



VEDERE L'INVISIBILE

Lo sguardo dello scienziato dentro le cose.

Firenze, 18-19 aprile 2024

TERZO CLASSIFICATO
SEZIONE TESINE TRIENNIO

La radiazione fantasma

Studenti

Meneghello Riccardo - Angeli Mattia - Babetto Alessandro - Gambetta Rocco

Classe 3B

Istituto di Istruzione Superiore

Liceo scientifico Don Bosco - Padova (PD)

Docente Coordinatore

Cecchetto Elisabetta

Il lavoro riguarda la ricerca delle radiazioni invisibili emesse dal radon nelle abitazioni degli studenti. La relazione mostra un uso consapevole del rivelatore (contatore Geiger) e degli strumenti informatici (Arduino Uno e computer). La raccolta dei dati e l'analisi critica dei risultati è rigorosa. Gli esperimenti sono descritti con molta cura, differenziando analisi qualitativa e quantitativa. Interessante la progettazione di nuovi esperimenti per spiegare dati apparentemente anomali.

Il Gruppo è formato da 4 ragazzi di terza liceo delle scienze applicate uno dei quali certificato con la legge 104/92 e appassionato di scienze.

L'idea iniziale è nata quasi per caso durante un approfondimento di educazione civica: con tutta la classe abbiamo partecipato all'*International cosmic day 2023* e da questa esperienza alcuni gruppi di ragazzi hanno preso ispirazione.

I ragazzi volevano rilevare la presenza di radiazioni nelle loro abitazioni per dimostrare che sono presenti anche se non si "vedono". E' nato quindi un dibattito molto stimolante su come si possa affermare che esiste qualcosa che non si vede. I ragazzi hanno ripercorso gli studi di scienze sulla scoperta dell'atomo, sulla scoperta del nucleo e sulle loro caratteristiche per comprendere meglio come le scienze lavorino nell'indagare ciò che non si può vedere.

L'idea di utilizzare un sensore e arduino nasce dall'interesse per l'informatica e dalle competenze acquisite durante un progetto svolto lo scorso anno proprio con l'insegnante di informatica. Hanno trovato su internet un video sull'argomento e hanno deciso di provare a realizzare un esperimento che permettesse di rilevare le radiazioni emesse dal radon presente nelle loro abitazioni attraverso l'interazione che esse hanno con un rivelatore Geiger Müller. Hanno pensato di utilizzare due contatori per essere sicuri dei risultati ottenuti.

Il gruppo ha lavorato con entusiasmo dal primo incontro, dimostrando interesse, curiosità e tantissime idee. All'interno del gruppo i ragazzi avevano competenze differenti ed è stato naturale per loro organizzarsi in modo che in ogni fase del progetto ci fosse un leader diverso che guidava gli altri. La presenza del ragazzo con disabilità è stata fondamentale per creare questo spirito di collaborazione e per organizzare a priori il lavoro in modo da coinvolgerlo attivamente e permettergli di essere protagonista, non solo osservatore. Grazie a questo approccio, l'idea iniziale è stata ampliata: nelle fasi iniziali di taratura e confronto degli strumenti si sono resi conto che i risultati ottenuti erano anomali. E' nato quindi il desiderio di andare più a fondo e comprendere che cosa fossero riusciti a rilevare. Hanno progettato esperimenti sempre più complessi e fantasiosi per comprendere la realtà che li circonda, cercando di carpire da ogni misurazione una traccia o una nuova idea per indagare meglio la realtà.

Il progetto è divenuto un vero e proprio lavoro di ricerca: non sapendo che cosa stessero rilevando e "non vedendo" l'oggetto del loro studio hanno potuto comprendere come sia difficile costruire un modello della realtà e come il lavoro del fisico e dello scienziato non sia solo il fare calcoli, ma sia anche l'utilizzo della fantasia; richieda uno studio approfondito della la realtà che li circonda e degli strumenti a disposizione per poter inventare degli esperimenti che sostengano o confutino le loro idee per poter analizzare consapevolmente ogni risultato ottenuto.

La relazione è stata stilata in modo collaborativo man mano che si procedeva con il progetto: era essenziale di volta in volta interpretare i risultati e elaborare nuove strategie ed è stato imprescindibile annotare con cura tutto ciò che veniva osservato.

Tutti hanno imparato ad utilizzare il contatore, tutti hanno eseguito le misurazioni che molto spesso venivano effettuate nelle abitazioni in maniera autonoma, da due ragazzi alla volta per poter confrontare i risultati, e tutti hanno imparato ad analizzare i loro dati. Il lavoro pratico è stato accuratamente documentato con annotazioni, fotografie e grafici mentre la parte di ricerca teorica è stato suddivisa a seconda delle singole competenze.

RELAZIONE DEL PROGETTO: LA RADIAZIONE FANTASMA

ABSTRACT

L'idea per il nostro progetto è nata durante un lavoro di educazione civica, dopo la visione di una mappa sulla radioattività ambientale in Veneto dalla quale si vedeva chiaramente che in base alla zona si modifica anche la quantità di radiazioni presenti. Così, visto che tutti viviamo in località diverse di Padova, Venezia e province, ci siamo incuriositi. Lo scorso anno, durante le ore di scienze, abbiamo trattato l'argomento relativo alle radiazioni e ci siamo resi conto che non è possibile vedere l'atomo, tantomeno il suo nucleo, e nemmeno le radiazioni emesse. Ci siamo quindi domandati come sia possibile affermare l'esistenza di qualcosa se non è possibile vederlo. Ci siamo resi conto che la vista non è l'unico metodo d'indagine. E' possibile rilevare la presenza di radiazioni o studiare la struttura di un atomo attraverso esperimenti che evidenzino le conseguenze della loro presenza. Ci siamo quindi chiesti che effetto hanno le radiazioni e come è possibile costruire un esperimento che attraverso l'interazione che esse hanno con l'ambiente ci possa indicare la loro presenza e ci aiuti a descrivere le loro caratteristiche.

Per rilevare la radioattività abbiamo pensato di costruire un contatore geiger utilizzando un sensore e arduino, collegati poi a un computer.

Abbiamo pensato di prendere confidenza con lo strumento e di studiare le caratteristiche delle radiazioni emesse da un campione di Torio, debolmente radioattivo, utilizzato per la taratura, prima di effettuare i conteggi nelle nostre abitazioni.

Durante il processo di taratura abbiamo deciso di prendere delle misure nel terrazzo esterno della scuola dove sono in corso dei lavori di manutenzione, poiché stanno rivestendo il terrazzo con una guaina bituminosa. Queste misure avevano lo scopo di confermare che la radiazione ambientale deriva dal materiale e dai gas presenti nel terreno; misurazioni effettuate in ambienti esterni e lontani dagli scantinati avrebbero quindi dovuto dare risultati non significativi.

Contrariamente a quanto ci attendevamo, le misurazioni hanno dato risultati diversi. Ci siamo quindi domandati che cosa stesse rilevando il nostro contatore. Abbiamo deciso di modificare il nostro oggetto di studio per cercare di comprendere quale fosse l'origine delle strane misurazioni effettuate sul tetto della scuola. Inizialmente abbiamo pensato che l'emissione provenisse dalla guaina. Quindi, dopo aver effettuato le misurazioni nelle nostre case, abbiamo studiato la guaina bituminosa che riveste il tetto della nostra scuola effettuando delle misurazioni in laboratorio, ma i risultati ottenuti non erano coerenti con del tetto. Abbiamo cercato che cosa potesse esserci solo sul tetto e non all'interno del nostro laboratorio; abbiamo approfondito il funzionamento della camera a ionizzazione del nostro contatore geiger; abbiamo fatto delle ipotesi, abbiamo costruito degli esperimenti per verificarle e alla fine siamo arrivati ad una conclusione che riteniamo soddisfacente.

INTRODUZIONE

La radioattività è il fenomeno per cui degli elementi instabili nella tavola periodica (uranio, radio, polonio o bario) si trasformano spontaneamente in altri, emettendo particelle radioattive. La radioattività, quindi, non è un'invenzione dell'uomo, che al contrario la subisce fin dalla sua apparizione sulla Terra, ma un processo naturale, antico quanto l'Universo e presente ovunque: nelle Stelle, nella Terra e nei nostri stessi corpi. La scoperta risale alla fine dell'800 ad opera di Henri Becquerel e dei coniugi Pierre e Marie Curie, che ricevettero il Premio Nobel per la Fisica per le loro ricerche. Gli isotopi presenti in natura sono quasi tutti stabili. Tuttavia, 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 trasformazione si accompagna con l'emissione di particelle. La trasformazione di un atomo radioattivo porta alla produzione di un altro atomo, che può essere anch'esso radioattivo oppure stabile. Essa è chiamata disintegrazione o decadimento radioattivo.

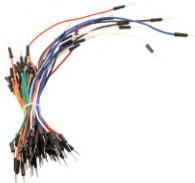
Il tempo medio che occorre aspettare per avere tale trasformazione può essere estremamente breve o estremamente lungo. Esso viene detto “vita media” del radioisotopo e può variare da frazioni di secondo a miliardi di anni (per esempio, il potassio-40 ha una vita media di 1.8 miliardi di anni, oppure il Thoron-220 ne ha una di 55,6 secondi). Un altro tempo caratteristico di un radioisotopo è il “tempo di dimezzamento”, ovvero il tempo necessario affinché la metà degli atomi radioattivi inizialmente presenti subisca una trasformazione spontanea. L'emissione di radiazioni da parte di un nucleo è dunque un processo probabilistico, ne terremo conto nell'analisi dei dati ottenuti. Per misurare le quantità di radiazioni abbiamo usato un contatore che abbiamo collegato con arduino.

ARDUINO

Arduino è una piattaforma hardware con la quale si possono realizzare progetti che utilizzano sensori e attuatori. La scheda è abbinata a un ambiente di sviluppo per la programmazione del microcontrollore.



Arduino Uno: è il microcontrollore ed è al centro del nostro progetto. Possiamo pensare al microcontrollore come ad un piccolo computer programmabile che rende interattivi gli oggetti. Senza esserne pienamente consapevoli ne facciamo uso ogni giorno nei timer, nei telecomandi, nel forno a microonde. Questi dispositivi sono stati programmati per **sentire** e **controllare** attraverso **sensori** (termometri, sensori di movimento, ...) e **attuatori** (luci, display, ...).



Cavo USB: permette di collegare Arduino Uno al computer per la programmazione. Inoltre fornisce l'alimentazione ad Arduino.

Ponticelli: utilizzati per collegare i sensori ad Arduino. Nello specifico abbiamo utilizzato i ponticelli di tipo maschio-femmina. Questi cavi detti ponticelli ci servono per collegare il nostro Arduino al nostro contatore Geiger.



Contatore geiger:

Il contatore Geiger è uno strumento di misura delle radiazioni ionizzanti, in particolare le radiazioni provenienti da decadimenti di tipo alfa, beta e gamma.

Il cuore del contatore è costituito da un tubo contenente un gas a bassa pressione.

Lungo l'asse del sottile tubo in vetro è teso un filo metallico isolato dal tubo stesso. Tra il filo e il tubo si stabilisce una differenza di potenziale.

Quando una radiazione attraversa il tubo e colpisce una molecola del gas, la ionizza creando una coppia ione-elettrone che creano ionizzazioni secondarie quando urtano altre molecole di gas; il campo elettrico è talmente intenso che anche le ionizzazioni secondarie creano a loro volta ulteriori ionizzazioni. Questo processo è detto moltiplicazione a valanga. L'impulso elettrico risultante segnerà il contatto del gas con una radiazione ionizzante e sarà contato da un circuito elettronico, noi sentiremo un caratteristico “click”. A seconda del numero di conteggi fatti in un'unità di tempo si riesce a capire se si è in presenza di una sorgente radioattiva e la sua pericolosità. L'unità di tempo è stata impostata nel codice arduino e quindi può essere da noi variata.

I collegamenti che abbiamo utilizzato per collegare il contatore con il nostro arduino sono:

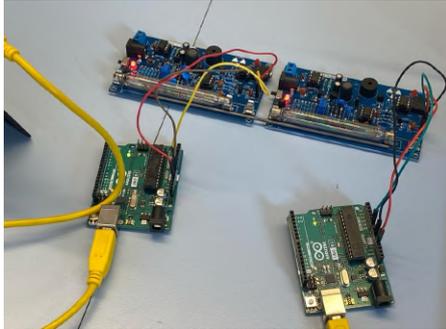
- GND del nostro contatore l'abbiamo collegato con GND del nostro arduino
- 5V del nostro contatore l'abbiamo collegato con 5V del nostro arduino
- VIN del nostro contatore l'abbiamo collegato con A0 del nostro arduino

PRIMA PARTE DELL'ESPERIMENTO

TARATURA DEGLI STRUMENTI

ANALISI QUALITATIVA

Scopo dell'esperimento:



Poiché in linea di principio diversi rivelatori possono avere efficienze diverse, è necessario confrontare i conteggi registrati dagli strumenti nella stessa posizione. Sfruttando il fatto che il fondo radioattivo è un fenomeno casuale, e quindi non ci si aspettano direzioni o posizioni del rivelatore per cui i decadimenti possano essere diversi dalla media, possiamo svolgere misure simultanee in posizioni vicine. Scopo di questo primo esperimento è verificare il corretto funzionamento degli strumenti e prendere confidenza con il loro funzionamento. Confrontare i conteggi dei due geiger

per assicurarci che le loro efficienze siano paragonabili. Effettuare delle misurazioni qualitative necessarie per impostare gli esperimenti di taratura successivi.

Strumentazione usata

- Due contatori Geiger già in nostro possesso
- Arduino
- Elettrodo per saldatura contenente tracce di torio, d'ora in poi denominata "barretta di torio debolmente radioattivo"
- Computer

Descrizione dell'esperimento:

Inizialmente abbiamo collegato il contatore geiger all'Arduino e quindi al computer e abbiamo scritto il codice necessario per rilevare i dati (che riportiamo in allegato) adattando un codice disponibile in rete.

Abbiamo fatto una prima analisi qualitativa per avere un'idea del fondo ambientale, cioè del numero di conteggi effettuati in laboratorio senza la presenza della sorgente radioattiva. Abbiamo utilizzato due contatori geiger per controllare che la loro efficienza fosse simile.

Abbiamo preso misurazioni per 10 minuti e abbiamo confrontato i valori massimi, minimi e medi rilevati dai due geiger.

Abbiamo quindi effettuato lo stesso esperimento utilizzando come sorgente debolmente radioattiva una barretta di il torio e posizionando simultaneamente entrambi i contatori alla stessa distanza dal torio. Abbiamo preso le misurazioni ponendo il torio a diverse distanze dai contatori in modo da capire quando la distanza del torio rendesse i conteggi trascurabili rispetto al fondo ambientale.

Abbiamo anche modificato l'intervallo di tempo per le misurazioni in modo da capire quale poteva essere la tempistica ottimale per la taratura.

Osservazioni finali:

Abbiamo osservato che i due contatori hanno una differenza nei conteggi molto piccola di circa 3 conteggi al secondo. Abbiamo inoltre osservato che ponendo la barretta di torio ad una distanza superiore ai 5 cm rispetto ai rilevatori i conteggi diventano paragonabili a quelli ottenuti con il fondo ambientale. Abbiamo riscontrato un problema con i dati acquisiti da Arduino. La serie di dati infatti non è esportabile per cui, se per l'analisi qualitativa l'utilizzo di

Arduino è sufficiente, per la successiva analisi quantitativa avremo bisogno di un programma che ci permetta di esportare i dati e graficarli.

ANALISI QUANTITATIVA

Scopo dell'esperimento:

Utilizzare la sorgente di torio per la taratura dei due contatori geiger, raccogliere dati per poter elaborare dei grafici, variare i tempi di acquisizione e l'intervallo di conteggio per determinare i valori ottimali. Ripetere l'esperimento qualitativo ed analizzare i grafici ottenuti.

Strumentazione usata

- Contatore Geiger
- Arduino con i medesimi collegamenti dell'esperimento precedente
- Barretta di Torio debolmente radioattivo
- Carta da stampante
- Alluminio
- Computer
- CoolTermWin64bit

Descrizione dell'esperimento:

Abbiamo collegato il contatore geiger all'Arduino e abbiamo utilizzato il medesimo codice utilizzato nell'esperimento precedente. Come programma di acquisizione dati abbiamo utilizzato CoolTermWin64bit, che ci permette di acquisire i dati da esportare in formato testo ma anche di plottarli direttamente. Programmando arduino è possibile scegliere il tempo di conteggio dei dati. Abbiamo fatto vari tentativi per prendere confidenza con il programma di acquisizione ed ottenere grafici da poter analizzare.

Abbiamo quindi scelto, per i grafici definitivi, di misurare il numero di conteggi rilevati ogni 3s per un tempo totale di 10 minuti.

Abbiamo rilevato i conteggi in assenza di Torio e successivamente con il torio posizionato a 1mm, a 5mm, a 1cm e a 5 cm di distanza dai rilevatori e infine a 2,5 cm di distanza verticale rispetto al rilevatore.

Abbiamo quindi rivestito la barretta di torio prima di carta da stampante e successivamente con dell'alluminio e l'abbiamo posizionato a 1mm dal contatore

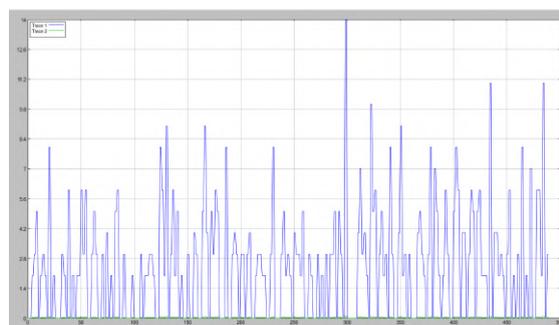
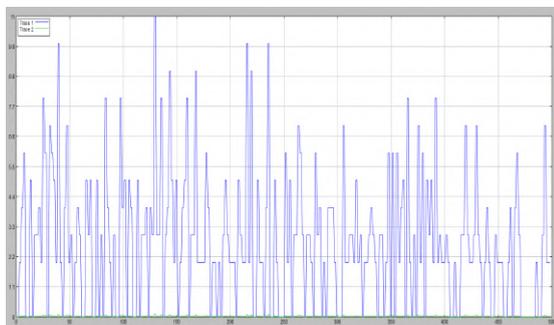
Dati acquisiti:

INTERVALLO 3S - DURATA ACQUISIZIONE 10 MINUTI

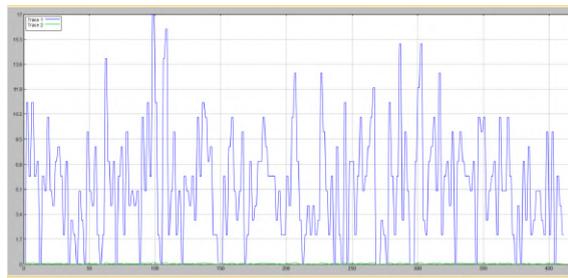
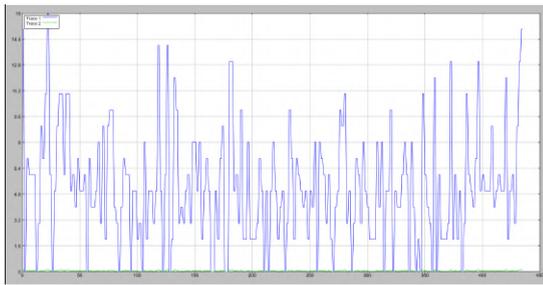
RILEVATORE 1

RILEVATORE 2

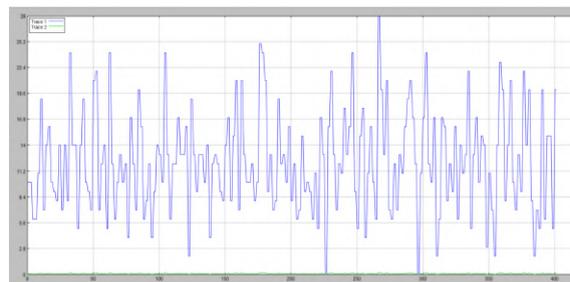
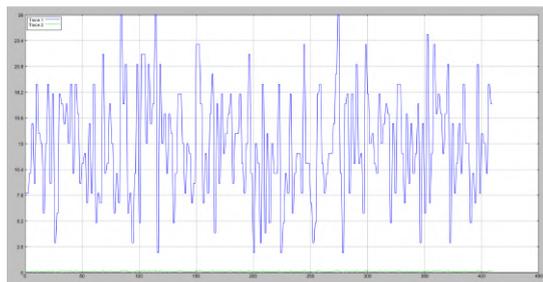
FONDO AMBIENTALE



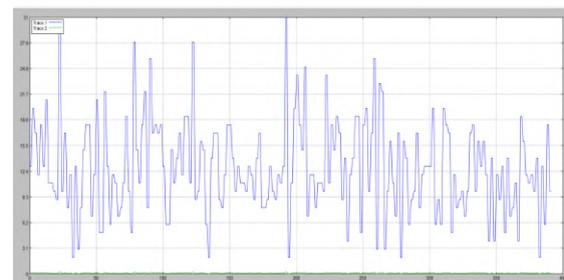
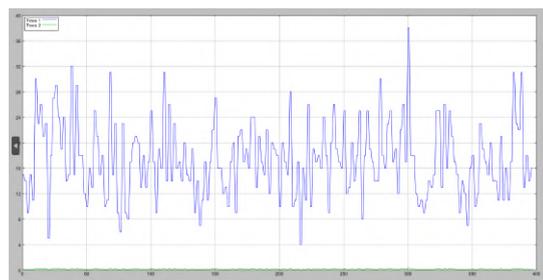
SORGENTE DI TORIO A 5 cm



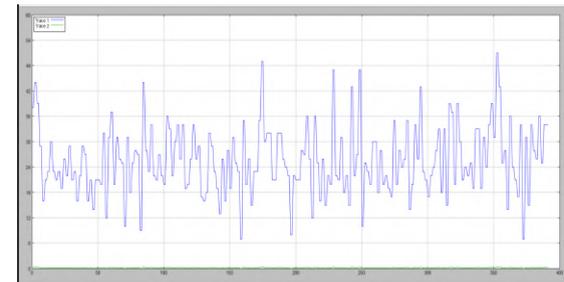
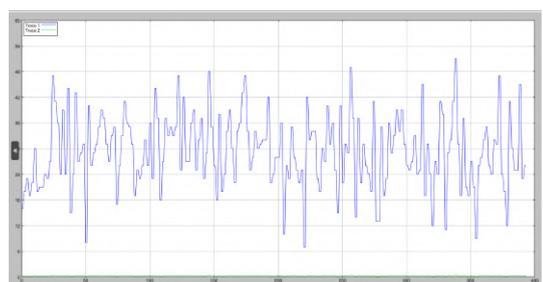
SORGENTE DI TORIO A 1 CM



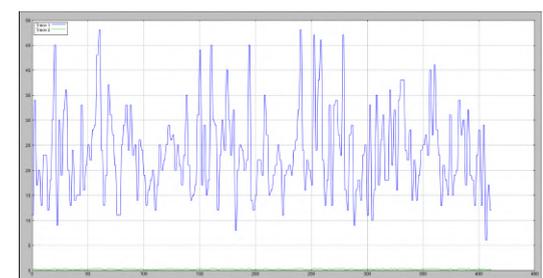
SORGENTE DI TORIO A 5 mm



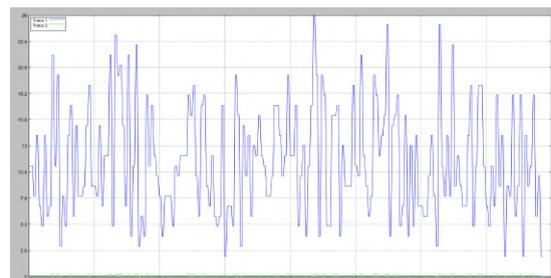
SORGENTE DI TORIO A 1 mm



SORGENTE SCHERMATA CON CARTA



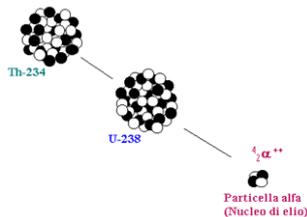
SORGENTE SCHERMATA CON ALLUMINIO



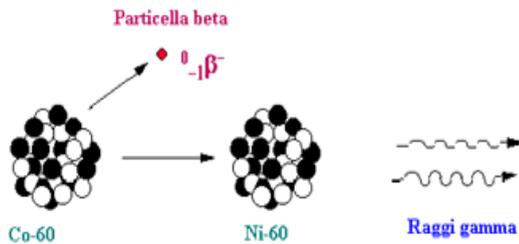
Analisi dei dati:

I conteggi presi con entrambi i rilevatori sono compatibili e confrontabili. I conteggi aumentano al diminuire della distanza tra rilevatore e barretta radioattiva. Inoltre si rileva una piccola diminuzione dei conteggi se la sorgente è schermata con carta mentre diminuiscono sensibilmente se la sorgente viene schermata con alluminio. Ciò conferma quanto studiato in scienze lo scorso anno ovvero: esistono tre diversi tipi di decadimenti radioattivi, che si differenziano dal tipo di particella emessa a seguito del decadimento. Le particelle emesse vengono indicate col nome generico di radiazioni.

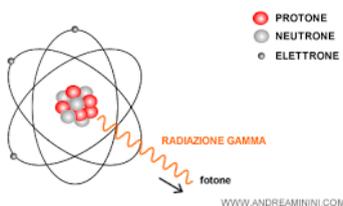
Decadimento Alfa (α) Consideriamo un nucleo con numero atomico Z e numero di massa A . In seguito ad un decadimento alfa, il nucleo emette una particella alfa, cioè un nucleo di elio composto da due protoni e due neutroni, e si trasforma in un nucleo diverso, con numero atomico ($Z - 2$) e numero di massa ($A - 4$). Le radiazioni alfa, per la loro natura, sono poco penetranti e possono essere completamente bloccate da un semplice foglio di carta.



Decadimento Beta (β) Nel caso del decadimento Beta, il nucleo emette un elettrone e un antineutrino di tipo elettronico (vedi sezione sui neutrini) e si trasforma in un nucleo con numero atomico ($Z + 1$) ma stesso numero di massa A . Un esempio è il decadimento del Cobalto-60 in Nichel-60. 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).



Decadimento Gamma (γ) Il nucleo non si trasforma, ma passa semplicemente in uno stato di energia inferiore ed emette un fotone. La radiazione gamma accompagna solitamente una radiazione alfa o una radiazione beta. Infatti, dopo l'emissione alfa o beta, il nucleo è ancora eccitato perché i suoi protoni e neutroni non hanno ancora raggiunto la nuova situazione di equilibrio: di conseguenza, il nucleo si libera rapidamente del surplus di energia attraverso l'emissione di una radiazione gamma. Al contrario delle radiazioni alfa e beta, le radiazioni gamma sono molto penetranti, e per bloccarle occorrono materiali ad elevata densità come il piombo.



Conclusioni:

In assenza di una specifica sorgente radioattiva, il tubo di Geiger-Müller registra i conteggi dovuti alla radioattività dell'ambiente in cui esso si trova: si parla del fondo di conteggi ambientali. Nel nostro caso il valor medio del rumore di fondo è di 3 conteggi ogni 3 secondi su ciascun rilevatore. Quando utilizzato per la misura della radioattività di una sorgente il rivelatore misura, ovviamente, sia la radiazione emessa dalla sorgente sia la radiazione di fondo che non può essere in alcun modo eliminata. Per potere valutare il conteggio netto dovuto alla radioattività della sorgente è necessario effettuare due misure: una in assenza della sorgente (misura di fondo) ed una in presenza della sorgente (misura di sorgente).

Nel nostro caso per entrambi i rilevatori, quando la sorgente si trova a 5 cm di distanza dal contatore i valori medi registrati sono 6,5/7 conteggi ogni 3 secondi, quando la sorgente si trova a 1 cm di distanza dal contatore i valori medi registrati sono di 13/14 conteggi per 3 sec per entrambi i contatori, mentre a una distanza di 5 mm i due contatori differiscono leggermente, il primo registra una media di 20 conteggi ogni 3 secondi mentre il secondo dei valori leggermente più bassi di circa 16 conteggi ogni 3 secondi, infine ad una distanza di

1mm si registra per il primo contatore un valor medio di circa 30 conteggi ogni 3 secondi mentre per il secondo rivelatore di 24 conteggi ogni 3 secondi. Il conteggio netto dovuto alla sorgente è ottenuto per sottrazione tra le due misure (ovviamente le due misure devono essere fatte nello stesso luogo poiché la radioattività di fondo cambia da ambiente ad ambiente). La posizione reciproca di sorgente e rivelatore determina la percentuale di radiazione che, emessa dalla sorgente, va a colpire il rivelatore. Per questo motivo nel corso di una misura sorgente e rivelatore non devono essere mai spostati ed è probabilmente questa la causa della differenza di conteggi tra i due rivelatori. Il tubo di Geiger-Müller non registra tutta la radiazione che lo colpisce ma solo quella che ha una certa energia minima (energia minima che è differente a seconda del tipo di radiazione). Per questo motivo non è possibile risalire in modo diretto dal numero di conteggi di sorgente per unità di tempo registrati dal rivelatore al numero di decadimenti per unità di tempo della sorgente (attività della sorgente).

SECONDA PARTE DELL'ESPERIMENTO

ANALISI DEL POTERE PENETRANTE DELLE RADIAZIONI

Scopo dell'esperimento:

Analizzare le radiazioni rilevate dal contatore in presenza di sorgente non schermata, schermata con carta, schermata con alluminio con lo scopo di analizzare il comportamento delle radiazioni emesse e di classificarle.

Strumentazione usata

- Contatore Geiger
- Arduino con i medesimi collegamenti dell'esperimento precedente
- Barretta di torio debolmente radioattivo
- Carta da stampante
- Alluminio
- Computer
- CoolTermWin64bit

Descrizione dell'esperimento:

Abbiamo collegato il contatore geiger all'Arduino e abbiamo utilizzato il medesimo codice utilizzato nell'esperimento precedente. Come programma di acquisizione dati abbiamo utilizzato CoolTermWin64bit. Abbiamo programmato arduino in modo da acquisire i conteggi in un intervallo di tempo di 1 minuto.

Abbiamo fatto diverse rilevazioni tutte in un intervallo di tempo di 1 ora.

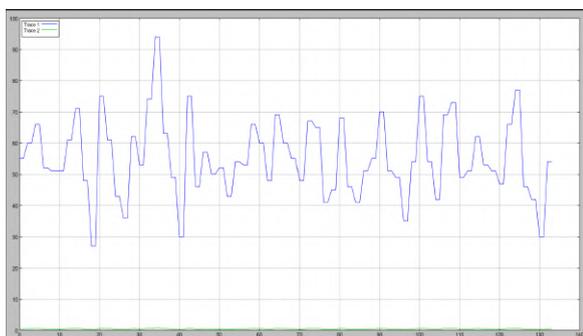
Abbiamo rilevato i conteggi in assenza di torio

Abbiamo rilevato i conteggi con il torio posizionato a 1mm, a 5mm.

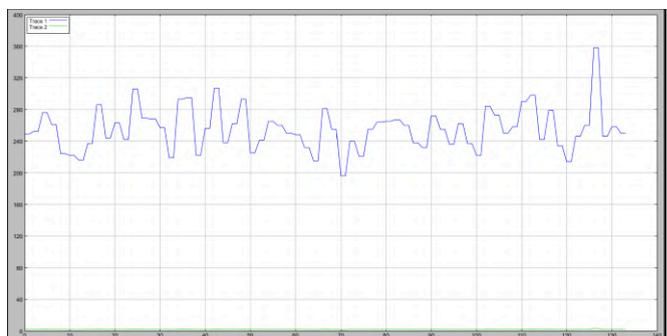
Abbiamo quindi rivestito la barretta di Torio prima di carta da stampante e successivamente con dell'alluminio e l'abbiamo posizionato a 1mm dal contatore.

Dati acquisiti:

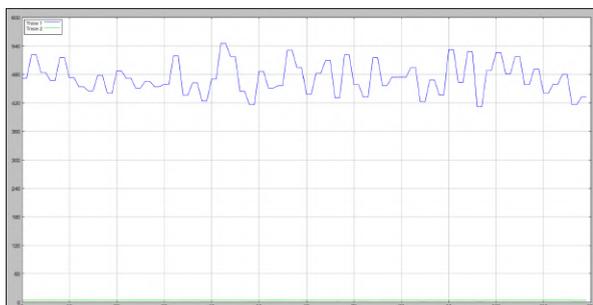
RADIAZIONE IN ASSENZA DI TORIO



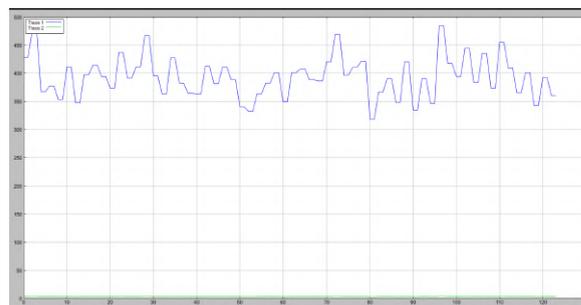
RADIAZIONE EMESSA DAL TORIO A 5MM



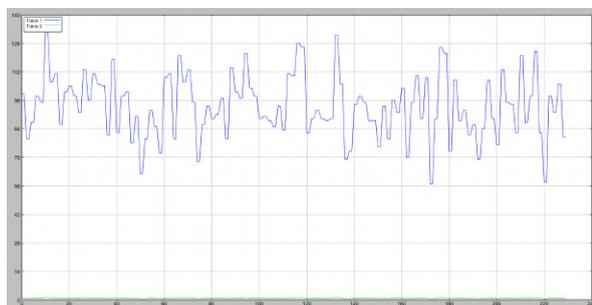
RADIAZIONE EMESSA DAL TORIO A 1MM



RADIAZIONE EMESSA DAL TORIO SCHERMATO CON CARTA



RADIAZIONE EMESSA DAL TORIO SCHERMATA CON ALLUMINIO

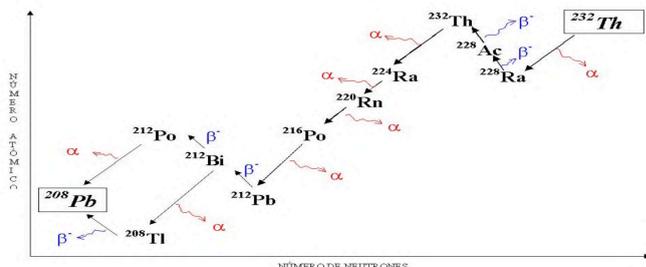


Conclusioni:

Il numero di eventi conteggiati sono compatibili con i medesimi conteggi effettuati nell'esperimento precedente, per il fondo ambientale abbiamo riscontrato 55 eventi al minuto, quando la sorgente si trova ad una distanza di 5 mm dal contatore gli eventi salgono a 260 al minuto e abbiamo un ulteriore incremento avvicinando la sorgente a 1mm poiché si rilevano 480 conteggi al minuto. Schermato con carta si ha una piccola diminuzione degli eventi rilevati che scendono a 400 eventi al minuto, mentre calano considerevolmente se schermiamo la sorgente con alluminio scendendo a 98 conteggi al minuto.

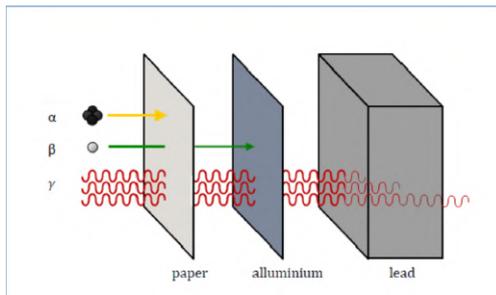
Il torio è un elemento chimico con simbolo Th e numero atomico 90. E' un metallo debolmente radioattivo della serie degli attinidi. Un atomo di Torio ha 90 protoni e quindi 90 elettroni, di cui quattro elettroni di valenza: tutti i suoi isotopi noti sono instabili ed hanno emivita tra 25,52 ore e 14 milioni di anni. Il torio-232, che dispone di 142 neutroni, è l'isotopo più stabile del torio e rappresenta quasi tutto il torio naturale, mentre gli altri cinque isotopi naturali si trovano solo in tracce: decade molto lentamente attraverso decadimento alfa, in

radio-228, iniziando un decadimento chiamato la "serie torio" che termina con il piombo-208. L'energia totale rilasciata dal torio-232 fino al piombo-208, compresa l'energia persa per neutrini, è 42,6 MeV. Le radiazioni emesse dal decadimento del torio sono alfa e beta. Il



nostro contatore non è in grado di discriminare tra le varie tipologie di radiazioni emesse perchè le conta ma non ne misura l'energia, abbiamo quindi utilizzato il loro potere di penetrazione per riconoscerle. Schermato con la carta abbiamo bloccato le radiazioni alfa,

dai nostri dati emerge quindi un conteggio di circa 80 eventi al minuto che possiamo considerare emissioni alfa. Schermato con alluminio abbiamo lasciato passare solo le radiazioni gamma. Possiamo quindi dedurre che circa 300 eventi al minuto siano dovuti a particelle beta. I nostri conteggi rilevano una presenza minima di radiazioni gamma, infatti schermato il torio con l'alluminio la radiazione rilevata è paragonabile a quella del fondo. Per differenza possiamo dedurre che avremo circa 40 eventi al minuto imputabili a radiazioni gamma.



TERZA PARTE DELL'ESPERIMENTO

MISURA DELLA RADIATIVITA' AMBIENTALE

La radioattività naturale, alla quale si è continuamente esposti, è generata sia dai raggi cosmici sia dagli elementi radioattivi, principalmente uranio, torio, potassio, presenti nella crosta terrestre.

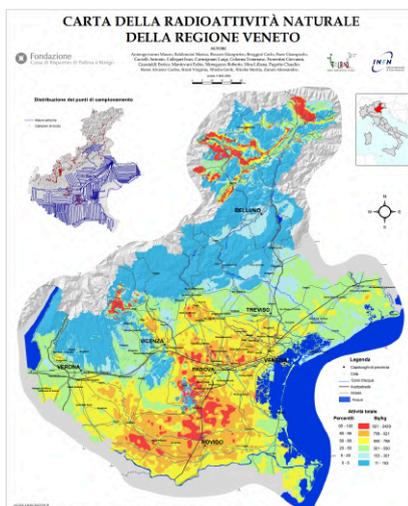
Questi elementi radioattivi generano la cosiddetta radiazione terrestre. Presenti sulla Terra fin dalla sua origine, questi elementi si trovano, in quantità più o meno elevate, nelle rocce che costituiscono la crosta terrestre.

Tra questi elementi radioattivi c'è il radio, in particolare il radio 226 (discendente dell'uranio 238), che dà origine, per decadimento, al radon. Un altro tipo di radio, il radio 228 (discendente del torio 232), presente in misura minore in natura, genera invece il toron, gas radioattivo che costituisce anch'esso una sorgente di radioattività naturale.

Il radon è incolore e inodore. Dalla sua "nascita" dal radio alla sua "morte", che dà origine ai prodotti di decadimento ("figli"), passano alcuni giorni. Questo tempo è sufficiente a far sì che il radon provenga anche da alcune decine di metri di profondità e che si accumuli negli ambienti chiusi. Nella trasformazione viene emessa una particella alfa dotata di grande energia. A loro volta i figli, in breve tempo, decadono, emettendo anch'essi radiazioni, alcune delle quali ancora di tipo alfa.

Essendo un gas, il radon fuoriesce continuamente dal terreno e da alcuni materiali da costruzione, disperdendosi nell'atmosfera ma accumulandosi negli ambienti chiusi.

L'Arpav e la regione Veneto in collaborazione con l'INFN di Legnaro hanno mappato la distribuzione di radon in Veneto e hanno prodotto la seguente cartina: aree ad alto potenziale di radon sono state individuate preliminarmente nella zona settentrionale del bellunese e del vicentino, ma anche, in aree meno estese, nelle province di Padova e Treviso.



Scopo dell'esperimento:

Misurazione della radiazione presente nelle nostre abitazioni: ognuno di noi abita in una zona diverse del Veneto. Abitazione 1 è situata in centro a Padova, Abitazione 2 è situata ad Albignasego (PD), Abitazione 3 è situata a Carpanedo (PD) e Abitazione 4 è situata a Fiesse d'Artico (VE)

Strumentazione usata

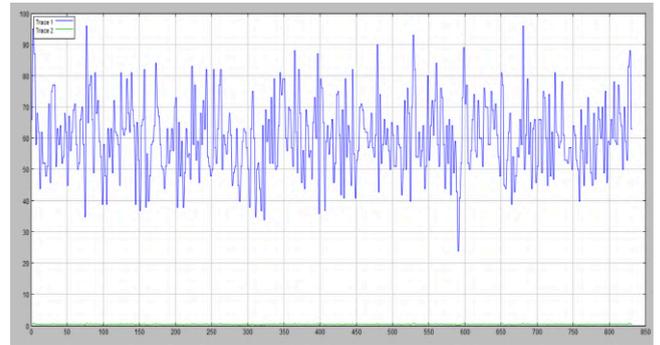
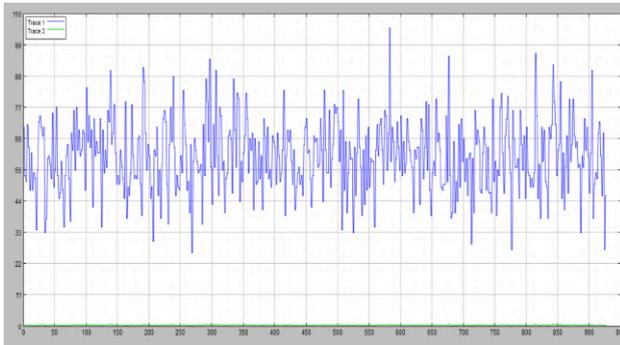
- Contatore Geiger
- Arduino con i medesimi collegamenti dell'esperimento precedente
- Computer
- CoolTermWin64bit

Descrizione dell'esperimento:

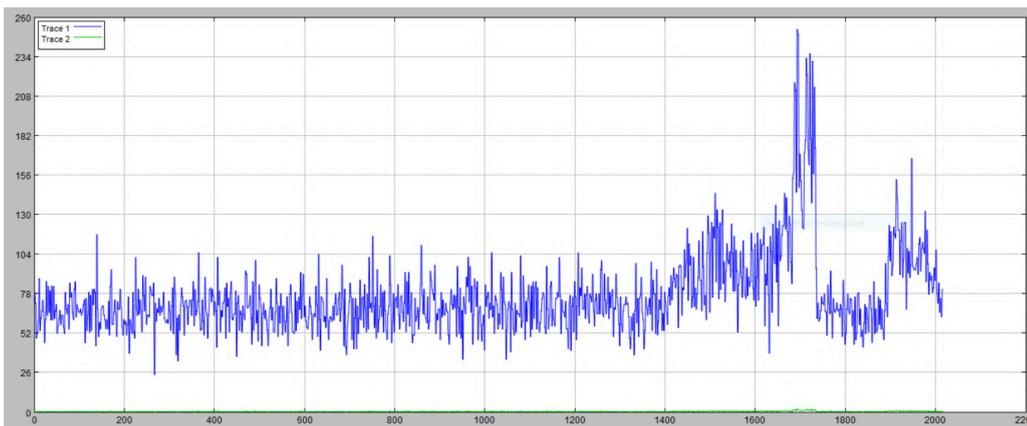
Abbiamo collegato il contatore geiger all'Arduino e abbiamo utilizzato il medesimo codice utilizzato nell'esperimento precedente. Come programma di acquisizione dati abbiamo utilizzato CoolTermWin64bit. Abbiamo utilizzato come tempo di conteggio l'intervallo di 1 minuto, abbiamo modificato le dimensioni del buffer del programma di acquisizione in modo da fare rilevazioni di 12 ore. La misura è stata effettuata con strumenti posizionati, al piano più basso delle abitazioni, dove la concentrazione è di solito più elevata a causa della vicinanza con il terreno. Ogni componente del gruppo ha acquisito dati per un tempo variabile dalle 8 alle 12 ore, anche in momenti diversi della giornata.

Dati acquisiti:

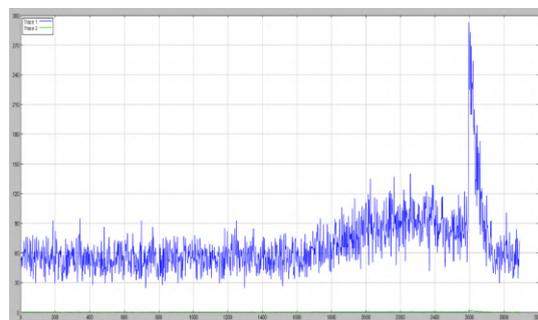
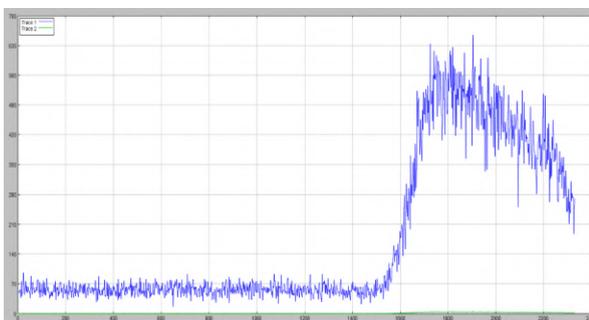
MISURAZIONI ABITAZIONE IN CENTRO A PADOVA



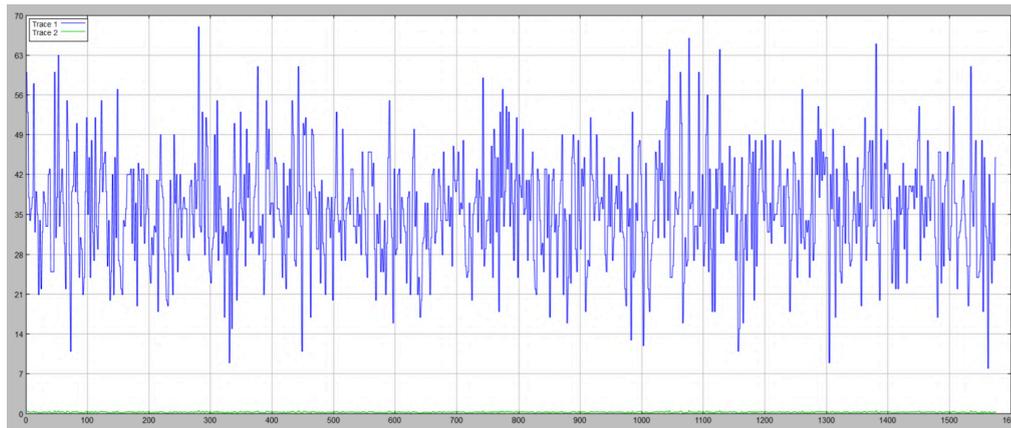
MISURAZIONI ABITAZIONE ALBIGNASEGO



MISURAZIONI ABITAZIONE CARPANEDO

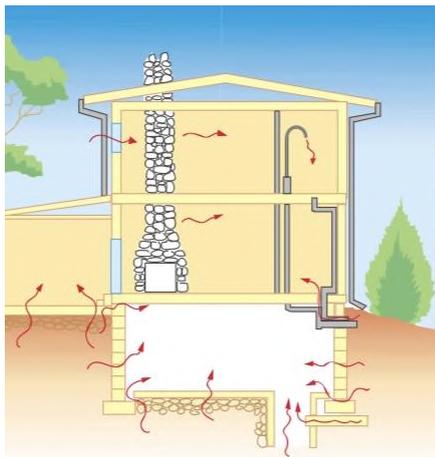


MISURAZIONI ABITAZIONE FIESSO D'ARTICO



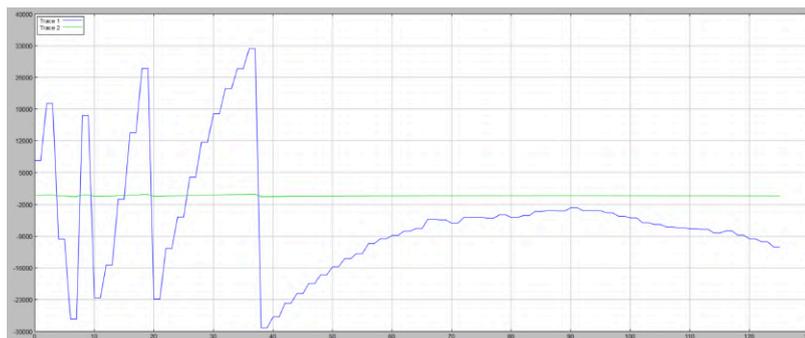
Conclusioni:

Sono diverse le condizioni che determinano la concentrazione di radon in casa. Un terreno che contiene grandi quantità di radio, permeabile o che si frattura facilmente, favorisce l'ingresso e l'accumulo del radon. Allo stesso modo un edificio costruito con materiali che contengono radio, in cattive condizioni di manutenzione, o con scarsa ventilazione dei locali, presenterà più facilmente alti livelli di radon. Ma anche il clima può avere effetti sul livello



dell'inquinante in un ambiente chiuso. Le differenze di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'abitazione e l'azione del vento su di essa, per esempio, oltre all'intervento di altri fattori, favoriscono l'immissione del gas in ambiente chiuso. La sorgente più importante di radon è di certo il suolo. Da qui il gas può penetrare nell'edificio attraverso crepe e fessure a contatto con il terreno, o attraverso le strutture realizzate per il passaggio delle tubazioni dell'acqua, dell'elettricità, degli scarichi. All'esterno la concentrazione è più bassa, in quanto il gas si disperde velocemente in atmosfera. L'ingresso diretto del gas da porte e finestre è quindi poco importante. I materiali da costruzione che contengono molto radio, come quelli di origine vulcanica, possono contribuire in misura considerevole alla presenza di radon nelle case.

Le rilevazioni effettuate nelle nostre abitazioni non mostrano nessuna anomalia: i conteggi sono compatibili con le misurazioni di fondo ambientale effettuate in laboratorio. L'unica anomalia si riscontra quando in una delle abitazioni durante il conteggio viene accidentalmente aperta la porta che dà verso l'esterno. Decidiamo di ripetere l'evento accidentale anche in una seconda abitazione e in due momenti differenti e l'anomalia si



ripete. Inoltre siamo rimasti sconcertati dal risultato della misurazione di prova effettuata sul tetto dell'edificio scolastico. Tale misurazione serviva a confermare che all'esterno delle abitazioni la concentrazione di radon è così bassa da essere

trascurabile ma i risultati ottenuti hanno rilevato la presenza di una “radiazione fantasma” non presente all’interno delle nostre abitazioni né in laboratorio. La frequenza degli eventi è così elevata da superare la portata del nostro strumento e da produrre conteggi negativi. Abbiamo quindi deciso di analizzare quali potessero essere le cause di questa anomalia.

QUINTA PARTE DELL’ESPERIMENTO

ALLA RICERCA DELLA RADIAZIONE FANTASMA: ANALISI DELLA GUAINA BITUMINOSA

Sul tetto della scuola stanno effettuando un’azione di manutenzione con lo scopo di sostituire le vecchie guaine bituminose con delle guaine nuove. Abbiamo effettuato misurazioni in punti differenti del tetto, dove è ancora presente la vecchia guaina scoperta e abbiamo chiesto ai manutentori di procurarci un pezzo di compensato con vari strati di bitume in modo da poter effettuare le misurazioni anche sulla nuova guaina in laboratorio. Il compensato ha una parte in cui c’è un unico strato di bitume, una parte in cui ci sono due strati di bitume, una terza parte in cui l’unico strato di bitume è coperto con uno strato d’argento e un’ultima parte in cui i due strati di bitume sono ricoperti con uno strato di alluminio.

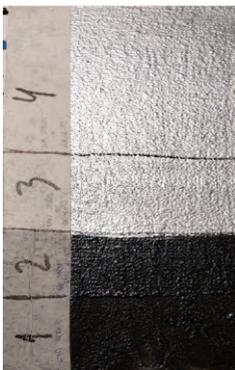
Scopo dell’esperimento:

Capire se i conteggi che abbiamo ottenuto sul tetto sono dovuti alla radioattività della guaina

Strumentazione usata

- Contatore Geiger
- Arduino con i medesimi collegamenti dell’esperimento precedente
- Computer
- CoolTermWin64bit
- Compensato con vari strati di bitume e alluminio
- Guaina bituminosa

Descrizione dell’esperimento:

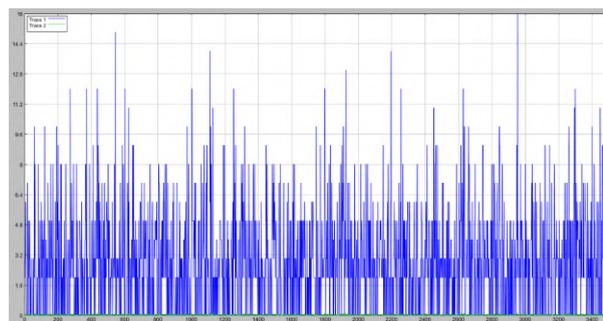


Abbiamo collegato il contatore geiger all’Arduino e abbiamo utilizzato il medesimo codice utilizzato nell’esperimento precedente. Come programma di acquisizione dati abbiamo utilizzato CoolTermWin64bit. Abbiamo utilizzato come tempo di conteggio l’intervallo di 1 minuto e successivamente di 3 secondi e come tempo complessivo di acquisizione 1 ora per ogni tipologia di misurazione.

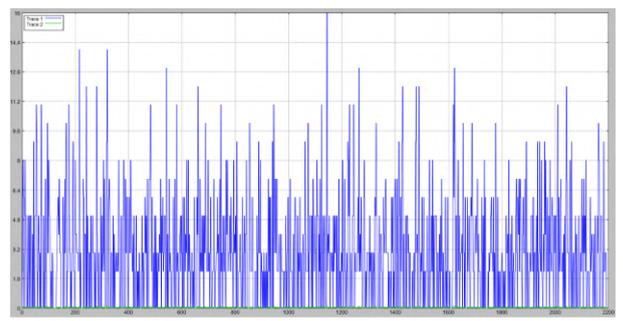
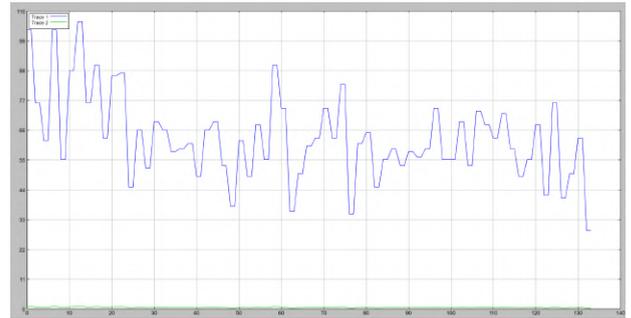
Abbiamo posizionato il contatore su ogni strato presente nel compensato e abbiamo effettuato le misurazioni. Infine abbiamo posizionato il contatore in prossimità della guaina scoperta sul tetto con tempo di conteggio 3 sec.



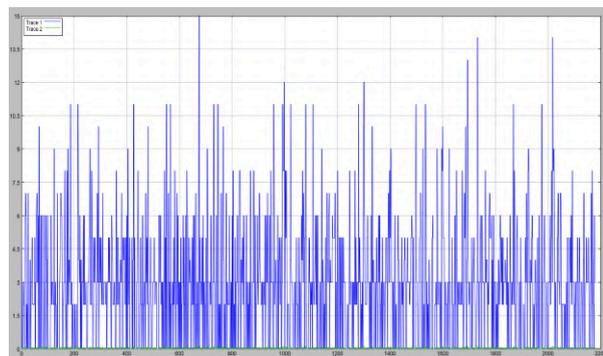
Dati raccolti: STRATO DI BITUME SINGOLO



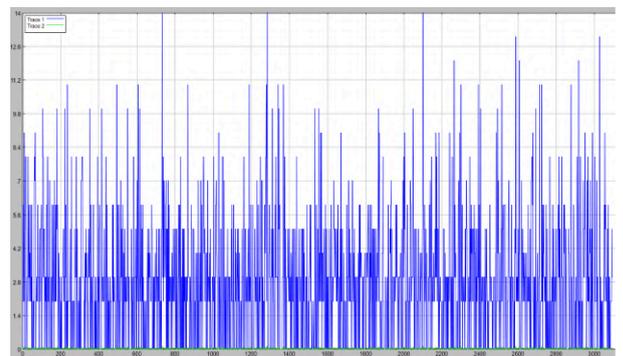
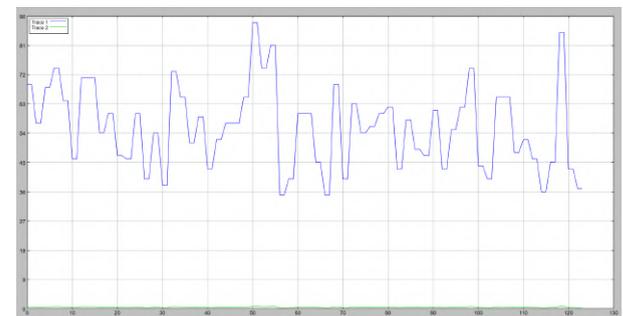
DOPPIO STRATO DI BITUME



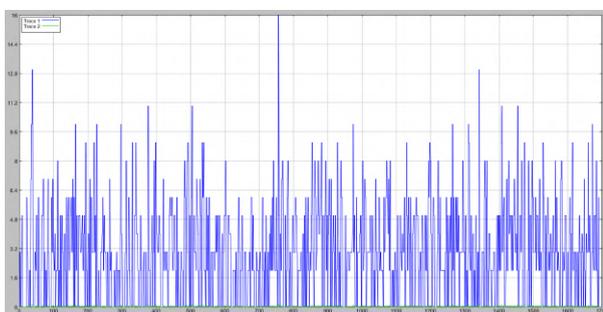
STRATO DI ALLUMINIO SINGOLO



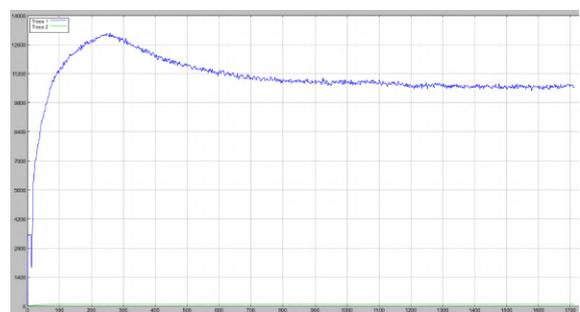
DOPPIO STRATO DI ALLUMINIO



FONDO



TETTO DELLA SCUOLA



Conclusioni

Con bitume si intende una miscela di idrocarburi naturali o residuati derivanti dalla distillazione o raffinazione del greggio. Si ottiene dalla distillazione di oli grezzi come petrolio, gasolio e benzina. È il componente più pesante rimasto dopo la distillazione, una sostanza scura e viscosa. Costituito principalmente da idrocarburi e contiene una varietà di composti organici, tra cui polimeri, resine e altri componenti.

Abbiamo ipotizzato per darci una spiegazione degli elevati conteggi sulla guaina che il bitume materiale di cui è composta la guaina in passato abbia assorbito radiazioni di radon e dopo un processo di fusione con altri parti di guaina per essere riutilizzata queste tracce di radon siano rimaste. Tuttavia i conteggi effettuati sul compensato con gli strati di bitume non danno risultati confrontabili con quelli ottenuti sul tetto. Gli eventi misurati su un unico strato di bitume sono 125 al minuto, superiori a quelli del fondo ma molto più bassi di quelli registrati utilizzando la sorgente debolmente radioattiva, questo conferma che effettivamente nel bitume riutilizzato un residuo di radon o di altro materiale in grado di emettere ci possa essere, ma sicuramente non è pericoloso. Oltretutto i conteggi effettuati in prossimità del bitume coperto con uno o due strati d'alluminio i conteggi scendono a 55 eventi al minuto compatibili con il fondo ambientale del laboratorio. Se analizziamo i conteggi ogni 3 secondi non si notano scostamenti significativi in nessuno degli strati di bitume rispetto al fondo. Possiamo affermare che l'emissione del bitume è praticamente nulla soprattutto se coperto con uno o due strati di alluminio. Decisamente la radiazione evidenziata nel tetto non dipende dal bitume.

Evidentemente c'è dell'altro materiale che è fonte di radioattività.

Poiché l'ultimo episodio rilevante di catastrofe radioattiva per le nostre zone è legato all'incidente di Chernobyl ci siamo chiesti se la radioattività potesse derivare da allora. Cercando su internet abbiamo scoperto che è possibile riscontrare emissione ancor oggi, misurando la radioattività emessa dagli isotopi di cesio (^{137}Cs), dal plutonio (^{239}Pu e ^{240}Pu) e dal piombo (^{210}Pb) presenti nei livelli di terreno. Ma ancora una volta si parla di terreno, non di tetti: in Italia il primo allarme dell'arrivo della nube radioattiva fu dato la mattina del 30 aprile 1986 dal Centro Comunitario di Ricerca di Ispra (VA) che segnalò un aumento, a partire dalle ore 6, della radioattività in aria a livello del suolo, inoltre sempre ricercando su internet abbiamo scoperto che a Venezia, il 3 e 4 maggio 1986, furono giorni di piogge e temporali, che portarono le radiazioni al suolo. Verosimilmente neanche questa può essere la causa della nostra radiazione fantasma.

Poiché le misurazioni effettuate sul tetto sono state sempre eseguite nelle ore diurne, abbiamo pensato che esse dipendessero dalla presenza della luce solare: abbiamo provato a fare delle misurazioni sulla terrazza di una delle nostre abitazioni prendendo le misure sia nelle ore notturne che in quelle diurne per renderci conto se la radiazione fantasma può essere correlata con la presenza di luce. Successivamente abbiamo ripetuto le misure anche nel giardino di una seconda abitazione e nuovamente sul tetto della scuola. Abbiamo anche protetto arduino con una maglia da surf che dovrebbe schermare le radiazioni ultraviolette.

SESTA PARTE DELL'ESPERIMENTO

ALLA RICERCA DELLA RADIAZIONE FANTASMA: MISURAZIONI ESTERNE IN PRESENZA E ASSENZA DI LUCE

Scopo dell'esperimento:

Capire se i conteggi che abbiamo ottenuto sul tetto sono dovuti alla presenza della luce del sole

Strumentazione usata

- Contatore Geiger
- Arduino con i medesimi collegamenti dell'esperimento precedente
- Computer
- CoolTermWin64bit
- Scatola ricoperta con maglietta da surf

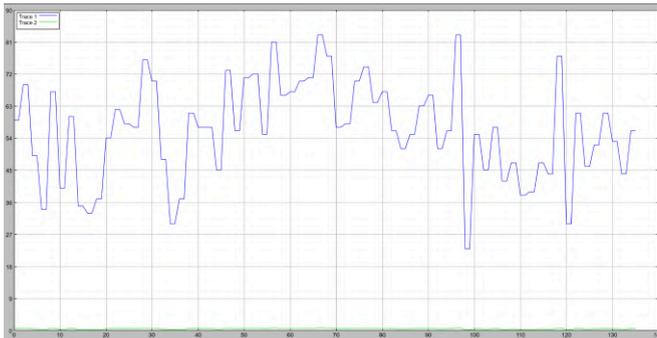
Descrizione dell'esperimento:

Abbiamo collegato il contatore geiger all'Arduino e abbiamo utilizzato il medesimo codice utilizzato nell'esperimento precedente. Come programma di acquisizione dati abbiamo utilizzato CoolTermWin64bit. Abbiamo utilizzato come tempo di conteggio l'intervallo di 1 minuto, il tempo complessivo di acquisizione è variabile a seconda del fenomeno che si voleva approfondire.

Abbiamo posizionato il contatore all'esterno e abbiamo effettuato le misurazioni in vari momenti della giornata: abbiamo misurato la presenza di radiazioni notturne per due volte, all'inizio dell'esperimento e alla fine, abbiamo misurato le radiazioni all'alba, durante le ore diurne sia in una giornata nuvolosa che in una giornata soleggiata, al tramonto e infine inserendo il contatore all'interno di una scatola schermata con una maglietta da surf.

Dati raccolti

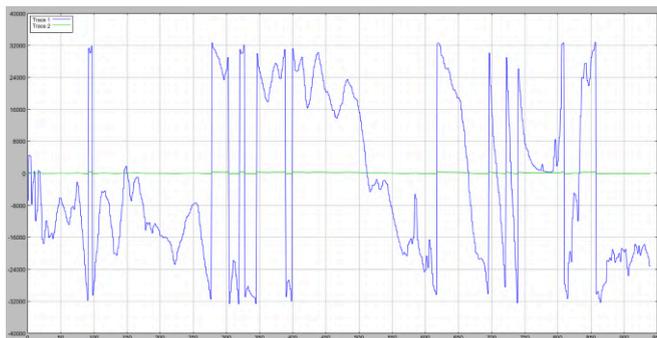
FONDO IN ORARIO NOTTURNO



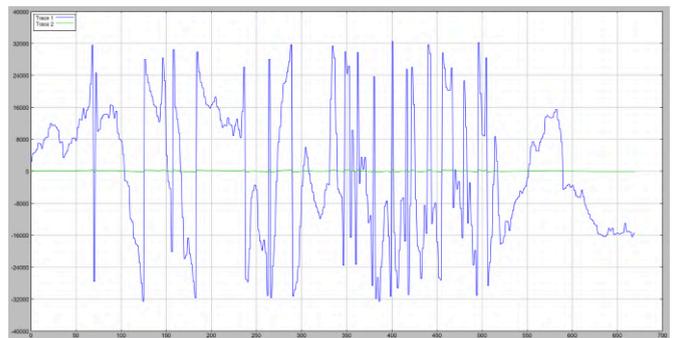
ALBA



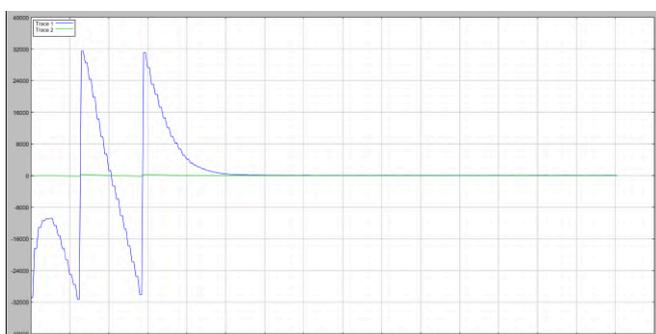
GIORNATA NUVOLOSA



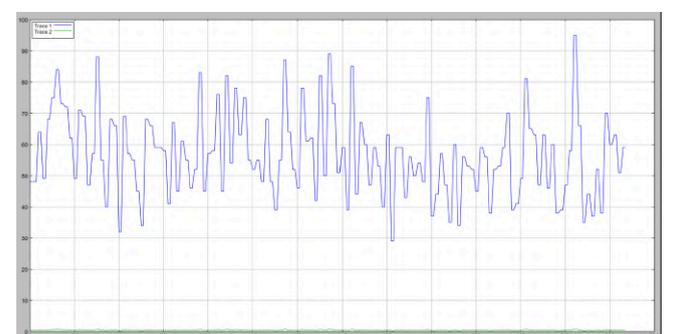
GIORNATA DI SOLE



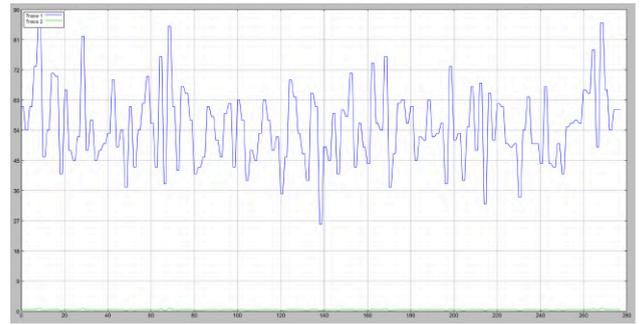
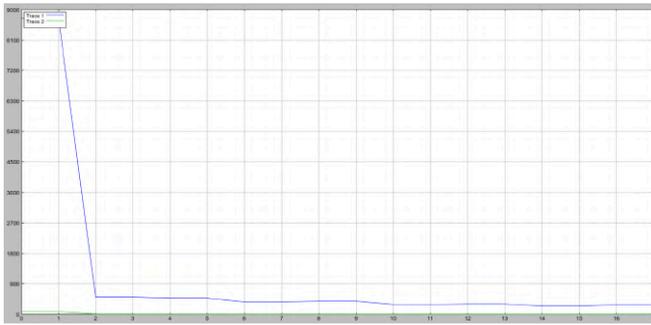
TRAMONTO



FONDO NOTTURNO



SCATOLA CON MAGLIA DA SURF



GIORNATA INTERA SECONDA ABITAZIONE

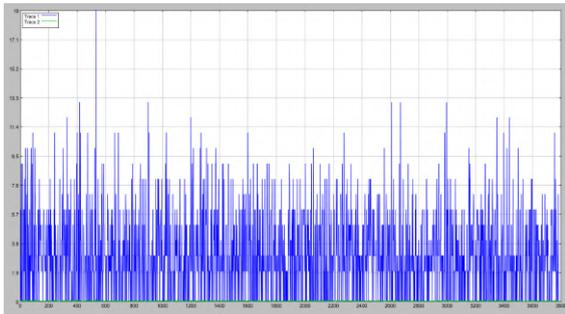


Analisi dei dati:

Con il nome generico di radiazione ionizzante si indica una vasta categoria di particelle capaci di provocare la ionizzazione degli atomi con cui esse interagiscono, tra queste radiazioni ci sono anche le radiazioni elettromagnetiche ad alta frequenza (UV) che viaggiano a velocità costante (quella appunto della luce) e normalmente perdono energia in una unica collisione. Il contatore Geiger misura l'intensità del flusso di radiazione incidente e non è in grado di distinguere tra le radiazioni incidenti perché non ne misura l'energia. I nostri contatori Geiger, rispetto a quelli tradizionali, hanno una particolarità: non sono tubi di metallo con una finestra di mica per far attraversare le particelle incidenti, ma sono completamente trasparenti, questo ci permette di rilevare tutte le radiazioni incidenti senza che una parte di esse venga assorbita dal metallo. Proprio per questa sua particolarità il nostro contatore è stato in grado di rilevare le radiazioni ultraviolette. Le nostre misurazioni mostrano la presenza di queste radiazioni solo nelle ore di luce, e le misurazioni al tramonto e all'alba mostrano proprio questa peculiarità. Inoltre ponendo il rilevatore in una scatola schermata con solo un tessuto scuro, il rilevatore non viene raggiunto dalle radiazioni. Abbiamo inoltre rilevato che sul conteggio non influisce il fatto che la giornata sia serena o nuvolosa.

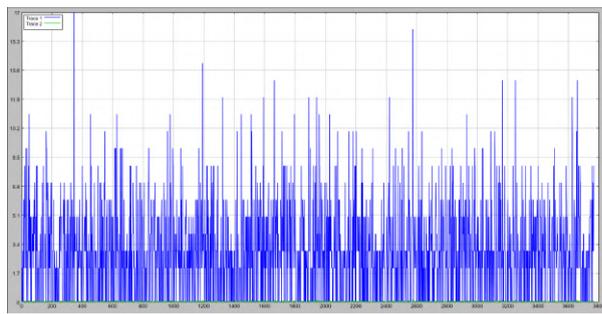
I conteggi negativi sono legati ad una caratteristica del rilevatore che diventa importante ad elevati flussi di radiazione, il tempo morto. Esso è l'intervallo di tempo, successivo all'evento che produce la scarica, durante il quale il sensore non è in grado di contare altri eventi, e quindi è inattivo o morto. In questo intervallo di tempo se una radiazione arriva sul rilevatore invece che rilasciare energia la sottrae e questo produce una differenza di potenziale negativa e quindi un conteggio negativo. Nel nostro caso abbiamo osservato che l'evento negativo avveniva ogni volta che si raggiungeva un conteggio di 32.000 eventi. Abbiamo pensato che probabilmente questa è la portata del nostro strumento e che diminuendo l'intervallo di tempo di conteggio avremmo potuto evitare di superare quel valore soglia. Abbiamo riportato l'intervallo di tempo a 3 secondi e effettuato le misurazioni.

Dati raccolti:
FONDO IN LABORATORIO



GIORNATA SOLEGGIATA

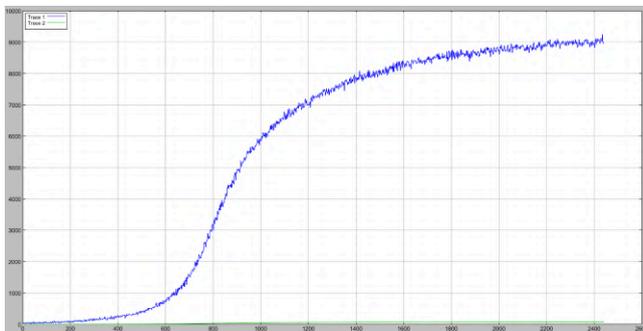
FONDO IN ORARIO NOTTURNO ESTERNO



TRAMONTO



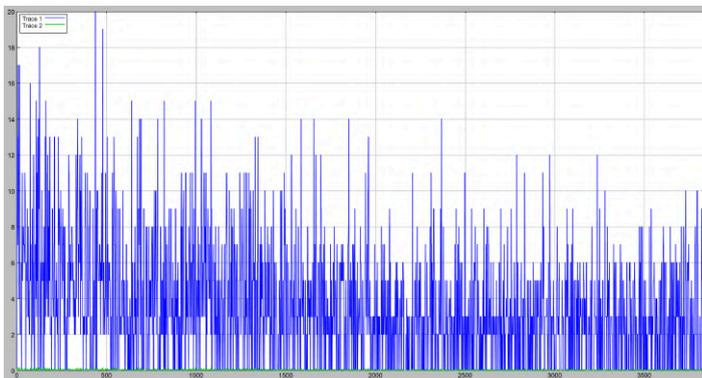
ALBA



GIORNATA NUVOLOSA



SCATOLA SCHERMATA

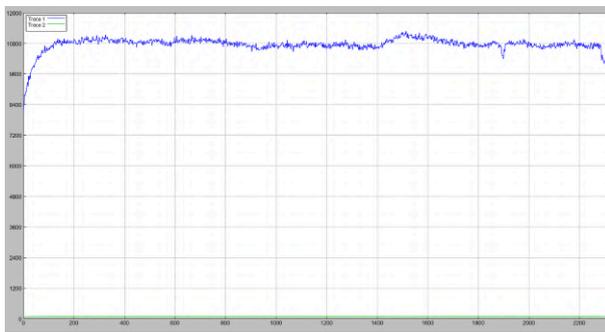


Analisi dei dati:

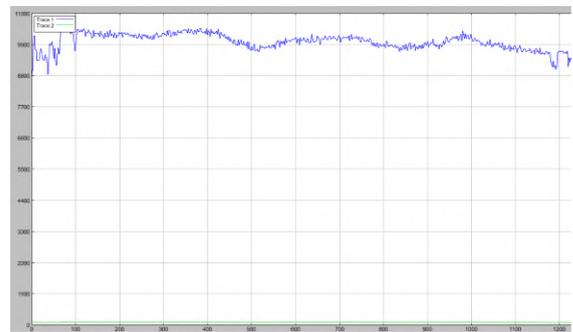
Le nuove misurazioni non presentano più l'anomalia dei conteggi negativi perchè la frequenza dei conteggi non supera mai la portata dello strumento. L'alta frequenza di eventi si verifica solo durante il giorno e all'aperto, mentre di notte e ponendo il contatore all'interno della scatola schermata i conteggi sono confrontabili con il fondo misurato in laboratorio. Inoltre durante l'alba e il tramonto si vede chiaramente come gli eventi aumentino esponenzialmente nel primo caso e poi diminuiscono nel secondo caso.

Alla luce di quanto scoperto abbiamo effettuato i conteggi sul tetto della scuola utilizzando l'intervallo di 3 secondi, effettuando misurazioni in prossimità della guaina scoperta, della guaina coperta dalle piastrelle e proteggendo il rilevatore con una maglia di cotone e quindi con la maglietta da surf.

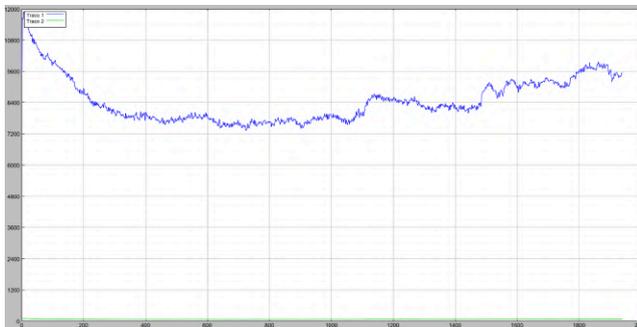
CONTEGGI IN PROSSIMITA' DELLA GUAINA SCOPERTA GIORNATA DI SOLE



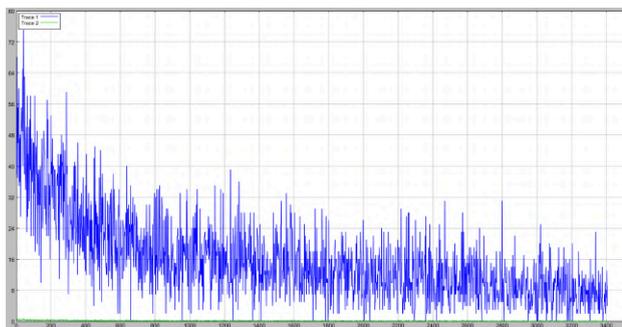
GIORNATA DI PIOGGIA



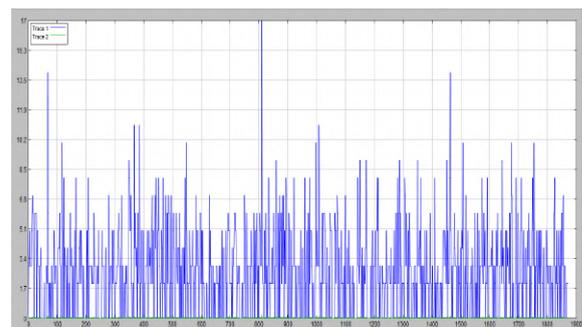
CONTEGGI LONTANI DALLA GUAINA SCOPERTA



CONTEGGI CON CONTATORE SCHERMATO MAGLIA DI COTONE



MAGLIA DA SURF (PROTEZIONE 50)



Conclusioni:

In conclusione abbiamo verificato che i nostri conteggi anomali sono dovuti a i raggi UV dell'ambiente e non alle radiazioni emesse della guaina sul tetto della nostra scuola.

Abbiamo scoperto anche che i contatori Geiger precedenti al nostro, avevano un involucro di metallo che scherma i raggi UV per cui non abbiamo trovato documentazione su Internet dell'anomalia che abbiamo trovato sul tetto.

Ci siamo trovati così a riflettere da soli sull'accaduto formulando delle ipotesi da verificare e costruendo i conseguenti esperimenti.

Attraverso questo progetto di fisica abbiamo capito un po' meglio come si può studiare ciò che non vediamo, nel nostro caso le radiazioni che ci circondano; come sia necessario costruire un modello della realtà aiutandosi con lo studio e l'approfondimento e come si debba quindi costruire una serie di esperimenti che possano sostenere o confutare ciò che si ipotizza. Abbiamo imparato che su internet e sui libri non sempre si trovano le risposte, ma solo degli spunti. Abbiamo imparato che l'analisi dei dati è fondamentale perché ci permette di interpretare e dare un significato ai dati raccolti, così come è fondamentale conoscere gli strumenti che si utilizzano per effettuare le misurazioni, per poter spiegare alcune misurazioni che altrimenti non avrebbero senso: è molto importante la taratura e la conoscenza della sensibilità e della portata del nostro strumento. Abbiamo anche capito che prima di iniziare delle misurazioni è necessario conoscere il fondo ambientale per comprendere se ci sono variazioni o se quello che misuriamo è solo rumore. Abbiamo inoltre imparato che a volte si costruiscono degli esperimenti con lo scopo di verificare l'esistenza di qualcosa e invece si trova qualcosa di inaspettato e lì inizia la ricerca: bisogna avere la mente aperta ed elastica per non spaventarsi e superare gli ostacoli. La ricerca del "non visibile" stimola a ipotizzare, a immaginare e anche un po' a sognare, per cercare di capire cosa realmente ci sia. Ci siamo sentiti un po' scienziati, ma anche esploratori. Siamo consapevoli di quanto ci sia ancora da scoprire attorno a noi, quanto sia difficile interpretare i risultati che non ti aspettavi di ottenere.

BIBLIOGRAFIA:

“Il radon in Veneto: ecco come proteggersi. Guida pratica alla misurazione del radon e alla bonifica delle abitazioni “ Progetto Regione Veneto a cura di Arpav e INFN novembre 2001

Giuseppe Valitutti Marco Falasca Patrizia Amadio
“Chimica concetti e modelli: dalla materia all’atomo” Zanichelli

SITOGRAFIA:

<https://www.i-cpan.es/doc/Empirika/POSTER/serie-torio-2010.pdf>

<https://physicsopenlab.org/2016/01/31/spettrometria-gamma-del-torio/>

<https://www.scienzainrete.it/contenuto/news/le-parole-della-radioattivita>

https://www.indexspa.it/indexspacom/Tecnoplan/pdf/RADON_BARRIER-IT.pdf

<https://derbigum.it/blog/bitume/#:~:text=Si%20%20ottiene%20dalla%20%20distillazione%20di.polimeri%2C%20resine%20e%20altri%20componenti.>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Bitume>

*([https://www.arpa.marche.it/notizie-2021/883-26-04-2021-il-controllo-della-radioattivita-ambientale-nelle-marche-dall-incidente-nucleare-di-chernobyl-ad-oggi#:~:text=In%20Italia%20il%20primo%20%20allarme.aria%20a%20livello%20%20del%20%20suolo\).](https://www.arpa.marche.it/notizie-2021/883-26-04-2021-il-controllo-della-radioattivita-ambientale-nelle-marche-dall-incidente-nucleare-di-chernobyl-ad-oggi#:~:text=In%20Italia%20il%20primo%20%20allarme.aria%20a%20livello%20%20del%20%20suolo).)
(<https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Venezia/1986/Maggio>).*

<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/scopri-di-piu/guida-previsioni-uv/cose-la-radiazione-ultravioletta-uv>

https://it.wikipedia.org/wiki/Camera_a_ionizzazione#:~:text=Una%20camera%20a%20ionizzazione%20%C3%A8.incontra%20in%20coppie%20di%20ioni.

<https://www.contatoregeiger.net/funzionamento-del-contatore-geiger/>

<https://it.emcelettronica.com/contatore-geiger-fai-da-te-come-costruire-contatore-geiger-con-arduino>

https://www.amazon.it/Contatore-Assemblato-Rilevatore-Radiazioni-Nucleari/dp/B0CH39BJ5C/ref=sr_1_39?keywords=contatore+geiger+arduino&qid=1700578463&sr=8-39

<https://www.esperimentanda.com/un-rivelatore-versatile-la-camera-a-ionizzazione-ad-aria-per-misurazione-di-raggi-gamma-radioattivita-ambientale-e-ionizzazione-aria/>

<https://www.esperimentanda.com/come-calibrare-e-usare-una-camera-a-ionizzazione-con-sorgenti-radioattive/>

ALLEGATO 1 CODICE ARDUINO

```
#define SAMPLE_TIME 60000 //conteggi in un minuto

#define SAMPLE_TIME 3000 // conteggi ogni 3 secondi

#define in A0

#define light 7

//Adafruit_PCD8544 disp = Adafruit_PCD8544(5,4,3);

int contrast=60;

boolean backlight = true;

int counts = 0; // Tube events

unsigned long start = 0;

int cont = 0;

//declare

void setup() {

    Serial.begin(19200);

    pinMode(in, INPUT);

    pinMode(light,OUTPUT);

    if(backlight==true)
```

```
        digitalWrite(light,HIGH);

    else

        digitalWrite(light,LOW);

    start=millis();

}

void loop() {

    int data = map(analogRead(in), 0, 1023, 0, 1000);

    if (data < 834)

        cont++;

    if (millis() - start > SAMPLE_TIME ){

        //updateDisplay(sievert);

        Serial.print("Counts: "); Serial.print(cont); Serial.print(" -
");

        // send the value of analog input 0:

        Serial.print(cont);

        Serial.print(",");

        // wait a bit for the analog-to-digital converter to stabilize
after the last
```

```
// reading:  
  
delay(100);  
  
start = millis();  
  
cont = 0;  
  
}  
  
}
```