

Procedura d'intervento sugli agrolifi (crop circles)

Indice:

1- Scopo	pag.3
2- Attrezzature necessarie	pag.3
3- Ispezione sul campo	pag.4
4- Raccolta testimonianze	pag.10
5- Rapporto finale	pag.11
6- Allegati	
- Misura della radioattività	pag.12
- Gli strumenti ed il loro uso	pag.13
- Misure di campo magnetico	pag.38
- Schede per la raccolta dati	pag.46

1- Scopo

Con il presente documento si vogliono definire i metodi ed i modi di operare su come effettuare le indagini e la raccolta dati sugli agrolifi (“*crop*” di seguito). Questo per evitare che alcuni dati importanti possano andare persi, o che possano essere presi in modo erroneo a causa della mancata esperienza di chi sta eseguendo l’ispezione.

2- Attrezzature necessarie

Per effettuare le indagini su un cerchio nel grano, si rendono necessarie le seguenti attrezzature:

Attrezzature minime necessarie:

- Macchina fotografica digitale (buona risoluzione).
- Macchina fotografica a rullino (possibilmente reflex)
- Rullini fotografici ad ASA differenti (da utilizzarsi a seconda del grado di luminosità dell’area interessata).
- Registratore a cassette (per raccogliere le testimonianze e le impressioni).
- Telecamera (digitale o a cassetta).
- Cavalletto per macchina fotografica/telecamera
- Sacchetti e contenitori (con chiusura ermetica) per campioni.
- Contenitori lunghi per prelevare spighe intere.
- Una borsa capiente per i campioni raccolti.
- Forbici taglia-tutto e/o trincetti (per prelievo campioni delle piante/spighe).
- Paletta da giardinaggio.
- Guanti in lattice (per non inquinare i campioni).
- Lente di ingrandimento (per osservare rapidamente le anomalie sulle spighe).
- Block notes per appunti o disegni.
- Metro a rotella da geometra.
- Metro a nastro normale.
- Corda 50 metri (min. 5 mm di diametro) con riferimenti di misura (con riportate tacche di riferimento ogni 0.5 m).
- Paletti per riferimento (manici di scopa o tondini d’acciaio; e consigliabile averne almeno 2 da 1,5 m, in modo da poter sovrastare le spighe non piegate).
- Nastro adesivo da disegnatore (in carta) per etichettare i campioni e sigillare le buste.
- Pennarelli indelebili, penne e matite per appunti.
- Una torcia elettrica.
- Termometro.
- Bussola.
- Binocolo.
- Stradario dettagliato.

Attrezzature aggiuntive (se disponibili):

- Contatore geiger.
- Rilevatore campi elettromagnetici.
- Rilevatore GPS
- Scanner radio (ricevitore radio multi frequenza).
- Visore infrarossi.
- Metal detector.
- Radioline walkie-talkie (in caso di più crop distanti tra loro e divisione del gruppo in più unità)
- Microscopio da campo.

3- Ispezione sul campo

Per tale tipo di ispezione è consigliabile presentarsi minimo in 3 – 4 persone: due addetti alle misurazioni ed uno per le foto e la raccolta campioni. Meglio se in 4 in modo da avere una persona completamente dedicata alla raccolta campioni ed alle prime analisi sul campo.

Per quanto possibile, cercare di contattare il proprietario del campo per le dovute autorizzazioni.

- 3.1. Decidere preventivamente, a seconda del numero delle persone disponibili per l'ispezione, i ruoli da compiere una volta sul campo; almeno due persone devono essere coinvolte nelle misurazioni.
- 3.2. Alcuni campi presentano dei viottoli dovuti al passaggio dei trattori, irrigazione o altro, conviene quindi avvicinarsi il più possibile all'agroglifo utilizzando questi passaggi, in modo da non recare danno alle coltivazioni presenti (ed anche per non inquinare l'agroglifo stesso).
- 3.3. Eseguire subito a distanza delle foto ed una breve ripresa con videocamera (per altre considerazioni vedere par.8). Questo è importante, in quanto se per qualche motivo il gruppo è costretto ad allontanarsi dal campo, si rischia di avere intrapreso magari un lungo viaggio, senza avere neanche un'immagine del crop: ad esempio allontanamento da parte del proprietario o da parte delle forze dell'ordine, oppure un violento temporale.
- 3.4. Se disponibile, accendere il rilevatore geiger e il rilevatore campi elettromagnetici già dall'inizio ad almeno un 20 – 30 metri dal crop; vedere dettagli nel par. 3.10 e gli allegati.
- 3.5. Nel caso che non vi sia un passaggio già pre-esistente per accedere la centro del crop, passare tutti dallo stesso punto, onde evitare di inquinare le geometrie esistenti. Cercare comunque di evitare il più possibile di piegare le piante del campo.
- 3.6. Dividersi nei gruppi prestabiliti, per i diversi compiti da svolgere:

3.7. Raccolta dei campioni

- 3.7.1 Primo obiettivo, una volta all'interno del crop, è la raccolta dei campioni. Questa fase deve avere la precedenza (specie se il numero delle persone non è sufficiente a coprire tutti i ruoli) in quanto è l'unica su cui attualmente possiamo lavorare per trovare delle prove tangibili sulle cause che hanno generato il crop. Come spiegato precedentemente, in caso di allontanamento dal campo lo scopo dell'ispezione, diverrebbe poco produttivo.

Cercare di identificare il centro del crop (generalmente è la treccia). Prelevare uno o più campioni di terriccio dal centro e chiuderli subito dentro una busta pulita (o un contenitore). Delle buste come quelle in vendita per conservare gli alimenti possono andare bene. Sigillare la busta ed apporvi un adesivo dove poter scrivere, con un pennarello indelebile, la posizione all'interno del crop, in cui il campione è stato prelevato. Cercare di non eseguire un prelievo che infine possa sembrare un foro, altrimenti potrebbe essere scambiato in seguito da altri ricercatori come la traccia lasciata dal paletto utilizzato dai falsari per tracciare il crop.

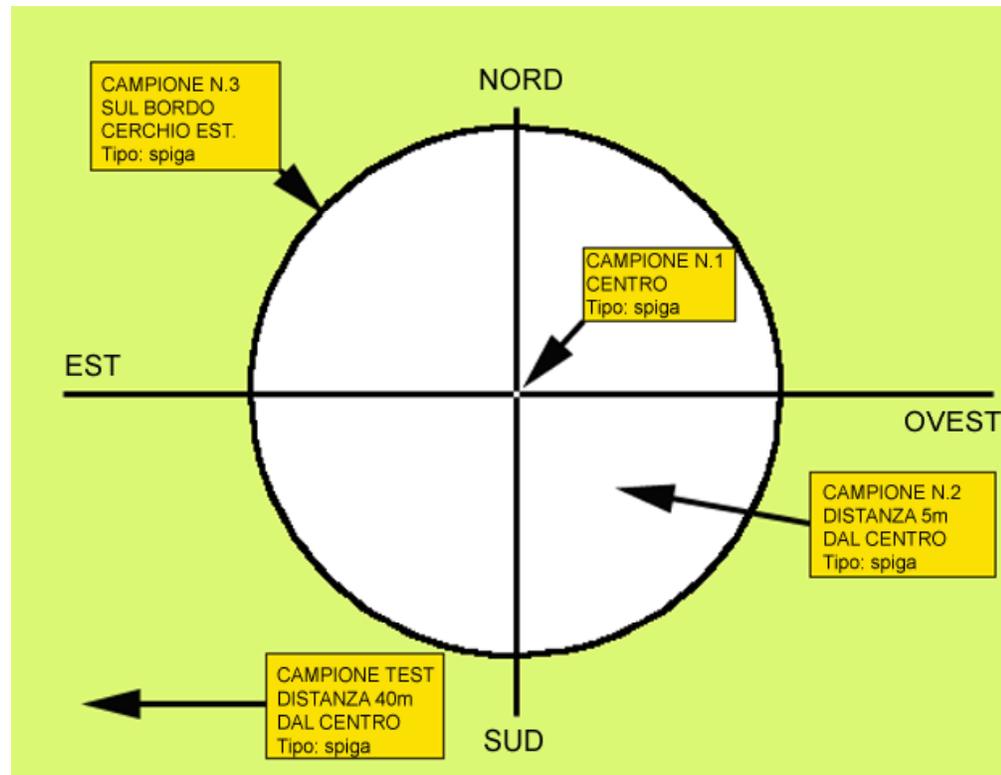
- 3.7.2 Prelevare un altro campione di terreno verso l'estremo del crop, con le solite modalità. In pratica l'ordine di prelievo deve essere inteso, dal centro del crop procedendo radicalmente fino all'esterno.

- 3.7.3 Negli stessi punti, prelevare anche dei campioni di piante ricordandosi bene di identificare i contenitori. Es: prelevato dal centro treccia; prelevato a 30 metri dal centro treccia presso l'incrocio dei vertici della figura, ecc ecc.

Nota: utilizzare possibilmente guanti di gomma per evitare una possibile contaminazione dei campioni. Segnare sul rapporto finale e/o sui campioni, se si sospetta che il campione in oggetto possa essere stato interessato dal passaggio di altre persone, ovvero se il campione preso sia stato calpestato/maneggiato da altre persone.

- 3.7.4 Prelevare dei campioni all'esterno dell'agroglifo: in linea di massima, per ogni campione prelevato, occorre l'analogo campione preso all'esterno del crop in modo da avere un parametro di riferimento per le misure che verranno rilevate successivamente sugli altri campioni. I campioni "esterni" dovranno esser presi distanti dalla figura, ma sempre e comunque all'interno del campo stesso e non in zone con terreno e vegetazione differenti. Se la figura si trova con una strada a breve distanza, è meglio non prendere i campioni vicino a questa, perché potrebbero presentare contaminazioni dovute ai mezzi che passano, asfalto ed altro.

- 3.7.5 E' consigliabile tracciare un disegno di massima dell'agroglifo, dove segnare i punti in cui sono stati prelevati i campioni e le relative distanze dal centro (o altro punto di riferimento). Specificare inoltre la tipologia del campione prelevato



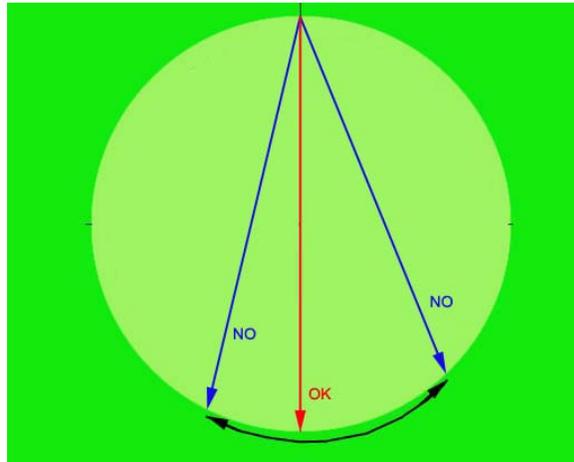
- 3.7.6 Ispezionare le piante per la ricerca di eventuali insetti morti, in caso eseguire dei prelievi con le modalità di cui sopra (più campioni in diversi punti). Una buona lente di ingrandimento potrebbe essere utile. In caso si abbia un microscopio da campo ed il tempo necessario, potrebbero esser fatte delle ispezioni sul posto, per individuare eventuali presenze di sfere di silicio. Potrebbe esserci il rischio che queste si distacchino/vengano perse, prima dell'arrivo in laboratorio.
- 3.7.7 Ispezionare le piante per verificare lo stato dei nodi, ovvero se presentano anomalie, come ad es. nodi esplosi o fenomeni di gravitropismo.
- 3.7.8 Se possibile, eseguire un'indagine geologica della zona, capire se l'area è interessata da falde acquifere e se vi è nelle vicinanze un complesso industriale o fabbrica, che potrebbero rilasciare alcuni tipi di contaminazione nel terreno.
- 3.7.9 Segnalare le condizioni atmosferiche, anche del giorno precedente alla comparsa del crop.
- 3.7.10 I campioni devono essere conservati successivamente in luoghi asciutti, lontani dalla luce e da fonti di calore.

3.8. Esecuzione fotografie e riprese con video camera.

- 3.8.1 Come accennato precedentemente, è opportuno cominciare a fare delle riprese ed a scattare delle foto sin dall'arrivo sul posto, riprendendo il crop prima di entrarvi.
- 3.8.2 Per ogni prospettiva, scattare le foto sia con la digitale che con la reflex, specialmente per tutte le riprese che riprendono il crop nell'interezza e che comunque riprendono porzioni del cielo. Questo perché potrebbero apparire anomalie nelle foto, in special modo nelle porzioni di cielo. Se ciò accadesse, le foto digitali non potrebbero mai essere utilizzate per esami specifici, o come prove esaustive (troppo modificabili per essere presentate come prove) La macchina digitale può essere invece utilizzata con maggiore frequenza per tutte le foto che riprendono dettagli ravvicinati (sarà improbabile che un'anomalia si presenti tra noi e la spiga posta a 20 cm di distanza!).
- 3.8.3 Per le foto che riguardano il cielo quindi, includere sempre dei riferimenti da terra e cercare di scattare le foto in modo tale da poterle sovrapporre almeno fino a circa il 50%. In caso di oggetti non identificati, abbiamo così la possibilità di identificarne la vera natura ed eventualmente il moto. Per questo tipo di ripresa è quindi consigliabile l'uso di un cavalletto in modo da rimanere più lineari possibili.
- 3.8.4 Fare delle foto in modo da riprendere le quattro direzioni (nord, sud, est, ovest); anche in questo caso l'uso del cavalletto è consigliabile.
- 3.8.5 Una volta nel crop, scattare delle foto cercando di coglierne i dettagli, le linee ed i loro incroci. Inserire dei riferimenti, come persone ed oggetti in modo da avere dei riscontri visivi dimensionali.
- 3.8.6 Fotografare i centri di sviluppo dei crop (trecce) ed i campioni raccolti.
- 3.8.7 Fare una ripresa generale all'interno del cerchio, riprendere le operazioni di rilievo delle dimensioni.
- 3.8.8 Effettuare delle altre foto anche al ritorno dall'ispezione, riprendendo la figura nell'interezza.
- 3.8.9 Fare una video ripresa, avendo come sfondo il crop, dove poter registrare le impressioni a caldo di ognuno dei partecipanti.

3.9. Rilevazioni dimensioni.

- 3.9.1 Eseguire la misurazione del diametro del cerchio partendo da un punto della circonferenza, fino all'estremo opposto. Per determinare se si sta eseguendo la misura correttamente, un punto deve essere mantenuto fermo, mentre l'altro estremo, dovrà muoversi lungo la circonferenza in modo da rilevare la lunghezza massima.



- 3.9.2 In caso di diametri che vadano ben oltre le capacità dei mezzi di misurazione a disposizione, servirsi di paletti come punti di riferimento dove ripartire con le misurazioni, cercando di passare dal centro del crop. Non limitarsi ad una misurazione, ma almeno tre, così da poter fare una media.

Nota: fare attenzione a non spezzare le piante – spighe con la corda, o con il metro durante le misurazioni; in seguito potrebbero essere prese come prove del fatto che il cerchio non è originale.

- 3.9.3 Rilevare gli spessori delle linee che compongono le figure (perlomeno le principali).
- 3.9.4 Rilevare l'ampiezza della treccia ed eventuale altezza.
- 3.9.5 In caso di agroglifo composto da più figure separate tra loro, misurare gli interassi tra i vari centri dei cerchi; aiutarsi con dei paletti nel qual caso i mezzi di misura non siano sufficienti.
- 3.9.6 Con una bussola, stabile l'orientamento del cerchio e la sua posizione rispetto ai centri abitati. In caso sia disponibile un rilevatore GPS potranno essere riprese le coordinate del sito e l'elevazione sul mare.
- 3.9.7 Rilevare la temperatura ambiente.

3.10. Altre misurazioni

3.10.1 Rilevazione radiazioni; modalità:

Non è detto che fenomeni di radioattività siano necessariamente associati agli agroglifi, ma data la loro natura ignota, in caso si abbia a disposizione uno strumento del genere, occorre iniziare le misurazioni subito prima di entrare nel campo. Segnare subito all'inizio del campo il valore dato dallo strumento ed indicativamente la distanza dal cerchio. Se all'avvicinarsi si nota una variazione, prendere nota del nuovo valore e della relativa distanza. Fare altre misurazioni dall'estremo della figura dell'agroglifo fino al centro treccia.

Importante:

E' estremamente necessario che lo strumento sia ben tarato prima dell'uso; in caso si registri un valore di radioattività prossimo ai valori di allarme (valori di pericolo per l'uomo), allontanarsi immediatamente dal campo, invitare le persone all'interno ad andarsene ed informare le autorità locali (vigili, carabinieri).

3.10.2 Rilevazione campi elettromagnetici; modalità:

Anche per questo tipo di misurazione, conviene adottare le stesse modalità esposte nel 3.10.1. Tenere in considerazione l'eventuale vicinanza di ripetitori, tralicci dell'alta tensione, centrali elettriche, antenne trasmissione varie.

3.10.3 Rilevazioni con scanner radio.

Effettuare una scansione all'esterno dell'agroglifo (ad una discreta distanza) ed una al centro.

3.10.4 Rilevazioni con metal detector.

3.10.5 Osservazioni all'infrarosso. Le osservazioni all'infrarosso, sia per rilevamenti termici che per visione notturna, non avranno alcun peso a livello di prova se non supportati da un sistema di registrazione, rimarranno solo a livello di esperienza personale. In caso si abbia a disposizione un sistema che possa registrare quanto ripreso, attenersi ai consigli esposti al par. 3.8 relativo alle riprese fotografiche e video.

4- Raccolta testimonianze.

- 4.1 Cercare per prima cosa di individuare il proprietario del campo che, oltre al permesso di condurre le indagini, potrebbe fornire informazioni utili sul campo stesso (terreno, coltivazioni, ecc.) ed informare se nella stessa zona si siano già formati in passato altri agroglifi.
- 4.2 Nella raccolta delle testimonianze, chiedere innanzi tutto se la persona è disposta affinché si registri, in quanto fare ciò di nascosto, oltre ad essere un gesto offensivo, renderebbe vana la raccolta stessa della testimonianza.
Nota: si ricorda inoltre che eventuali pubblicazioni di interviste di testimoni, devono necessariamente essere precedute da autorizzazione degli stessi, in quanto ciò è in violazione della legge sulla privacy, quindi perseguibile penalmente.
- 4.3 Essere sempre educati e comprensivi: anche nel caso in cui la persona in oggetto possa fare delle affermazioni fuori luogo o bizzarre, mettere da parte i punti di vista personali e procedere con l'intervista con la massima cordialità possibile.
- 4.4 Chiedere alla persona intervistata il nome e la provenienza: ovvero se è del luogo o solo di passaggio.
- 4.5 Chiedere alla persona intervistata se è stata testimone dell'evento o se ciò che sa è per sentito dire.
- 4.6 Chiedere alla persona intervistata quando ha visto l'agroglifo, e se vi erano già altre persone all'interno.
- 4.7 Informarsi su quando è stato visto per la prima volta l'agroglifo e chi ne è stato testimone.
- 4.8 Informarsi fino a che ora il giorno precedente il campo è stato visto integro.
- 4.9 Informarsi se vi sono stati durante il giorno della comparsa e nei giorni precedenti, avvistamenti di oggetti non identificati, luci, suoni o rumori strani, boati ecc.
- 4.10 Informarsi inoltre se già altri gruppi di ricerca hanno ispezionato l'agroglifo.

5- Rapporto finale

Stilare un rapporto sull'ispezione che riporti i seguenti dati:

- Data ed ora dell'ispezione.
- Località dell'evento.
- Condizioni meteorologiche nel giorno dell'ispezione, nel giorno precedente la comparsa dell'agroglifo e del giorno successivo.
- Data in cui è stato scoperto l'agroglifo.
- Nomi delle persone coinvolte nell'ispezione.
- Luogo dell'evento (descrizione dell'area dell'evento e distanza dalla località più vicina).
- Tipo di terreno, tipo di coltivazione (indicare anche in che fase della coltivazione è, se prossimo al raccolto o no)
- Indicare possibilmente la distanza dalla più vicina base militare e/o aeroporti.
- Descrizione dell'agroglifo.
- Dimensioni dell'agroglifo.
- Tutti i dati relativi alle misurazioni prese come richieste dai precedenti paragrafi.
- Nome del proprietario del terreno. Segnalare se il terreno è territorio militare.
- Testimoni dell'evento (eventuali nomi e n. di telefono).
- Impressioni personali.
- Nel rapporto definitivo, elencare gli allegati (foto, analisi, disegni dimensionali ecc)

6- Allegati

Misura della radioattività

Esistono tre metodi per misurare la radioattività: l'impressionare lastre fotografiche, il contatore Geiger e quello a scintillazione.

Il primo metodo consiste nell'annerimento delle pellicole fotografiche ciò fu scoperto da Becquerel che, su tale base, creò i presupposti per la misurazione dell'intensità delle radiazioni.

Il contatore Geiger consiste in un cilindro metallico, nel cui interno c'è un gas a bassa pressione e dotato di un catodo ed un anodo. Il gas, colpito dalle radiazioni, si ionizza dando luogo ad un flusso di corrente elettrica tra i due elettrodi. Secondo la quantità di corrente sviluppata si misura la radioattività.

In certi contatori la differenza di potenziale è convertita in un ticchettio udibile mediante un altoparlante: dalla frequenza del suono, si risale alla quantità di radiazione.

Il contatore a scintillazione si basa sulla capacità di alcuni elementi a produrre una scintilla, se posti a contatto con una fonte radioattiva. Dal numero di scintille prodotte per unità di tempo si determina l'intensità delle radiazioni.



GLI STRUMENTI E IL LORO USO

Indice

1. PANORAMICA DEI PRINCIPALI STRUMENTI
2. CARATTERISTICHE DEI CONTATORI GEIGER
3. ALCUNI MODELLI DI CONTATORI GEIGER
4. COME SI USANO I CONTATORI GEIGER
5. GLI EFFETTI DELLE RADIAZIONI SULL'ORGANISMO

PANORAMICA DEI PRINCIPALI STRUMENTI

Esistono molti strumenti di diversa concezione e fattura che sono in grado di rilevare e misurare la radioattività. I principi di funzionamento riguardano essenzialmente gli effetti che la radioattività provoca su alcune sostanze, come l'impressione di emulsioni fotografiche, l'eccitamento di sostanze luminescenti e la ionizzazione di gas, liquidi o cristalli al passaggio delle radiazioni. Gli scopi principali di questi strumenti sono:

1. tenere sotto controllo la dose accumulata da ciascun individuo;
2. rilevare e misurare i livelli di irradiazione o di contaminazione radioattiva nell'ambiente, nelle cose e negli individui;
3. tenere costantemente sotto controllo i livelli di irradiazione o di contaminazione nell'ambiente e nelle cose, con eventuale registrazione dei dati rilevati;
4. dare informazioni particolareggiate sul tipo di sorgente radioattiva.

DOSIMETRI

Sono gli strumenti adatti a tenere sotto controllo, per un'intera giornata, per settimane o per mesi, la dose accumulata dagli individui che lavorano in ambienti esposti alle radiazioni.

Dosimetri fotografici. Si tratta di rilevatori che vengono indossati come piastrine o come bracciali, per essere portati dove sono presenti sostanze radioattive o apparecchi per l'emissione di raggi X. Ad esempio ne fanno comune uso i radiologi. Essi si basano sull'impressione di un'emulsione fotografica sottoposta ad irradiazione, poiché le emulsioni fotografiche si anneriscono in modo proporzionale alla dose assorbita.

Dosimetri elettrostatici. Sono camere di ionizzazione molto piccole che vengono portate nel taschino come comuni penne stilografiche, di cui hanno la forma. Basano il loro funzionamento sugli effetti della ionizzazione di un gas (condensatori ad aria). Alcuni di questi dosimetri si leggono direttamente attraverso un indice ingrandito con un sistema di lenti; altri si leggono utilizzando un apposito strumento esterno.

CONTATORI

Sono gli strumenti adatti a rilevare e a misurare la radioattività nell'ambiente, nelle cose e nelle persone. I contatori sono sostanzialmente di due tipi: a scintillazione e a ionizzazione. Quelli a scintillazione funzionano sul principio della luminiscenza prodotta dalle radiazioni che urtano contro determinati composti minerali. Quelli a ionizzazione funzionano sul principio della maggiore conducibilità elettrica di un gas quando viene ionizzato al passaggio delle radiazioni.

CONTATORE A SCINTILLAZIONE. Si tratta di uno strumento la cui invenzione risale agli inizi del 1900 e che si basa sul principio che le particelle alfa producono scintille quando colpiscono alcuni composti minerali come, per esempio, il solfuro di zinco. A ogni scintillazione, osservabile con un microscopio (cioè un sistema di lenti all'interno del contatore stesso), corrisponde l'urto di una particella sul composto. Utilizzando altri materiali fluorescenti può rilevare anche le radiazioni beta e gamma. Il contatore a scintillazione è oggi normalmente costituito da un tubo fotomoltiplicatore che converte le scintillazioni in impulsi elettrici, facilmente amplificabili e visibili con semplici voltmetri. Questo strumento è molto sensibile e può rilevare qualsiasi tipo di radiazione. Oltre a permettere il conteggio, può misurare l'energia delle particelle. Si tratta dunque di uno strumento abbastanza completo, pratico e robusto; sicuramente molto utile anche per scopi pratici.

CONTATORE A IONIZZAZIONE. Si basa sul principio che le radiazioni ionizzanti provocano una maggiore conducibilità elettrica nei gas da loro attraversati. È composto da un cilindro conduttore al cui interno vi è un gas e un elettrodo isolato dal resto dell'involucro. Tra il cilindro e l'elettrodo è applicata una differenza di potenziale. Quando una radiazione ionizzante attraversa il cilindro, il gas si ionizza e gli ioni che si generano, col conseguente rilascio di elettroni, procurano il passaggio della corrente elettrica nel gas, alterando la differenza di potenziale esistente, che diviene rilevabile con un voltmetro o con un sistema acustico o visivo. A seconda della differenza di potenziale applicata tra il cilindro e l'elettrodo si ha un diverso tipo di comportamento degli elettroni che si liberano al passaggio delle radiazioni ionizzanti e quindi un diverso modo di rilevamento della differenza di potenziale applicata. Se la differenza di potenziale applicata è dell'ordine di poche decine di Volt, si ha la cosiddetta camera a ionizzazione, se è dell'ordine di qualche centinaia di Volt si ha il contatore proporzionale, se è dell'ordine di circa 1000 Volt si ha il contatore geiger. I tre tipi di contatori a ionizzazione hanno funzionamenti e usi differenti.

Contatore a camera di ionizzazione. Questo tipo di contatore permette, attraverso discriminatori a un canale o multicanali, di distinguere i diversi tipi di radiazioni in base alla maggiore o minore ionizzazione che esse provocano, e quindi in base alla maggiore o minore altezza dell'impulso elettrico che si rileva con il suo strumento di lettura. Quest'altezza è proporzionale all'energia della radiazione. In base alla forma e alla disposizione degli elettrodi si hanno due tipi principali di camera a ionizzazione: a piatti paralleli e a elettrodi cilindrici coassiali. Nelle camere per particelle alfa, la sorgente radioattiva va posta all'interno del rilevatore, per la poca penetrabilità delle particelle alfa, mentre in quelle per particelle beta o raggi gamma la sorgente è esterna.

Contatore proporzionale. In questo contatore, per la maggiore differenza di potenziale utilizzata rispetto alla camera di ionizzazione, gli elettroni prodotti per ionizzazione, quando giungono nei pressi del catodo, si ionizzano a loro volta, moltiplicandosi. Poiché il segnale elettrico che si ottiene è proporzionale alla ionizzazione prodotta dalla radiazione, l'uso di questo contatore permette, oltre al conteggio delle radiazioni, anche la loro distinzione e la determinazione dell'energia delle radiazioni non bene individuabili con la camera a ionizzazione; in particolare è un ottimo analizzatore di particelle beta.

Contatore Geiger (o Geiger-Müller, del 1928). In questo strumento la differenza di potenziale applicata agli elettrodi è piuttosto elevata (generalmente oltre gli 800 volt), comunque superiore a quella utilizzata per il contatore proporzionale, del quale peraltro mantiene lo schema costruttivo. Per la maggiore tensione utilizzata, la caratteristica di questo strumento è che l'impulso elettrico rilevato al passaggio di una radiazione ionizzante è indipendente dalla ionizzazione prodotta. Ciò impedisce di distinguere direttamente il tipo di radiazione e di misurarne l'energia. Per questa sua caratteristica è però il più utile nel conteggio di particelle beta e raggi gamma, anche perché non presenta problemi di schermatura e isolamento come per gli altri contatori a ionizzazione. Ovviamente anche questo strumento potrebbe rilevare e contare le particelle alfa, ma necessiterebbe in tal caso di un tubo con pareti, ad esempio di vetro, molto sottili, in modo da permettere alle particelle di arrivarvi all'interno; condizione questa che mal si addice con la pressione del gas utilizzato, che è inferiore a quella atmosferica di ca. dieci volte.

I contatori possono presentarsi sotto diverse tipologie costruttive a seconda della loro utilizzazione. In particolare meritano di essere menzionati i seguenti:

Monitori mani-piedi. Sono apparecchi che contengono in un unico strumento diversi rilevatori in modo da esaminare in un'unica volta l'intero corpo di una persona. È sufficiente montare su una pedana e appoggiare entrambe le mani su degli appositi ripiani. In pochi secondi lo strumento darà i valori particolareggiati delle varie parti del corpo. Il principio di funzionamento dei vari rilevatori utilizzati è quello dei contatori geiger, dei contatori proporzionali e dei contatori a scintillazione.

Strumenti per la sorveglianza degli ambienti. Sono apparecchi, fissi o portatili, il cui scopo è di monitorare in continuazione l'aria e le cose dell'ambiente nel quale sono collocati, misurando il livello di radioattività ed eventualmente avvisando se il livello supera una soglia prestabilita. Il principio di funzionamento è, per lo più, quello delle camere di ionizzazione e dei contatori geiger. Quelli fissi possono avere più di un rilevatore e sono muniti di un allarme sonoro e visivo, nonché di un collegamento con un'unità di registrazione dei dati rilevati. Quelli portatili hanno in genere un solo rilevatore, ma possono anch'essi avere un allarme sonoro e visivo ed essere collegati con unità di registrazione.

Foto di un contatore a camera di ionizzazione

**CARATTERISTICHE DEI CONTATORI GEIGER**

Tra tutti gli strumenti, il più comune e il più adatto per misurazioni "casalinghe", in grado di rilevare a basso costo l'eventuale danno che le radiazioni ionizzanti possono provocare sugli organismi, è senz'altro il contatore geiger. Inoltre, poiché quello che interessa conoscere, ai fini dei danni sugli organismi, è la ionizzazione prodotta da una sostanza irradiata, l'unità di misura da prendere principalmente in considerazione è il röntgen (R), cioè l'unità di misura propria dei contatori geiger. Per questi, e per altri motivi pratici, tale strumento sarà scelto per le nostre misurazioni e merita una trattazione più approfondita.

Pregi e difetti del contatore geiger

Questo strumento ha molti pregi e pochi difetti. Tra i pregi rientra la semplicità d'uso, il basso costo d'acquisto e di utilizzo, la rapidità delle misurazioni, la precisione, l'affidabilità e la durata nel tempo. Tra i difetti vi è l'impossibilità di determinare l'energia delle radiazioni misurate e di rilevare, generalmente, le particelle alfa. Queste particelle, però, anche se hanno una grande energia, sono praticamente innocue, perché non possono penetrare oltre l'epidermide; inoltre, quando una sorgente radioattiva emette particelle alfa (o beta), emette anche radiazioni gamma, che rappresentano, si può dire, la compensazione fisica dell'emissione di particelle. Di conseguenza, le sorgenti di raggi alfa sono rilevate indirettamente attraverso il rilevamento dei raggi gamma. Conoscere poi l'energia delle radiazioni rilevate non è importante per salvaguardare la nostra salute. Non sono le radiazioni in se stesse a nuocerci, ma la ionizzazione da loro prodotta, e questa viene rilevata dal contatore geiger in tutta la sua consistenza.

Generalmente i contatori geiger sono meno precisi di quelli a scintillazione per quanto riguarda il rilevamento e la misurazione di bassi livelli di radiazione, ma se utilizzati con accortezza e per un periodo di tempo sufficientemente lungo possono dare risultati estremamente precisi. Quelli a scintillazione, del resto, sono molto delicati, sensibili alla luce e più costosi.

Il contatore geiger è dunque lo strumento da utilizzare per i nostri scopi.

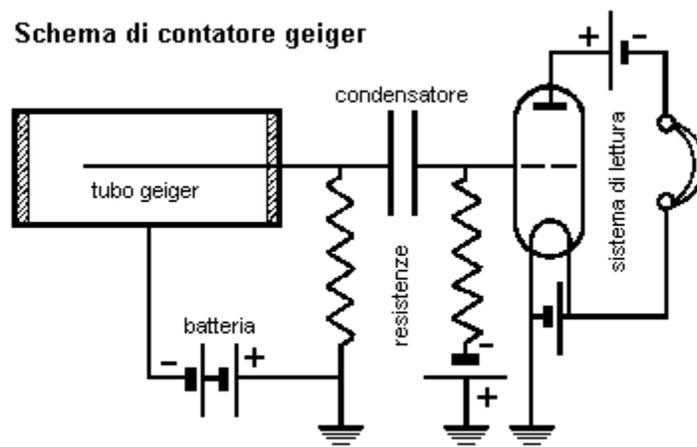
Le informazioni sui contatori geiger

I contatori geiger sono divenuti popolari ai tempi degli esperimenti nucleari negli anni Cinquanta e Sessanta, ma mai come dopo il disastro nucleare di Chernobyl, nel 1986, questi apparecchi si sono diffusi tra la popolazione. In Unione Sovietica vennero prodotti molti tipi tascabili, alcuni dei quali computerizzati, e in Italia sono stati venduti perfino in scatola di montaggio. Nonostante questa diffusione, però, sono ancora poche le persone che posseggono un contatore geiger e ancora meno quelle che lo sanno usare adeguatamente. Manca infatti una letteratura divulgativa al riguardo. La rivista mensile "Nuova elettronica" ha sviluppato nel tempo numerosi progetti di contatori geiger, dando non solo tutte le indicazioni per realizzarli, e fornendo a richiesta i materiali, ma spiegando anche i principi di funzionamento e le istruzioni d'uso. Purtroppo però questi progetti non sono riusciti a informare adeguatamente il pubblico, lasciando spesso il lettore nel dubbio, nell'incertezza e nella confusione mentale.

Come è fatto un contatore geiger

Un contatore geiger è costituito da un tubo contenente un gas a bassa pressione (per esempio, una miscela di argon e vapore di alcool alla pressione di 0,1 atm). Lungo l'asse del tubo è teso un filo metallico, isolato dal tubo stesso. Tra il filo e il tubo si stabilisce una differenza di potenziale (di solito 1000 volt), attraverso una resistenza dell'ordine di un miliardo di ohm. Il circuito di lettura è costituito da un transistor amplificatore, accoppiato, mediante una resistenza e un condensatore, con il contatore. Tale circuito è munito di una cuffia e/o di un numeratore (strumento di lettura analogico o digitale).

Schema di contatore geiger



Dove si acquistano i contatori geiger

Acquistare dei contatori geiger non è difficile; basta rivolgersi a un negozio di materiale elettronico e ordinare lo strumento che riteniamo più adatto per i nostri scopi (difficilmente il negoziante avrà disponibile un contatore geiger da mostrare).

I criteri di cui bisogna tener conto nella scelta

1. gamma e beta + gamma.

Per prima cosa bisogna che il nostro contatore geiger abbia la possibilità di rilevare sia le particelle beta che i raggi gamma. Se teniamo alla nostra salute, è necessario poter rilevare anche le particelle beta. Generalmente un buon contatore geiger ha il tubo rivelatore fatto di materiale attraversabile dalle particelle beta. Tale tubo deve essere però collocato all'interno di un involucro impermeabile a dette particelle. In questo modo, con una finestra apribile e chiudibile con un metallo in grado di non far passare le particelle beta, lo strumento potrà rilevare sia tutte le radiazioni fino al grado di penetrazione delle particelle beta (finestra aperta), sia solo le radiazioni con grado di penetrazione uguale o superiore ai raggi x e gamma (finestra chiusa).

2. Le dimensioni del tubo geiger.

Le dimensioni del tubo geiger sono molto importanti perché più il tubo è grande, più lo strumento ha possibilità di ricevere radiazioni ionizzanti, e con maggiore costanza. Se le dimensioni sono più piccole di quelle di una pila ministilo, vuol dire che il tubo è adatto per misurare livelli molto alti di radioattività e, quindi, non fa al nostro caso. Se le dimensioni sono quelle di una pila stilo o superiori, merita di essere preso in considerazione. I contatori geiger più buoni hanno comunque la possibilità di sostituire il tubo geiger per adattare lo strumento ai livelli di radiazioni che si devono misurare.

3. Il sistema di lettura delle radiazioni.

Un buon contatore geiger deve dare la possibilità di ascoltare con un altoparlantino, o in cuffia, la frequenza delle scariche rilevate. Gradito è però anche un voltmetro, analogico o digitale, che esprima con un valore numerico la dose di irradiazione nell'unità di tempo prestabilita. Ci sono strumenti che danno una lettura istantanea nell'arco di due secondi, ma con la possibilità di una lettura più accurata nell'arco di 20 o di 200 secondi. Il sistema però più appropriato per misurazioni precise è quello di poter fare contare lo strumento per un tempo prestabilito a scelta dell'utilizzatore. In questo modo si possono fare misurazioni brevi di sorgenti molto radioattive, e misurazioni lunghe di sorgenti poco radioattive. Le misurazioni lunghe sono poi indispensabili per tenere sotto controllo la cosiddetta "radioattività naturale", in gran parte costituita dai raggi cosmici.

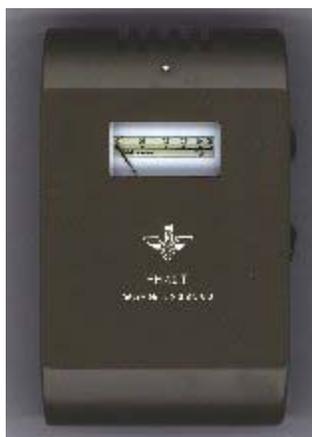
4. Le dimensioni dell'intero strumento.

Anche le dimensioni dell'intero strumento sono molto importanti, per la sua trasportabilità. Un contatore sensibile, con la possibilità di sostituire i tubi geiger, non può avere dimensioni microscopiche. È consigliabile, quindi, l'acquisto di due strumenti: uno piccolo, da taschino, ed economico, da portare sempre con noi per compiere misure indicative, e uno "grande", più costoso, per misure precise, da tenere in casa o da portare fuori con un certo impegno.

ALCUNI MODELLI DI CONTATORI GEIGER

È possibile che il lettore, prima di acquistare un contatore geiger, voglia essere informato di quelle che sono le caratteristiche di alcuni di questi strumenti, oppure, avendone acquistato uno, voglia conoscerlo meglio e confrontarlo con altri esistenti.

CONTATORE GEIGER Frieseke & Hoepfner modello FH 40 T



Si tratta di uno strumento tedesco (ex RFT) degli anni Sessanta e Settanta, oggi acquistabile intorno alle 200 - 250 mila lire dai rivenditori di materiale surplus. A parte l'elettronica ormai superata, è uno strumento sempre valido e comodo da usarsi, molto robusto, versatile e affidabile. Registra una media di 8 impulsi al minuto (con tubo FHZ76V) o di 1,3 impulsi al minuto (con tubo FHZ74V). Altri tubi più sensibili sono reperibili.

CONTENUTO DELLA VALIGETTA (di legno)

- Il contatore geiger FH 40 T.
- La custodia di cuoio del contatore geiger, con tracolla e tasca per l'auricolare.
- La sonda.
- La custodia di cuoio della sonda.
- 2 tubi Geiger per bassa dose FHZ 76.
- 1 tubo Geiger per alta dose FHZ 74.
- L'auricolare.
- 2+1 batterie tipo B5GNK 0,225 VG95230.
- L'adattatore per la batteria inserita.
- La pinza per unione sonda-bastone.
- Il manuale (in tedesco).



CARATTERISTICHE

- Portata delle scale (con tubo FHZ 76):
 - 0... 1 R/h
 - 0... 25 mR/h
 - 0... 0,5 mR/h
 - 0... 10000 Impulsi/minuto (beta + gamma)
 - 0... 320 Impulsi/minuto (beta + gamma)
 - 0... 50 R/h (con tubo FHZ 74)
- Effetto nullo (senza schermo di Pb):
 - 5...12 Impulsi/minuto (FHZ 76)
 - 0... 5 Impulsi/minuto (FHZ 74)
- Finestra entrata raggi:
 - densità gamma ca.650 mg/cm² (con schermo)
 - densità beta+gamma ca. 40 mg/cm² (senza schermo)
- Alimentazione: 4V (4,0...7,6 Volt) con negativo a massa
- Batteria: al Ni-Cd da 6V/225mA/h
- Consumo dichiarato: 24 mA (misurato: 20mA, 75mA con illuminazione scala)
- Autonomia: ca. 10 ore
- Temperatura di funzionamento: -40°C/+50°C
- Temperatura di stoccaggio: -40°C/+50°C
- Peso: ca. 1000 g (con batteria)

CONSERVAZIONE

- L'apparecchio si conserva dentro la scatola, nella propria custodia di cuoio, con inserito uno dei due tubi FHZ 76 e l'adattatore per la batteria (ma senza la batteria).
- Una volta l'anno vanno caricate le batterie e rigenerato il raccogliore interno di umidità. Comunque è bene utilizzare l'apparecchio più di una volta l'anno, in modo da non perdere la confidenza con il suo uso e anche per avere la certezza che funzionerà quando ne avremo bisogno.

PRELIMINARI - da compiersi ad apparecchio spento (AUS)

- Inserire la batteria col Positivo verso l'interno.
- Eventualmente cambiare il tubo già inserito nell'apparecchio oppure inserire la sonda.
- Girare il commutatore di scala in senso orario di uno scatto se è inserito il tubo FHZ 76 o la sonda; in senso antiorario di uno scatto se è inserito il tubo FHZ 74.
- Regolare la tensione della batteria con la manopola apposita, finché la lancetta dello strumento non sia sul segno di destra (se non vi arriva, la batteria è scarica).

FUNZIONAMENTO (dopo i preliminari)

- Mettere l'auricolare (che è contenuto nella parte bassa della custodia di cuoio del contatore geiger).
- Girare il commutatore per scegliere la scala di misurazione.
- Se si usa la sonda e si vogliono misurare anche i raggi beta, girare la schermatura cromata su di essa.

NOTE

- **Radiazioni deboli**

Un'attività relativamente debole non permette di rilevare alcun impulso costante, ma una serie irregolare di battiti alti e bassi. In questo caso si ottiene una giusta misurazione attraverso il valore medio tra la media dei battiti minimi e la media dei battiti massimi. Utilizzando però l'uscita dell'auricolare, e collegandovi un numeratore, è possibile compiere misurazioni lunghe a piacere che permettono una valutazione esatta anche del fondo naturale di radiazioni.

- **Raggi beta**

Se si vuole ricavare l'intensità dei raggi beta da una sorgente sconosciuta o mista (beta + gamma), vanno confrontati i valori letti sulla scala dei soli raggi gamma con quelli letti sulla scala corrispondente dei raggi beta + gamma. La comparazione si effettua osservando le differenze angolari di spostamento della lancetta in entrambe le misurazioni.

Le seguenti scale possono essere comparate tra loro:

0 ... 0,5 mR/h con 0 ... 320 Imp/min

0 ... 25 mR/h con 0 ... 10000 Imp/min

Prima si misurano solo i raggi gamma, poi quelli beta + gamma.

- **Cambio del tubo**

Prima di ogni cambio del tubo, spengere l'apparecchio.

- **Applicazione del tubo FHZ 74 (ad alta dose)**

Se viene inserito nell'apparecchio il tubo FHZ 74, il commutatore di scala deve essere girato (da AUS) solo in senso antiorario. La prima commutazione mostra la scala della batteria, la seconda la scala di valori 0 ... 50 R/h (solo per raggi gamma).

- **Sonda**

L'inserimento della sonda va fatto ad apparecchio spento.

- **Utilizzo della sonda col tubo a bassa dose FHZ 76**

Dopo aver levato il tubo dalla camera del misuratore FH 40 T, la schermatura dei raggi d'entrata tramite la scelta della scala non ha più significato, per cui la sonda viene provvista di una propria schermatura, la quale, a seconda che si misurino i raggi gamma oppure i raggi beta + gamma, deve essere manualmente girata per chiudere o aprire la finestrina.

Con il tubo per dosi alte FHZ 74 nella sonda, non si può adoperare la scala 0 ... 50 R/h.

[Un modo comodo di utilizzare la sonda è di fissarla all'estremità di un bastone tramite la pinza in dotazione. Poiché la sonda può sporcarsi, è bene coprirla con un sacchetto di cellofan].

- **Prova di corretto funzionamento**

Uno speciale accessorio (emettitore di radiazioni) va applicato in un apposito posto dell'apparecchio vicino al tubo geiger. Usando il tubo FHZ 76 e la scala 0 ... 25 mR/h, lo strumento deve indicare un valore di 5 mR/h (+/-15%, circa 6 mm).

Poiché, però, l'emettitore di radiazioni non viene consegnato insieme all'apparecchio, per ovvi motivi di sicurezza, il buon funzionamento si può rilevare anche con l'effetto nullo, utilizzando la scala 0 ... 0,5 mR/h o la scala 0 ... 320 Imp/min. Utilizzando il tubo FHZ 76, la media degli impulsi al minuto deve essere circa 8, per una misurazione di almeno dieci minuti.

- **Batteria**

Il cambio della batteria si effettua ad apparecchio spento.

La parte negativa della batteria deve stare verso l'avvitatore.

Se la batteria viene inserita male, non si ha contatto.

Ricaricare nuovamente le batterie che sono state caricate l'ultima volta da più di un anno.

- **Pulizia**

Pulire l'esterno dell'apparecchio di tanto in tanto (con acqua, più eventualmente un detergente non granuloso o abrasivo).

- **Misure di sicurezza**

L'accessorio per la taratura (sorgente Cs), nel caso dovesse essere consegnato insieme all'apparecchio, va subito riposto dopo l'uso perché emette radiazioni. **In modo particolare non deve essere portato addosso o lasciato incustodito.**

- **Raccoglitore di umidità**

Estrarre il raccoglitore di umidità dopo aver svitato le quattro viti che stringono lo sportellino posteriore dell'apparecchio. Quando il raccoglitore è scarico assume un colore arancione, quando è carico è di colore blu. A cose normali diventa arancione dopo un anno di funzionamento dell'apparecchio, e va rigenerato.

Il raccoglitore di umidità si rigenera mettendolo in un forno a 100 gradi per circa un'ora. Dopo questo trattamento ritorna blu e deve essere rimesso subito al suo posto.

Nel caso che all'interno dell'apparecchio ci sia molta umidità, togliere la batteria e il tubo geiger e asciugare l'apparecchio con un phon. Attenzione però: con temperature superiori a 50 gradi si possono danneggiare le parti elettriche; tenere quindi il phon distante.

Nel riposizionare lo sportellino posteriore fare attenzione alla guarnizione di tenuta.

ACCESSORI OPZIONALI

- Tubo FHZ 72 (da immergere direttamente nei liquidi)
- Tubo FHZ 73 (con bicchierino per i liquidi)

PICCOLO CONTATORE GEIGER DI NUOVA ELETTRONICA (agosto 1987)

La rivista *Nuova Elettronica* ha realizzato e pubblicato negli ultimi anni alcuni progetti di contatori geiger, fornendo a un prezzo onesto tutti i componenti e le istruzioni per la realizzazione concreta degli strumenti. Il più diffuso di questi contatori geiger è uno strumento di colore nero e dimensioni contenute, contrassegnato dalla sigla LX.788 e venduto nel 1987 a lire centomila (in scatola di montaggio). L'articolo introduttivo ed esplicativo per la costruzione e l'uso dello strumento (*Nuova Elettronica*, Anno 19 - n. 116) contiene, però, alcune imprecisioni concettuali che possono generare confusione o incertezza tra i neofiti. Soprattutto, si confondono i radioisotopi con le radiazioni ionizzanti (un po' come confondere le lampadine con la luce che emettono); inoltre si confonde il valore numerico dei röntgen (R) con quello dei rem (cioè si confonde la dose di esposizione con l'equivalente di dose e, quindi in definitiva, con la dose assorbita). Ne segue che gli esempi concettuali fatti non sono sempre appropriati. Nonostante queste imprecisioni concettuali, del resto non rilevanti sul piano pratico, alla rivista va il merito di aver svolto una funzione di grande utilità sociale. Lo strumento mostra, sul frontale, dieci Led: uno isolato e nove in colonna. Per usare lo strumento, occorre inserire nell'apposito scomparto una batteria a 9 volt e accendere l'interruttore che si trova sul lato destro. Il Led isolato lampeggia e indica lo stato di funzionamento. L'accensione di uno dei nove Led in colonna (4 verdi e 5 rossi) indica il valore di esposizione misurato in mR/h, da 0,01 mR/h a 0,07 mR/h. L'accensione del quinto Led (il primo dei rossi) indica il livello di guardia e viene segnalato con un suono. Il piccolo tubo geiger utilizzato misura una media di 180 impulsi all'ora per dosi di esposizione pari a 0,016 mR/h (effetto nullo) e si trova vicino al lato alto, disposto parallelamente a questo lato. Ogni lettura dura circa venti secondi, dopo i quali il contatore si azzerava per ricominciare a contare. Per ogni radiazione rilevata nei venti secondi della misurazione, si accende un Led, a partire da quello basso. A cose normali, in tale periodo di tempo, dovrebbe accendersi solo un Led verde, ma, data la scarsa sensibilità del tubo, in pratica non dovrà accendersi nessun Led oltre il terzo. Se però dovesse accendersi un Led oltre il terzo, è bene ripetere la misurazione altre volte, per non allarmarsi inutilmente. Solo se il fenomeno dovesse ripetersi con frequenza nelle misurazioni successive, avremmo la certezza di aver rilevato un'irradiazione superiore al normale. Purtroppo le incertezze delle misurazioni con irradiazioni deboli dipendono dalle minuscole dimensioni del tubo geiger e dal tempo breve di misurazione, che rendono questo strumento poco adatto ai nostri scopi. Inoltre, il sistema di lettura non permette neppure di valutare adeguatamente dosi consistenti di irradiazione, per le quali le piccole dimensioni del tubo sarebbero più adatte. Lo strumento, comunque, può essere utile per misurazioni d'emergenza e approssimative fuori dalla nostra abitazione, considerando anche la facilità con cui lo strumento può essere portato in tasca o in borsa. Si tratta pertanto di uno strumento poco adatto sia per misurare valori bassi di irradiazione che per valori alti. Necessiterebbe di un vero e proprio contatore esterno per rilevare quantità minime di radioattività. In tal caso sarebbe possibile aumentare a piacere il tempo di misurazione. Ad esempio, con una misurazione di un'ora gli impulsi contati (effetto nullo) non dovrebbero mai essere troppo distanti da 180. Il collegamento con un contatore esterno non è però previsto e per realizzarlo occorre un tecnico che intervenga sul circuito elettronico.



PANORAMICA RAPIDA DI CONTATORI GEIGER (ex) SOVIETICI

La rilevante produzione e diffusione di contatori geiger nel territorio della ex Unione Sovietica è dovuta principalmente al disastro nucleare di Chernobyl. In Italia ne sono arrivati tantissimi, per la quasi totalità portati dai cittadini polacchi e venduti per poche migliaia di lire. Un sistema di vendita che ha fatto molto discutere, ma che rientrava in un vasto programma di aiuti verso la Polonia e i Paesi dell'Est in genere. Oggetti non reperibili in Italia dati in cambio di un piccolo aiuto economico.

PKC-20.03 (PRIPIATS)

- Strumento di lettura: digitale, a cristalli liquidi
- Sonoro: sì, escludibile
- Numero tubi geiger: 2, tipo SBM20 9011 o equivalenti
- Impulsi al minuto nell'effetto nullo: 48
- Finestra per soli gamma o beta+gamma: sì
- Misurazioni possibili:

Dose di esposizione in mR/h (valori normali indicati dal display: intorno a 0,016)

Equivalente di dose in microSv/h (valori normali indicati dal display: intorno a 0,16)

Densità del flusso di particelle su cmq al minuto (valori normali indicati dal display: intorno a 8)

Attività specifica in Ci/Kg (valori normali indicati dal display: intorno a 400×10^{-9})

- Commutatore di scala: sì
- Commutatore dei tempi: sì (20 e 200 secondi, 10 e 100 minuti per l'attività specifica)
- Presa per interfacciamento: no
- Presa di alimentazione esterna: sì
- Alimentazione: 9 V, con batteria "transistor"
- Indicazione tensione della batteria di alimentazione: sì
- Difetti: in alcuni di questi strumenti il voltmetro a cristalli liquidi si annerisce dopo poco tempo.



USO NORMALE

Valori in mR/h misurati con medie di 200 secondi:

Commutatore alto centrale su "gamma"

Commutatore alto destro su "X"

Commutatore basso a sinistra (tempo) su 200 secondi

Commutatore basso a destra (scala) su 2.000 per valori bassi, su 20.00 per valori alti

Si tratta di uno strumento molto versatile, con cui è possibile compiere misurazioni sia istantanee che accurate. Dispone di due tubi geiger in parallelo di dimensioni abbastanza grandi e di una finestra per i raggi beta. Dispone inoltre di numerose scale e tipi di lettura, non solo per la dose di esposizione, ma anche (con equiparazioni un po' forzate) per quella assorbita e per l'attività specifica.

AHPN-01-02 (COCHA)

- Strumento di lettura: digitale, a cristalli liquidi
- Sonoro: no, solo avviso a fine lettura
- Numero tubi geiger: 2 o 4, tipo SBM20 9011 o equivalenti
- Impulsi al minuto nell'effetto nullo: 48 o 96
- Finestra per soli gamma o beta+gamma: sì
- Misurazioni possibili:
Dose di esposizione in mR/h
Densità del flusso di particelle su cmq al minuto
- Commutatore di scala: no
- Commutatore dei tempi: sì (per 20 secondi e indefinitamente)
- Presa per interfacciamento: sì
- Alimentazione: 9 V, con batteria "transistor"
- Presa di alimentazione esterna: no
- Indicazione tensione della batteria di alimentazione: no
- Difetti: possibili ai cristalli liquidi dello strumento di lettura.



Interruttore di destra > Acceso/Spento

Interruttore di sinistra:

- a sinistra conta per 20"
- a destra conta indefinitamente con un suono ogni 10 scatti

Pulsante sinistro: test strumento

Pulsante destro: avvio/stop/azzerà

In altri esemplari:

Pulsante sinistro: test strumento

Pulsante centrale: avvio/azzerà

Pulsante destro: stop

USO (per misure veloci):

1. Interruttore di sinistra a sinistra
2. Accendere con interruttore di destra
3. Premere pulsante di avvio
4. Dopo 20 secondi valore in mR/h

USO (per misure accurate):

1. Interruttore di sinistra a destra
2. Accendere con interruttore di destra
3. Premere pulsante di avvio e insieme avviare un cronometro (via)
4. Premere pulsante di destra e fermare cronometro (stop)
5. $mR/h = \text{Impulsi} / \text{Secondi} / 50$

Esempio di misurazione accurata (tempo in secondi, valore in mR/h):

impulsi rilevati dal display: 453

durata della misurazione: 15'33" (933 secondi)

valore in mR/h = $453/933/50 = 0.0097$

TEST STRUMENTO

1. Interruttore di sinistra a sinistra
2. Accendere con interruttore di destra
3. Premere e tenere premuto pulsante sinistro
4. Premere pulsante di avvio
5. Dopo 20 secondi si ferma al numero 1024

NOTA:

-Il numero di impulsi dopo 20 secondi corrisponde al numero doppio di particelle al minuto su una superficie di 1 cmq.

Anche questo strumento dispone di due tubi geiger in parallelo di grandi dimensioni. Alcune versioni ne hanno addirittura quattro. Ciò rende lo strumento molto sensibile e adatto a misurazioni veloci. La sua caratteristica più importante, però, è quella di permettere di compiere misurazioni nel tempo lunghe a piacere e, quindi, di rilevare variazioni anche piccolissime delle radiazioni naturali di fondo. Ovviamente il valore numerico ottenuto dopo le misurazioni deve essere rapportato al tempo, come indicato sopra, nell'uso per misure accurate.

MASTER 1

- Strumento di lettura: digitale, a cristalli liquidi
- Sonoro: no
- Numero tubi geiger: 1
- Finestra per soli gamma o beta+gamma: no, legge solo radiazioni gamma
- Misurazioni possibili:
Equivalenti di dose in microSv/h
- Commutatore di scala: no
- Commutatore dei tempi: no
- Presa per interfacciamento: no
- Alimentazione: 6 V, con 4 pile a bottone
- Presa di alimentazione esterna: no
- Indicazione tensione della batteria di alimentazione: no
- Difetti: non riscontrati.

USO:

1. Accendere con interruttore in alto a destra
2. Premere pulsante
3. Dopo 36" dà il valore in microSv/h (il valore in micro sievert è equivalente a quello in millirem se diviso per 10).

Es: 0.12 microSv/h = 0.012 millirem/h.

Posizione del tubo: in alto a sinistra

Si tratta di uno strumento di dimensioni molto ridotte (misura infatti solo 12 x 4 x 1,5 cm) con un tubo geiger abbastanza grande per rilevamenti minimi di dose e un display a cristalli liquidi con indicazioni numeriche. Veramente comodo, da portare anche in un taschino, e affidabile.

PKCb 104

- Strumento di lettura: digitale, a cristalli liquidi
- Sonoro: no, solo avviso a fine lettura
- Numero tubi geiger: 2, tipo SBM20 9011 o equivalenti
- Impulsi al minuto nell'effetto nullo: 43
- Finestra per soli gamma o beta+gamma: sì
- Misurazioni possibili:
Dose di esposizione in mR/h
Equivalenti di dose in microSv/h
Densità del flusso di particelle su cmq al minuto
Attività specifica in Bq/Kg
- Commutatore di scala: no
- Commutatore dei tempi: sì (18 e 180 secondi, 28 e 280 secondi, 40 e 400 secondi)
- Presa per interfacciamento: sì
- Alimentazione: 9 V, con batteria "transistor"
- Presa di alimentazione esterna: no
- Indicazione tensione della batteria di alimentazione: no
- Difetti: possibili ai cristalli liquidi dello strumento di lettura.



Interruttore nero: acceso/spento

Interruttore di sinistra: in alto per dosi relativamente alte / in basso per dosi basse

Interruttore di destra: in alto suona (ma solo per avviso di fine lettura) / in basso non suona

Switch posteriori (a partire dall'alto, cioè dall'interruttore 8):

00111111 o 00111010 per valori in microSv/h o in mR/h (la prima è la posizione normale)

01010110 per la densità del flusso di particelle

10011010 per l'attività specifica.

USO (per misure veloci):

1. Interruttore di sinistra in alto
2. Interruttore di destra in alto (avvisa)
3. Accendere con interruttore nero
4. Dopo la misura, leggere il numero del display.
5. Valore in mR/h: numero letto / 1000 (mille)

USO (per misure accurate):

1. Interruttore di sinistra in basso
2. Interruttore di destra in alto (avvisa)
3. Accendere con interruttore nero
4. Dopo la misura, leggere il numero del display
5. Valore in mR/h: numero letto / 10000 (diecimila)

COME SI USANO I CONTATORI GEIGER

Principi generali da tenere presenti:

- Le radiazioni ionizzanti possono essere altamente pericolose se producono elevata ionizzazione nei corpi o se la ionizzazione, pur bassa, dura a lungo nel tempo.
- Le radiazioni ionizzanti diminuiscono considerevolmente i loro effetti dannosi allontanando la sorgente radioattiva o frapponendo oggetti assorbenti tra la sorgente e i corpi irradiati.
- Le radiazioni ionizzanti non sono pericolose in se stesse, ma per la ionizzazione che esse producono nella materia. Importante, dunque, non è tanto conoscere l'energia di tali radiazioni, ma piuttosto i suoi effetti, cioè l'entità della ionizzazione da esse prodotta.
- Il contatore geiger è uno strumento in grado di rilevare e misurare molto bene proprio la ionizzazione prodotta dalle radiazioni.

Stabilire gli impulsi di un contatore geiger in presenza delle sole radiazioni di fondo.

Tutti i contatori geiger, anche i più semplici, sono in grado di rilevare il passaggio di una radiazione ionizzante per mezzo di una scarica elettrica, che può essere amplificata e "ascoltata" in cuffia o con un altoparlante, oppure può essere "vista" tramite l'accensione di Led o lo spostamento di un indice. In ogni caso, chiamiamo "impulsi" le scariche elettriche dovute al passaggio delle radiazioni, indipendentemente dal sistema utilizzato per registrarle.

Poiché anche in condizioni normali sono sempre presenti delle radiazioni (il fondo naturale di radiazioni), il primo problema da risolvere per utilizzare un contatore geiger consiste nello stabilire quanti impulsi rilevati con quel contatore (più esattamente con il tubo geiger usato dal contatore) corrispondano al livello medio delle radiazioni di fondo della zona dove si compiono le misure. Per fare ciò occorre effettuare alcune misurazioni della durata di qualche minuto (ad esempio dieci minuti sono sufficientemente indicativi per la maggior parte dei tubi geiger) e contare quanti impulsi si sono avuti in quell'arco di tempo. Dividendo il numero degli impulsi per i minuti, si ottiene la media degli impulsi al minuto. Ripetendo più volte (in luoghi diversi e a distanza di tempo) misurazioni di questo tipo, si fa presto ad avere un'idea chiara di quanti impulsi deve misurare il nostro contatore geiger in condizioni normali di radiazioni.

Se nella zona dove compiamo le misure non ci sono fonti locali di radiazioni, la quasi totalità delle radiazioni di fondo misurate saranno dovute ai raggi cosmici. Poiché al livello del mare si ha una media di una radiazione cosmica al minuto su una superficie di un centimetro quadrato, gli impulsi di un tubo geiger possono essere determinati dalle dimensioni del tubo stesso. I raggi cosmici possono diminuire o aumentare, entro certi limiti, a seconda delle condizioni atmosferiche, dell'ora del giorno e della notte e di altri fattori. Per questo motivo i valori misurati potrebbero non essere gli stessi tra una lettura e l'altra; ma se il tempo di misurazione è abbastanza lungo (almeno dieci minuti), i valori saranno comunque vicini tra loro. Attraverso misurazioni successive si avrà modo di capire il comportamento dei raggi cosmici, oltre quello del tubo geiger.

Come trasformare gli impulsi in mR/h.

Il secondo problema da risolvere consiste nel ricavare, dagli impulsi rilevati, il valore della dose di esposizione in mR/h. Una volta che sono conosciuti gli impulsi del tubo geiger per i valori di fondo, un metodo empirico, ma efficace, per ricavare l'esposizione in mR/h consiste nel contare gli impulsi al minuto rilevati in una misurazione e dividerli per 60. Il valore così ottenuto va poi diviso per gli impulsi del tubo stabiliti per i valori di fondo. Ad esempio, se utilizzando un tubo da 8 imp/min (nominali) si ottenesse una misurazione media di 10 impulsi al minuto, l'esposizione misurata sarebbe di 0,0208 mR/h (= 10/60/8). Questo sistema funziona solo per valori molto bassi di esposizione, diciamo fino a dieci volte i valori di fondo, perché per valori più alti gli impulsi tendono a confondersi e il tubo geiger presenta dei "tempi morti" (della durata di qualche microsecondo) che sfuggirebbero alla nostra lettura. Per forti dosi di esposizione, che peraltro non presentano difficoltà di rilevamento come per le dosi deboli, è necessario un display di lettura.

Il metodo empirico sopra descritto presuppone un valore normale di esposizione pari a 0,0167 mR/h. Questo valore, però, può variare da zona a zona e da abitazione ad abitazione. Ciò dipende dalla natura delle rocce dei luoghi e dai materiali usati nelle costruzioni.

Stabilire dei valori assoluti non è facile e, forse, non è possibile. Comunque non è neppure necessario. Indipendentemente dal valore del fondo naturale, quello che conta davvero è rilevare le variazioni quando si avvicina il nostro contatore alle sorgenti di radiazioni oppure notare col passare del tempo variazioni nell'ambiente.

Esempio di tabella di rilevamento con collegamento al computer del contatore geiger

MISURE DI RADIAZIONI IONIZZANTI - FILE 96425455.GEI

Giorno: 25-04-1996

Inizio misure ore: 11:23

Fine misure ore: 17:03

Durata misure: 5 ore e 40 minuti

Località: Barga (Lu)

Luogo: abitazione, garage

Oggetto: raggi cosmici

Radiazioni non rilevate: alfa e beta

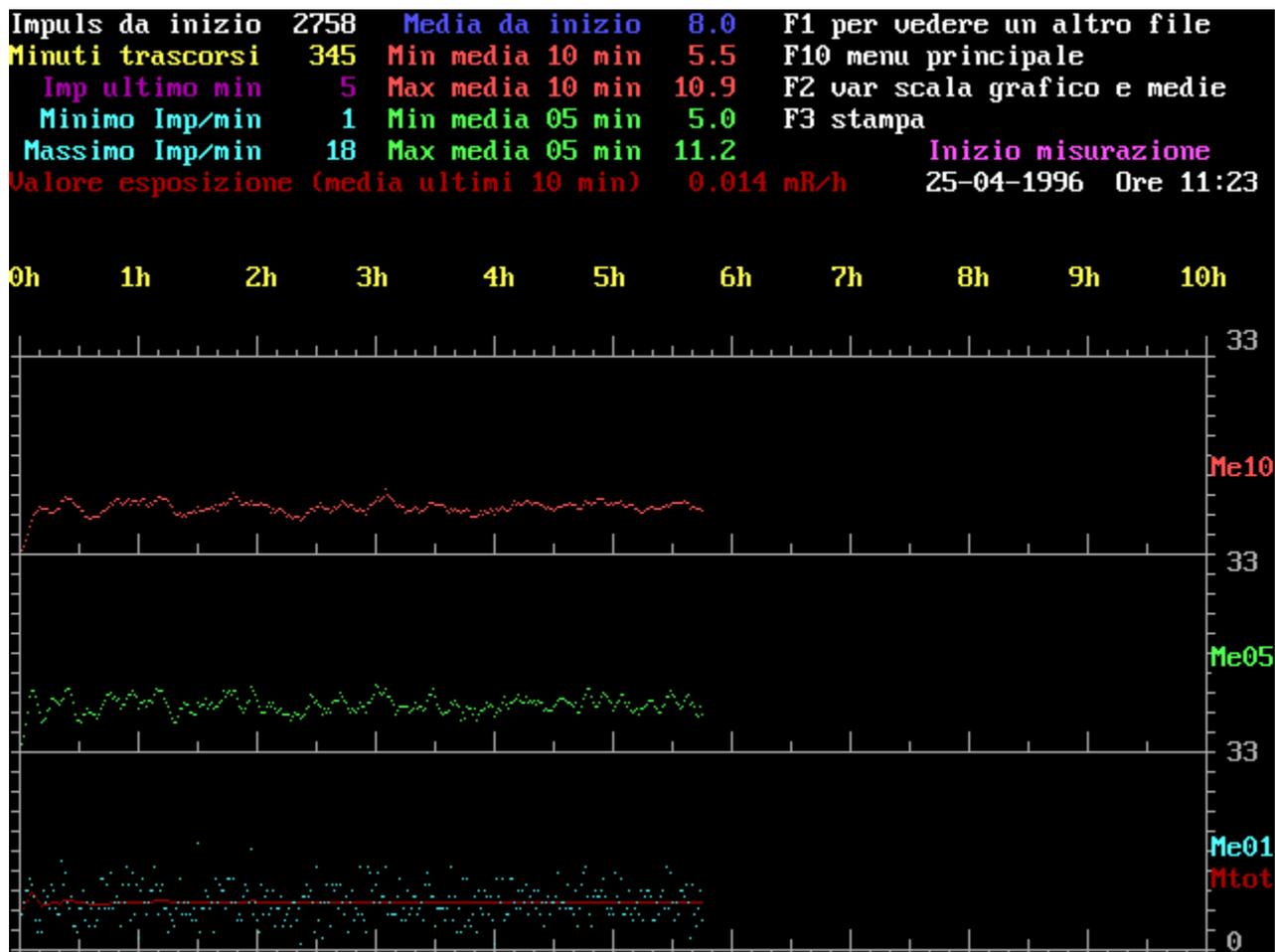
Rilevatore: tubo geiger FHZ76V

Orientamento rilevatore (orizzontale): Nord-Sud

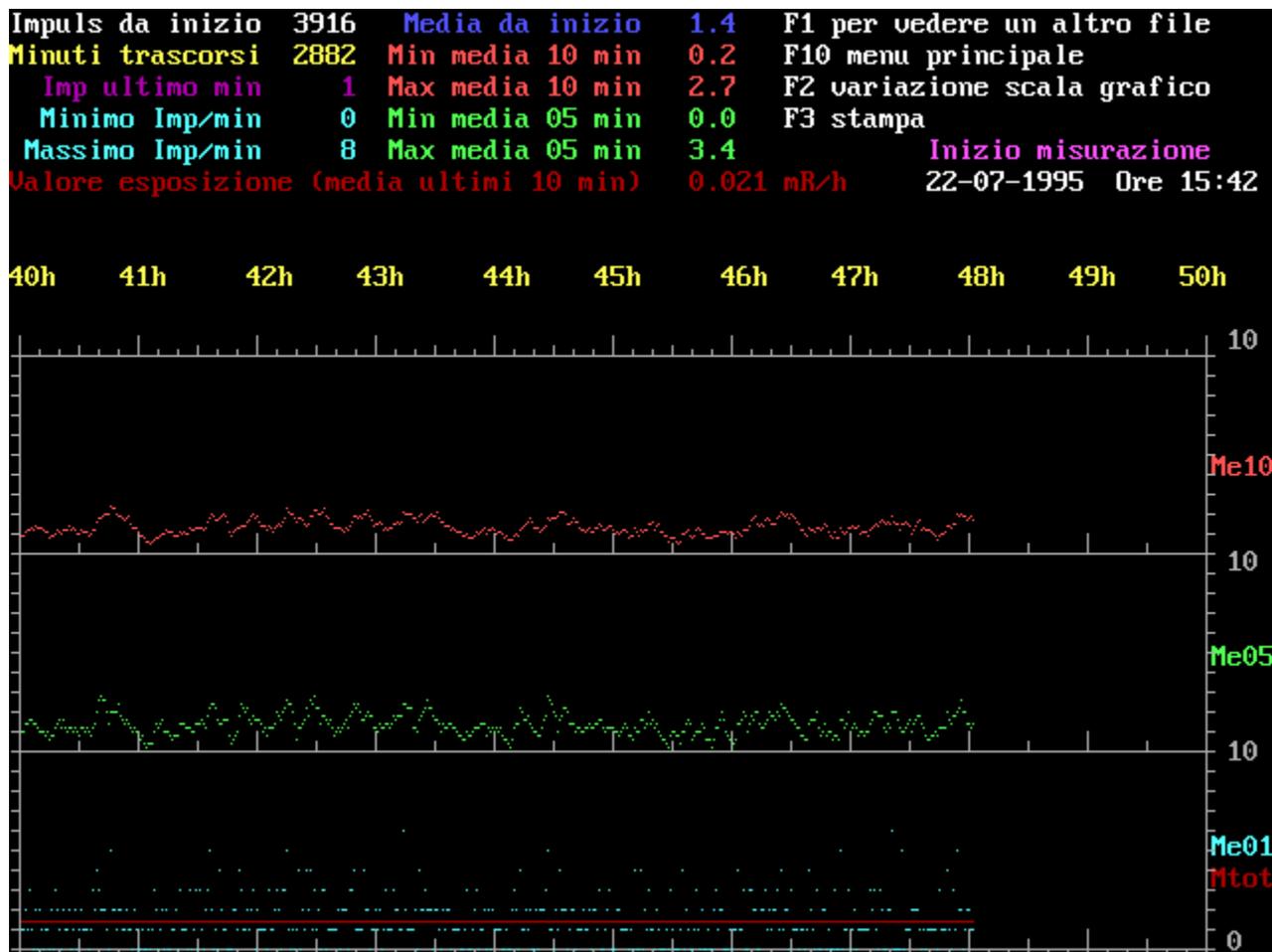
Ore	Tempo trascorso	Impulsi ultimo minuto	Impulsi totali	Media imp. da inizio	Media imp. ogni 10'	Media mR/h ogni 10'
11:33	00:10	5	79	7,9	7,9	0,015
11:43	00:20	6	156	7,8	7,7	0,015
11:53	00:30	7	237	7,9	8,1	0,016
12:03	00:40	7	302	7,6	6,5	0,013
12:13	00:50	8	396	7,9	9,4	0,018
12:23	01:00	2	481	8,0	8,5	0,017
12:33	01:10	6	576	8,2	9,5	0,019
12:43	01:20	8	644	8,1	6,8	0,013
12:53	01:30	18	725	8,1	8,1	0,016
13:03	01:40	8	799	8,0	7,4	0,015
13:13	01:50	5	894	8,1	9,5	0,019
13:23	02:00	5	979	8,2	8,5	0,017
13:33	02:10	7	1052	8,1	7,3	0,014
13:43	02:20	5	1115	8,0	6,3	0,012
13:53	02:30	14	1196	8,0	8,1	0,016
14:03	02:40	11	1274	8,0	7,8	0,015
14:13	02:50	7	1348	7,9	7,4	0,015
14:23	03:00	11	1438	8,0	9,0	0,018
14:33	03:10	6	1523	8,0	8,5	0,017
14:43	03:20	9	1602	8,0	7,9	0,015
14:53	03:30	4	1685	8,0	8,3	0,016
15:03	03:40	9	1762	8,0	7,7	0,015
15:13	03:50	9	1827	7,9	6,5	0,013
15:23	04:00	1	1893	7,9	6,6	0,013
15:33	04:10	8	1983	7,9	9,0	0,018
15:43	04:20	10	2069	8,0	8,6	0,017
15:53	04:30	8	2143	7,9	7,4	0,015
16:03	04:40	6	2226	7,9	8,3	0,016
16:13	04:50	9	2313	8,0	8,7	0,017
16:23	05:00	6	2398	8,0	8,5	0,017
16:33	05:10	5	2480	8,0	8,2	0,016
16:43	05:20	5	2559	8,0	7,9	0,015
16:53	05:30	8	2646	8,0	8,7	0,017
17:03	05:40	11	2726	8,0	8,0	0,016

Minima media ogni 10 minuti: 5,5 - 0,011 mR/h
 Massima media ogni 10 minuti: 10,9 - 0,021 mR/h
 Minima media ogni 05 minuti: 5,0 - 0,010 mR/h
 Massima media ogni 05 minuti: 11,2 - 0,022 mR/h
 Minimo impulsi al minuto: 1 - 0,002 mR/h
 Massimo impulsi al minuto: 18 - 0,035 mR/h
 Media degli impulsi: 8,0
 Media mR/h: 0,0167

Qui di seguito la schermata con il grafico degli stessi dati della tabella precedente



Qui di seguito la schermata riguardante le ultime otto ore di una misurazione con tubo FHZ74



Come misurare.

Supponiamo ora di avere un contatore geiger che dia già valori in mR/h o di essere noi in grado, come sopra descritto, di trasformare gli impulsi letti in mR/h. Supponiamo anche che il valore normale di esposizione si aggiri, nella zona dove si misura, intorno a 0,016 mR/h.

Innanzitutto, occorre accendere il contatore geiger e porlo vicino all'oggetto che vogliamo misurare: un cartone di latte, una bottiglia d'acqua, una mattonella del pavimento, le lancette fosforescenti di un orologio, una parte del corpo umano, ecc. A meno che l'eventuale sorgente radioattiva non sia molto forte, nel qual caso ce ne accorgeremmo subito, occorre misurare per un periodo di tempo abbastanza lungo (i soliti dieci minuti sono in genere sufficienti), poiché l'emissione di radiazioni, specialmente se debole, non è costante. Se ottenessimo un valore decisamente al di sopra di quello medio conosciuto, ad esempio se ottenessimo un valore di 0,022 mR/h avremmo la certezza di trovarci di fronte a una piccola fonte di radiazioni ionizzanti, che potremmo avere individuato nel cartone di latte o nella bottiglia d'acqua minerale. La controprova delle nostre misurazioni si può ottenere allontanando il contatore geiger dall'oggetto misurato. In questo caso i dati rilevati dovranno scendere a valori normali.

L'allontanamento dalla sorgente radioattiva è determinante per la diminuzione della dose di esposizione rilevata, perché, a meno che la sorgente non sia molto estesa nello spazio, i valori diminuiscono in ragione del quadrato della distanza, come se la sorgente fosse puntiforme (è il caso, in pratica, del cartone di latte o della bottiglia d'acqua).

Come misurare anche le radiazioni beta.

Quando si compiono misurazioni di prodotti alimentari o di oggetti con cui abbiamo contatti fisici, occorre misurare anche le radiazioni beta. A tal fine bisogna aprire la finestra che copre il tubo geiger (il contatore deve offrire questa possibilità).

Potrebbe essere utile cercare di capire in che misura la sorgente radioattiva emetta radiazioni beta e radiazioni gamma. In tal caso è sufficiente compiere due diverse misurazioni: una con la finestra del rivelatore aperta (radiazioni beta e gamma) e una con la finestra del rivelatore chiusa (solo radiazioni gamma).

Naturalmente, per fare misure attendibili occorre un po' di esperienza.

Per avere informazioni del pericolo che corriamo rilevando misurazioni superiori ai livelli normali, e per conoscere la soglia di pericolo, si tenga presente quanto già detto in [Gli effetti delle radiazioni sull'organismo](#). In pratica, si tenga presente che se i valori misurati sono il doppio di quelli normali, e possiamo essere esposti per lungo tempo alle radiazioni, dobbiamo cominciare a prestare attenzione alla sorgente radioattiva.

GLI EFFETTI DELLE RADIAZIONI SULL'ORGANISMO:

- LA RADIOSENSIBILITÀ

Come valutare gli effetti delle radiazioni

Se vogliamo valutare adeguatamente gli effetti delle radiazioni sull'organismo, occorre considerare i seguenti tre fattori fondamentali:

1. la dose della radiazione in rapporto al tempo di esposizione;
2. la fonte d'irradiazione (se esterna o interna all'organismo);
3. la sensibilità specifica dei tessuti.

In particolare, bisogna notare che se le radiazioni colpiscono un aggregato di cellule dello stesso tipo, non tutte le cellule vengono colpite e non tutte le cellule colpite vengono distrutte. Infatti nelle cellule sono presenti punti più o meno sensibili alle radiazioni e il numero di questi punti sensibili che vengono colpiti dipende da fattori di probabilità. **La probabilità di fare danni aumenta quindi proporzionalmente alla dose di radiazioni che colpiscono l'aggregato di cellule e alla sua durata.** Inoltre, se i danni sono pochi, gli organismi sono in grado di ripararli, se sono molti, invece, diventano permanenti, come accade con dosi superiori a 100 rem. Quando una radiazione ionizzante attraversa una cellula, questa può morire, e si tratta del danno minore, ma se la ionizzazione delle molecole di acqua della cellula rompe il DNA, si possono avere mutazioni che portano a degenerazioni cancerogene.

Bisogna distinguere tra grado di esposizione alle radiazioni e dose assorbita. Quello che conta in definitiva per i danni provocati, almeno entro certi limiti, è la dose assorbita. Ad es. un valore 100 di esposizione per un'ora è equivalente a un valore 50 per due ore. La dose assorbita è la stessa.

Radiosensibilità

Gli organi del corpo non sono tutti sensibili e vulnerabili in egual misura. Le cellule più sensibili sono quelle riproduttive. Risultano inoltre molto radiosensibili il tessuto linfatico, il midollo osseo e le lenti cristalline degli occhi. Le cellule del tessuto muscolare, del tessuto osseo e le cartilagini sono invece le più resistenti. Il tessuto nervoso è resistente sul piano morfologico, ma sensibile su quello funzionale.

Sindrome generale da radiazioni

I sintomi tipici più appariscenti che si manifestano in caso di esposizione prolungata a forti dosi di radiazioni sono contraddistinti da un malessere generale accompagnato da vomito, nausea, cefalea e diarrea.

Il cosiddetto "male da raggi", dovuto a un'irradiazione con dose intorno ai 400 röntgen (ritenuta semiletale) e tristemente noto dopo le esplosioni nucleari in Giappone alla fine della II guerra mondiale, si manifesta nel tempo con i seguenti sintomi:

1. nelle prime 24 ore compaiono i sintomi tipici più appariscenti (malessere, nausea, cefalea, disturbi intestinali);
2. nella settimana successiva i sintomi più appariscenti scompaiono, ma gli effetti dell'irradiazione continuano con la distruzione delle cellule riproduttive del sangue, considerata la causa della maggior parte dei decessi nelle settimane successive;
3. dopo 7-10 giorni, detto "periodo di tregua", si hanno ulcerazioni ed emorragie;
4. nella quarta-sesta settimana può sopravvenire la morte, generalmente provocata da setticemia.

Coloro che, superando la fase critica, riescono a guarire, negli anni successivi possono contrarre leucemie e tumori. È stato osservato, al riguardo, che la vita media delle popolazioni colpite da forti dosi di radiazioni si abbassa in misura rilevante, e che, inoltre, anche a distanza di molti anni, possono comparire mutazioni genetiche, che riguardano le persone direttamente colpite e i loro discendenti. I danni sperimentati sulle mutazioni genetiche riguardano comunque radiazioni dell'ordine di centinaia e migliaia di rem.

Dose massima assorbibile

Occorre aver chiaro il concetto di dose massima assorbibile (DMA), che è relativo al tempo di esposizione e deve tener conto della radioattività naturale.

La DMA totale di radioattività che possiamo assorbire in un anno senza conseguenze è di circa 500 millirem, che equivale a una dose di assorbimento continuo di 0,057 millirem/h. Le radiazioni di fondo hanno un'intensità che non supera in genere i 126 millirem all'anno, che equivale a 0,014 millirem/h. Ciò significa che per un certo tempo possiamo assorbire anche dosi ben maggiori (senza però esagerare) degli 0,057 millirem/h, purché l'assorbimento annuale non superi 500 millirem. Si noti, ad esempio, che durante una radiografia si assorbono, per una frazione di secondo, dai 50 ai 120 millirem. Bastano però cinque radiografie in un anno per farci superare la DMA annuale.

Note pratiche sulle unità di misura in rapporto alla DMA

Per quanto riguarda le misure fatte in CURIE, unità che viene usata per misurare il livello di attività dei radioisotopi (non per misurare la quantità di irradiazione), occorre tenere conto delle seguenti dosi di pericolo:

Dosi di pericolo e di attenzione		
Rilevamento in:	Pericolo	Attenzione
1 mc d'aria	35 nanoCi	2 nanoCi
1 Kg di vegetali	150 nanoCi	100 nanoCi
1 litro di latte	150 nanoCi	15 nanoCi
1 Kg di carni	150 nanoCi	50 nanoCi
1 mq di terreno	3000 nanoCi	700 nanoCi

Accumulo massimo nel corpo: 6000-7000 nanoCi all'anno.

Per la dose di esposizione, che si misura in RÖNTGEN, la dose massima che un essere umano può accumulare senza gravi conseguenze è di 0,07-0,08 mR/h, cioè 600-700 mR in un anno. La radioattività naturale è di circa 0,02 mR/h (176 mR all'anno).

I rem (röntgen equivalent man) si usano per indicare la quantità di energia assorbita dagli esseri organici.

1 millirem = 1,14 mR/h

1 mR/h = 0,877 millirem

I rad (radiation absorbed dose) si usano per indicare l'assorbimento di radiazioni da parte di sostanze inorganiche.

1 millirad = 0,877 millirem

1 millirad = 1,14 mR/h

Le misure fatte in Gray, che sostituiscono sia i rem che i rad, e quindi rilevabili con un contatore Geiger, hanno le seguenti equivalenze:

1 microGray/h = 0,115 mR/h

1 mR/h = 8,69 microGray/h

Le misure fatte in becquerel, al posto del curie, hanno le seguenti equivalenze:

1 Bq = 1/37 nanoCi

1 nanoCi = 37 Bq

Misure di campo magnetico

NOZIONI E MISURE DEL CAMPO GEOMAGNETICO

I campi magnetici sono rappresentabili visivamente con linee di forza a cui è di regola abbinato un vettore. Il campo geomagnetico è il risultato dell'azione combinata di alcuni campi magnetici, il principale dei quali è detto campo primario. Se si prende un ago magnetico e lo si lascia ruotare liberamente in sospensione cardanica, esso indicherà la direzione del campo terrestre nel luogo in cui si trova. Il vettore campo magnetico risulta parallelo all'ago ed è rappresentabile geograficamente con tre elementi fondamentali: la direzione, rispetto al meridiano geografico, del piano verticale in cui esso è contenuto, la sua inclinazione in tale piano, rispetto all'orizzonte, e la sua intensità.

Il piano verticale corrisponde al meridiano magnetico e l'angolo diedro che esso forma col meridiano geografico del luogo in cui viene misurato costituisce la DECLINAZIONE MAGNETICA.

L'inclinazione del vettore nel piano del meridiano magnetico, cioè l'angolo che esso forma col piano dell'orizzonte, costituisce l'INCLINAZIONE MAGNETICA.

L'intensità del campo, o forza magnetica, rappresenta (intuitivamente) quella forza che fa allineare l'ago in modo parallelo al vettore campo: tanto maggiore è questa forza, tanto più esso si orienterà decisamente e offrirà maggiore resistenza alle eventuali forze di disturbo. L'intensità può essere rilevata attraverso la coppia meccanica che tende ad orientare l'ago magnetico parallelamente al vettore campo, dove il momento di questa coppia è il prodotto vettoriale del vettore proprio dell'ago (che definisce il suo momento magnetico) e del vettore campo (che definisce la forza magnetica di quest'ultimo). In un campo magnetico l'intensità è valutabile anche dalla densità e dall'ampiezza delle linee di forza.

Bisogna ricordare che il momento magnetico M è dato dal prodotto dell'intensità di un polo p per la distanza d tra i due poli: $M = pd$.

Nelle vicinanze di un polo di un magnete molto lungo, l'intensità del campo, a distanza r , è proporzionale a $1 / r^2$ (legge di Coulomb); se il magnete, di momento pd , è piccolo e se $r > d$, l'intensità del campo, invece, è proporzionale a pd / r^3 .

L'unità di misura per l'intensità del campo magnetico è l'oersted (e.m.u.), equivalente a $1000 \text{ as} / 4m$ (as =ampèrespira, m =metro), ma in geofisica viene usato il gauss, numericamente uguale. Un gamma equivale a 10^{-5} gauss, e si usa in pratica nel rilevamento delle variazioni geomagnetiche d'intensità, essendo il valore massimo d'intensità molto basso e mai superiore a 0,6 gauss. Viene, però, ormai sempre di più usata, quale unità di misura, il tesla (unità SI), equivalente a 10^4 gauss:

1 gamma equivale a 10^{-5} gauss e a 10^{-9} tesla (1 nanotesla).

La declinazione e l'inclinazione si misurano in gradi sessagesimali.

Il campo totale F si può scomporre in una componente orizzontale H e in una componente verticale Z . L'inclinazione I , allora, è l'angolo tra F e H , e la declinazione D è l'angolo tra la componente orizzontale e il meridiano geografico.

Valgono le seguenti relazioni:

$$H = F \cdot \cos(I);$$

$$Z = F \cdot \sin(I);$$

$$Z = H \cdot \operatorname{tg}(I);$$

$$H^2 + Z^2 = F^2;$$

$$I = 0 \text{ se } Z = 0;$$

$$D = 0 \text{ se } H = 0.$$

La declinazione è positiva se il polo nord dell'ago si rivolge verso oriente, ed è negativa se si rivolge verso occidente; l'inclinazione è positiva, o boreale, se il polo nord dell'ago si dispone verso il basso ed è negativa, o australe, se si dispone verso l'alto.

I valori dei tre elementi del campo variano nello spazio e nel tempo; per avere un'idea di quanto possano valere, si consideri che agli inizi degli anni Novanta in Toscana, ad esempio, la declinazione era di circa 11 primi verso oriente, l'inclinazione di circa 60 gradi verso il basso, la componente orizzontale dell'intensità di circa 0,23 gauss, quella verticale di circa 0,40 gauss e F risultava di 0,46 gauss.

La declinazione magnetica si può misurare con la bussola di declinazione, l'inclinazione con la bussola di inclinazione (inclinometro) e l'intensità si misurava, un tempo, per lo più indirettamente, determinando la sua componente orizzontale e quella verticale.

A partire dagli anni Sessanta, però, negli osservatori magnetici vengono comunemente usati strumenti che si avvalgono dell'applicazione di principi della fisica atomica e quantistica. Questi hanno completamente rivoluzionato il modo di misurare il campo terrestre, determinando direttamente l'intensità assoluta, che è un valore scalare, da cui si può ricavare la direzione del campo attraverso la composizione vettoriale delle intensità delle componenti, anziché con la misurazione degli angoli. Questi strumenti sono:

- 1) il magnetometro digitale a precessione protonica, che permette la misurazione continua ed esatta dell'intensità totale, calcolando la frequenza della precessione libera dei protoni nell'acqua, basandosi sul loro momento magnetico;
 - 2) il magnetometro al rubidio a pressione ottica, che funziona sul principio dell'elettronica quantica.
- Nelle stazioni magnetiche e dove in genere si richiede un rilevamento saltuario, invece, si usa uno strumento sostanzialmente tradizionale: il magnetometro da campagna G.S.I. ad induzione elettromagnetica. Si tratta di uno strumento portatile che non permette un monitoraggio continuo, ma soltanto un rilevamento temporaneo e manuale di tutti gli elementi del campo magnetico.

VARIAZIONI GEOMAGNETICHE

Le variazioni del campo geomagnetico, che possiamo rilevare sulla superficie terrestre, sono di due tipi fondamentali:

1. variazioni generali proprie del campo primario, anche se influenzato da fattori esterni, con modificazione della componente dipolare e della componente non dipolare;
2. variazioni generali e locali dovute a cause estranee al campo primario, che non modificano il dipolarismo terrestre.

Variazioni proprie del campo primario

Dalle osservazioni del campo geomagnetico, si ricava un dipolo centrale i cui assi, prolungati, incontrano la superficie terrestre in due punti, chiamati poli geomagnetici. Questi poli, però, non corrispondono ai punti (poli magnetici) in cui la componente orizzontale H è nulla e l'inclinazione misura 90° . Pertanto, i poli geomagnetici e quelli magnetici non coincidono, e la differenza tra campo dipolare e campo osservato si chiama campo non dipolare o anomalia geomagnetica.

I poli magnetici e geomagnetici si spostano lentamente e regolarmente in lassi di tempo piuttosto lunghi (variazioni secolari), con valori differenti tra le varie regioni, notandosi il fenomeno soprattutto per quanto riguarda la declinazione. Mediamente, in Italia (ad esempio), la declinazione varia ovunque di circa 6 primi verso Est ogni anno, ma tale variazione sta diminuendo (all'inizio del secolo era di 10 primi) e tra qualche decennio potrebbe invertire la tendenza, spostandosi verso occidente. Si hanno dati precisi dei valori della declinazione a Londra, a partire dal 1576, quando D valeva $11^\circ 30'$ Est. Negli anni successivi tale valore è cambiato gradualmente fino a diventare ben 24° Ovest nel 1823, prima che il vettore campo cominciasse nuovamente a spostarsi verso oriente. È probabile, addirittura, che in un passato molto remoto vi siano state perfino delle inversioni dei poli, come la magnetizzazione residua di alcune rocce lascerebbe intendere, ma la cosa è tutt'altro che certa.

Variazioni estranee al campo primario

Le variazioni estranee al campo primario, di origine naturale (escludendo quindi quelle dovute all'azione dell'uomo) e non legate all'attività sismica, sono di due tipi: le anomalie crostali e le perturbazioni magnetiche. Le prime variano, per così dire, secondo lo spazio e riguardano i tre elementi del campo magnetico misurati in determinati luoghi con valori che risultano differenti da quelli che ci si sarebbe aspettati di trovare, considerando il campo magnetico terrestre come un "dipolo magnetico". Le cause di queste anomalie sono da attribuirsi alla magnetizzazione delle rocce dei luoghi dove vengono rilevate, che formano dei deboli campi magnetici che si compongono con quello terrestre. Questo è il caso delle vaste anomalie sistematiche (come quella della Siberia) e il caso anche di anomalie più irregolari e circoscritte (come quella famosa di Kursk, a 400 chilometri a sud di Mosca). In Italia si hanno anomalie magnetiche nelle isole Capraia, d'Elba, Lipari, Pantelleria, nella provincia di Genova, nelle provincie di Napoli e Caserta, nella Sardegna centro occidentale e nella zona etnea della Sicilia; per la sola declinazione, oltre alle precedenti zone, si registrano anomalie anche nel Piemonte nord occidentale. Le seconde (perturbazioni magnetiche) variano, invece, in base al tempo, riguardando un po' tutta la superficie terrestre. Esse sono sostanzialmente regolari e periodiche, e, pur avendo entità diversa da luogo a luogo, possono considerarsi in modo indipendente dalla località in cui vengono rilevate.

Ci sono a questo riguardo:

- perturbazioni regolari diurne, dipendenti dall'ora locale, che fanno registrare un massimo di variazione intorno a una particolare ora del giorno (variabile da epoca a epoca). A questo riguardo, D aumenta di $0,1 \div 0,2$ gradi e H diminuisce di $20 \div 25$ nanotesla;
- perturbazioni con periodo di $26 \div 27$ giorni, legate alla rotazione propria del Sole;
- perturbazioni legate al campo magnetico "galattico", che hanno un ordine di grandezza di circa 1 nanotesla;
- perturbazioni legate alle correnti di elettroni e ioni provenienti dal Sole (tempeste magnetiche) con un ordine di variazioni di D, a volte, anche di circa 1 grado.

Particolarità delle variazioni geomagnetiche

Le caratteristiche delle variazioni del campo magnetico terrestre, in ogni luogo di rilevamento, riguardano:

1. il VERSO della variazione di direzione, relativamente ai piani di riferimento, che per la declinazione può essere verso oriente od occidente e per l'inclinazione verso il basso o verso l'alto;
2. l'AMPIEZZA angolare della variazione di direzione, misurata ancora relativamente ai piani di riferimento.
3. l'AMPIEZZA della variazione d'intensità totale, o delle componenti orizzontale e verticale.

VARIAZIONI SISMOMAGNETICHE

Le variazioni del campo magnetico terrestre legate a un sisma imminente sono di origine estranea al campo primario e si differenziano dalle altre fonti naturali di variazioni per possedere, contemporaneamente, la caratteristica di essere limitate sia nello spazio che nel tempo. Pur essendo anch'esse di origine crostale, si distinguono dalle anomalie crostali per la loro limitata presenza temporale, e si distinguono dalle perturbazioni magnetiche per la loro limitata estensione territoriale. Esse possono essere circoscritte spazialmente e temporalmente, e presentano un'evoluzione rapida e incisiva, costituendo la risultante delle particolarità delle linee di forza di due campi magnetici diversi: quello generale terrestre e quello che si genera in zona focale. Le variazioni del campo primario e quelle degli altri campi che formano il campo terrestre, quindi, non costituiscono un problema, in linea teorica, per l'individuazione delle variazioni sismomagnetiche.

Da quando si è diffuso il magnetometro a precessione protonica, inventato da Packard e Varian nel 1954, il monitoraggio continuo del campo geomagnetico viene fatto sui valori dell'intensità totale. Questo strumento, in cui la misura di F è ricondotta alla misura di una frequenza, ha permesso di superare tutte le difficoltà di rilevamento dell'intensità assoluta presenti con i magnetometri tradizionali, garantendo una piena stabilità di funzionamento, anche con grosse alterazioni di temperatura e di umidità, e una precisione dell'ordine di $0,1$ nanotesla. Oggi è l'unico magnetometro preso in seria considerazione negli osservatori fissi e viene molto usato anche come strumento portatile. Purtroppo, la comodità e la precisione che esso offre hanno una contropartita, che in questa sede risulta molto importante: le anomalie magnetiche si manifestano in modo molto diversificato, a seconda di come vengono misurate e degli elementi scelti, e una misurazione angolare delle anomalie di origine crostale risulta molto più indicativa e significativa di una misurazione scalare.

Ad esempio, le anomalie non possono essere rilevate con misurazioni dell'intensità totale quando i campi magnetici sono normali al campo ambientale (J. Korenaga, 1995), condizione questa che si verifica proprio quando si misurano le variazioni sismomagnetiche in zona epicentrale.

Inoltre, si possono ricordare tre fatti di ordine sperimentale:

- 1) i ricercatori di pozzi petroliferi e di giacimenti minerari traggono poco aiuto da misurazioni del campo totale e, quando le condizioni di lavoro lo consentono, cercano di utilizzare strumenti che misurano direttamente le componenti;
- 2) le tabelle che riportano le variazioni geomagnetiche prima di terremoti importanti (Rikitake, 1976), e di solito prese ad esempio di misure poco attendibili fatte in passato, possono invece dimostrare come tali variazioni risultino consistenti se rilevate con misure angolari, un po' più deboli se misurate con le intensità delle componenti e del tutto lievi, tali da confondersi col rumore di fondo, se misurate con l'intensità del campo totale;
- 3) in generale, i valori rapportati alla declinazione, ma misurati con il campo totale, sono molto inferiori a quelli misurati direttamente con gli angoli, come si può dimostrare sulla base delle stesse variazioni diurne.

Nonostante che sia un dato di fatto scientificamente dimostrato, che le variazioni non possano essere rilevate bene con misurazioni dell'intensità totale, e nonostante ci siano varie osservazioni empiriche che lo avvalorino, a tutt'oggi (1997) non sono state sviluppate applicazioni sistematiche con altri strumenti. Naturalmente nessuno vuole mettere in dubbio l'utilità e la precisione di certi magnetometri, si dice solo che si dovrebbe notare come la misurazione delle anomalie sia cosa sicuramente dipendente dal luogo dell'osservazione, dall'elemento osservato e dal tipo di strumento utilizzato; del resto, quello che qui interessa non è tanto la difficile determinazione di valori assoluti riguardanti il campo geomagnetico, ma soltanto le sue variazioni. La troppa sensibilità del resto può rivelarsi un ostacolo, a causa di disturbi di origine antropica, e sembra proprio che le variazioni sismomagnetiche si presentino con valori superiori al rumore di fondo solo se rilevate direttamente con misurazioni angolari. Inoltre, per il motivo che le variazioni sismomagnetiche sono la risultante dell'azione di campi diversi, tra loro interagenti, durante un monitoraggio continuo del campo terrestre il rilevamento delle variazioni sismomagnetiche si riduce al rilevamento delle variazioni del campo complessivo terrestre sotto l'azione di un campo disturbatore temporaneo. Anche per questo una misurazione delle variazioni dell'intensità totale risulta meno significativa della misurazione delle componenti, essendo F l'elemento più forte e quindi meno influenzabile dal campo disturbatore. In pratica, sono soprattutto le variazioni locali della direzione che permettono di apprezzare meglio l'entità del campo generatosi in zona focale, e questo fatto permette di utilizzare vantaggiosamente i variometri della direzione, descritti in questo lavoro, che, inoltre, sono molto meno costosi di quelli dell'intensità. In modo particolare, a nord e a sud della fascia tropicale, è la declinazione a risentire maggiormente gli influssi di campi magnetici esterni, in quanto l'intensità della componente orizzontale H è circa la metà dell'intensità totale F del campo geomagnetico (H decresce fino al valore 0 in corrispondenza dei poli magnetici); mentre nella fascia tropicale è l'inclinazione che risente maggiormente di campi magnetici esterni (Z decresce fino al valore 0 in corrispondenza dell'equatore magnetico). La misurazione di entrambe le componenti si rivela, comunque, opportuna anche per quei casi, poco probabili ma non impossibili, in cui il luogo di misurazione si trovi esattamente a Nord o a Sud della zona focale.

In ogni caso, a parità di altre condizioni, maggiori sono le variazioni rilevate, siano esse di ampiezza angolare o di intensità, maggiore è la forza del particolare campo magnetico che le determina (in questo caso quella che si genera dallo stato di stress delle rocce focali).

Diffusione delle variazioni sismomagnetiche

Come i terremoti dipendono nella loro origine dallo stato di stress delle rocce e come la propagazione delle onde sismiche subisce alterazioni dalla natura geologica e dalla consistenza del mezzo attraversato, così anche le variazioni sismomagnetiche dipendono dallo stress delle rocce e subiscono alterazioni dalla suscettività e permeabilità magnetiche dei luoghi in cui vengono rilevate. I fattori più importanti che influenzano le variazioni possono essere così riassunti:

1. la quantità delle masse rocciose in compressione e stiramento (volume focale);
2. lo stato di stress delle masse rocciose in zona focale (stress focale);
3. la distanza della zona focale rispetto al luogo di rilevamento;
4. la profondità della zona focale.
5. la suscettività e la permeabilità magnetiche complessive delle rocce in zona focale;
6. la suscettività e permeabilità delle rocce componenti la parte di litosfera che separa la zona focale dal luogo di rilevamento;
7. la suscettività e permeabilità delle rocce del luogo di rilevamento.

Come può essere facilmente notato, le rocce costituiscono il trattino d'unione nel legame tra terremoti e variazioni sismomagnetiche. La grandezza di queste variazioni e la grandezza di un terremoto, così come la loro diffusione e la propagazione delle onde sismiche, hanno reciprocamente molto in comune.

Strumentazione

Qui di seguito riporto a titolo di esempio alcuni modelli di misuratori di campo elettromagnetico portatili, come si vede dalle specifiche tecniche gli strumenti funzionano in ben determinati intervalli di intensità del campo ed hanno una loro accuratezza intrinseca.

SPECIFICHE

- Rileva esposizioni al ACGIH TLV per campi magnetici statici.
- Può essere riposto in tasca o nella cintura.

Il rilevatore per campi magnetici 3550 è un dispositivo compatto e portatile designato per monitorare i campi magnetici statici (DC) nei posti di lavoro. Questo rileva i forti campi magnetici generati da, dispositivi medici diagnostici come gli MRI, i dispositivi sperimentali per la fusione nucleare, processi metallurgici e magneti superconduttori. Il rilevatore fornisce letture istantanee del campo con i tempi integrati e misurazioni istantanee di campi sopra fino a 0.3 Tesla. La caratteristica integrata di tempo rintraccia una media di 8 ore di esposizioni al ACGIH TLV per i campi magnetici statici.

L'indice isotropico a tre assi misura il campo attuale a prescindere dall'orientamento dello strumento.



Portata	0.1 mT to 0.3 T
Accuratezza	0.1 mT to 0.5 mT \pm 0.05 mT 0.5 mT to 0.3 T \pm 10%
Modalità	Istantanea con funzione di tenuta del picco. Integramento (mT-hours)
Alimentazione	Quattro batterie tipo AAA
Peso	5.3 oz – 150 gr

RILEVATORE PER CAMPI ELTTRICI-MAGNETICI - FIELD FINDER LITE

Rivelatore campi magnetici-elettrici Field Finder Lite. Fornisce uno stato dell'ambiente velocemente e facilmente. Valori delle misurazioni , comparabili con le raccomandazioni MPR.

Applicazioni

- Per misurazioni di campi alternati elettrici e magnetici.
- Misurazione delle comuni fonti di campi elettrici.
- Misurazione delle comuni fonti dei campi magnetici.
- Per una veloce visione dell'ambiente elettrico.
- Misurazioni attendibili.



Vantaggi

- Ampia portata di frequenze.
- Valore di misura certificato
- Inizia le misurazioni appena attivato.
- Facile localizzazione dei fonti dei campi.

Dati tecnici

Campi elettrici

Portata misurazione: 0 -160 V/m

Portata frequenza: 15Hz - 1500Hz

Precisione calibrazione: ± 20 % cambio diodo a 50 cm
dall'oggetto della misurazione.

Misure: valori effettivi RMS

Sensore: uno-dimensionale

Campi magnetici

Portata misurazione: 0 μ T - 3.2 μ T

Portata frequenza: 15Hz - 15000 Hz

Precisione calibrazione: ± 20 % cambio diodo
a 50 cm dall'oggetto della misurazione.

Misure: valori effettivi RMS

Sensore: uno-dimensionale

LOCALITA

DATA (ispezione)

ORA (ispezione) dalle: alle:

TEMPERATURA °C

NOME E COGNOME delle persone che hanno eseguito l'ispezione: _____

CONDIZIONI METEO (ispezione):

DATA (comparsa agroglifo)

CONDIZIONI METEO (giorno precedente)

TEMPERATURA °C

CONDIZIONI METEO (giorno successivo)

TEMPERATURA °C

NUMERO DEI TESTIMONI: _____

NOME E COGNOME DEI TESTIMONI: _____

DESCRIZIONE DEL LUOGO: _____

NOME DEL PROPRIETARIO: _____

TIPO DI TERRENO: _____

TIPO DI COLTIVAZIONE: _____

DISTANZA DALLA STRADA PIU' VICINA: _____

DISTANZA DAL PRIMO CENTRO ABITATO: _____

DISTANZA DALL'AEREOPORTO PIU' VICINO: _____

DISTANZA DALLA BASE MILITARE PIU' VICINA: _____

BREVE DESCRIZIONE DELL'AGROGLIFO: _____

SONO STATE EFFETTUATE ALTRE ISPEZIONI PRECEDENTI? SI NO SE "SI" QUANTE? _____

DISEGNO DI MASSIMA DELL'AGROGLIFO:

DISEGNO DI MASSIMA DELL'AGROGLIFO:										
A large grid area for drawing the agroglifo maximum.										
Scala: _____										

TIPO DI MISURAZIONE EFFETTUATA:

TIPO DI STRUMENTO UTILIZZATO: _____

MARCA: _____

DATA ULTIMA TARATURA STRUMENTO: _____

LUOGO DI TARATURA: _____

UNITA' DI MISURA: _____

TOLLERANZA DELLA MISURAZIONE: _____

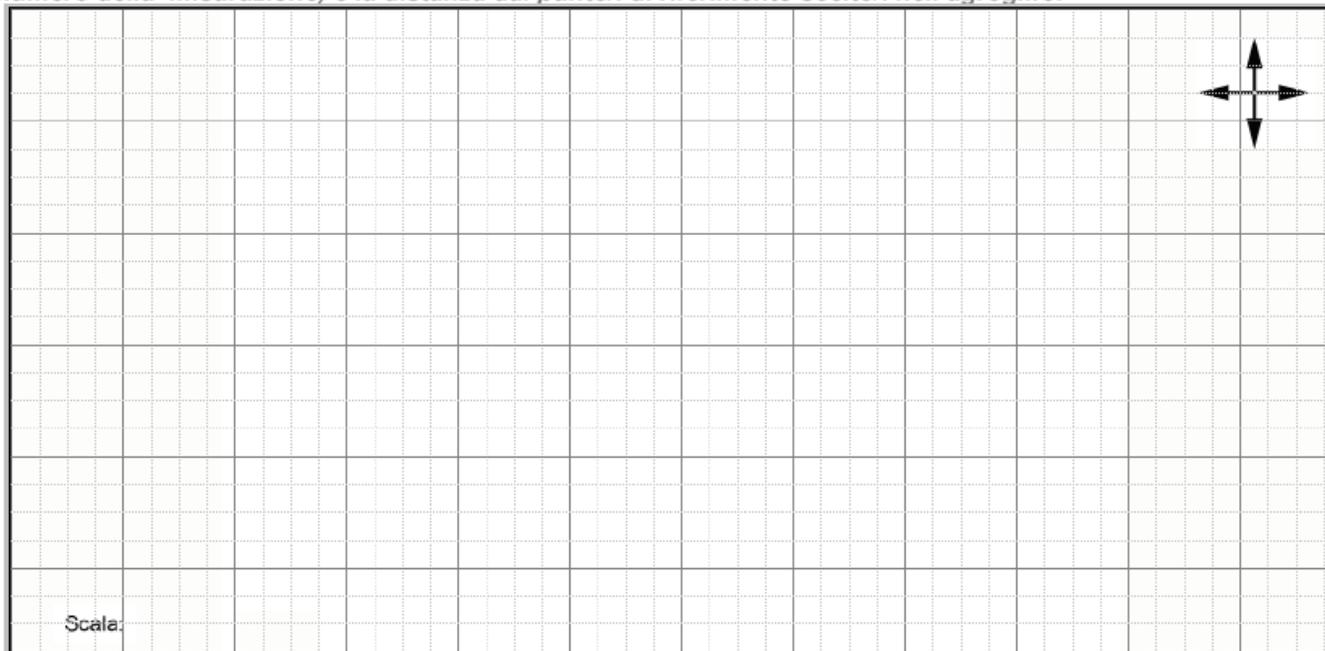
ALTRI DATI _____

NOME E COGNOME delle persone che hanno eseguito la misura: _____

MISURAZIONI ESEGUITE (*segnare sempre l'unità di misura*)

N.	Valore misurato	N.	Valore misurato

DISEGNO DI MASSIMA DELL'AGROGLIFO: *Segnare i punti in cui sono state effettuate le misure, (segnando il numero della misurazione) e la distanza dal punto/i di riferimento scelto/i nell'agroglifo.*



NOTE AGGIUNTIVE:

Lined area for additional notes.