

**DEFINIZIONE DI SPECIFICHE TECNICHE E PROCEDURE D'IMPIEGO DI UN SISTEMA
INNOVATIVO DI RIVELAZIONE DI MATERIALI RADIOATTIVI IN MATERIALE DESTINATO A
DISCARICHE, INCENERITORI E TERMOVALORIZZATORI**

Ing. Carlo Pariset

**Tutor: Ing. Vanio Ortenzi
Cotutor Sig. Maurizio Borreca**

DEFINIZIONE DEL PROBLEMA	4
CASI NOTI DI CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA DI RIFIUTI	6
COME VIENE AFFRONTATO IL PROBLEMA IN USA	8
PROGETTO DEL MONITOR IN INGRESSO.....	14
APPLICAZIONE ALLE TRE TIPOLOGIE DI INSTALLAZIONE (DISCARICA,INCENERITORE,TERMOVALORIZZATORE)	16
VARCHI DI CONTROLLO PER TRAFFICO ILLECITO	16
STIMA DELLA VELOCITA'	19
CONFIGURAZIONE GEOMETRICA	19
SOTTRAZIONE DEL FONDO	19
POSIZIONAMENTO DEI PORTALI.....	20
INGRESSO IN TERMOVALORIZZATORI/INCENERITORI	21
STIMA DELLA VELOCITA'	21
CONFIGURAZIONE GEOMETRICA	21
SOTTRAZIONE DEL FONDO	21
CONCLUSIONI.....	26
Bibliografia	27

INTRODUZIONE

Il problema dello smaltimento illecito dei rifiuti radioattivi sta diventando una problematica di interesse almeno quanto il traffico illecito di materiali radioattivi.

Ci sono alcuni paesi che hanno da tempo dimostrato una sensibilità nei confronti di questa problematica ed altri che vi si stanno affacciando solo di recente.

In Italia al momento non esiste una linea di azione unitaria tesa al controllo capillare, strumentale, dei rifiuti che pervengono nei siti finali, pur essendoci una legislazione che regola il corretto smaltimento degli stessi.

L'erroneo o doloso smaltimento in strutture inadeguate a trattare rifiuti radioattivi può essere infatti potenzialmente molto pericoloso sia per l'inquinamento ambientale, sia per la salute pubblica comportando, infatti, l'esposizione della popolazione o degli operatori a ratei di dose a volte anche rilevanti, ed oltretutto ignoti.

Il problema è ultimamente più sentito anche grazie al diffondersi di termodistruttori e termovalorizzatori, infatti, se l'inadeguato smaltimento in discarica di rifiuti radioattivi può avere conseguenze limitate (anche se potenzialmente importanti a carico degli operatori e del territorio circostante), altro discorso va fatto in caso di incenerimento degli stessi in quanto il particolato radioattivo viene poi disperso in un raggio molto ampio, dando luogo ad una contaminazione molto estesa.

Nel corso della tesi vengono prima di tutto esaminati i casi noti di contaminazione avvenuti nei vari paesi – non ci sono casi noti in Italia, probabilmente per l'assenza al momento di una rete di controllo vera e propria- in modo da poter avere un'idea di che tipo di rifiuto “non convenzionale” sia possibile incontrare.

La cosa che sembra trasparire dai casi denunciati, soprattutto in USA, è che innanzitutto il numero di oggetti di uso comune con un'attività non indifferente è elevato, la seconda cosa è che, a parte sporadici casi dubbi, lo smaltimento in sito errato avviene per lo più in maniera inconsapevole, causato dall'ignoranza sulla pericolosità delle sorgenti radioattive o addirittura dal fatto che questi possano essere considerati rifiuti comuni piuttosto che sorgenti radioattive.

Conseguentemente si è cercato di capire come venga affrontato questo problema negli altri paesi in modo da poter mettere a fuoco una possibile strategia utilizzabile in Italia.

Fondamentalmente si opta per l'utilizzo di rivelatori di radiazione gamma fissi ai varchi di accesso dei siti da controllare e la predisposizione di adeguate procedure di indagine e confinamento nel caso venga rilevata un rifiuto con attività radioattiva superiore ad un limite prefissato.

Questo approccio pare sensato sotto vari aspetti, quello della fattibilità in tempi brevi, dell'economia e quello della possibilità di upgrade del sistema.

Si è quindi provveduto a redigere un progetto di massima di come dovrebbe essere costituita dal punto di vista della strumentazione e delle procedure una rete di controllo nazionale in modo che possa essere introdotta in maniera graduale, con investimenti modesti e con la possibilità di essere strutturata come una rete informatica.

Quest'ultima caratteristica non è affatto secondaria, in quanto consentirebbe la creazione di un osservatorio nazionale dei livelli di radioattività nei siti, con la capacità di valutare ed individuare “in tempo reale” anomale concentrazioni di rifiuti fuori norma ed il loro spostamento lungo il territorio.

Da un punto di vista organizzativo, poi, questo porterebbe ad una migliore gestione del personale specializzato e delle attrezzature, in quanto la migliore comunicazione e la maggiore velocità dell'informazione potrebbe consentire la creazione di una o più Task Force altamente specializzate e propriamente equipaggiate, in movimento sul territorio secondo le necessità, in supporto delle entità locali, rimuovendo la necessità di duplicazione di competenze ed apparecchiature.

ABSTRACT

The problem of the illicit disposal of the radioactive refusals is becoming one problematic of interest at least the same of the illicit movement of radioactive material. There are some countries that have for a long time demonstrated a sensibility in the comparisons of this topic, others that are just recently approaching to it. In Italy at the moment a line of stiff unitary action for a capillary, instrumental, control of the wastes arriving in the specific sites doesn't exist, even if one legislation that rules the corrected disposal of them already exists. The erroneous or fraudulent disposal in structures inadequate to dealing radioactive refusals can be in fact potentially much dangerous, because of the environmental pollution and because of the public health, involving population or workers exposure to rates of dose sometimes relevant, and always unknown. Recently this problem is more present because of the incinerators' increased presence; if radioactive wastes would be disposed in an inadequate dump, in fact, consequences could be limited (even if potentially important for all that concerns workers), different is the case they'd been incinerated, because the radioactive particles become dispersed in a wide radius, with following extensive contamination. In this thesis first of all known events happened in different countries have been examined - not there are famous cases in Italy, probably because of the absence at the moment of a real control network - in order to have an idea of which type of "not conventional" refusal is possible to meet. The thing that seems to be transparent above all from the denounced cases, in USA, is that in first instance, the number of objects of common use with a not indifferent activity is high, the second thing is that, except sporadic doubts cases, incorrect disposal happens commonly in unconscious way, caused from the ignorance of the dangerousness of sources or, more, that these wastes can be considered radioactive sources. Consequently it has been attempted to understand how the other countries approach to this problem, with intention to be able to put on one possible suitable strategy in Italy. Basically main choose is using fixed detectors at the access points of the sites to control, and the predisposition of adequate procedures of surveying and confining in the case one source with activity overflowing a prefixed limit is revealed.

This approach appears being logical under several aspects, for the feasibility in short times, the economy and the possibility of a system upgrade. Therefore it has been provided to write up a draft on the suitable instrumentation and procedures for a national control network, feasible to be introduced gradually, with modest investments and the possibility to be structured like a computer network. This last characteristic is not secondary at all, in fact the creation of a national observatory of the radioactivity levels in sites would concur, an observatory with the ability to estimate and to characterize "real time" anomalous concentrations of "out standard" refusals and their movements along the country. From point of view of the organization, then, this would carry to a better technical equipment and personnel management, in fact, the improved communication and the greater speed of the information could concur with the creation of one or more properly equipped Task Force highly skilled, mobile on the territory on demand, in support of the local entities, avoiding duplication of competences and equipments.

DEFINIZIONE DEL PROBLEMA

Esistono due differenti problematiche nell'ambito della rivelazione di materiale radioattivo occultato (con dolo o senza) in materiali convenzionali, movimento inconsapevole e lo smaltimento illegale di materiale radioattivo in discariche tradizionali o termovalorizzatori.

Entrambi questi eventi hanno però in comune la possibilità di utilizzare trasporto su gomma o rotaia di tipo tradizionale e su questo comune denominatore va ad inserirsi l'utilizzo dei portali di rivelazione.

Se sono stati numerosi negli anni gli episodi che hanno implicato movimento illegale di materiali nucleari e altre sorgenti radioattive attraverso i confini internazionali e all'interno degli stessi, ancora più frequente è stato il caso di sorgenti radioattive portate inconsapevolmente in circolazione, in particolare nei rottami metallici, causando talvolta una significativa esposizione alla radiazione a carico degli operatori o della popolazione.

Nel 1995 la IAEA ha avviato un programma per combattere il traffico illecito di materiali radioattivi, che include creazione di un database internazionale su episodi illeciti di traffico.

Mentre i sistemi di controllo dei rottami metallici contaminati nelle acciaierie e nelle discariche sono utilizzati da molti anni, sono rimaste delle sostanziali differenze nelle modalità delle misurazioni e nella procedura di confinamento dei materiali radioattivi rinvenuti. La grande mole di traffico di veicoli limita il tempo a disposizione per effettuare delle misurazioni precise e, in caso di allarme, vengono a crearsi problemi pratici nel praticare ulteriori misure sullo stesso veicolo.

Ad esempio la rivelazione di materiali radioattivi ai confini di uno stato, richiede una risposta reattiva immediata sulla scena del ritrovamento, con successivi ulteriori controlli sul carico nel quale si verificasse un'anomalia radiometrica.

Gli obiettivi e le priorità del combattere tale traffico illecito di materiali radioattivi sono:

- ◇ minimizzare qualsiasi rischio potenziale di salute per i lavoratori ed il pubblico;
- ◇ ridurre il rischio di commercio bellico;
- ◇ indagare e raccogliere qualsiasi prova riguardante la provenienza finalizzata al comprendere in quale modo (anche accidentale) si vadano a diffondere tali materiali, stabilendone una scala di gravità per ogni singolo evento.

Queste priorità sono ovviamente le stesse nel caso ci trovi nel caso di trasporto inconsapevole di materiale, in quanto i rischi sono potenzialmente gli stessi.

Inoltre un trasporto inconsapevole di materiale radioattivo potrebbe essere solo un livello basso di una catena organizzata finalizzata allo smaltimento illegale di rifiuti, quindi l'istituzione di una tracciabilità dei materiali risulta quanto mai opportuna.

La decisione secondo la quale si stabilisce che un particolare episodio deve essere considerato un reale caso di traffico illecito dovrà essere presa o almeno fatta partire dall'ufficiale di linea nel caso dei varchi di frontiera, basata sui primi dati forniti dal sistema di controllo.

Per questa decisione giocano un ruolo fondamentale gli spettrometri gamma. La caratterizzazione rapida del materiale radioattivo sul posto è quindi di importanza fondamentale e dovrebbe essere eseguita di routine dall'ufficiale di linea, evitando perdite di tempo per l'intervento di esperti qualificati esterni.

Esistono infatti numerosi modelli di portali per rivelazione disponibili sul mercato tutti ad un buon livello di affidabilità e tutti allo stesso modo limitati da un vincolo fisico determinante: la velocità di passaggio del mezzo tra gli elementi sensibili del rivelatore, che deve essere generalmente piuttosto bassa, dell'ordine dei 10 Km/h.

I problemi che questo vincolo comporta sono ovviamente ben diversi a seconda che si pensi di esaminare veicoli che viaggiano su di una via ad alto scorrimento piuttosto che automezzi fermi davanti ad un cancello in attesa di entrare in discarica.

In questo scenario infatti, sfruttando una serie di tempi morti (varchi di cancelli, zone di scarico, stazioni di pesa) si possono utilizzare con profitto le stesse attrezzature disponibili in commercio con ovvi benefici in termini di velocità di installazione, affidabilità ed assistenza tecnica.

CASI NOTI DI CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA DI RIFIUTI

Non sono molti i casi noti di contaminazione di rifiuti radioattivi avvenuti in Italia, (o meglio rilevati) in quanto non esiste ancora un'efficiente rete di monitoraggio per questi problemi.

Esistono casi da letteratura americana, per esempio un collaboratore del Connecticut Department of Environmental Protection (CTDEP) denunciò il ritrovamento di materiale radioattivo nel carico destinato ad un inceneritore. Il personale dell'installazione notificò al CTDEP che il rifiuto aveva fatto partire i loro monitor di radiazione, con 20 milliroentgen per ora misurati. Il personale del CTDEP determinò che il rifiuto radioattivo era localizzato in una ridotta area della zona di scarico e lo identificò come ^{131}I . Il CTDEP riuscì a risalire il cammino del rifiuto fino alla sorgente, identificata come un concessionario NRC medical. Dal momento che tutte le sorgenti erano ordinate per durare la settimana precedente, la struttura credette che il materiale fosse un rifiuto generato da un paziente e non materiale terapeutico, dopo essere stata contattata dal NRC Region I, prese le necessarie misure per isolare la sorgente e riportarla al sicuro all'interno della propria struttura

Ci sono stati poi eclatanti casi di contaminazione dei rifiuti in Pennsylvania:

Una sorgente da 4.2 Ci di ^{192}Ir

Due sorgenti di neutroni Am-Be trovate nei rifiuti

Quattro sorgenti di ^{137}Cs da 3mCi incenerite in un RRF

Sorgenti industriali di ^{226}Ra .

Cinque Yellow bags di ^{60}Co da una installazione nucleare!¹

La IAEA stila ogni anno un rapporto sui materiali radioattivi incontrati al di fuori dei canali consentiti che hanno portato ad una denuncia presso l'Agenzia, citando anche i materiali radioattivi che sono normalmente causa di falsi allarmi ma che in questo specifico problema rientrano nella classe dei materiali da verificare²:

Classe I : radionuclidi ad uso medico più diffusi	
Gallio 67	Iodio 129
Tecnezio 99m	Iodio 131
Indio 111	Xenon 133
Iodio 123	Tallio 201
Iodio 125	

Esistono poi alcuni radionuclidi naturali (K-40, uranio naturale (U-238 e Ra -226) e Torio 232) normalmente presenti in materiali tradizionali:

Classe II : materiali frequenti contenenti NORM			
Sostanza	Attività approssimativa in Bq kg ⁻¹		
	K-40	Ra-226	Th-232
Fertilizzanti	40-8000	20-1000	20-30
Granito	600-4000	30-500	40-70
Mattoni	300-2000	20-90	32-200
Ardesia	500-1000	30-70	40-70
Arenaria	40-1000	20-70	20-70
Marmo	40-200	20-30	20

¹ Regulations and Guidance for Dealing With Radioactivity in Solid Waste in Pennsylvania

² IAEA – TECDOC – 1312, September 2002

Feldspato	2000-4000	40-100	70-200
Monazite	40-70	30-1000	50-3000
Calcestruzzo	150-500	40	40

Classe III : Radionuclidi comunemente usati nell'industria e per la ricerca		
Sodio 22	Ittrio 90	Bario 133
Fosforo 32	Tecnezio 99	Cesio 137
Calcio 47	Tecnezio 99m	Promezio 147
Cobalto 58	Rutenio 106	Gadolinio 153
Cobalto 60	Palladio 103	Iridio 192
Gallio 67	Indio 111	Mercurio 197
Selenio 75	Iodio 123	Tallio 201
Krypton 81m	Iodio 125	Radon 222
Ittrio 88	Iodio 129	Radio 226
Stronzio 89	Iodio 131	Plutonio 238
Stronzio 90	Xenon 133	Californio 252

Infine i materiali che hanno portato ad una denuncia per traffico illecito:

Classe IV : Materiali nucleari nel database di traffico illecito		
Elemento	Descrizione del materiale	
	Tipo di materiale	Massa (range)
Uranio	Naturale	0.1g-82kg
	Depleto	0.1g-100kg
	A basso arricchimento	4.11g-149.8kg
	Ad alto arricchimento	0.17g-2.972kg
Plutonio	Totale	0.05mg-363g
Torio	Varie forme chimiche	0.3kg-1400kg

Classe V : Altri radionuclidi di interesse per il traffico illecito		
Radionuclide	Tipo di radiazione	Attività/fluxo neutronico
Americio 241	α, γ	$3.7 \times 10^4 \text{ Bq} - 2.0 \times 10^{10} \text{ Bq}$
Cadmio 109	γ	$1.85 \times 10^5 \text{ Bq} - 3.7 \times 10^8 \text{ Bq}$
Cesio 137	β, γ	$1.85 \times 10^5 \text{ Bq} - 3.1 \times 10^{12} \text{ Bq}$
Californio 252	α, γ, n	$3.3 \times 10^6 \text{ ns}^{-1} - 1.3 \times 10^7 \text{ ns}^{-1}$
Cobalto 60	β, γ	$3.34 \times 10^2 \text{ Bq} - 3.26 \times 10^{13} \text{ Bq}$
Iridio 192	γ	$9.25 \times 10^4 \text{ Bq} - 2.94 \times 10^{12} \text{ Bq}$
Krypton 85	β, γ	$1.85 \times 10^5 \text{ Bq} - 1.85 \times 10^7 \text{ Bq}$
Piombo 210	α, β, γ	$1.0 \times 10^4 \text{ Bq}$
Stronzio 90	β	$1.8 \times 10^5 \text{ Bq} - 2.6 \times 10^{11} \text{ Bq}$
Radio 226	α, β	$7.1 \times 10^3 \text{ Bq} - 5.0 \times 10^8 \text{ Bq}$
Tecnezio 99m	β, γ	$5.9 \times 10^9 \text{ Bq} - 1.4 \times 10^{11} \text{ Bq}$

COME VIENE AFFRONTATO IL PROBLEMA IN USA

Faremo riferimento nello specifico ad una linea guida adottata dallo stato della Pennsylvania per la detezone e l'isolamento di materiali radioattivi dispersi nei rifiuti tradizionali.

L'esigenza di dotarsi di una linea guida nei casi di ritrovamento di materiali radioattivi nasce dal fatto che molte installazioni si sono già dotate per loro conto di apparecchiature, procedure di emergenza tra loro magari differenti e che però devono assicurare un livello di sicurezza appropriato, allo stesso tempo dalla necessità di limitare il quantitativo di falsi allarmi e di classificazioni erranee di materiali radioattivi di basso livello, in quanto essi necessitano di procedure differenti di smaltimento e di identificazione che si concretizzano in un aggravio dei costi.



Esistono casi noti di ritrovamento dei più disparati materiali emettitori: dai frequenti rivelatori di fumo con la loro gemma di ^{226}Ra o di ^{241}Am , le parti di orologi e strumentazioni con luminescenza al trizio, fertilizzanti, oggetti con parti o vernici di uranio, ma anche sorgenti rilevanti come sorgenti di calibrazione di cobalto o aghi in ^{226}Ra per brachiterapia.



Una volta soggetti a misurazione i rifiuti vengono suddivisi in tre macro classi a seconda del loro livello di radiazione rilevata:

- inferiore al limite del fondo naturale $10 \mu\text{R h}^{-1}$ (tolleranza della strumentazione) vengono considerati rifiuti convenzionali e quindi non viene presa nessuna precauzione particolare.
- superato il limite del fondo naturale di $10 \mu\text{R h}^{-1}$ si deve innescare un allarme e quindi eseguire analisi più approfondite (LIVELLO DI AZIONE 1)
- superato il limite di 2mR h^{-1} nell'abitacolo del mezzo o di 50mR h^{-1} su qualunque altra superficie o in caso di contaminazione, è necessario isolare il carico o il veicolo e informare tempestivamente le autorità competenti (LIVELLO DI AZIONE 2)

Per quanto riguarda i siti si raccomanda l'adozione delle seguenti misure:

installazione di portali fissi di rivelazione dei veicoli e dei rifiuti
adozione di strumentazione manuale di misura (sia rivelatore NaI che GeigerMuller) e un analizzatore multicanale portatile.

Effettuare la calibrazione della strumentazione con cadenza annuale

Controllo giornaliero delle sorgenti (ove presenti)

Addestramento del personale all'utilizzo delle apparecchiature di misura

-In caso di allarme:

- caratterizzazione del radioisotopo, per mezzo del MCA portatile
- Isolare il veicolo / carico dalle persone e avvisare il PaDEP se LIVELLO 2
- Investigare sulla provenienza del camion
- Controllare se esistono dei cartelli che avvisano della radioattività nel carico , presenza di eventuali documenti nei pressi del materiale radioattivo

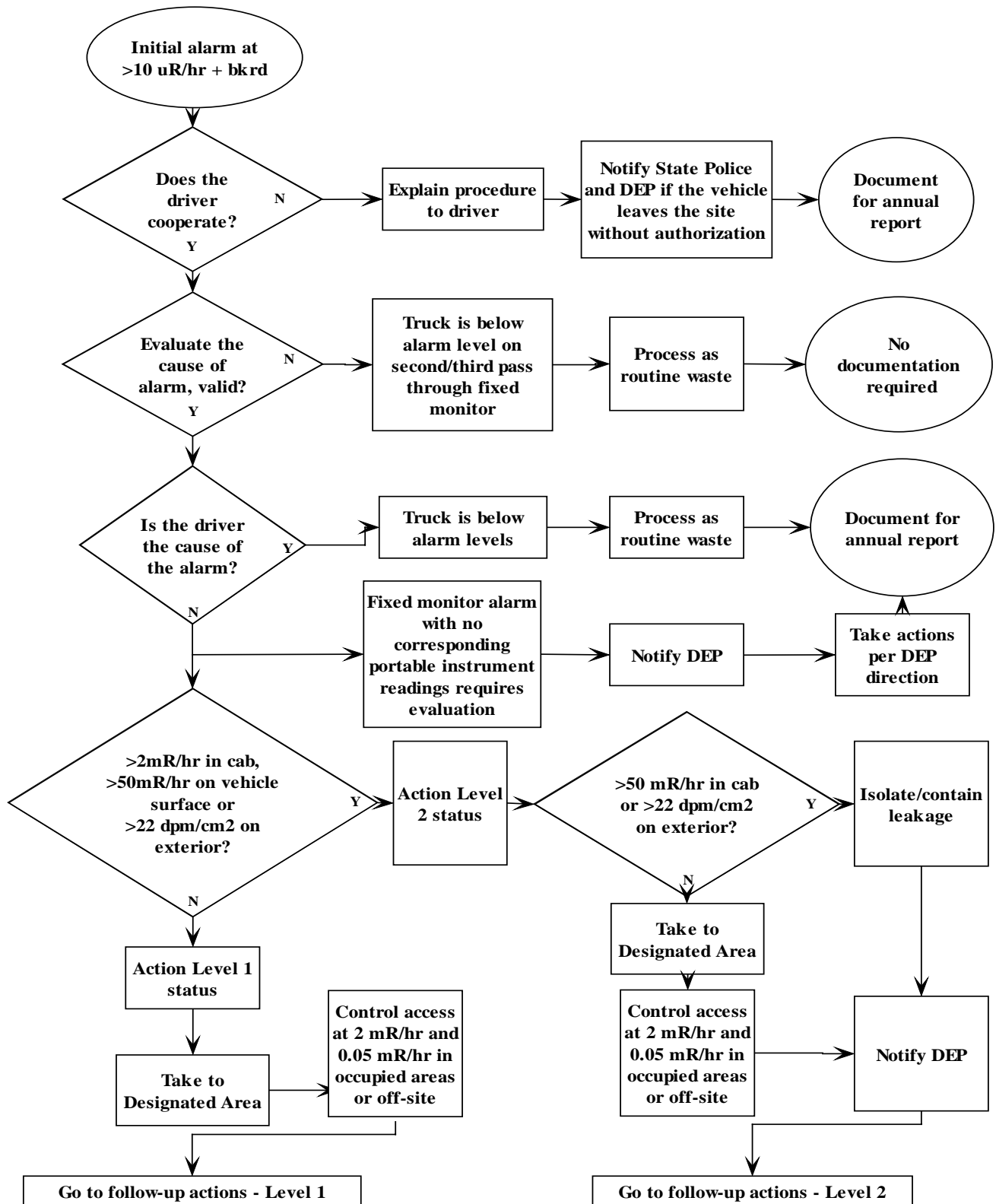
Comunque, in caso di LIVELLO 1 bisogna rifiutare il carico e rispedirlo indietro con documentazione idonea oppure organizzare uno smaltimento appropriato.

In caso di LIVELLO 2 bisogna rivolgersi agli organi competenti in materia di protezione ambientale³

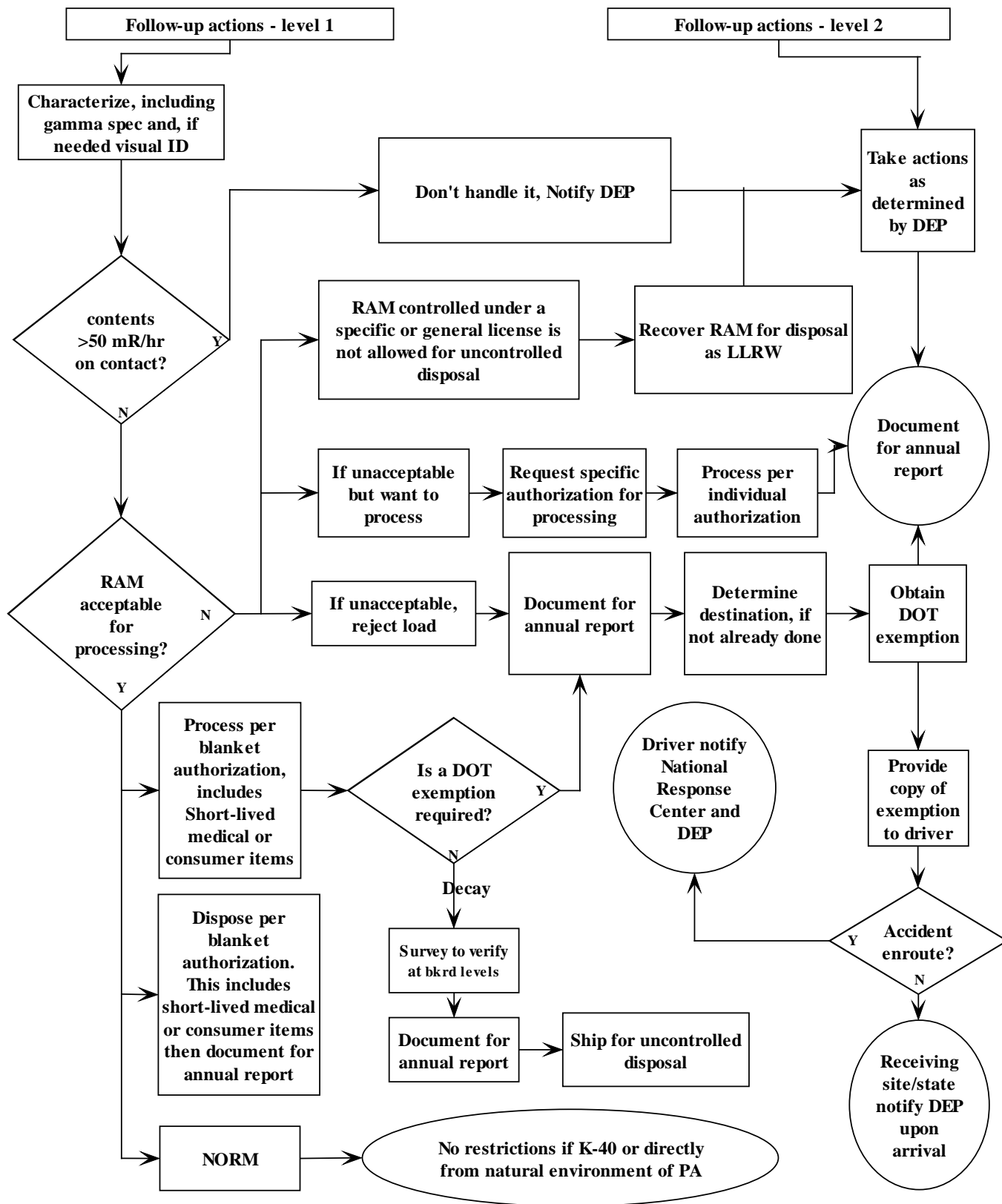


³ Regulations and Guidance for Dealing With Radioactivity in Solid Waste in Pennsylvania

FLOWCHART OF RECOMMENDED IMMEDIATE ACTIONS FOR A SOLID WASTE FACILITY RADIATION ALARM



FLOWCHART OF RECOMMENDED FOLLOW-UP ACTIONS FOR A SOLID WASTE FACILITY RAIDATION ALARM



Va però anche riportato che al Maggio 2005 una relazione sulle motivazioni per l'auspicabile chiusura della discarica di Pottstown (Pennsylvania) rilevava che le indicazioni del DEP (Department of Environmental Protection) del Gennaio 2004 che richiedevano l'installazione di rivelatori per radiazioni all'ingresso della discarica come previsto dal "Radiation Protection Action Plan" fossero state comunque disattese.

Infatti la discarica, autorizzata a contenere le seguenti tipologie di rifiuti radioattivi:

- naturally occurred radioactive materials (NORM)
- rifiuti prodotti da pazienti della medicina nucleare
- prodotti di consumo come o rivelatori di fumo
- materiali comunemente usati nei processi di lavorazione come carbone e metalli

ha ricevuto in realtà un considerevole afflusso di materiali radioattivi non in regola, grazie anche alla mancanza di controlli.

Infatti nei trenta anni di attività della discarica, essa ha ricevuto rifiuti provenienti da:

Cabot Corporation. La discarica ha ricevuto sin dal 1970 gli scarti di lavorazione dalla fabbrica di Tantalio Cabot e i documenti mostrano un volume di 12,000 – 24,000 tonnellate di rifiuti all'anno dal 1983. Le licenze richiedevano che il livello di radioattività fosse inferiore ai 10 picocurie per grammo, ma il limitato numero di campioni rende difficile stimare il quantitativo di sostanze radioattive contenute nei rifiuti.

Rifiuti da attività mediche. Le leggi prevedono che gli ospedali trattino i vari materiali come rifiuti radioattivi e quindi questi non sono ammessi essere smaltiti in discarica. I pazienti soggetti a terapia però possono rilasciare materiali contaminati nei rifiuti ordinari che poi finiscono in discarica.

Fanghi dalla lavanderia Royersford (INS). Evidenza di fanghi provenienti dall'Interstate Nuclear Services (INS) di Royersford e depositati nel sito di Pottstown. I fanghi sono dei residui del lavaggio degli indumenti contaminati con radioattività di basso livello, provenienti dalla Centrale Nucleare di Limerick.

Centrale Nucleare di Limerick. Rifiuti provenienti dalle zone non-controllate della centrale (uffici, caffetteria, etc.) sono controllati di routine per assicurarsi che non siano stati in alcun modo contaminati. Il sito di Pottstown ha ricevuto questo tipo di rifiuti tra il 1989 e il 1999 ma in almeno una occasione, cinque colli di rifiuti chiaramente etichettati come "Rifiuti Radioattivi" sono stati mandati per errore alla discarica

Questo incidente in particolare illustra che ciò che finisce in discarica non è sempre in linea con i regolamenti, in special modo in assenza di controlli radiometrici all'ingresso.

Rifiuti posizionati nelle aree più vecchie. Rifiuti industriali inclusi alcuni contenenti materiali radioattivi e portati nella discarica prima del 1980 potrebbero essere stati posizionati nelle zone più vecchie e non ben delimitate della stessa. In questo modo questi materiali depositi inizialmente hanno più probabilità degli altri di raggiungere le falde.

Tutto ciò pare indicare che una consistente quanto non ben determinata quantità di materiali radioattivi è stata scaricata nel sito di Pottstown e, dal momento che questi materiali continuano ad essere depositati, è stato installato un gamma monitor all'ingresso ed un protocollo di prevenzione di materiali gamma emittenti non autorizzati.

La relazione sottolinea come questi provvedimenti siano comunque inadeguati a garantire la sicurezza del sito e della popolazione, anche perché alcune sostanze si trovano libere e necessiterebbero urgentemente di confinamento e stoccaggio.

Particolare attenzione dovrebbe essere tra l'altro posta ad eventuali contaminazioni da trizio delle acque di rifiuto in quanto essendo il trizio contenuto nel vapor d'acqua e nel metano, potrebbe causare una lunga esposizione ai lavoratori.

Allo stesso modo è importante controllare il trizio nei fanghi, in quanto nelle vecchie discariche è possibile che essi raggiungano le falde, nonché provvedere ad un isolamento del substrato nelle zone in cui sono presenti livelli di radioattività.

PROGETTO DEL MONITOR IN INGRESSO

Al momento esiste una norma che identifica i metodi da utilizzarsi per la determinazione delle anomalie radiometriche associabili ai radionuclidi eventualmente presenti all'interno di carichi di vario materiale destinati a recupero.

La misura che viene effettuata non consente l'identificazione dei singoli radioisotopi ma si limita alla rivelazione di ratei di attività tali da richiedere analisi successive approfondite.

I sistemi di rilevazione fissi dei carichi dall'esterno sono definiti "portali" ed utilizzano sistemi di rivelazione ad alta efficienza collegati ad una opportuna unità di controllo che effettua le analisi le comparazioni, gestisce le misure, gli allarmi nonché la registrazione dei dati rinvenuti.

Visto il breve tempo di misura, la geometria e i vincoli fisici imposti dalla presenza dei camion e del fondo naturale, risulta necessario l'utilizzo di rivelatori di grandi dimensioni, tipicamente di superfici dell'ordine di 1m^2 con uno spessore di alcuni centimetri, schermati dalla radiazione di fondo nei lati non interessati dalla misura e molto robusti perché destinati ad un impiego "di campo" in condizioni atmosferiche potenzialmente difficili.

Sono ritenuti adatti alla rivelazione delle anomalie radiometriche contenute all'interno dei carichi di rottami, tutti i rivelatori di radiazioni ionizzanti X e γ che abbiano una indicazione della misura in rateo di Kerma in aria o conteggi per secondo o comunque unità di misura ad esse correlabili, e con sensibilità tale da consentire la rivelazione di radiazioni elettromagnetiche con energie comprese tra i 40 Kev e 1,3 Mev.

Inoltre la statistica di conteggio deve essere tale da garantire una confidenza del 95% e con tempi di integrazione di 3 s.⁴

La IAEA suggerisce per quanto riguarda la strumentazione fissa per il controllo di camion e bus, una configurazione a due colonne con le seguenti caratteristiche:

- Dimensione verticale: da 0.7 a 4 metri
- Dimensione orizzontale, parallela alla direzione di movimento: fino a 3 metri
- Distanza tra le due colonne: max 6 metri
- Velocità massima di passaggio: 8 km h^{-1}

Queste installazioni devono garantire una disponibilità del 99% del tempo, quindi meno di 4 giorni di fermo in un anno, e devono essere resistenti alle intemperie e devono lavorare in un range di temperature comprese tra -15°C e $+45^{\circ}\text{C}$.⁵

La procedura di rilevazione di contaminazione di carichi metallici va articolata in tre fasi distinte, utilizzabili anche per l'analisi di carichi diretti a discariche, inceneritori o termovalorizzatori:

fase 1 – verifica del fondo naturale nella posizione in cui verrà effettuata la misura

La verifica deve essere effettuata con lo stesso strumento impiegato per la rivelazione sui carichi e deve essere compiuta ad 1 metro dal suolo, al centro dell'area di misura in assenza del carico ed in

⁴ Unicen 185 del 5-5-1999

⁵ IAEA – TECDOC – 1312, September 2002

coerenza con le condizioni atmosferiche.

Andranno eseguite almeno 5 rilevazioni intervallate di 30 s, la media delle quali verrà poi assunta come valore del fondo ambientale di prova.

Fase 2 – definizione del valore del fondo di riferimento a 30 cm dal carico

Per identificare un valore di fondo di riferimento a 30 cm dal carico viene eseguita la seguente procedura:

- si identificano due posizioni di riferimento sulle superfici del contenitore di trasporto, su ognuna delle pareti verticali di lunghezza maggiore, ed ognuna posta ad 1 metro di distanza dalle estremità.
- Viene effettuata una rilevazione a 30 cm di distanza da ognuna delle due posizioni di riferimento
- Viene confrontato il valore di irraggiamento misurato nelle due posizioni con il valore del fondo di prova. Se almeno una delle due posizioni dà valori pari o maggiori di quelli del fondo di prova l'analisi deve essere interrotta perché c'è una forte probabilità di disomogeneità nella disposizione del carico, oppure un'anomalia radiometrica nel carico
- Viene confrontato il valore di irraggiamento rilevato nelle due posizioni, se la differenza tra le due letture è superiore al 50% si ricade nel caso precedente
- Quando i due punti precedenti siano superati, la media aritmetica delle rivelazioni effettuate nelle posizioni di prove viene assunta come "valore del fondo di riferimento a 30 cm dal carico"⁶

Se la procedura viene interrotta a causa del superamento dei valori bisogna procedere con una verifica successiva del carico.

Inoltre poiché il fondo ambientale viene influenzato dalla presenza di veicoli in prossimità del rivelatore, si deve evitare che ce ne siano in sosta nelle vicinanze, per esempio all'esterno della zona di passaggio ma a fianco del portale.

Per buona norma se un veicolo sta effettuando la scansione, il veicolo successivo deve essere fermo ad una distanza non inferiore ai 5 m.

⁶ Unicen 185 del 5-5-1999

APPLICAZIONE ALLE TRE TIPOLOGIE DI INSTALLAZIONE (DISCARICA, INCENERITORE, TERMOVALORIZZATORE)

VARCHI DI CONTROLLO PER TRAFFICO ILLECITO

Un problema stringente nella rivelazione di materiale radioattivo soggetto a traffico illecito è che, nel caso di portale installato su una via di scorrimento, il numero di conteggi ottenuti sarà necessariamente basso a causa del limitato tempo di esposizione al contatore.

Sarebbe infatti impensabile da un punto di vista pratico l'imporre al traffico veicolare di percorrere la zona di rivelazione alle velocità di targa dei rivelatori (10 – 15 Km/h) poiché ciò comporterebbe dei ritardi nella percorrenza inammissibili.

Si rende necessario allora semplificare il tipo di analisi da effettuare, limitandola ad un'analisi di tipo ON/OFF invece che un'analisi spettrale, in modo da limitare il problema della penuria dei conteggi; inoltre si cercherà di individuare una configurazione geometrica il più efficiente possibile ed una relazione semi empirica per mettere in relazione il quantitativo di impulsi rivelati e la velocità del mezzo in modo da rendere la misura il più accurata possibile.

Nel caso di sorveglianza di eventuali rifiuti contaminati frammisti al rifiuto tradizionale, questi vincoli non sono presenti e quindi si possono individuare delle procedure di azione che facciano sì che le condizioni ambientali siano il più possibile vicine a quelle ideali, anche se non è in questo caso necessario discriminare inizialmente tra NORM ed altri rifiuti radioattivi.

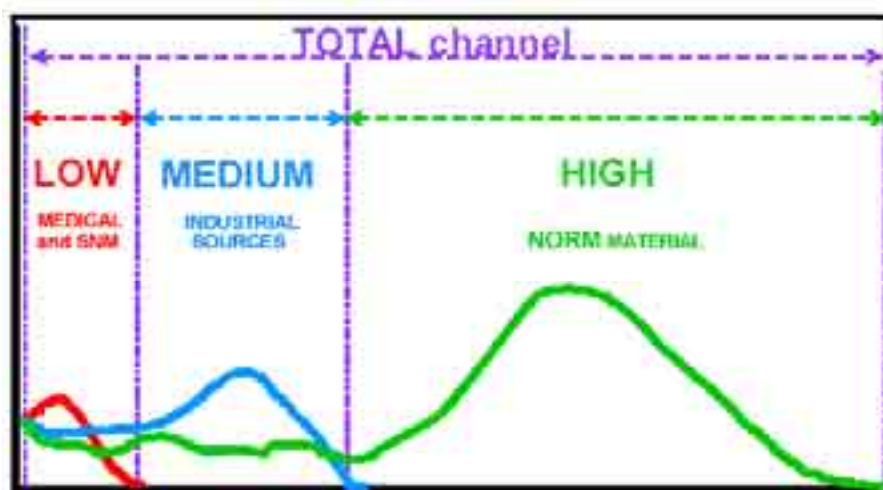
E' raccomandabile che con un valore medio del fondo naturale di radioattività di $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ si inneschi un allarme ogni qualvolta avvenga un incremento del rateo di dose pari a $0.1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ per più di 1 secondo, e che la probabilità di rivelare questa condizione di allarme sia pari al 99.9% (non più di 10 negativi su 10000 tentativi).

Questi requisiti dovrebbero essere mantenuti in un campo di radiazione continuo, con una radiazione gamma incidente di intensità compresa tra 60 KeV e 1.33 MeV.

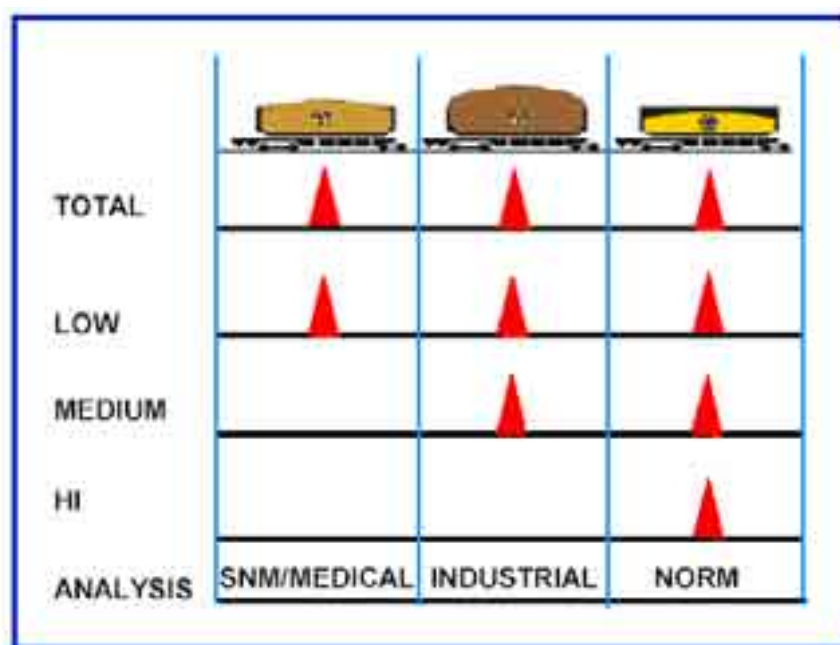
Inoltre risulta in questo caso superflua, se non addirittura dannosa, la tecnica di soppressione degli allarmi innocenti sviluppata da alcune case costruttrici di portali (ad esempio Exploranium).

La soppressione di allarmi innocenti si basa sulla differente banda energetica delle radiazioni emesse dai tre gruppi principali di rifiuti radioattivi:

1. una finestra a bassa energia che include segnali dovuti a SNM e isotopi medici;
2. una finestra riguardante il range di energia media che riguarda la maggior parte delle sorgenti industriali;
3. un'alta finestra che racchiude gamma ad alta energia , tipo quelli del Th232, da Ra226 e K40 di solito contenuti nei NORM



La logica per innescare allarmi viene mostrata schematicamente nella figura seguente.



Se si supera la soglia d'allarme del canale di conteggio totale, il software confronta i conteggi totali con i conteggi delle tre finestre di energia. Se i conteggi sono osservati solo nella finestra della bassa energia, questo indica presenza di SNM o sorgenti mediche.

Se si verifica l'allarme sia nella finestra a bassa e media energia, si è in presenza di isotopi industriali. Se gli allarmi sono innescati in tutte le finestre di controllo, allora si è in presenza di NORM e quindi questo allarme può essere soppresso⁷.

Questo modus operandi ha la sua ragion d'essere nel caso di portali adibiti al controllo di frontiera in cui si cerca di distinguere il traffico illecito di materiale radioattivo dalle sorgenti naturali di radiazione, in questo caso invece l'interesse è nel rivelare tutti i materiali radioattivi in modo da confinarli ed evitare che vengano ad esempio inceneriti per errore.

Bisogna anche distinguere tra livello nominale di investigazione e soglia di allarme della strumentazione.

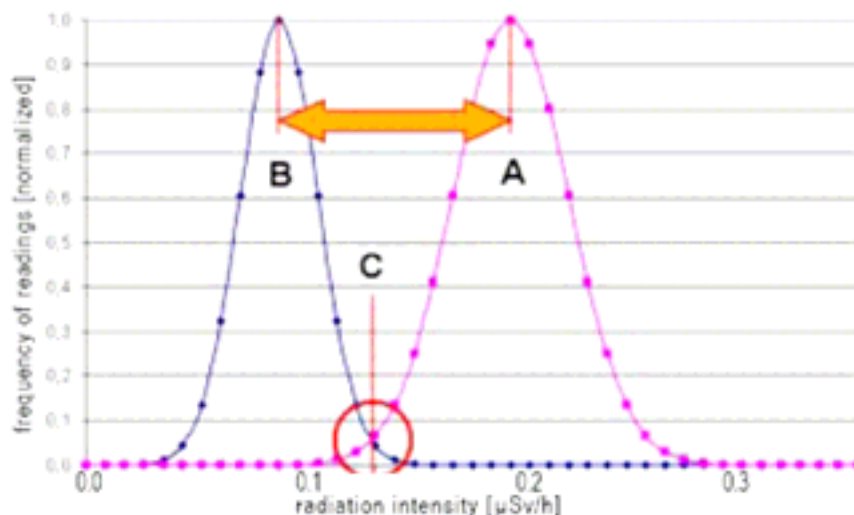
⁷ www.exploranium.com

Infatti per livello nominale di investigazione si intende quel valore di radiazione che viene fissato come discriminante per una successiva ed approfondita investigazione e questo valore non può essere adottato come valore di soglia della strumentazione.

Infatti se si dovesse decidere di controllare ogni carico eccedente ad esempio il valore di $0.2 \mu\text{Sv h}^{-1}$ e si decidesse di prenderlo come soglia, a causa del processo statistico di decadimento, questa decisione comporterebbe il non rivelare metà dei casi reali.

Allo stesso modo però si comporta il fondo naturale e quindi non si può posizionare la soglia troppo in basso, pena avere degli allarmi per statistiche variazioni del fondo naturale.

La soglia di allarme della strumentazione dovrà quindi essere posizionata con attenzione in una zona intermedia tra il valore medio del fondo ed il livello nominale di investigazione stabilito.



La soglia di allarme può essere espressa in termini di multipli di fondo naturale, oppure come multipli di deviazione standard dei conteggi del fondo naturale, dal momento che la relazione tra il rateo di dose del fondo e la sua deviazione standard dipende dalla sensibilità dello strumento e dal valore attuale del fondo.

Come prima affermato, la soglia di allarme deve essere ragionevolmente più bassa del livello nominale di investigazione, per permettere le fluttuazioni statistiche.

Per permettere una probabilità di rivelazione del 99.9% - assumendo la distribuzione gaussiana ideale – la soglia dello strumento deve essere posta ad almeno 3σ più in basso del livello desiderato, in modo da poter rivelare tutti gli eventi nella coda della curva.

Allo stesso modo però deve essere sufficientemente lontano dalla coda del fondo naturale, per garantire un rateo di falsi allarmi pari a 1 su 10000 la soglia deve essere posizionata almeno 4σ più in alto del valore medio del fondo, oppure 3σ per un rateo di falsi allarmi pari a 1 su 1000.⁸

Nell'ottica di limitare in ogni caso il più possibile il rallentamento nella marcia dei mezzi, si dovrà procedere alla soluzione dei 3 sottoproblemi: stima della velocità del mezzo, ottimizzazione della configurazione geometrica del rivelatore e la sottrazione del fondo naturale in modo da eseguire una misura accurata.

⁸ IAEA – TECDOC – 1312, September 2002

STIMA DELLA VELOCITA'

Esistono vari sistemi per misurare la velocità dei mezzi su strada: laser, serie di fotoelettriche, radar. Gli strumenti attuali consentono una risposta pressoché immediata, applicando questo tipo di strumentazione al portale si potrà valutare il tempo effettivo di transito nella zona attiva del rivelatore, cosa fondamentale per il successivo calcolo del fondo.

Dal momento che il tempo di stazionamento tra i rivelatori dipende anche dalle effettive dimensioni del mezzo, si dovranno misurare anche quelle (potrebbero bastare delle fotoelettriche)

CONFIGURAZIONE GEOMETRICA

In ogni caso il numero di conteggi sarà molto basso a causa della velocità del mezzo, è importante quindi sfruttare la superficie sensibile del rivelatore nel modo migliore.

Nella ipotesi di utilizzare dei rivelatori PVT si potrebbero utilizzare dei cristalli di dimensioni 1m X 30 cm posizionati con la dimensione maggiore in orizzontale, in modo da massimizzare la esposizione al passaggio del mezzo.

In più per discriminare i conteggi effettivi dalla possibile fluttuazione statistica sarà utile inserire una ridondanza di rivelatori -uno sopra all'altro a formare ad esempio una mattonella 1mX90cm-in modo da riuscire a ipotizzare un allarme quando avviene un superamento della soglia in un congruo numero di essi (in prima ipotesi si può pensare ad almeno 2 su 3).

SOTTRAZIONE DEL FONDO

l'algoritmo di sottrazione potrebbe essere strutturato nel modo seguente:

1. Il sensore di velocità stima la velocità del mezzo in arrivo per valutare il tempo di passaggio davanti al rivelatore e quindi effettivo di conteggio.

RANGE DI VELOCITA' DI TRANSITO (km/h)	DIMENSIONE DEL CAMION (m)	DIMENSIONE TRASVERSALE CRISTALLO (m)	LUNGHEZZA EFFETTIVA DI ESPOSIZIONE (m)	TEMPO DI ESPOSIZIONE REALE (sec)
100	5	1	6	0,22
	7	1	8	0,29
	10	1	11	0,4
80	5	1	6	0,27
	7	1	8	0,36
	10	1	11	0,5
50	5	1	6	0,43
	7	1	8	0,58
	10	1	11	0,79

2. Si esegue una misura del fondo prima che il camion transiti di fronte al rivelatore
3. Si inserisce la correzione dovuta al camion che sarà stata definita in precedenza elaborando una serie di misure sperimentali fatte su varie tipologie di mezzi e condizioni atmosferiche (a tal proposito sarebbe utile predisporre una strumentazione meteorologica essenziale in modo che il portale possa decidere quale misura di correzione utilizzare in base alle condizioni atmosferiche del momento)
4. Misura del camion

POSIZIONAMENTO DEI PORTALI

Risulta ovvio che il portale di rivelazione debba essere posizionato all'ingresso della struttura, sì da poter verificare che il carico sia innocuo ancora prima che il mezzo transiti nell'installazione. Infatti, come visto nell'approccio americano, si potrebbe pensare di rispedire al mittente (insieme ad una denuncia all'autorità competente) il carico non in regola con la norma ma che però non superi una soglia fissata.

Utile potrebbe essere invece posizionare un portale anche sull'uscita dall'impianto, in questo modo si potrebbe lasciar uscire il mezzo scarico, dopo un allarme all'ingresso, potendo verificare assenza di radioattività all'uscita dell'impianto.

Infatti invece di bloccare ed isolare il mezzo, lo si potrebbe far scaricare in una zona controllata predisposta e poi consentirne l'allontanamento, questo faciliterebbe tra l'altro le operazioni di ispezione del carico e consentirebbe una migliore analisi avendo rimosso l'azione schermante delle pareti del mezzo stesso.

Col passaggio sotto il portale di uscita si otterrebbe il doppio risultato di verificare che tutto il materiale radioattivo sia stato rimosso e, viceversa, si potrebbe evidenziare un'eventuale contaminazione del mezzo stesso (o del conducente) che potrebbe innescare una serie di allarmi ad ogni ingresso con conseguenti inutili ispezioni del carico.

In questo caso la problematica della velocità del mezzo è secondaria in quanto per norme di legge e opportunità pratiche (controllo documenti, apertura dell'accesso etc.) essa può essere resa in linea con le specifiche del rivelatore.

In particolare, nel caso delle discariche, bisogna ricordare che è previsto un sistema di pesa dei camion in ingresso ed in uscita in modo da stimare la quantità di rifiuto introdotta nel sito, la quale potrebbe essere eseguita contestualmente allo scanning radioattivo consegnando all'apparecchiatura un campione addirittura fermo.

In questo caso bisogna solo indicare la procedura da attuarsi in caso di allarme e se possa essere opportuno posizionare un portale anche al varco d'uscita per individuare eventuali contaminazione del camion

Infatti il controllo del carico potrebbe essere non eseguibile immediatamente e si potrebbe decidere di procedere allo scarico e rendere libero il mezzo per nuovi impieghi; nel caso la contaminazione fosse del mezzo e non del carico ci si troverebbe di fronte ad un nuovo allarme al successivo rientro nell'installazione con il risultato netto di aver eseguito dei controlli non necessari su due carichi.

Inserendo un portale di controllo anche in uscita invece un'eventuale contaminazione del mezzo sarebbe immediatamente rivelata e il mezzo richiamato per accertamenti.

In questo caso comunque, anche se i sottoproblemi restano gli stessi, essi presentano soluzioni più prontamente accessibili.

INGRESSO IN TERMOVALORIZZATORI/INCENERITORI

Anche in questo caso valgono alcune delle considerazioni precedenti, anche se qui bisogna considerare che il materiale non verrà solo accatastato ma soggetto a trasporto all'interno dell'installazione.

STIMA DELLA VELOCITA'

Anche in questo caso la velocità del mezzo può venire imposta – e resa ottima per la rivelazione- sia da dei vincoli legislativi dovuti alla sicurezza sui luoghi di lavoro, sia da passaggi in labirinti o attese regolate da barriere.

CONFIGURAZIONE GEOMETRICA

Per la configurazione geometrica possono tranquillamente valere le considerazioni precedenti anche se, in questo caso, visto che il mezzo procede alla stessa velocità dei dati di targa di rivelatori in commercio si potrebbero usare rivelatori standard nella loro configurazione originale, cosa probabilmente più economica.

SOTTRAZIONE DEL FONDO

Anche per quanto riguarda la sottrazione del fondo si potrebbe ricorrere agli algoritmi proprietari dei singoli portali, oppure utilizzare la stessa procedura indicata per i portali per traffico veloce.

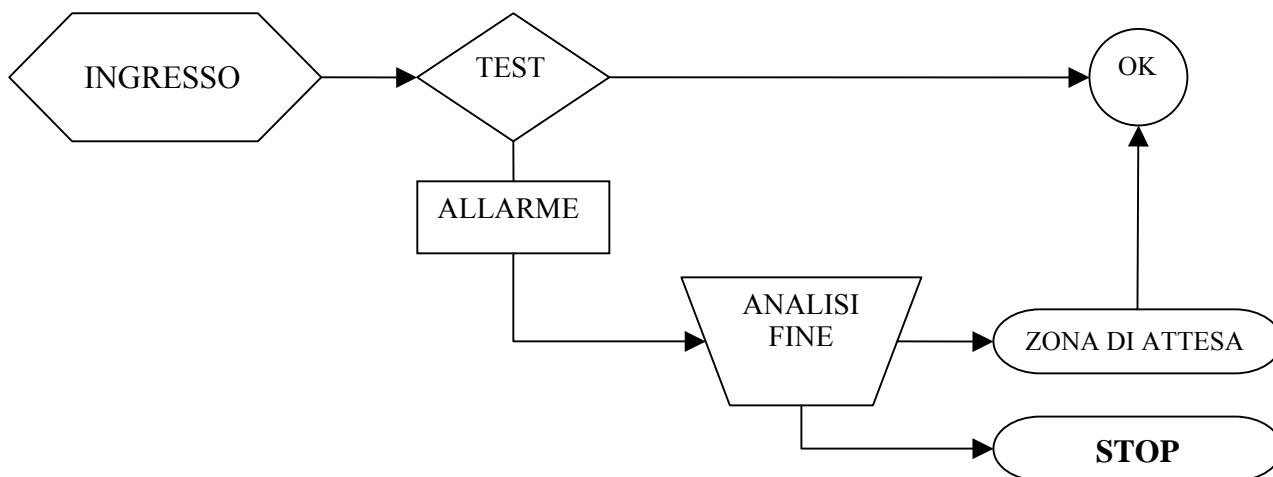
Dovendo spostare secondo una cadenza ben precisa i carichi all'interno dell'impianto, può essere opportuno considerare due ipotesi per effettuare la rivelazione:

OPZIONE 1

Il problema della bassa velocità di passaggio dei camion potrebbe non essere un problema visto che per la normativa 626 i limiti di velocità dovrebbero essere variabili tra i 20 ed i 50 km/h quindi comparabili con i 15km/h ottimali dei rivelatori.

Inoltre non ci si troverebbe di fronte al volume di traffico presente in un posto di frontiera, quindi i ritardi dovuti alla scansione sarebbero modesti.

Un ipotetico diagramma operativo potrebbe essere schematizzato nel modo seguente:



Il carico dovrebbe quindi essere fatto transitare attraverso il portale rivelatore in modo da compiere una scrematura tra camion “puliti” e “contaminati”.

In caso di allarme, instradare il camion su di un percorso alternativo fino ad una zona di controllo coperta dove sia possibile effettuare l’analisi approfondita del materiale radiogeno trasportato in modo da poterne stimare natura, attività e tempo di decadimento.

Nel caso di materiale a ciclo di vita breve, si dispone una sosta del carico / camion per un tempo sufficiente in una zona controllata predisposta, in attesa che la radioattività rientri nei limiti di legge e si possa reinserire verso la destinazione finale.

In caso contrario si attiveranno invece tutte le procedure richieste quali l’immobilizzazione del camion, il suo ricovero in zona controllata e la denuncia all’autorità competente.

Nell’ambito dell’ottimizzazione delle procedure va affrontato il problema dei falsi positivi e dei falsi negativi.

Infatti per non pesare troppo sull’operatività della struttura è importante limitare l’insorgere di falsi allarmi dovuti soprattutto a materiali radioattivi naturali (NORM) dovuti ad alcune indagini mediche senza per questo abbassare la capacità di detezione del portale.

Il fatto che l’allarme derivi da NORM non significa che sia innocuo, infatti per elevate concentrazioni di questi materiali si potrebbe comunque raggiungere un’elevata esposizione potenzialmente dannosa.

Recenti tecniche gamma - spettrometriche e software avanzati possono essere applicati per sopprimere automaticamente tali “allarmi innocenti” causati dalle merci come fertilizzanti, ceramiche, vetri colorati, lenti o bacchette per saldature che contengono NORM, cioè K^{40} , Th^{232} , Ra^{226} e U^{238} , anche con rivelatori a bassa risoluzione quali quelli utilizzati per autocarri e treni.

Studi fatti su valichi di frontiera evidenziano che la più frequente causa di allarmi innocenti in fasi di monitoraggio di autocarri sono i NORM, cioè K^{40} , Th^{232} , Ra^{226} e U , contenuti in numerosi prodotti e materie prime industriali come fertilizzanti, ceramiche, materiali di costruzione e molti altri, tipicamente un allarme innocente atteso ogni 100 veicoli controllati.

OPZIONE 2

Potrebbe essere anche opportuno valutare l’ipotesi di un sistema di controllo totalmente differente rispetto al portale per il controllo del carico ancora sul mezzo.

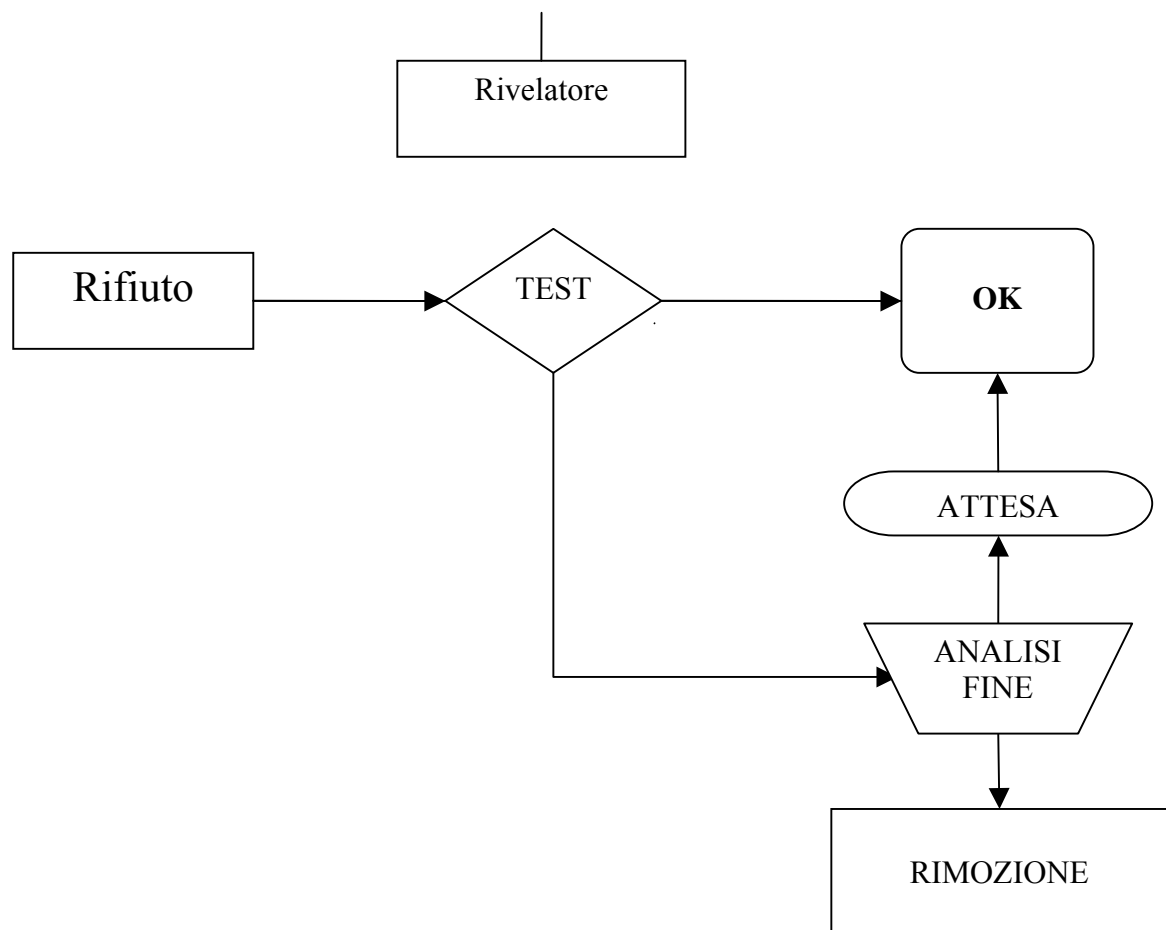
Infatti la problematica della velocità di misura non è stringente come nel caso dei valichi di frontiera, inoltre in caso di allarme non dovrebbe essere in ogni caso consentito al camion di

lasciare l'installazione, due condizioni che rendono attuabile il controllo sul solo carico una volta rimosso dal mezzo.

E' inoltre plausibile pensare che nel caso di camion diretti ai termovalorizzatori e agli inceneritori, la percentuale metallica dei rifiuti sia molto bassa, permanendo inoltre la problematica di dover accettare il carico in special modo se scatta un allarme, sembra più sensato operare il controllo radiometrico sul materiale scaricato, in modo che la perturbazione dovuta al camion possa essere eliminata.

In tal caso si potrebbero posizionare dei rivelatori molto più semplici direttamente su dei nastri per il trasporto del materiale -così come avviene per le misurazioni di qualità industriali- in modo da selezionare selettivamente la frazione di carico contaminata.

Andrebbe solamente previsto un percorso alternativo del materiale, una volta che esso faccia innescare l'allarme, in modo che in maniera automatica esso venga deviato dal flusso principale ed indirizzato in un'area di controllo/attesa all'incirca nello stesso modo in cui si opera sui pezzi fuori standard di una catena di montaggio.



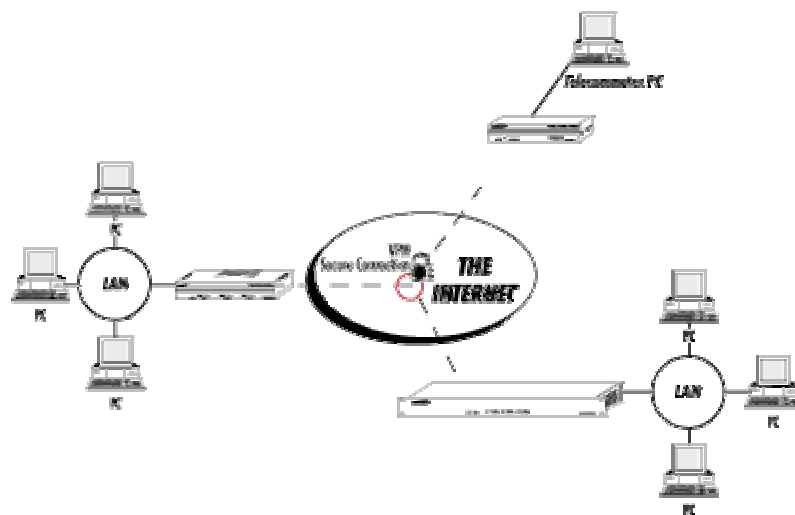
CREAZIONE DI UNA RETE DI CONTROLLO

La potenza di un sistema di rivelatori come quello ipotizzato si manifesta esclusivamente quando esso è capillare e soprattutto sviluppato con intelligenza e programmazione, in quanto è fondamentale che si venga a creare col tempo una fitta rete di controllo a livello nazionale e in seguito, forse, a livello europeo.

Molti dei rivelatori fissi esistenti in commercio, infatti, comunicano i dati rivelati tramite LAN ad un elaboratore remoto o ad una rete di computer, questo risulta particolarmente utile se ci si appresta a creare un sistema di controllo nazionale informatizzato, possibilmente con un centro di controllo, simile per certi versi alla rete di controllo gamma disseminata sul territorio nazionale. Stabilendo infatti un disegno comune ed organico per i portali da destinare ai siti, un formato di dati unitario, un software adeguato ed un centro di controllo nazionale sarebbe possibile istituire una vera e propria “rete di controllo del movimento di rifiuti radioattivi” modulare e implementabile man mano.



La tecnologia di rivelazione è infatti una tecnologia matura e non è quindi probabile uno sconvolgimento prossimo negli strumenti di rivelazione, il che rende attuabile una penetrazione graduale del sistema in tutti i siti di interesse, a patto di una programmazione oculata. Sfruttando quindi le potenzialità di internet ed un modello simile a quello della rete di controllo della radiazione gamma dell'APAT nazionale – e possibilmente operando in maniera congiunta ad essa – si potrebbero collegare tutti i rivelatori ad uno o più centri di elaborazione e controllo, infittendo sempre più la maglia ogni qualvolta venga aggiunto una discarica o un termovalorizzatore.



Una rete modulare così fatta potrebbe potenzialmente riuscire ad evidenziare velocemente eventuali anomalie nella distribuzione degli allarmi sul territorio ed individuare possibili “rotte” del trasporto illecito, fornendo tra l’altra pronostici sulle probabili zone di provenienza dei materiali. Inoltre, l’esistenza di un centro unico di controllo con capacità di visione di insieme a livello nazionale in tempo reale, porterebbe un miglioramento nella capacità di risposta alle emergenze degli organismi locali (ARPA) grazie ad una ottimizzazione nell’utilizzazione del personale e dei mezzi, con conseguente economia e maggior efficacia nella protezione della popolazione e dell’ambiente.

CONCLUSIONI

Il controllo radiometrico eseguito su materiali di scarto e rifiuti vari destinato ad impianti di stoccaggio o di riutilizzo può sembrare una precauzione superflua ed una complicazione inutile in una catena produttiva che deve badare in maniera importante alla efficienza ed alla fluidità del trasporto al suo interno.

E' infatti vero che esiste una ricca legislazione che si occupa dei metodi opportuni di smaltimento e/o stoccaggio dei materiali radioattivi, ma questa non protegge l'ambiente e la popolazione dai rischi che comporta un'azione che, con dolo o senza, infranga le norme in essa dettate.

Dall'esperienza in suolo USA si evince infatti che la disposizione di una rete di controlli radiometrici nei siti di discarica o di incenerimento dei rifiuti ha potuto individuare e confinare una attività non indifferente che altrimenti sarebbe stata dispersa con conseguente inquinamento atmosferico e/o del suolo e potenziale rischio per la popolazione.

Pare ragionevole quindi l'importazione di un approccio simile anche in Italia, anche alla luce dell'attuale interesse rivolto alle moderne tecniche di termovalorizzazione, in modo da limitare per quanto possibile l'eventualità di esposizione della popolazione e degli operatori all'attività di sorgenti incognite.

In quest'ottica possono ricoprire un ruolo rilevante gli strumenti di rivelazione fissi, comunemente definiti "varchi" o "portali", già utilizzati per i controlli di frontiera dei carichi trasportati.

Come sempre la scelta del sistema migliore dipende esclusivamente dalle effettive funzioni cui questi varchi verranno dedicati.

Da un punto di vista economico è infatti legittimo pensare che risulti più economico rivolgersi a prodotti presenti sul mercato che hanno dalle loro caratteristiche provate, procedure collaudate e probabilmente un servizio di assistenza specializzato ed efficiente.

Dall'altro lato la rivelazione di mezzi veloci è invece quasi utopistica con i prodotti attuali e quindi richiederebbe la realizzazione ex-novo di un differente sistema di rivelazione.

Nel caso di un utilizzo importante nella sorveglianza degli ingressi di installazioni atte ad accogliere rifiuti tradizionali o per termovalorizzazione, invece, potendo (e dovendo) la velocità dei mezzi essere diminuita, i modelli commerciali possono rappresentare la scelta ideale per la loro affidabilità e disponibilità.

Non bisogna comunque tralasciare il fondamentale ruolo che in questo caso dovrà giocare la comunicazione.

Sarà infatti essenziale che questi varchi di controllo siano collegati tra loro in una rete informatizzata, possibilmente collegata ad un centro di elaborazione e controllo a livello nazionale, in modo che sia possibile un monitoraggio efficace ed utile anche in un'ottica di lotta all'illegalità.

La creazione di una maglia sufficientemente fitta di rivelatori sparsi sul territorio, centralizzata e possibilmente messa in relazione con la già esistente rete di rivelazione gamma, consentirebbe infatti di individuare zone in cui la frequenza di allarmi sia anormale, eventuali rotte preferenziali di smaltimento illegale e soprattutto un rapido intervento degli organi competenti per una efficace azione di controllo e protezione.

Bibliografia

Unicen 185 del 5-5-1999

Regulations and Guidance for Dealing With Radioactivity in Solid Waste in Pennsylvania, David J. Allard, Rev. 7/6/04

IAEA – TECDOC – 1312, September 2002

http://www.dep.state.pa.us/dep/deputate/airwaste/rp/Radiation_Control_Division/SolidWasteMonitoring/SolidWasteRadMonitoring.htm

<http://www.epa.gov/radiation/mixed-waste/index.html>

<http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/lvb/l11020.htm>

http://www.zonanucleare.com/norme/guida_tecnica_26_gestione_rifiuti_radioattivi.htm