiente. Per questa rilevazione abbiamo usato il metodo attivo: misurare tale quantità attraverso uno strumento, PYLON MODEL AB-5, che aspira l'aria forzatamente. Le sue componenti fondamentali sono: la Cella di Lucas, il fotomoltiplicatore ed un rivelatore (Fig.5). La Cella di Lucas è un cilindro, nel quale è aspirata l'aria con il radon, rivestito internamente da una vernice al Solfuro di zinco drogato all'argento, $ZnS(Ag)$, che ha la funzione di scintillatore. Gli elettroni degli atomi dello scintillatore si eccitano se colpiti da una particella derivante dal decadimento naturale del radon, in tal modo salgono ad un livello energetico superiore e per tornare allo stato di equilibrio espellono energia sotto forma di fotoni. Questi attraversa una finestra al quarzo posizionata all'estremità opposta da dove entra l'aria e raggiungono il fotomoltiplicatore (fig. 6).

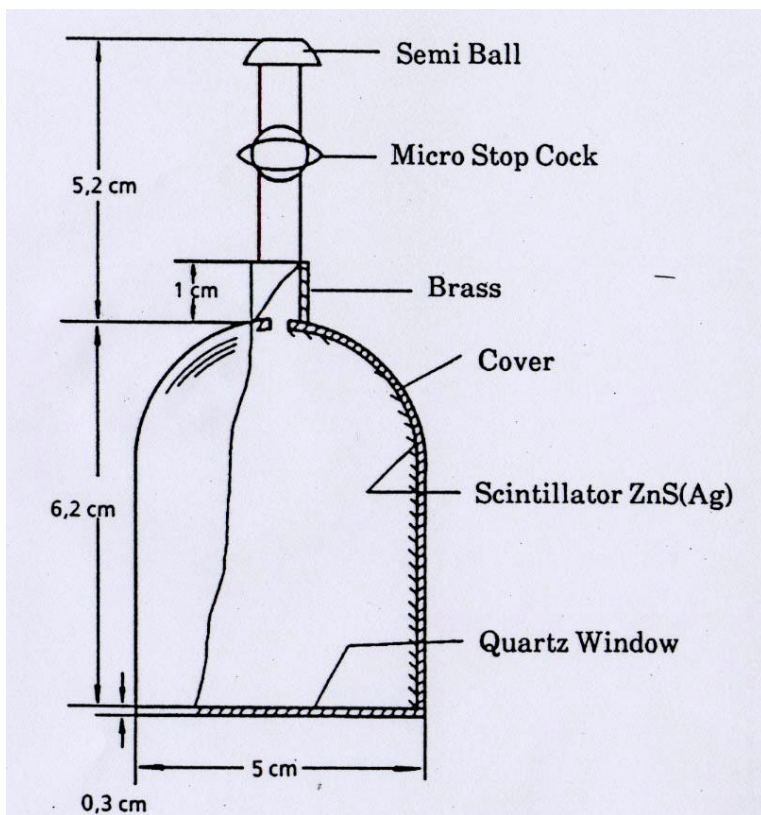


Fig.6

Il fotomoltiplicatore è formato da un fotocatodo che trasforma i fotoni in elettroni che vengono moltiplicati a due a due dai diodi sino a formare un segnale di corrente che viene ricevuto dal rivelatore (fig. 7).

Il rivelatore traduce il segnale di corrente in conteggi che sono proporzionali alle particelle rilevate.

Due importanti variabili dello strumento sono il *voltaggio*, e il *discriminatore*.

Per avere una buona sensibilità dello strumento è necessario un voltaggio relativamente alto, ma nel caso in cui questo abbia un valore eccessivamente elevato creerebbe delle interferenze di fondo con lo strumento, che vengono limitate attraverso il discriminatore.

La Taratura

Prima di procedere con le misurazioni nell'ambiente è necessario trovare il rapporto ottimale tra le due variabili, nel quale si ha il maggior numero di conteggi senza interferenze di fondo. Per fare ciò abbiamo proceduto effettuando delle misurazioni, con una sorgente di radon nota, per ogni discriminatore (4,5,6,7) con differente voltaggio da 400 volt, a 800 volt con un tempo di conteggio pari a 5 minuti. (introdurre misurazioni e grafici)

Ogni discriminatore individua una curva specifica data da un'insieme di punti. Ogni punto ha per coordinate in ascissa il voltaggio ed in ordinata la media dei conteggi.

Sono state comparate le varie curve e si è notato che tra 700 e 800 volt, con tutti i discriminatori i conteggi sono stati dello stesso ordine, così si è trovata la *zona plateau*: il punto in cui la misurazione dei conteggi ha risentito meno della variazione di tensione. Si è regolato quindi lo strumento a 750 volt con discriminatore 5 poiché è risultato essere il più stabile assieme al 4, ma anche perché è stato quello utilizzato in precedenza da altri gruppi di studio. (introdurre grafico comparativo riassuntivo)

CONCLUSIONI

Sono state effettuate misurazioni della concentrazione di radon nei locali dell'LNF e più precisamente nel laboratorio dello stage e nei cunicoli sotterranei dell'acceleratore di particelle. Alcune di queste sono state effettuate anche durante la notte a porte chiuse, facendo registrare livelli crescenti di concentrazione di gas durante queste ore.

In modo particolare fuori dalla finestra del laboratorio, di fronte ad un terrapieno, sono stati rilevati in media 60,9 Bq/m₃ di radiazione. All'interno del laboratorio si sono rilevati 30 Bq/m₃ che nella misurazione notturna sono saliti in media a 147,7 Bq/m₃.

Nei cunicoli dell'acceleratore di particelle DAFNE, nei tre punti di misurazione, i livelli di radiazione sono risultati essere rispettivamente di 140,4 Bq/m₃, 96,8 Bq/m₃ e 107,6 Bq/m₃.

Altre misurazioni sono state effettuate nei locali del Liceo Scientifico G. Vailati di Genzano di Roma. Anche qui sono state effettuate misurazioni notturne e in particolare i locali più soggetti all'accumulo di radon sono risultati essere il laboratorio di disegno tecnico e di fisica, il primo perché seminterrato ed il secondo perché è solitamente chiuso. In quest'ultimo si sono registrati 118,1 Bq/m₃. Nel laboratorio di disegno è stata effettuata una misurazione con step di 120 minuti che ha registrato 270,6 Bq/m₃, una con step di 20 minuti che ha registrato 373,1 Bq/m₃, e una con step da 15 minuti che ha registrato 401,4 Bq/m₃. Da queste misurazioni si può dedurre che il tempo di misurazione più lungo permette una precisione maggiore poiché è in modo minore influenzabile da fattori di disturbo esterni. Altre misurazioni sono state effettuate in aula magna, riportando il valore di 59,1 Bq/m₃, e in presidenza, riportando il valore di 66,5 Bq/m₃.