

**Progetto di norma U54022230
Revisione norma UNI 10897:2013**

**“Carichi di rottami metallici – determinazione di anomalie radiometriche
con rilevazioni X e gamma”**

0

INTRODUZIONE

I rottami metallici ferrosi e non ferrosi utilizzati nell'industria metallurgica possono, indebitamente, contenere radioisotopi sia artificiali sia naturali, (vedere appendice A). Tali radioisotopi, se inseriti nel ciclo lavorativo, possono portare a contaminazioni dell'ambiente oltre che dei prodotti finiti e del luogo di lavoro.

1

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma identifica i metodi per la determinazione delle anomalie radiometriche associabili ai radionuclidi eventualmente presenti all'interno di carichi di rottami metallici ferrosi e non ferrosi. La procedura non consente l'identificazione dei singoli radioisotopi ma si limita alla rilevazione di anomalie radiometriche tali da richiedere analisi più approfondite. Lo scopo della norma è indirizzato all'esame dall'esterno dei carichi in contenitori di trasporto e, di conseguenza, considerati numerosi aspetti fisici, l'applicazione della norma non garantisce la totale assenza di radioattività nei materiali né il rispetto di limitazioni sulla radioattività globale o specifica nei carichi. Le procedure previste dalla norma sono da intendersi come collocate nella fase di verifica preliminare delle condizioni di sicurezza, nel più ampio contesto delle verifiche sui materiali riciclati nel settore metallurgico che comprende anche controlli in altre fasi quali, per esempio lo scarico, il trasporto interno e la gestione del prodotto finito e dei residui.

Le rilevazioni previste dalla norma non hanno lo scopo di essere utilizzate per valutazioni dosimetriche.

2

RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli eventuali aggiornamenti).

UNI 7267-1:1989 Energia nucleare e radiazioni ionizzanti - Termini e definizioni di carattere generale

UNI 7267-1:1992

ALLEGATO

Energia nucleare e radiazioni ionizzanti - Atlante dei radionuclidi

CEI EN 62022:2008

Monitori installati per il controllo e la rivelazione di radiazioni gamma presenti in materiali riciclabili e non riciclabili trasportati su veicoli

ISO 2919: 2012

Radiological protection - Sealed radioactive sources - General requirements and classification

ISO 7870-1: 2014	Control charts - Part 1: General guidelines
ISO 7870-2: 2013	Control charts - Part 2: Shewhart control charts
ISO 7870-3: 2012	Control charts - Part 3: Acceptance control charts
ISO 7870-4: 2011	Control charts - Part 4: Cumulative sum charts
ISO 7870-5: 2014	Control charts - Part 5: Specialized control charts
ISO 11929: 2010	Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation - Fundamentals and application

UNI CEI 70099: 2008 Vocabolario Internazionale di Metrologia

3

DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma si applicano le definizioni indicate nella UNI 7267-1 e i termini e le definizioni seguenti:

3.1 Anomalia radiometrica: valore della lettura strumentale, non dovuta a falsi positivi e/o a falsi allarmi, che supera le soglie di allarme così come definite nei punti 5.4.3 e 6.6, rispettivamente, per la strumentazione portatile e fissa.

3.2 Falso Positivo: un allarme segnalato ad un passaggio del carico attraverso un sistema fisso e non confermato dai passaggi successivi (fluttuazione statistica del fondo naturale)

3.3 Falso Allarme: allarme ripetuto in più passaggi che porta alla necessità di verificare l'esistenza di una sorgente nel carico. Le verifiche effettuate portano però alla esclusione della presenza di sorgenti (vedere gli esempi di falsi allarmi riportati nell'Appendice E).

4

CARATTERISTICHE NUCLEARI

Nel prospetto 1 sono riportate le emissioni X e gamma caratteristiche dei principali nuclidi rilevabili con i metodi indicati nella presente norma (vedere UNI 7267-1:1992 ALLEGATO).

Prospetto 1 Principali radionuclidi

Radionuclide	Energia (MeV)	Tempo di dimezzamento (anni)
⁴⁰ K	1,46	1,28 10 ⁹
⁶⁰ Co	1,17 - 1,33	5,27
¹³⁷ Cs	0,661	30,15
¹⁹² Ir	0,3165 - 0,4680 (altri)	0,203
²⁴¹ Am	0,059	432,2

^{226}Ra + figli	da 0,186 a 2,2	1 600
U nat.	da 0,040 a 2,2	$4,47 \cdot 10^9$ (^{238}U)
^{90}Sr + ^{90}Y	X di frenamento max. 2,28	28,15
^{232}Th	0,059	$1,40 \cdot 10^{10}$

5

METODO DI PROVA CON STRUMENTAZIONE PORTATILE

Il metodo è rivolto a coloro che desiderano effettuare dei controlli sui carichi di rottami metallici utilizzando degli strumenti portatili.

5.1

Principio del metodo

Le radiazioni elettromagnetiche emesse dagli isotopi radioattivi possono essere rilevate impiegando dei rivelatori di radiazioni ionizzanti a gas, a semiconduttore, a materiali scintillatori o con altri principi di rilevazione purchè caratterizzati da una sensibilità definita nel punto 5.2.

5.2

Apparecchiature

Sono ritenuti adatti alla rilevazione delle anomalie radiometriche contenute all'interno dei carichi di rottami tutti i rivelatori di radiazioni ionizzanti X e gamma che abbiano una indicazione in rateo di kerma in aria o conteggi al secondo (cps) o unità di misura ad essi correlabili. Gli apparecchi utilizzati devono essere in grado di rilevare radiazioni elettromagnetiche comprese, almeno, nell'intervallo di energia da 50 keV a 1,5 MeV e ratei di kerma compresi, almeno, tra $0,05 \mu\text{Gy/h}$ e $0,1 \text{ mGy/h}$ con una risoluzione di almeno $0,02 \mu\text{Gy/h}$. È richiesta una efficienza di almeno $600 \text{ cps}/\mu\text{Gy/h}$ riferita al ^{137}Cs . La statistica di conteggio dei rivelatori deve essere tale da garantire una incertezza associata alla misura, al livello di confidenza del 95% e con tempi di integrazione non superiori a 3 s, non maggiore del 20% con un rateo di kerma in aria di $1 \mu\text{Gy/h}$ con spettro energetico del ^{137}Cs .

Gli strumenti utilizzati devono essere sottoposti a taratura periodica con frequenza prefissata e, comunque, dopo ogni intervento di riparazione, presso un Istituto Metrologico Nazionale firmatario dell'accordo di Mutuo Riconoscimento CIPM-MRA (per l'Italia ENEA-INMRI) o presso un Laboratorio di taratura accreditato da un organismo firmatario dell'accordo Multilaterale EA-MLA o IAF-MLA (per l'Italia ACCREDIA).

La frequenza suggerita per la taratura degli strumenti portatili è triennale.

La taratura deve essere effettuata almeno utilizzando l'energia del ^{137}Cs .

L'effettuazione della taratura non è alternativa alla effettuazione delle verifiche di buon funzionamento descritte al punto 5.3.

Gli strumenti devono essere sempre utilizzati secondo le prescrizioni ambientali indicate dal fabbricante per il corretto funzionamento.

5.3

Verifiche di buon funzionamento

La sorgente di prova per il rivelatore di radiazioni è costituita da una sorgente sigillata di normale approvvigionamento commerciale, preferibilmente di ^{137}Cs . La sorgente di prova può anche essere costituita da isotopi naturali presenti in matrice omogenea (ad esempio materiali refrattari) che possano garantire, a contatto, un rateo almeno triplo rispetto al fondo naturale. La verifica di buon funzionamento dello strumento mediante l'uso della sorgente di prova deve essere effettuata, con frequenza definita, da parte di personale addestrato. La verifica va

condotta prima di ogni utilizzo giornaliero. La prova deve essere effettuata posizionando la sorgente in condizioni di geometria ripetibili, verificando che la lettura strumentale sia compresa entro intervalli di accettabilità stabiliti. L'intervallo di accettabilità ha per estremi il valore medio di letture ripetute, diminuito o aumentato di 3 volte il valore dello scarto tipo.

Le verifiche di buon funzionamento devono essere registrate in un apposito modulo (anche elettronico) dove deve essere riportato l'esito della lettura strumentale effettuata sulla sorgente di prova raffrontandola con l'intervallo di validità precedentemente definito.

Vedere, a titolo di esempio, Appendice F1.

5.4

Procedimento

Questo tipo di valutazione è influenzato da molte variabili dipendenti dal sito, dal tempo meteorologico, dalla tipologia del materiale e del carico, come ad esempio riportato nella Appendice D. Per questo motivo non è possibile indicare semplicemente una lettura strumentale da effettuare ma è necessaria l'individuazione di una procedura che garantisca l'indipendenza del risultato dai vari fattori.

Per tali motivi, una sessione di rilevazione della contaminazione di carichi di rottami con strumenti manuali è articolata in tre fasi distinte di seguito illustrate.

5.4.1

Verifica del valore del fondo naturale di radiazione nella posizione nella quale verrà effettuata la prova

Tale verifica deve essere effettuata, almeno, all'inizio di ogni serie di misure, con lo stesso strumento impiegato per la rilevazione sui carichi e deve essere compiuta ad un metro dal suolo in assenza del carico ed in coerenza di condizioni temporali, climatiche ed atmosferiche rispetto alla fase di rilevazione sui carichi.

La rilevazione deve essere effettuata utilizzando le stesse costanti di integrazione da utilizzarsi successivamente per la rilevazione sui carichi, ed effettuando un numero di rilevazioni istantanee non minore di 10 intervallate almeno da 10 s.

La media aritmetica di tali rilevazioni è definita come "valore di fondo ambientale di prova".

La lettura del fondo ambientale deve essere effettuata possibilmente nella stessa area che verrà occupata dal carico in osservazione e comunque lontana da altri carichi o cumuli di materiale o da edifici che possano influenzare i valori del fondo ambientale.

5.4.2

Definizione del valore di fondo di riferimento

Al fine di determinare un valore di fondo di riferimento ad una distanza non maggiore di 20 cm dalle pareti del contenitore del carico, da paragonarsi con le rilevazioni da effettuarsi successivamente sulle superfici del carico, viene seguita la procedura di seguito descritta. L'unità di misura impiegata nel corso delle rilevazioni è ininfluente al fine della valutazione dei risultati della prova.

a) Vengono identificate due posizioni di riferimento sulle superfici del contenitore di trasporto, una su ognuna delle due pareti verticali di lunghezza maggiore del carico, ed ognuna posta ad 1 m da una delle due diverse estremità del carico stesso. Le posizioni devono essere poste, inoltre, sulla linea mediana orizzontale di tali pareti, secondo lo schema riportato nella figura 1.

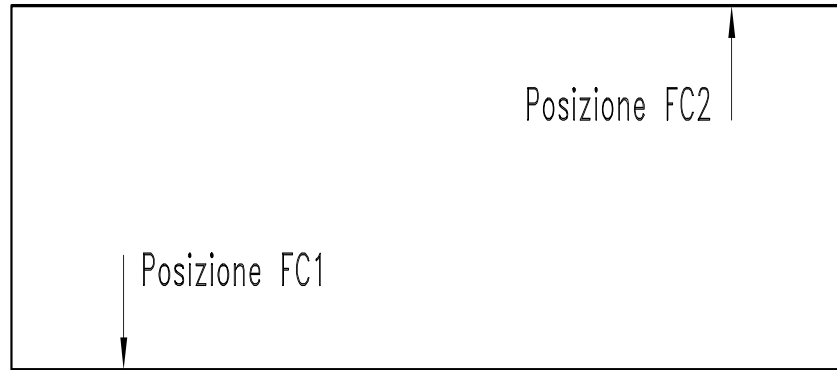
a1) Qualora esistano particolari condizioni logistiche in grado di influenzare la

rilevazione sui due lati del carico, il fondo di riferimento potrà essere valutato su ogni lato, identificando due posizioni di riferimento su ognuna delle due pareti verticali di lunghezza maggiore del carico.

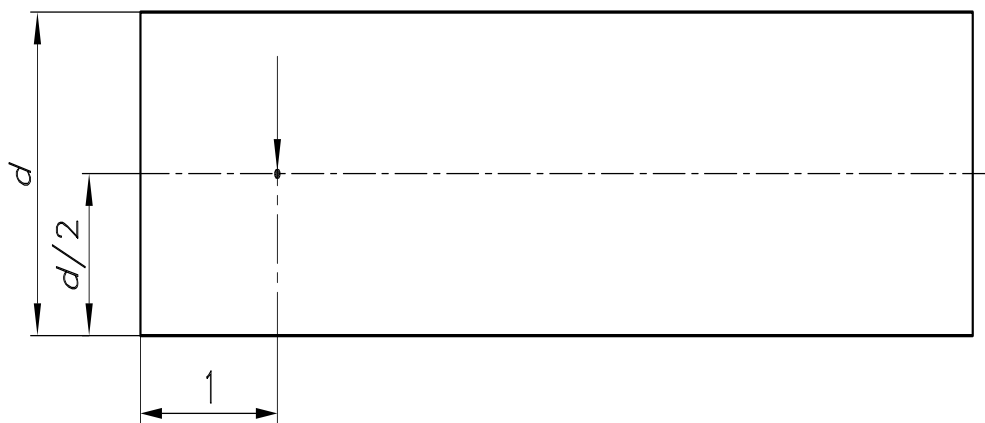
- b) Viene effettuata una rilevazione a distanza non maggiore di 20 cm da ognuna delle due posizioni di riferimento.
- c) Viene confrontato il valore di irraggiamento rilevato nelle due posizioni con il valore del fondo ambientale di prova calcolato con la procedura di cui al punto 5.4.1. Qualora almeno una delle due posizioni dia valori pari o maggiori di quelli del fondo ambientale di prova la procedura deve essere interrotta in quanto è elevata la probabilità di forte disomogeneità di disposizione del carico nel contenitore di trasporto o di presenza di anomalia radiometrica nel carico.
- d) Viene confrontato il valore di irraggiamento rilevato nelle due posizioni. Qualora la differenza tra le due rilevazioni sia maggiore del 50% del minore dei due valori la procedura deve essere interrotta in quanto è elevata la probabilità di forte disomogeneità di disposizione del carico nel contenitore di trasporto o di presenza di anomalia radiometrica nel carico.
- e) Quando i precedenti punti c) e d) siano stati superati, la media aritmetica tra le rilevazioni effettuate nelle due postazioni è assunta come valore di "fondo di riferimento".

Se la procedura è stata interrotta per i motivi di cui in c) e d), deve essere effettuata una serie di ulteriori indagini, relative al contenuto specifico del carico ed alle condizioni di rilevazione, non oggetto della presente norma.

figura 1 Posizioni di lettura
Dimensioni in m



Vista in pianta del carico



Vista laterale del carico

5.4.3

Effettuazione delle rilevazioni

Le misure possono essere eseguite in uno dei due seguenti modi:

a) Rilevazione con tecnica puntuale

Le letture strumentali devono essere effettuate almeno sulle fiancate e sulla superficie inferiore e superiore del contenitore, dove accessibile.

La rilevazione deve essere eseguita suddividendo il contenitore di trasporto in maglie di lato non maggiore di 50 cm. La lettura strumentale deve essere effettuata in un punto posto ad una distanza non maggiore di 20 cm dalla parete del contenitore, avendo cura di effettuare le rilevazioni alla stessa distanza a cui è stato rilevato il fondo di riferimento, in corrispondenza del centro di ogni quadrato della maglia. In condizioni di inaccessibilità fisica di tale posizione, la rilevazione va effettuata nel punto accessibile più prossimo.

Lo strumento deve essere mantenuto fermo in posizione per un periodo di tempo almeno doppio rispetto alla costante di tempo dell'apparecchio di e, comunque, per tempi non minori di 6 s. Le rilevazioni possono, eventualmente, essere effettuate mediante l'uso di opportune prolunghe. Ogni lettura strumentale che superi il doppio del valore del "fondo di riferimento" o che sia superiore al valore del "fondo ambientale" deve essere ritenuta indicativa di una anomalia radiometrica del carico.

b) Rilevazione in scansione continua

Le rilevazioni devono essere effettuate almeno sulle fiancate e sulla superficie inferiore e superiore del contenitore, dove accessibile.

Le letture strumentali devono essere effettuate spostando il rivelatore in prossimità della superficie del carico e verificandone la lettura del rateo istantaneo. La rilevazione deve essere effettuata con una velocità di traslazione del rivelatore non maggiore di 0,3 m/s. Il percorso seguito deve permettere di coprire tutta l'area di misura secondo fasce di larghezza non maggiore di 50 cm. Il rivelatore deve essere mantenuto ad una distanza non maggiore di 20 cm dalle superfici. Le rilevazioni possono essere eseguite mediante l'uso di opportune prolunghe. Ogni lettura strumentale che superi il doppio del valore del "fondo di riferimento", o che sia superiore al valore del "fondo ambientale" deve essere ritenuta indicativa di una anomalia radiometrica del carico.

5.5

Espressione dei risultati

Tutte le rilevazioni effettuate devono essere registrate come descritto al punto 7. Le letture strumentali saranno espresse nell'unità di misura tipica dell'apparecchio utilizzato.

I valori anomali rilevati nel corso delle rilevazioni devono essere riportati su un Resoconto di prova.

A titolo di esempio, in Appendice B, viene riportato un Resoconto di prova.

6

METODO DI PROVA CON STRUMENTAZIONE FISSA (PORTALI)

Il monitoraggio sui carichi di materiali metallici può essere effettuato tramite sistemi con strumentazione fissa e automatica.

6.1

Principio del metodo

I sistemi comunemente detti "portali" che realizzano questo tipo di rilevazione automatica si basano sull'utilizzo di rivelatori ad alta efficienza collegati ad

un'opportuna unità elettronica di controllo con un programma di analisi che gestisce le misure, gli allarmi e la registrazione dei risultati della prova.

La rilevazione si può effettuare sia in modo "dinamico" (eseguita mentre il veicolo attraversa il portale) sia in modo "statico" (eseguita con veicolo fermo).

6.2 Apparecchiature

Le radiazioni elettromagnetiche emesse dagli isotopi radioattivi eventualmente contenuti nei carichi di materiali metallici possono essere rilevate impiegando dei rivelatori di radiazioni di adeguata sensibilità definita al punto 6.6.

Trattandosi di sistemi complessi, vengono identificati i requisiti base dei componenti fondamentali: rivelatori ed unità elettronica di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Il fornitore della strumentazione di nuova installazione deve fornire la caratterizzazione del prodotto secondo quanto riportato dalla norma CEI EN 62022.

6.2.1 Rivelatori

I rivelatori devono essere schermati contro la radiazione di fondo nei lati non di misura. Inoltre, trattandosi di un impiego in ambiente industriale all'aperto, il rivelatore deve anche presentare robustezza meccanica, e resistenza alle intemperie ed ai fenomeni climatici.

I sistemi devono, almeno, permettere le letture su due superfici preferibilmente opposte.

6.2.2 Unità elettronica e programma di analisi

L'unità elettronica di acquisizione ed elaborazione dati deve provvedere alla acquisizione dei dati provenienti dai rivelatori ed al loro confronto con le soglie di allarme. Il programma d'analisi deve provvedere alla registrazione dei valori del fondo ambientale, alla impostazione della soglia di allarme, all'analisi dei valori rilevati sul carico ed alla registrazione di un rapporto di prova. Il portale deve, inoltre, riconoscere la presenza del veicolo in ingresso, misurarne e registrarne la velocità di transito.

6.3 Verifiche di buon funzionamento

Con frequenza prestabilita, ad esempio annuale e, comunque, dopo ogni riparazione, modifica, implementazione o taratura dello strumento si aggiorna la carta di controllo anche verificandone la congruità con le misure precedenti.

La prova deve essere effettuata posizionando la sorgente in condizioni di geometria ripetibili, verificando che la lettura strumentale sia compresa entro intervalli di accettabilità stabiliti. L'intervallo di accettabilità ha per estremi il valore medio di letture ripetute, diminuito o aumentato di 3 volte il valore dello scarto tipo. Vedere, a titolo di esempio, Appendice F2.

La sorgente di prova per il rivelatore di radiazioni è costituita da una sorgente sigillata di normale approvvigionamento commerciale, preferibilmente di ¹³⁷Cs. La sorgente di prova può anche essere costituita da isotopi naturali presenti in matrice omogenea (ad esempio materiali refrattari).

Per le verifiche di buon funzionamento dei sistemi fissi la sorgente di prova deve garantire il superamento del valore del fondo naturale di, almeno, il 30%.

Con frequenza prestabilita, ad esempio bimestrale, deve essere effettuata una

verifica di buon funzionamento da parte di personale addestrato.

Si deve assicurare che la verifica sia eseguita in maniera riproducibile pertanto si deve posizionare sempre la sorgente nello stesso modo e posizione di fronte a ciascun rivelatore.

Le verifiche di buon funzionamento devono essere registrate in un apposito modulo (anche elettronico) dove deve essere riportato l'esito della lettura strumentale effettuata sulla sorgente di prova raffrontandola con un intervallo di validità precedentemente definito.

Vedere, a titolo di esempio, l'Appendice F2.

In aggiunta a quanto sopra indicato, con frequenza prestabilita, ad esempio annuale, deve essere effettuato, dal costruttore/fornitore dell'impianto o da una Ditta specializzata, un intervento di manutenzione preventiva.

Secondo le finalità di questa norma, il portale deve essere utilizzato solo come "filtro in ingresso e/o uscita" e nel suo funzionamento ci si deve limitare a considerare elaborazioni di valori di letture strumentali espresse in unità arbitrarie.

Di conseguenza l'uso di portali per misure dosimetriche, ai fini della presente norma, non è contemplato. In questo contesto non è quindi richiesta la taratura del portale.

6.4

Procedimento

Il carico di materiale da controllare si trova su un veicolo (autocarro, carro ferroviario o simili) che passa attraverso il portale. Poiché il fondo ambientale viene influenzato dalla presenza di veicoli in prossimità dei rivelatori, si deve evitare che ve ne siano in sosta vicino ai rivelatori, per esempio all'esterno della zona di passaggio a fianco del portale. Inoltre, quando un veicolo si trova in misura, il successivo deve essere fermo ad una distanza non minore di 5 m.

Il sistema deve permettere di conservare le registrazioni di tutte le rilevazioni effettuate su supporto cartaceo o informatico.

I sistemi a portale devono funzionare in maniera automatica; riconoscere l'avvicinarsi del veicolo, regolare un'opportuna soglia d'allarme basata sul fondo di riferimento, controllare il veicolo e, in caso d'allarme, fornire opportuna segnalazione con rapporto stampato ed eventuale attivazione di altri interblocchi.

Per i vagoni ferroviari agganciati in modo da formare un treno, l'intero treno costituisce il veicolo.

È necessario evitare che il veicolo passi troppo velocemente fra i rivelatori del portale. La velocità utile per la rilevazione deve essere non maggiore di 8 km/h.

In caso di rilevazione di una anomalia, prima di attivare la procedura d'allarme, si devono effettuare rilevazioni di conferma mediante ripetizione della rilevazione a velocità ridotta, per assicurarsi che non sia un falso allarme, oppure deve essere condotta una verifica con strumentazione manuale, attraverso il protocollo pertinente e concentrando le verifiche nella zona di carico che, in base alle indicazioni fornite dal sistema, è sede dell'anomalia radiometrica.

Il sistema deve aggiornare con continuità il valore del fondo ambientale, valutandone un valore medio per intervalli di tempo non maggiori di 15 min.

Il fondo ambientale deve essere rilevato, in assenza di ogni veicolo tra le pareti del portale e nelle aree adiacenti sino ad, almeno, 5 m di distanza, per lo stesso periodo di tempo impiegato per effettuare le rilevazioni su un veicolo.

Il fondo di riferimento, definito come fondo ambientale ridotto dalla presenza del carico, deve essere valutato o in maniera automatica al passaggio di ogni veicolo

oppure in modo sperimentale sulla base di almeno 10 letture effettuate su carichi tipici propri dell'impianto, ripetendo la valutazione almeno con frequenza annuale.

I valori del fondo ambientale e del fondo di riferimento e le prove effettuate per la sua determinazione devono essere registrati, progressivamente, su supporto magnetico o cartaceo.

6.5 Falsi allarmi e falsi positivi

Esistono diverse possibili cause di falsi allarmi e falsi positivi (vedere ad esempio Appendice E).

6.6 Sensibilità di rivelazione

La sensibilità nominale di ogni rivelatore del tipo impiegato da questi sistemi (riferita al ^{137}Cs) deve essere maggiore di $80 \times 10^3 \text{ s}^{-1} \mu\text{Gy}^{-1} \text{ h}$ per i plastici e maggiore di $3 \times 10^3 \text{ s}^{-1} \mu\text{Gy}^{-1} \text{ h}$ per i cristalli inorganici che effettuano spettrometria, riferiti alla Regione di Interesse del ^{137}Cs definita come compresa tra 560 e 760 keV.

In queste ipotesi ogni sistema deve essere costituito da almeno 2 rivelatori plastici o da almeno 4 rivelatori a cristalli inorganici.

Il sistema deve garantire la segnalazione di valori di irraggiamento maggiori di una soglia di allarme; in funzione dei diversi sistemi e algoritmi matematici, la soglia deve essere impostata in modo da garantire un numero di falsi positivi non inferiore allo 0,1%.

Nota: per l'attuazione di quanto contenuto nel presente punto (6.6) è ammesso l'utilizzo dei portali già in funzione per un periodo transitorio massimo di 36 mesi dalla data di pubblicazione della presente norma.

6.7 Espressione dei risultati

I risultati della lettura effettuata in corrispondenza del passaggio (o della sosta) del veicolo devono essere espressi in modo che siano rappresentati i valori del fondo prima della presenza del veicolo per ogni rivelatore del sistema, i valori della lettura stessa ed i dati di identificazione della lettura e del veicolo. Questi dati dovranno essere registrati su supporto informatico o cartaceo. Nel caso in cui si verifici una condizione di anomalia radiometrica, deve essere prodotto un resoconto di prova che contenga almeno le informazioni riportate nel paragrafo 7.

7 REGISTRAZIONE DEI RISULTATI DEI CONTROLLI

Tutti i controlli effettuati devono essere registrati, riportando:

a) in assenza di anomalie radiometriche

- data;
- località e impianto o Società;
- numero progressivo del documento;
- identificazione del carico (ad esempio: formulario, documento di trasporto o numero convoglio ferroviario o targa dell'automezzo);
- strumento utilizzato;
- responsabile del controllo;

- esito negativo dei controlli.
- b) In presenza di anomalie radiometriche deve essere compilato un resoconto di prova che riporti almeno le seguenti informazioni:
 - data;
 - località e impianto o Società;
 - numero progressivo del documento;
 - numero del vagone ferroviario o targa dell'automezzo;
 - strumento utilizzato;
 - responsabile del controllo;
 - valore del fondo ambientale;
 - valore del fondo di riferimento sul carico;
 - risultato delle letture strumentali.

8

CONSERVAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE

Tutta la documentazione relativa alle rilevazioni effettuate, i resoconti di prova e le carte degli strumenti devono essere conservati, in forma cartacea o in forma di "file" elettronico, per un tempo prestabilito, ad esempio 3 anni.

APPENDICE
(informativa)

A ESEMPI DI POSSIBILI CONTENUTI DI ISOTOPI RADIOATTIVI IN PARTI DI APPARATI
O SISTEMI ROTTAMATI

Elementi rottamati	Possibili isotopi radioattivi contenuti
quadri luminosi per aerei	^3H , ^{147}Pm , ^{226}Ra , ^{90}Sr , ^{85}Kr
ionizzatori d'aria	^3H , ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{241}Am
quadranti automobilistici	^3H
bussole e sistemi di navigazione	^3H , ^{226}Ra
sensori del punto di rugiada	^{226}Ra , ^{232}Th
sensori di fumo	^{241}Am , ^{226}Ra , U
sonde (di livello, spessore, massa volumica, ecc.)	^{226}Ra , ^{241}Am , $^{241}\text{Am/Be}$, ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{85}Kr , ^{192}Ir , $^{226}\text{Ra/Be}$
rivelatori di ghiaccio	^{90}Sr
sorgenti per radiografie industriali	^{192}Ir , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{226}Ra
irraggiatori auto-schermati	^{137}Cs , ^{60}Co
barre luminose	^{226}Ra , ^{232}Th
quadranti fosforescenti	^3H , ^{147}Pm , ^{14}C
segnali luminosi	^3H , ^{147}Pm , ^{14}C , ^{85}Kr , ^{226}Ra
sorgenti per medicina nucleare	^{226}Ra , ^{241}Am , ^{67}Ga , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{85}Kr , ^{192}Ir , ^{125}I
misuratori di fessurazione	^{85}Kr
mattoni refrattari	^{60}Co
eliminatori di cariche statiche	^{226}Ra , ^{241}Am , ^{210}Po
contenitori schermati di trasporto	^{192}Ir , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{226}Ra , U_{nat}
irraggiatori di fumi	^{60}Co
sensori termostatici	^3H , ^{147}Pm
strumenti per analisi geologiche	^{226}Ra , $^{241}\text{Am/Be}$, ^{137}Cs , $^{226}\text{Ra/Be}$
quadranti di orologi	^3H , ^{147}Pm , ^{226}Ra , ^{232}Th
tubi e parti di impianto idraulico/petrolifero con incrostazioni	^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th

APPENDICE B ESEMPIO DI RESOCONTO DI PROVA /REGISTRAZIONE
(informativa)

Resoconto di prova radiometrica N°		
Località:	Impianto:	Data:
Responsabile della rilevazione:		
Convoglio ferroviario N°	Automezzo Targa:	Descrizione carico:
Rottame di ferro provenienza estera:		
Metodo di rilevazione manuale:	<input type="checkbox"/> puntuale	<input type="checkbox"/> continuo
Strumento utilizzato:		
Anomalie rilevate <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO se SI allegare il relativo modulo B1 o B2.		
		Firma Responsabile della Rilevazione

Modulo B1 (localizzazione irradiazione) – Autocarri

Azienda:

Comune:

Comunicazione del:

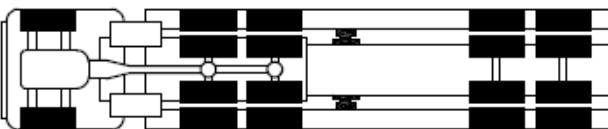
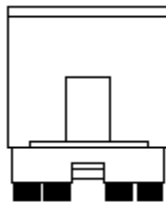
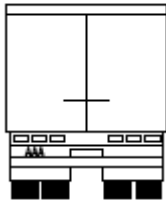
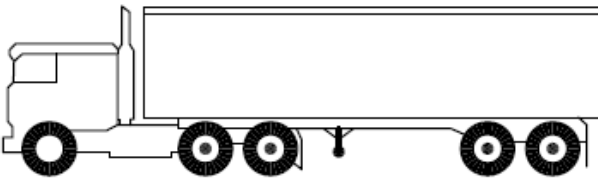
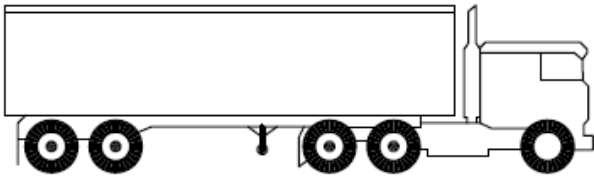
Targa automezzo:

Indicare, con l'ausilio dei disegni sotto riportati, la posizione ed il valore dei punti di irradiazione.

Unità di misura utilizzata:

Valore del fondo ambientale in assenza di carichi:

Valore del fondo di riferimento



Lato destro - Note

.....
.....
.....
.....

Lato sinistro - Note

.....
.....
.....
.....

Lato posteriore - Note

.....
.....
.....
.....

Lato anteriore - Note

.....
.....
.....
.....

Lato superiore - Note

.....
.....
.....
.....

Lato inferiore - Note

.....
.....
.....
.....

Modulo B2 (localizzazione irradiazione) - Carri ferroviari

Azienda:

Comune:

Comunicazione del:

Identificativo convoglio:

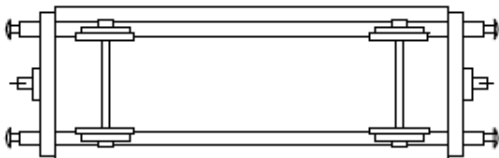
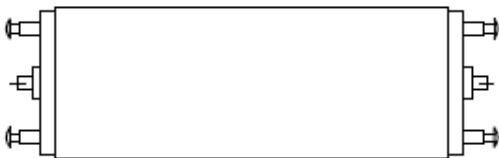
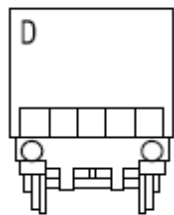
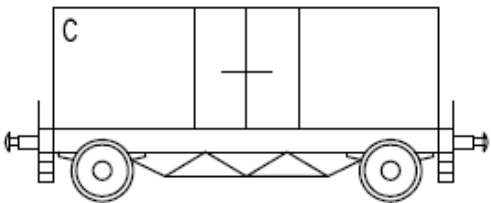
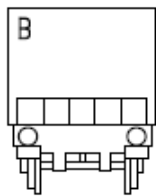
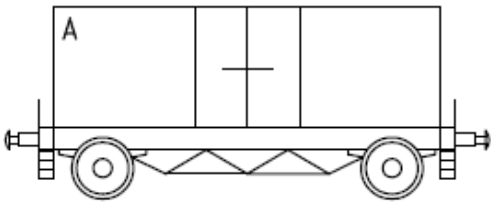
Contrassegnare le facce verticali del contenitore di trasporto (A, B, C, D) per renderle identificabili:

Indicare, con l'ausilio dei disegni sotto riportati, la posizione ed il valore dei punti di irradiazione.

Unità di misura utilizzata:

Valore del fondo ambientale in assenza di carichi:

Valore del fondo di riferimento



Lato A - Note

.....
.....
.....
.....

Lato B - Note

.....
.....
.....
.....

Lato C - Note

.....
.....
.....
.....

Lato D - Note

.....
.....
.....
.....

Lato superiore - Note

.....
.....
.....

Lato inferiore - Note

.....
.....
.....

APPENDICE D FATTORI CHE INFLUISCONO SULLE RILEVAZIONI
(informativa)

La descrizione delle procedure da adottarsi per la rilevazione di anomalie radiometriche in carichi dei materiali in oggetto richiede una breve descrizione dei fattori che influiscono sulle rilevazioni effettuate con la strumentazione radiometrica. Si deve considerare che il valore di rateo di dose o di kerma in aria, di esposizione o il rateo di conteggio di uno strumento rivelatore di radiazioni penetranti in prossimità di un carico di materiale metallico è, essenzialmente, condizionato dai seguenti fattori:

- **Radiazione di fondo**
È dovuta alla presenza di radionuclidi naturali nel terreno e nei materiali da costruzione presenti in prossimità della postazione utilizzata per le rilevazioni, nonché della radiazione di origine cosmica. In una posizione ben definita ed in condizioni meteorologiche costanti, il valore della radiazione di fondo non subisce variazioni significative, nell'arco di tempi di integrazione dell'ordine di alcuni secondi. I valori tipici della radiazione di fondo possono variare da 60 nGy/h a 200 nGy/h in funzione delle caratteristiche geologiche e dell'altitudine del luogo. Il contributo dato a tale irradiazione dai radionuclidi di origine naturale aerodispersi, principalmente discendenti del ^{220}Rn e del ^{222}Rn , ammonta, normalmente, ad alcuni nGy/h, ed è, conseguentemente, trascurabile dal punto di vista radiometrico. Le precipitazioni atmosferiche, abbattendo al suolo una frazione rilevante del particolato atmosferico al quale tali radionuclidi sono associati, possono però provocare temporanei innalzamenti del valore di rateo di dose in aria, specie nelle fasi iniziali delle precipitazioni stesse, anche per valori non trascurabili, con aumenti sino a circa il 30% rispetto al valore rilevabile in condizioni di tempo stabile.
- **Schermaggio della radiazione di fondo da parte del carico**
Il contenuto dei carichi consiste di norma in materiali metallici, che hanno capacità non trascurabile di attenuazione della radiazione incidente. La radiazione di fondo è di conseguenza intercettata ed attenuata nelle posizioni circostanti un carico in verifica, in funzione del contenuto del carico, della sua geometria e della stessa posizione della prova. Una rilevazione effettuata a contatto di un carico, in condizioni in cui può essere assimilato a semispazio infinito omogeneo, può fornire, in assenza di contaminazione, valori prossimi alla metà di quanto rilevabile in assenza del carico, considerato che viene eliminato il flusso di fotoni che, pur indirizzato verso il rivelatore, è intercettato dal carico; è normale un'attenuazione dei valori di irradiazione per circa il 30-40%. È inoltre normale una variazione del valore di fondo in varie posizioni attorno al carico conseguente a disomogeneità del carico o della sua geometria di posizionamento nel contenitore di trasporto.
- **Irradiazione da parte del contenuto del carico esaminato**
Sostanze radioattive contenute in un carico di rottami offrono, ad un punto di rilevazione esterno al carico stesso, un contributo di irradiazione condizionato essenzialmente dai seguenti fattori:
 - tipologia della sorgente e sua attività,
 - assorbimento della radiazione emessa dalla sorgente da parte del carico frappeo tra la sorgente stessa ed il rivelatore,

- diffusione, fattore di accumulazione della radiazione nel carico e posizione della sorgente all'interno del carico.

APPENDICE
(informativa)

E CAUSE DI FALSI ALLARMI/FALSI POSITIVI

E.1

Errore di disomogeneità

I sistemi di rilevazione devono compensare l'abbattimento del fondo ambientale: essi in pratica riconoscono la presenza di segnali maggiori del fondo di riferimento, ma minori del fondo ambientale. La presenza di carichi fortemente disomogenei può portare alla rilevazione di falsi allarmi.

E.2

Errore dovuto a condizioni logistiche

Il caso più frequente è causato dalla presenza prolungata di veicoli carichi parcheggiati nelle vicinanze dei rivelatori in modo da schermarli parzialmente. Il monitor rileva un fondo più basso del reale e quindi regola la soglia d'allarme troppo in basso: il primo veicolo che transita attraverso il portale dopo la partenza del veicolo schermante potrà dare luogo ad un falso allarme/falso positivo.

E.3

Errore dovuto a fenomeni meteorologici

Un altro fattore che altera il fondo sono le forti precipitazioni atmosferiche, specialmente nelle loro fasi iniziali. Se si sospetta un caso del genere, si può reimpostare il sistema (facendogli "apprendere" un fondo nuovo) dopo avere rimosso qualsiasi veicolo dalle vicinanze dei rivelatori, e quindi rieseguire la prova. Al termine delle precipitazioni, le condizioni atmosferiche ritornano alla normalità con transitori, generalmente, superiori a quelli caratteristici del peggioramento. In questi casi i sistemi automatici possono adeguare automaticamente i valori del fondo. Quando ciò non fosse possibile si deve procedere alla correzione manuale dei valori del fondo ambientale.

E.4

Errore puramente statistico

Gli allarmi dovuti a fluttuazioni statistiche sono difficilmente ripetibili; di conseguenza tali fluttuazioni statistiche non vengono confermate dalla ripetizione della prova. Una qualsiasi anomalia rilevata deve essere confermata con una successiva rilevazione e deve portare alla effettuazione di indagini relative al contenuto del carico.

APPENDICE
(informativa)

F CONTROLLO DI CORRETTO FUNZIONAMENTO

Si intende per controllo di corretto funzionamento (o controllo di qualità) un controllo, effettuato mediante una idonea sorgente radioattiva di prova, per verificare che lo strumento, una volta esposto alla sorgente, indichi, entro una certa tolleranza, il valore di riferimento determinato.

F.1

STRUMENTAZIONE PORTATILE

F.1.1 Costruzione della carta di controllo

La predisposizione e l'aggiornamento della carta di controllo viene effettuata secondo

opportune procedure redatte osservando le indicazioni seguenti.

Con frequenza almeno annuale e, comunque, dopo ogni riparazione, modifica, implementazione o taratura dello strumento si aggiorna la carta di controllo anche verificandone la congruità con le misure precedenti.

La validità di 12 mesi della carta di controllo decorre dall'ultimo aggiornamento effettuato.

Si devono svolgere le seguenti operazioni:

- 1) Acquisire 30 misure istantanee in assenza di sorgente, intervallate da almeno 5 s una dall'altra; considerata la i -esima misura, calcolare il valore medio del fondo come segue:

$$M_F = \frac{\sum_{i=1}^{30} M_{Fi}}{30}$$

- 2) Acquisire 30 misure istantanee con sorgente, intervallate da 5 s una dall'altra; considerata la i -esima misura, calcolare il valore medio come segue:

$$M_L = \frac{\sum_{i=1}^{30} M_{Li}}{30}$$

- 3) Calcolare la deviazione standard della misura netta come

$$\sigma_S = \sqrt{\sigma_F^2 + \sigma_L^2}$$

in cui:

$$\sigma_F^2 = \frac{\sum_{i=1}^{30} (M_{Fi} - M_F)^2}{29}$$

- 4) Determinare il valore medio della misura netta con sorgente, M_S , come:

$$M_S = M_L - M_F$$

- 5) Definire, sull'ordinata di un grafico cartesiano, un intervallo (che denomineremo "intervallo di accettabilità") avente per estremo inferiore $M_S - 3\sigma_S$ e per estremo superiore $M_S + 3\sigma_S$. L'intervallo è quindi centrato su M_S .

- 6) Tracciare quindi a partire dall'asse delle ordinate le semirette. Si noti che il valore di M_S diminuisce seguendo la legge del decadimento radioattivo della sorgente, e di questo occorre tenere conto nel tempo.

F.1.2 Esecuzione delle verifiche di buon funzionamento.

Le verifiche di buon funzionamento sono effettuate da personale addestrato e consistono in:

- 1) Mettere in opera lo strumento seguendo accuratamente le istruzioni del manuale d'uso predisposto dal costruttore;
- 2) effettuare una lettura strumentale del fondo naturale, registrare il dato;
- 3) effettuare una lettura strumentale utilizzando la sorgente di prova (par. 5.3) e registrare il dato;

- 4) sottrarre alla lettura con sorgente il valore del fondo ed inserire il dato così ottenuto nella carta di controllo verificando che sia compreso entro l'intervallo di accettabilità;
- 3) qualora il dato non sia compreso entro l'intervallo di accettabilità, dopo aver ripetuto la lettura per controllo, valutare di sottoporre lo strumento a eventuali riparazioni, successiva taratura e ridefinizione dell'intervallo di accettabilità.

Un esempio di carta di controllo è riportata nell'Allegato 1.

F.2

STRUMENTAZIONE FISSA (PORTALI)

F.2.1 Costruzione della carta di controllo

La carta di controllo è costruita e aggiornata da personale opportunamente addestrato.

Con frequenza almeno annuale e, comunque, dopo ogni riparazione, modifica o implementazione dello strumento si aggiorna la carta di controllo. La validità di 12 mesi della carta di controllo decorre dall'ultimo aggiornamento effettuato.

Si eseguono le stesse operazioni previste nell'Appendice F 1.1.

F.2.2 Esecuzione delle verifiche di buon funzionamento

Le verifiche di buon funzionamento sono effettuate da personale addestrato e consistono in:

- 1) Mettere in opera lo strumento seguendo accuratamente le istruzioni del manuale d'uso predisposto dal costruttore;
- 2) effettuare una lettura del fondo naturale, registrare il dato;
- 3) effettuare una lettura utilizzando la sorgente di prova (par. 6.3) e registrare il dato;
- 4) sottrarre alla lettura con sorgente il valore del fondo ed inserire il dato così ottenuto nella carta di controllo verificando che sia compreso entro l'intervallo di accettabilità;
- 5) qualora il dato non sia compreso entro l'intervallo di accettabilità, dopo aver ripetuto la lettura per controllo, valutare di sottoporre lo strumento a eventuali riparazioni e ridefinizione dell'intervallo di accettabilità.

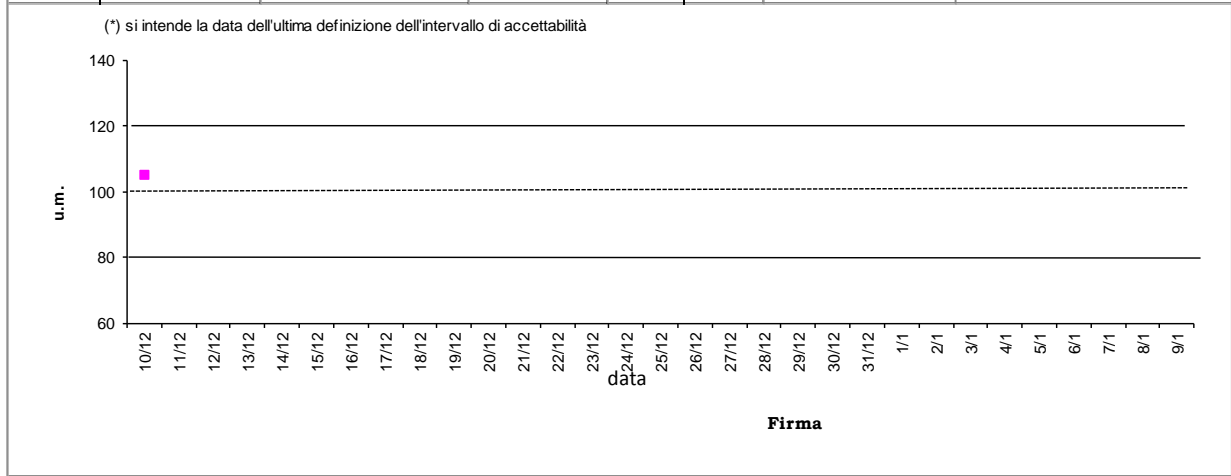
Un esempio di carta di controllo è riportata in Allegato 2.

Allegato 1: carta di controllo per strumento portatile – esempio -

Ditta	CONTROLLO DI CORRETTO FUNZIONAMENTO			n° progressivo
	Strumento: Modello	Marca	n° matricola	

Frequenza :	Dati intervallo di accettabilità					
	Data (*)	sorg N°	media- 3σ	media	media+3σ	3σ
			Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura
		80	100	120	20	

Esito Controlli di corretto funzionamento							
Data	misura Fondo M _F unità di misura	misura con Sorgente M _L unità di misura	Misura netta M _S unità di misura		Esito	note	Esecutore (nome cognome firma)
10/12/2013	50	155	105	✓	OK	
11/12/2013							
12/12/2013							
13/12/2013							
14/12/2013							
15/12/2013							
16/12/2013							
17/12/2013							
18/12/2013							
19/12/2013							
20/12/2013							
21/12/2013							
22/12/2013							
23/12/2013							
24/12/2013							
25/12/2013							
26/12/2013							
27/12/2013							
28/12/2013							
29/12/2013							
30/12/2013							
31/12/2013							
01/01/2014							
02/01/2014							
03/01/2014							
04/01/2014							
05/01/2014							
06/01/2014							
07/01/2014							
08/01/2014							
09/01/2014							



Allegato 2: carta di controllo per strumentazione fissa (portale)

Ditta	CONTROLLO DI CORRETTO FUNZIONAMENTO	n° progressivo
	Strumento: Modello Marca n° matricola	

Sonda 1: dati intervallo di accettabilità					
Data (*)	sorg N°	media- 3σ	media	media+3σ	3σ
		Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura
		900	1100	1300	200

Sonda 1: esito controlli corretto funzionamento							
data	misura Fondo M _f unità di misura	misura con Sorgente unità di misura	Misura netta M _s unità di misura		Esito	note	Esecutore (nome cognome firma)
.....	500	1500	1000		OK	
.....
.....

Sonda 2: dati intervallo di accettabilità					
Data (*)	sorg N°	media- 3σ	media	media+3σ	3σ
		Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura	Unità di misura
		950	1050	1250	200

Sonda 2: esito controlli corretto funzionamento							
data	misura Fondo M _f unità di misura	misura con Sorgente unità di misura	Misura netta M _s unità di misura		Esito	note	Esecutore (nome cognome firma)
.....	520	1500	980		OK	
.....
.....

Sonda 3: dati intervallo di accettabilità					
Data (*)	sorg N°	media- 3σ	media	media+3σ	3σ
		misura	misura	misura	misura
		900	1100	1300	200

Sonda 3: esito controlli corretto funzionamento							
data	misura Fondo M _f unità di misura	misura con Sorgente unità di misura	Misura netta M _s unità di misura		Esito	note	Esecutore (nome cognome firma)
.....	510	2500	1990		KO	
.....
.....

(*) si intende la data dell'ultima definizione dell'intervallo di accettabilità

Firma