25° CORSO AVANZATO DI RADIOPROTEZIONE MEDICA

Bressanone (Bolzano) 5 – 9 settembre 2011

Indagini e valutazioni in un caso di rinvenimento di sorgente orfana: il container VTE di Genova

Ottenga F. - Associazione Italiana di Radioprotezione Medica

Traversa F. - Sezione di Medicina del Lavoro dell'Università degli Studi di Genova

1. Premessa.

La presente nota fa riferimento alla situazione incidentale di esposizione occupazionale a radiazioni ionizzanti dei Dipendenti della Voltri Terminal Europa SPA di Genova-Prà Voltri per la presenza di una fonte orfana di cobalto 60 contenuta nel container TGHU3077030. L'Azienda, una delle più importanti fra gli scali del Mediterraneo, movimenta circa duemila container al giorno in operazioni di imbarco e sbarco.
Il container in questione, contenente (come da dichiarazione dello spedizioniere, la Sv Metal Corporation) rottami di rame destinati ad una Ditta di Pozzolo Formigaro (specializzata nello smaltimento di rifiuti ferrosi), e proveniente dal porto di imbarco di Jeddah (Emirati Arabi), è stato sbarcato nel porto di Prà-Voltri in data 14 luglio 2010 dalla nave portacontainer Malaga della Msc Company, bandiera tedesca e destinazione Genova, e posizionato negli appositi spazi adibiti al deposito della terza cella a terra, rimanendo in tale posizione fino al 20 luglio in prossimità del varco doganale.
I controlli radiometrici effettuati nella mattinata del 20 luglio hanno evidenziato la presenza di cobalto 60 all'interno dello stesso container, con emissione di radiazioni ionizzanti e valori di equivalente di dose ambiente potenzialmente non trascurabili, in particolare su un suo lato. Il container è stato quindi immediatamente trasferito presso il sesto modulo blocco F del porto, in quanto area isolata e non frequentata da persone. Immediato è stato l'intervento di ARPAL, che ha provveduto ad effettuare ulteriori misure dosimetriche, e del Vigili del Fuoco, che hanno effettuato una delimitazione fisica di accesso al sesto modulo Blocco F. Gli esami di spettrometria gamma in campo da parte di ARPAL e dei Vigili del Fuoco hanno confermato una irradiazione gamma da presenza all'interno del container di cobalto 60. I Vigili del Fuoco nelle 24 ore successive hanno provveduto a isolare il container, dapprima con barriere piene d'acqua e poi con altri container riempiti di cemento.

I tempi, le circostanze e le modalità con cui il container è approdato a Genova hanno suggerito particolarissime cautele, e le Autorità italiane hanno fatto di questo un caso unico nelle storia degli allarmi radioattivi.
Va ricordato che nel momento in cui il container viaggiava verso Genova, gli Stati Uniti mettevano in guardia il mondo intero diffondendo note secondo le quali Al Qaeda stava organizzando attentati con bombe sporche contro l'occidente; è noto che in tali ordigni il cobalto 60 può essere presente, insieme ad esplosivo tradizionale. Si dà il caso che la nave Malaga avesse fatto scalo pochi giorni prima nel porto di Gioia Tauro, città in cui era in corso una maxi operazione antiterrorismo condotta dalla Direzione investigativa antimafia. Durante le indagini si è prefigurato il peggiore degli scenari quando, il 26 agosto 2010, nel porto di Gioia Tauro è stato sequestrato un altro container, trasportato da altra nave della MSC, la Finland, carico di sette tonnellate di esplosivo esogeno noto come RDX o T4, molto usato nelle stragi di mafia. Ecco il perché della mobilitazione di Genova e del coinvolgimento dell'*intelligence* militare attorno al piazzale deserto del sesto modulo del terminal VTE di Voltri.
La Prefettura di Genova già nell'ottobre 2010 ha chiamato in soccorso la Farnesina, per costringere la nave Malaga a riprendersi il carico, e il Ministero degli Esteri ha dato la sua disponibilità ad intervenire, ma a termine delle indagini e degli interventi necessari per la messa in sicurezza del container. La spesa per lo smaltimento dei costi di venti tonnellate di materiale, comprendente il cobalto 60, è stata stabilita attorno al milione di euro, e lo scarica-barile tra mittente, armatore e spedizioniere ha procrastinato la soluzione del problema.
Nel gennaio 2011 il Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha effettuato una stima della posizione e caratterizzazione della sorgente orfana presente all'interno del container. Quest'ultimo, del tipo "dry cargo", cioè chiuso da tutti i lati, è risultato di lunghezza 590,3 cm, altezza 293,3 cm e larghezza 235 cm, con spessore della lamiera (ferro) delle pareti ipotizzata pari a 3,3 cm, e con spessore alla base pari a 0,6 cm. Partendo dalle foto scattate all'interno del container e trasmesse dal VTE all'ISPRA, è stata schematizzata la massa di fili (presumibilmente di rame) all'interno della quale si è ipotizzata la presenza della sorgente radioattiva. Utilizzando i coefficienti di attenuazione lineare e di Build-up per il rame e quelli delle pareti schermanti, la sorgente è stata ipotizzata nella forma di una sfera di 1 cm di diametro, posizionata ad una profondità, rispetto alla parete a maggior irraggiamento, di 30,5 cm e ad una altezza, rispetto al fondo, di 55 cm. Lo stato fisico della sorgente, compatibile con cobalto 60, è stata considerata solida e assimilabile ad una sorgente puntiforme, presumibilmente per impiego medico o industriale, con attività pari a 377+-11 GBq. La sorgente non è sembrata schermata da un eventuale contenitore: la sua posizione è risultata essere instabile, e pertanto ogni eventuale movimentazione prima delle operazioni di recupero ha consentito di raccomandare, per quanto possibile, una particolare cautela per non determinare modifiche della posizione della stessa.

Il container in data 15 febbraio 2011 è stato spostato dall'isolamento, in cui era stato piazzato il 20 luglio 2010, da una squadra speciale di Vigili del Fuoco addestrata a fronteggiare l'emergenza nucleare e dai tecnici di ARPAL e "messo a dimora" nel cemento del sesto modulo del porto di Prà-Voltri; il nuovo bunker era costituito da altri container pieni di calcestruzzo alto tre piani. E' durante questa operazione che il container è stato sottoposto a scannerizzazione del contenuto, che ha confermato la presenza di 19 tonnellate di rottami di rame e di una "pastiglia" di cobalto 60 del raggio di una moneta di un euro e di spessore di 5 mm. E' stato dapprima ipotizzato trattarsi di un prodotto di scarto bio-medicale, derivato dalla dismissione di qualche reparto ospedaliero medio-orientale: gli esperti entrati in azione hanno optato per uno strumento industriale per

controlli non distruttivi. Con container ancora chiuso e sigillato, non sono emersi elementi che potessero far pensare alla presenza di esplosivi al suo interno.
Il container non è stato aperto fino al luglio 2011, nonostante le proteste dei cittadini e le ripetute manifestazioni dei Comitati del ponente genovese. L'area è stata ovviamente monitorata, e, secondo le comunicazioni dell'Autorità Portuale e della Prefettura di Genova, riportate dalla stampa locale, "*non ci sono stati rischi per la salute per i lavoratori che hanno avuto contatti, più o meno diretti, con il container, né risultano segnalazioni di danni patiti dalla popolazione delle delegazioni del ponente genovese".*

Le operazioni di bonifica sono state effettuate nel periodo compreso fra il 18 e il 27 luglio 2011 dalla speciale squadra di Vigili del fuoco addestrata a fronteggiare emergenze nucleari, utilizzando un robot appositamente realizzato presso il Centro di Ricerca G. Stefanini della Scuola Superiore S. Anna di Pisa, all'interno dell'OTO Melara di La Spezia. Contrariamente alle attese, la fonte orfana non aveva la forma di moneta o di sfera, ma di penna di lunghezza di 8 cm: è stata comunque sigillata in un contenitore di piombo all'uopo preparato ed avviata per stoccaggio in miniere di salgemma in Germania.
Le operazioni di bonifica hanno confermato l'assenza di sostanze chimiche esplosive all'interno del container.

I principali fattori che hanno condizionato il forte ritardo nella definitiva soluzione del problema possono essere così elencati:

- l'alea di mistero e di sospettato pericolo di "bomba sporca" che fino al marzo del 2011 ha caratterizzato la vicenda e che non ha fortunatamente avuto conferma
- le rilevanti conflittualità cittadine nella gestione dell'organizzazione delle procedure di bonifica (Autorità portuale, Comune, Provincia, Organi di controllo, Vigili del Fuoco, Sindacati, Comitati del Ponente genovese, Prefettura, Magistratura)
- la realizzazione del necessario addestramento dei Vigili del Fuoco nelle procedure e sugli strumenti di telecomando per la risoluzione in sicurezza delle operazioni di bonifica
- le attività di preparazione, di installazione e di gestione, particolarmente cautelate, dei sensori di sostanze chimiche e dei radiodosimetri all'interno del container.

Scopo di questa relazione è pertanto:

- L'illustrazione sintetica dei dati più rilevanti delle dosimetrie con spettrometria gamma effettuate in diverse fasi della vicenda.
- L'espressione di alcune considerazioni in merito ai possibili rischi per la salute dei lavoratori aziendali potenzialmente esposti nel breve, medio e lungo termine.
- L'espressione di un parere in merito alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori già effettuata in stato di emergenza.
- Le proposte di eventuali futuri accertamenti sanitari e azioni consigliate in relazione alla tipologia di esposizione.

2. I rilievi dosimetrici e le valutazioni dell'esposizione

In data 21 luglio 2010 l'Esperto Qualificato in Radioprotezione di terzo grado della Voltri Terminal Europa SPA ha effettuato una mappatura dosimetrica all'esterno dell'area perimetrale del 6° modulo blocco F, con misure in varie posizioni ritenute significative ai fini di una cautelativa

valutazione del rischio radiologico per il personale VTE (a diverse distanze e ad altezza uomo rispetto al perimetro del container; lato mare, in direzione dei blocchi operativi, all'interno della cabina gru di banchina, all'interno della cabina guida semovente per l'intero perimetro, oltre al fondo ambientale), ottenendo ratei di dose, espressi in nSv/ora, che gli hanno consentito di affermare, tenendo conto del limitato tempo di permanenza del personale in prossimità dell'area perimetrale, che il rischio radiologico dovuto alle presenza della sorgente di Cobalto 60 nelle aree esplorate sia stato irrilevante.

In dato 24 luglio 2010 lo stesso Esperto Qualificato ha provveduto ad effettuare ulteriori misure, in presenza di ispettori ARPAL, dei Vigili del Fuoco e di personale della VTE, per meglio caratterizzare la sorgente di cobalto 60 detenuta all'interno del container e per ricostruire la dose efficace (modalità esecutive: radiometro con sonda a scintillazione Ludlum da 2 pollici; dosimetro Atomtex AT 1121 per il rateo di equivalente di dose ambiente H*(10).
La sorgente di cobalto 60 è stata individuata a circa 80 cm da terra, in posizione decentrata e in vicinanza della parete a maggiore emissione (lato ovest), con una attività valutabile tra 150 e 200 GBq. Anche gli smear test nell'interno dei bordi gommati delle porte di ingresso non hanno evidenziato la presenza di contaminazione radioattiva.
Per la valutazione della dose efficace, l'Esperto ha considerato le posizioni e le tempistiche delle normali condizioni operative portuali durante le varie fasi di movimentazione del container e durante le sue soste nelle file e nell'area R00 (transito a piedi di lavoratori portuali, spedizionieri e funzionari doganali a fianco delle pareti nelle diverse posizioni; transito di persone su automezzi; sosta temporanea di persone in prossimità delle file o su automezzi, vari posizionamenti e movimentazioni del container durante lo sbarco dalla nave; posizionamento sulla ralla con la gru; movimentazione del container da gommata su stacker e a terra; operazioni manuali in prossimità del container durante lo sbarco svolte dagli operatori addetti alla rimozione dei piedini e dagli operatori smarcatori di piazzale).
L'Esperto Qualificato ha concluso la sua relazione affermando che "…In base alle assunzioni considerate per le normali condizioni lavorative la dose efficace ricevuta da ogni singola persona in ambito portuale è da valutarsi inferiore a 1 mSv. Le dosi efficaci maggiori sono quelle ricevute dall'operatore addetto alla rimozione dei piedini durante lo sbarco del container (225 microSievert), dal personale che può essere transitato due volte (andata e ritorno) in data 20 luglio lungo il corridoio di passaggio per accedere all'area verifiche doganali ed al magazzino VTE durante la sosta del container in area R00 (166 microSievert), e dal personale su automezzi in caso di sosta temporanea nelle apposite corsie quando il container era posizionato nelle file e a terra (98 microSievert). Per tutte le altre persone le dosi efficaci ricevute risultano non superiori al 6% del limite di dose efficace annuo previsto per le persone del pubblico".

Sempre in data 24 luglio 2010 un altro Esperto Qualificato di Radioprotezione di terzo grado della Società Campoverde di Milano, certificata ISO 9001/2000, ha eseguito un sopralluogo tecnico, sempre in presenza di incaricati dell'ARPAL, al fine di caratterizzare spettrometricamente la sorgente di cobalto 60 contenuta all'interno del container, e per misurare il rateo di dose, che ha confermato valori di qualche microSievert sulla faccia del container rivolta verso il mare, e valori più elevati sui lati corti, con un rateo di dose massimo di 600 mSv /h al centro del lato lungo. (modalità esecutive: spettrometria preliminare con spettrometro portatile HpGe Ortec Detective DX100 per la conferma dei caratteri del radionuclide; Dosimetro Atomtex At 1121 e contatore G-M Automess AD6; Automess Szintomat 6134A per la ricerca del punto di massimo e per la lettura remota del rateo di dose).

Il rapporto conclude che "…Alla luce delle misure effettuate si deduce che la sorgente di cobalto 60 non presenta "Hot Spot" e quindi dovrebbe essere un'unica sorgente intatta. L'irraggiamento non sembra essere collimato e quindi la sorgente potrebbe essere "nuda" oppure totalmente o parzialmente esposta, magari per un danneggiamento dell'apparecchiatura che la conteneva. Le misure suggeriscono anche che dovrebbe trovarsi abbastanza vicina alla faccia del container, per cui di questo si è tenuto conto nelle stime di attività. L'attività della sorgente, sulla base della costante gamma, è quindi stata stimata in circa 100-200 GBq…".

In data 17 febbraio 2011 l'Esperto Qualificato delle Dogane di Genova e Savona per la VTE , in seguito al nuovo posizionamento del container dietro la barriera appositamente costruita (nuovo bunker), ha prodotto una ulteriore mappatura del sesto modulo del Voltri Terminal Europa, onde verificare l'efficacia schermante della barriera. Le modalità esecutive sono state misure radiometriche a varie distanze dalla barriera ad una altezza di circa 1,5 metri da terra con radiometro a scintillazione Ludlum da 2 pollici, e con dosimetro Atomtex AT 1121 nelle stesse posizioni delle misure dosimetriche di rateo di equivalente di dose ambiente H*(10) per una successiva stima della dose efficace per esposizione globale esterna dovuta alla sorgente orfana di cobalto 60.
Il valore medio dell'esposizione esterna dovuto al solo fondo ambientale all'interno del sesto modulo (senza l'incremento dovuto alla presenza della sorgente orfana di cobalto 60) è stato pari a 70 nSv/ora. Sottraendo tale valore di fondo alle successive misurazioni dosimetriche, l'incremento del rateo di esposizione, sia verso nord che verso sud che verso ovest è stato di 60 nSv/ora a distanza di 1,5 m dalla barriera e di 30 nSv/ora a distanza di 60 m dalla barriera. A distanze maggiori di 70 metri dalla barriera i valori non sono apparsi distinguibili dal fondo naturale.
In conclusione le misure radiometriche attorno alla barriera non hanno evidenziato punti caldi, ma sono variati lentamente ed in modo omogeneo in ogni direzione fino ad un massimo di 70 m di distanza dalla barriera. Sono valori poco rilevanti, che confermano il noto principio che l'intensità radiante diminuisce in ragione del quadrato della distanza dalla fonte.

Lo stesso Esperto Qualificato in data 25 febbraio 2011, utilizzando analoghi strumenti di misura, ha effettuato una valutazione del rischio radiologico per il personale del VTE durante le normali condizioni operative portuali all'interno del sesto modulo in aree lavorative a distanze superiori a 100 m dal bunker schermante. La mappatura effettuata non ha evidenziato valori di intensità di conteggio superiori alle normali fluttuazioni medie statistiche del fondo ambientale locale. E' prevedibile quindi che il rischio radiologico per il personale del VTE durante le normali condizioni operative portuali all'interno del sesto modulo permanga irrilevante in aree lavorative poste a distanze superiori a 100 m dal bunker schermante.

3. Possibili rischi per la salute per i lavoratori aziendali.

Le radiazioni ionizzanti sono il trasferimento nello spazio di energia trasportata da onde e da particelle, inteso come flusso di energia elettromagnetica o corpuscolare generato da processi fisici che si producono nell'atomo o nel nucleo atomico.
Sorgenti di radiazioni sono da sempre presenti sulla terra e sono per questo nominate *radiazioni naturali*. D'altra parte il progresso, la ricerca scientifica e le applicazioni conseguenti hanno portato a realizzare fonti radianti o sostanze radioattive artificiali: pertanto per motivi occupazionali o per finalità le più varie l'uomo può trovarsi esposto anche alle *radiazioni artificiali.*

Le radiazioni sono entità fisiche e pertanto sono misurabili. Le principali unità di misura sono il *Becquerel* e i suoi multipli o sottomultipli, che è *l'unità di attività* nell'ambiente, e il *Sievert*, con i suoi multipli e sottomultipli, che è *l'unità di dose efficace* assorbita dagli organismi biologici e che tiene conto sia dei fattori di ponderazione dei diversi tipi di radiazioni ionizzanti sia dei fattori di ponderazione tissutale relativi ai tessuti biologici esposti.
Il Sistema di Radioprotezione, sviluppato negli ultimi cinquant'anni dai principali Organismi Internazionali di Radioprotezione *(UNSCEAR: United Nation Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation; BEIR: Biological Effects of Ionizing Radiation; ICRP: International Committee on Radiation Protection; NCRP: National Council on Radiation Protection and Measurement)*, è essenzialmente mirato a proteggere i lavoratori e la popolazione dalle esposizioni derivanti da attività umane comportanti l'utilizzo di sorgenti di radiazioni in gran parte di origine non naturale.

3.1. Fonti naturali di radiazioni.

Le fonti naturali di radiazioni, caratterizzate dalla ineludibilità per ogni entità biologica a poter sfuggire alla loro presenza, sono distinte, a seconda delle modalità di provenienza, in:

- *Radiazione primordiale*. E' dovuta ai radionuclidi presenti nella crosta terrestre (potassio, uranio, torio, radon). La dose efficace media annua per ogni uomo dovuta alla radiazione primordiale è di circa 2 milliSievert.
- *Radiazione cosmica*. Proviene sia dagli spazi intergalattici che dal sole ed è costituita prevalentemente da protoni e particelle alfa di energia estremamente elevata. Tale radiazione primaria colpisce violentemente le molecole di aria dell'atmosfera, determinando molte altre particelle (anche neutroni) che costituiscono la radiazione secondaria. A livello del suolo la dose efficace media annua per ogni uomo dovuta alla radiazione cosmica è di circa 0,36 milliSievert.
- *Radiazione cosmogenica*: Proviene da nuclidi divenuti radioattivi presenti nella radiazione cosmica (tritio, carbonio, sodio), che interessano il metabolismo umano dando luogo a contaminazione interna, La radiazione cosmogenica, con una dose efficace annua per uomo di 0,015 milliSievert, contribuisce per una frazione minima all'esposizione della popolazione.

Il contributo globale medio del fondo naturale di radiazione per l'uomo/anno sulla terra è di 2,4 milliSievert, con enormi differenze però da zona a zona del globo terrestre, in alcuni punti del quale può raggiungere valori anche 20 volte superiori ai valori medi.

3.2. Fonti artificiali di radiazioni.

Nell'ultimo secolo l'uomo è riuscito ad applicare le radiazioni ionizzanti in numerosi campi di interesse e ad usare in modo pacifico la potenza dell'atomo in numerose attività, con indubbio vantaggio per tutta l'umanità. Per cui le occasioni di esposizione per l'uomo sono aumentate a causa di:

- Impieghi medici (radiodiagnostica, radioterapia, medicina nucleare);
- Impieghi energetici (reattori e ciclo del combustibile);
- Impieghi industriali (radiografie, indicatori di livello, produzione di fertilizzanti, di coloranti)
- Produzione di beni di consumo (TV, tubi catodici, quadranti luminescenti, rivelatori di fumo)
- Trivellazione del terreno, attività estrattive meccanizzate (dispersione della radioattività della crosta terrestre);
- Viaggi aerei a quote sempre più alte.

Ma l'esposizione media della popolazione è anche aumentata a seguito dell'impiego bellico dell'atomo, soprattutto per i test nucleari in aria degli anni 1950-1960. Queste hanno dato luogo alla diffusione di sostanze radioattive nell'atmosfera, sostanze che sono ricadute *(fallout)* contaminando l'ambiente.
Un aspetto di rischio di particolare interesse è l'esposizione incidentale alle cosiddette *"sorgenti orfane",* rappresentate da radionuclidi che contaminano occasionalmente materiali utilizzati nei cicli tecnologici delle aziende o che vengono reperiti per caso in ambienti di vita senza che sia possibile stabilirne la provenienza. Questi eventi comportano rischi di irradiazione e contaminazione per i lavoratori, la popolazione e per l'ambiente. Le aziende interessate in genere si premuniscono con procedure di controllo delle materie prime in ingresso (utilizzo di strumenti di elevata sensibilità quali i portali con scintillatori plastici) o con strumenti per il controllo del prodotto finito e dei reflui (polveri di abbattimento, fumi e scorie).
Il rischio si è appunto verificato nel contesto dell'evento oggetto della nostra attenzione (trasporto in container di rottami metallici contaminati da una sorgente orfana, il cobalto 60).

Si ritiene a questo punto segnalare che nella Dottrina della Radioprotezione, fisica e medica, valgono principi fondamentali di precauzione per proteggere i lavoratori e la popolazione dalle esposizioni derivanti da attività umane comportanti l'utilizzo di sorgenti di radiazioni artificiali. Uno di questi principi (*Principio di limitazione delle dosi*), che vede concordi i principali Organismi Scientifici Internazionali precedentemente citati, rappresenta lo spartiacque tra l'inaccettabilità e la tollerabilità di valori limite di dose, al di sotto dei quali non si determinano danni biologici per l'uomo. In particolare i limiti delle dosi efficaci sono così stati fissati:

- per i lavoratori: 100 milliSievert in 5 anni (pari a 20 milliSievert all'anno);
- per la popolazione: 1 milliSievert all'anno.

Si ricorda anche che gli stessi Organismi Scientifici Internazionali hanno stabilito i livelli di esposizione, concordemente così definiti:

- Basse dosi 0 - 200 milliSievert
- Dosi intermedie 200 milliSievert – 2 Sievert
- Alte dosi 2 – 10 Sievert
- Altissime dosi > 10 Sievert
- Basso rateo di dose < 0.05 milliSievert/min
- Rateo di dose medio 0,05 – 50 milliSievert/min
- Alto rateo di dose > 50 milliSievert/min

3.3. Effetti biologici delle radiazioni ionizzanti.

I danni prodotti dalle radiazioni ionizzanti sull'uomo possono essere distinti in quattro categorie principali:

- *Danni somatici deterministici (reazioni tissutali avverse* secondo la pubblicazione ICRP 103/2007).
  Questi tipi di danno, che trovano nella morte della cellula la causa prima della loro comparsa, comprendono le alterazioni la cui frequenza e gravità variano con la dose e per i quali è individuabile una dose soglia. Compaiono soltanto al superamento di una certa dose, anche in funzione della distribuzione temporale della stessa (o *rateo di dose*); hanno periodo di latenza breve (qualche giorno); la gravità delle manifestazioni cliniche aumenta con l'aumentare della dose. Sono rappresentati essenzialmente dalle radiodermiti, dalla infertilità, dalla cataratta, e dalla sindrome acuta da radiazioni.

- *Danni somatici stocastici.* Sono definiti stocastici in quanto colpiscono a caso gli esposti. Le indagini radioepidemiologiche e radiobiologiche hanno dimostrato al di là di ogni dubbio l'esistenza di una correlazione fra le radiazioni e l'induzione di tumori solidi e leucemie. Numerose sono le serie epidemiologiche studiate (minatori esposti a radon, pittori di quadranti luminosi, pazienti affetti da spondilite anchilosante, bambini trattati con radiazioni per tinea capitis, radiologi americani e inglesi, e soprattutto sopravvissuti giapponesi alle esplosioni nucleari di Hiroshima e Nagasaki). I danni citati non richiedono il superamento di un valore soglia di dose per la loro comparsa, sono a carattere probabilistico, sono distribuiti casualmente nella popolazione esposta, si manifestano dopo anni o decenni dall'irradiazione, sono indistinguibili da tumori indotti da altri cancerogeni. Le dosi assorbite non determinano la gravità dei tumori, ma la probabilità della loro comparsa.

- *Danni genetici.* L'azione mutagena delle radiazioni è stata evidenziata nel secolo scorso da indagini di tipo radiobiologico sul moscerino della frutta. Si è rilevato inoltre come in altre specie animali vi sia un aumento delle mutazioni trasmesse ai discendenti e che questo aumento sia collegabile in modo lineare con la dose assorbita. Non è stato invece possibile fino ad ora rilevare con metodi epidemiologici un eccesso di malattie ereditarie nella progenie di soggetti esposti alle radiazioni ionizzanti rispetto alla progenie dei soggetti non esposti. L'embrione e il feto sono sensibili alle radiazioni ionizzanti in modo variabile in funzione delle dosi e dello stadio di sviluppo.

- *Danni psicologici.* Da alcuni decenni in maniera molto dirompente hanno fatto la loro comparsa sulla scena della radiopatologia umana. Essi sono immediati, la loro entità dipende dalla personalità psicologica dei soggetti e possono anche manifestarsi "sine materia", cioè senza una reale esposizione alle radiazioni, ma solo per il fatto di credere di aver ricevuto una dose di radiazioni.

Terminata questa sintetica rassegna delle più elementari conoscenze degli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti, e del loro rapporto diretto con le dosi assorbite durante le esposizioni occupazionali o ambientali, veniamo a formulare alcune considerazioni conclusive sui possibili rischi sulla salute dei lavoratori aziendali della Voltri Terminal Europa SPA in conseguenza dell'evento incidentale occupazionale verificatosi durante i 5 giorni di esposizione (dal 15 al 20 luglio 2010) all'irraggiamento della fonte orfana di cobalto 60 contenuta nel container TGHU3077030 nel porto di Genova Voltri. Due sono essenzialmente le considerazioni conclusive:

1. Sulla base della valutazione quantitativa del rischio radiologico, effettuata con le misurazioni spettrometriche dell'energia radiante ambientale emessa dal container e della ricostruzione delle dosi efficaci ricevute dai lavoratori durante le attività prestate in quei 5 giorni attorno al container, il rischio di irraggiamento relativo all'evento incidentale può confermarsi irrilevante.
In termini di valutazione sanitaria, le dosi medie efficaci ricevute dagli operatori sono risultate molto inferiori a 1 milliSievert, dose massima tollerabile/anno per l'individuo della popolazione. In particolare, la dose più elevata attribuita all'operatore addetto alla rimozione dei piedini durante lo sbarco del container è stata di 225 microSievert (= 225 milionesimi di Sievert), poco più di ¼ della dose del fondo naturale/anno per la città di Genova. Per semplificare ulteriormente, tale livello di dose corrisponde ad 1/10 della dose assorbita da un individuo sottoposto per

accertamenti diagnostici ad una sola radiografia del rachide lombare. Tutti gli altri operatori hanno avuto attribuite dosi efficaci inferiori.

2. Ne consegue che altrettanto irrilevante deve considerarsi l'impatto biologico sui lavoratori aziendali dell'irraggiamento patito, sia per quanto riguarda gli effetti nel breve termine ("reazioni tissutali avverse o effetti deterministici", per giustificare i quali occorrono dosi di esposizione migliaia di volte più elevate), sia per quelli prevedibili nel medio termine e nel lungo termine (danni somatici e genetici, per i quali i coefficienti di probabilità di accadimento sono estremamente bassi). Gli stessi effetti psicologici, ampiamente giustificabili in occasione di eventi consimili (la percezione del rischio genera in tutti tensione, preoccupazione e manifestazioni psicopatologiche di varia entità) possono essere attenuati o eliminati con la presa di coscienza dell'evento dopo una adeguata informazione sulle valutazioni che allo stesso sono state attribuite.

4. Provvedimenti sanitari effettuati durante lo stato di allerta.

Durante il periodo compreso fra il 14 e il 20 luglio 2010 si è verificata l'esposizione incidentale degli operatori della Voltri Terminal Europa SPA a radiazioni gamma da sorgente orfana di cobalto 60 contenuta nel container.
Il periodo successivo, compreso fra la scoperta della fonte radiante e la acquisizione della valutazione quantitativa del rischio effettuata dagli Esperti Qualificati (compreso fra il 20 luglio e il 10 agosto) può essere definito il periodo di "stato di allerta".
Il Medico Competente della Voltri Terminal Europa SPA, in attesa delle definizione dei dati valutativi di esposizione, ha giustamente provveduto in quest'ultimo periodo, in osservanza alle procedure previste per una verifica "eccezionale" delle condizioni di salute del personale esposto, ad una serie di accertamenti sanitari clinici e di laboratorio. Degli operatori sul piazzale, alla metà di settembre sono stati sottoposti a sorveglianza sanitaria "eccezionale" 200 soggetti. Si sottolinea che fra i Dipendenti dell' Azienda, sulla base del Documento di Valutazione del Rischio, nessuno risulta "classificato" esposto per motivi professionali alle radiazioni ionizzanti, e quindi nessuno risulta sottoposto a sorveglianza sanitaria per tale rischio.

Ricordiamo che la sorveglianza medica su personale esposto a radiazioni ionizzanti, ai sensi del D.Lgs 230/95 e successive modificazioni e integrazioni, deve intendersi finalizzata a:

- verifica della compatibilità dello stato di salute del lavoratore, valutato opportunamente, con le specifiche condizioni di lavoro, che possono incidere, sotto il profilo sanitario, sull'idoneità al lavoro specifico;
- acquisizione di dati di riferimento utili in caso di sovraesposizione accidentale ed eventuale diagnosi di malattia professionale;
- messa in atto degli interventi diagnostici e terapeutici a seguito di situazioni incidentali che abbiano comportato una esposizione esterna rilevante (superiore a 50 milliSievert) o a una accidentale contaminazione interna;
- attuazione degli interventi medico-legali connessi con i rischi dell'attività lavorativa.

Il protocollo degli accertamenti sanitari eseguiti durante la sorveglianza sanitaria eccezionale dei Dipendenti dell'Azienda è stato quello proposto dalle *Linee Guida per la sorveglianza sanitaria degli esposti alle radiazioni ionizzanti* stilate dalla *Associazione Italiana di Radioprotezione Medica*, società scientifica che si occupa degli aspetti medici della Radioprotezione, e presentate ripetutamente nei Congressi Nazionali e Internazionali della stessa Associazione negli ultimi anni.

Gli accertamenti sanitari "eccezionali" effettuati non hanno messo in evidenza alcun danno radioindotto in ordine ad effetti deterministici o "reazioni tissutali" ; analoghe considerazioni possono essere espresse per i potenziali rischi di incremento della probabilità di incidenza di effetti stocastici, somatici e genetici, per i coefficienti di probabilità di accadimento estremamente bassi.
Resta in ultimo da prendere in esame la sofferenza psicologica per ogni soggetto esposto, legata all'ansia e alla preoccupazione per l'evento incidentale e per il timore degli effetti sulla salute, fugato peraltro nel momento della coscienza dell'irrilevanza della dose ricevuta. Gli esami clinici non hanno evidenziato comunque manifestazioni psicopatologiche evidenti.

Nel marzo 2011 il Servizio Sanitario del VTE ha programmato accertamenti sanitari analoghi ai Dipendenti. Scarsa è stata l'adesione a questa offerta (solo una ventina di operatori si è presentata ai controlli medici).

5. Accertamenti sanitari futuri e azioni consigliate in ordine alla tipologia di esposizione.

L'evento incidentale, sulla base dei dati valutativi del rischio, non ha turbato quindi le condizioni di lavoro normale, che sono rimaste al di fuori dell'esigenza di interventi diagnostico-terapeutici del tutto particolari e plurispecialistici. L'elevato numero di soggetti esaminato dal punto di vista sanitario fino ad oggi ha consentito di avere conferma dell'assenza dei danni radioindotti nel personale.
In considerazione delle dosi attribuite, non si ritiene giustificabile una classificazione dei Dipendenti come esposti per motivi occupazionali alle radiazioni ionizzanti (anche se su questo punto debbono esprimersi gli Esperti Qualificati, responsabili della Radioprotezione Fisica), e di conseguenza non si ritiene opportuno l'inserimento degli operatori nella sorveglianza sanitaria per il rischio radiologico.
E' stato sottolineato in precedenza che anche le basse dosi possono essere potenziale causa di effetti stocastici somatici a distanza di tempo, specie nei soggetti appartenenti a "gruppi a rischio" per patologie oncologiche, cioè caratterizzati da maggiore suscettibilità di natura ereditaria o acquisita. L'attuazione in questi soggetti di test predittivi o indicatori biologici tumorali e di procedure di dosimetria citogenetica (ricerca di micronuclei, mappe cromosomiche, ricerca di dicentrici, ecc,) non solo appare nella fattispecie inutile, ma è sicuramente dannosa, per tre ordini di motivi:

- dai dati della letteratura le tecniche biodosimetriche non hanno validità diagnostica in presenza di dosi di esposizione inferiori a 0,6 Sievert (e nel nostro caso siamo a dosi attribuite migliaia di volte inferiori a tale livello).
- Le citate indagini non sono specifiche per l'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e la loro positività è soggetta a numerosi fattori di confondimento (patologie infettive intercorrenti, virali o batteriche, somministrazione di farmaci, fumo di sigaretta, esposizione ad altri mutageni fisici e chimici).
- La sistematica applicazione di tali indagini a tutti gli operatori crea con frequenza la possibilità di avere dei falsi positivi, che sono difficilmente gestibili e potenzialmente responsabili di indesiderate manifestazioni psicopatologiche conseguenti.

In ordine alle azioni consigliate, è ovvia ed evidente la raccomandazione di potenziare le misure di prevenzione primaria (non di tipo sanitario), accelerando, immediatamente dopo lo sbarco di ogni container, le procedure di controllo spettrometrico delle materie contenute con l'utilizzo di strumenti di congrua sensibilità.