
Il trasporto di materiale radioattivo

Franco Cioce TRITIUM s.r.l., san Giuliano Milanese (MI)

Introduzione

Il trasporto è una attività che prevede lo spostamento di prodotti tra due luoghi e per questo motivo non è una attività compresa nei processi produttivi ma è considerata fine a sé stessa. D'altra parte è chiaro a tutti che trasportare un libro non ha le medesime implicazioni del trasporto ad esempio di un flacone di cianuro (prodotto molto pericoloso). Ed essendo sempre presenti nel mondo operativo di qualsiasi lavoro, merita la giusta protezione e considerazione proprio perché questa attività si svolge anche all'interno dei centri abitati o comunque su strade utilizzate dai comuni cittadini che nulla sanno di ciò che viene trasportato.

Anche il materiale radioattivo rientra nella casistica dei trasporti: ogni anno nel mondo si effettuano oltre 20 milioni di spedizioni di sorgenti radioattive all'interno dei paesi e oltre confine. Materiali che sono utilizzati quotidianamente nell'industria, nell'agricoltura e nella medicina, nonché nell'istruzione.

La radioattività, al pari della esplosività, è considerata come pericolosità di elevato livello e che prescinde dalle quantità da trasportare o presenti in una singola confezione. Ad esempio, i fumatori usano un accendino che contiene GPL (gas di petrolio liquefatto) e che in virtù del minimo quantitativo presente nell'accendino, può essere venduto e trasportato liberamente e senza alcun vincolo.

Per il materiale radioattivo non è così e la sua

pericolosità non è proporzionale alla quantità: anzi! Spesso, nel caso del materiale radioattivo e dipendentemente dalle sue caratteristiche, i rapporti di massa tra la sorgente e il contenitore di trasporto sono superiori di 1:3000. Da qui, risulta intuitivo che i trasportatori devono a loro volta soddisfare tutti i requisiti richiesti dalla normativa vigente. E questa non è semplice né intuitiva, né di immediata comprensione, tanto da doversi ricercare in diversi ambiti legislativi:

- un decreto legislativo n. 101 del 2020 che regola gli aspetti di radioprotezione a tutela dei lavoratori, dell'ambiente e della popolazione nel suo insieme;
- il regolamento ADR (vedi sotto) che appunto dispone nel merito delle condizioni di spedizione e trasporto delle merci pericolose comprese le sorgenti radioattive;
- il codice della strada che non ha necessità di chiarimenti;
- la legge 186 del 1962 (impiego pacifico della energia nucleare);
- tutte le norme sotto forma di circolari, decreti-legge, linee guida, che vanno a saturare la già ampia disponibilità legislativa nel settore.

Storicamente, le prime disposizioni di legge le ritroviamo tra il 1959 e il 1960 ma gli aggiornamenti si susseguono sino ai giorni nostri. Benché il mondo non abbia mai conosciuto incidenti che

abbiano coinvolto il materiale radioattivo in fase di trasporto, e conseguentemente anche la popolazione ne è rimasta integra, la IAEA (Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica), ha pubblicato già nel 1960 il primo regolamento per il trasporto di materiale radioattivo. Un regolamento volto a uniformare in tutti i paesi le modalità di confezionamento, di imballaggio, di etichettatura ecc. dei colli prima della loro spedizione proprio con lo scopo di evitare anarchia operativa a fronte dell'elevato potenziale pericolo offerto da questo materiale radioattivo.

Tuttavia, il regolamento IAEA offre indicazioni di sicurezza esplicita per il trasporto in tutte le modalità conosciute: stradale, ferroviaria, marittima, aerea, navigazione interna. L'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite), che già dal 1957 ha proposto regolamenti di trasporto, ha raccolto le indicazioni della IAEA inserendole nei regolamenti modali redatti appunto dall'ONU:

- DGR (Dangerous Good Regulation) per il trasporto aereo;
- ADR (Agreement for transport of Dangerous goods by Road) per il trasporto stradale;
- RID (Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses) per il trasporto ferroviario;
- IMDG (International Maritime Dangerous Goods Code ed è redatto dall'IMO - International Maritime Organization) per il trasporto navale e
- ADN (Accord Européen Relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Voies de Navigation Intérieures) per il trasporto in Navigazione Interna.

In questo modo, ritroviamo nei cinque diversi regolamenti il denominatore comune a tutte le modalità di trasporto rappresentato dalla classificazione, imballaggio, etichettatura, documentazione di supporto, mentre è lasciato ad ogni singolo regolamento l'indirizzo da seguire per un corretto trasporto.

E dovendosi attenere e adeguare ai progressi scientifici, tecnologici, sociali e di sicurezza, i cinque diversi regolamenti si aggiornano secondo un proprio specifico programma (ad esempio

ogni due anni per ADR) ma anche seguendo le modifiche, a volte di forma e a volte di contenuto, proposte da IAEA che invece si aggiorna secondo le necessità del panorama tecnologico e di mercato mondiale.

Ma ci sono anche sorgenti radioattive che devono essere smaltite e che devono essere trasportate in centri specializzati. In una struttura delimitata come può essere un ospedale o una azienda produttiva, il deposito e la conservazione in sicurezza di sorgenti radioattive è decisamente più facile da approntare attraverso i sistemi e le misure di sicurezza della struttura, nonché i suoi livelli di difesa.

Durante il trasporto, soprattutto su gomma (modalità stradale) le variabili operative si moltiplicano e coinvolgono necessariamente anche le persone del pubblico e le vetture che transitano accanto al veicolo che trasporta il materiale radioattivo: anche un minimo incidente come può essere un semplice tamponamento potrebbe comportare un blocco del traffico proprio per il timore generato dai cartelli (obbligatori) che il veicolo deve mostrare durante il trasporto.

Proprio per affrontare e risolvere questi aspetti, la IAEA ha pubblicato un regolamento [1] che indica i criteri di sicurezza da porre in essere partendo dalla classificazione di ciò che deve essere inviato al trasporto fino alla scelta del contenitore ideale e sul modo di segnalarlo.

Le Nazioni Unite hanno fatto proprie le indicazioni tecniche e scientifiche proposte da IAEA e hanno inserito nel regolamento ADR [2] (regolamento per il trasporto stradale in sicurezza di merci pericolose) i criteri di sicurezza modellandoli ed ampliandoli sulle realtà "urbane" (sosta del veicolo, equipaggiamento di sicurezza, informazioni alle autorità competenti, ecc.).

Siamo tutti ben consci che esistono trasporti che in funzione della natura o delle dimensioni o della pericolosità del materiale, vengono effettuati (soprattutto per il materiale radioattivo) con la scorta tecnica o delle forze dell'ordine proprio per garantire la sicurezza della delicata fase del trasporto: sicurezza rivolta anche agli avventori presenti sulla strada. Ma questo viene svolto in minima percentuale rispetto al mercato mondiale e non avviene, invece, per le piccole sorgenti radioattive che costituiscono la maggior parte dei trasporti e che vengono svolti con normali furgoni

ni. Sorgenti destinate all'industria, alla sanità e in misura minore, alla ricerca.

Quindi, le principali imposizioni rivolte a chi spedisce questa tipologia di materiale, sono quelle di utilizzare esclusivamente dei contenitori che devono rispondere ai requisiti di sicurezza o addirittura che devono essere omologati dalle Autorità che attestano la capacità di resistere alle maggiori condizioni accidentali. Contenitori [3] (chiamati "di tipo B") che possono contenere solo specifici elementi radioattivi e con attività (quantità) ben definite; contenitori che hanno una validità temporale limitata a 7 anni e che successivamente deve essere rinnovata per poter continuare ad utilizzarli.



Figura 1: Tipologie di contenitori di trasporto di tipo B

Questi contenitori hanno preliminarmente subito prove di resistenza, immersione nell'acqua, esposizione al fuoco, caduta da diverse altezze, caduta di un oggetto appuntito e di peso definito sul contenitore in prova, ecc. Tutto questo per certificare che il contenitore è resistente anche alle sollecitazioni incidentali.

Possiamo così scoprire che dalla prima edizione del regolamento IAEA (1961) che stabiliva i criteri di sicurezza dei contenitori, sino a questa ultima edizione del 2018, aggiornata al progresso tecnico delle tipologie di attività svolte con i diversi radionuclidi conosciuti, l'applicazione della Regolamentazione IAEA ha consentito che le attività di trasporto delle materie radioattive siano state effettuate e continuino ad essere svolte con elevati livelli di sicurezza e di protezione dalle radiazioni.

Ne sia prova che in oltre sessanta anni di trasporti nel mondo non sono stati mai registrati eventi significativi in termini di esposizione dei

lavoratori o della popolazione o di danni all'ambiente. Ma per dare una dimensione ai criteri di sicurezza adottati si consideri che per trasportare una piccola sorgente di iridio 192 utilizzata in ambito sanitario per la brachiterapia (Fig. 2) e che ha un peso complessivo di pochissimi grammi, si impiega un contenitore del peso di quasi 30 kg, proprio allo scopo di limitare quanto più possibile l'esposizione alle radiazioni del personale che movimentava questi contenitori [4].



Figura 2: Rapporto dimensionale tra una sorgente di ^{192}Ir per brachiterapia e una moneta.

Ma nel caso di materiale radioattivo più importante in termini di pericolosità, come può essere il cobalto (^{60}Co), normalmente impiegato nei centri di irraggiamento industriale per assicurare la sterilizzazione o la drastica riduzione della carica batterica su molti oggetti di uso sanitario ma anche quotidiano nella nostra vita, si impiegano invece contenitori che pesano dai 4500 ai 6000 kg e che possono contenere al massimo una decina di kg di cobalto.



Figura 3: Barra di ^{60}Co . Il diametro della base del cilindro misura 3.05 mm.

La radiazione, si sa, ha la capacità di attraversare ampi spessori di materiale compreso il piombo e il cemento. Ma ovviamente questo non vale per

qualsiasi materiale radioattivo ma solo per alcuni radionuclidi che sono di particolare interesse per l'industria e la medicina. Le radiazioni di alcuni nuclidi possono essere fermate da un semplice foglio di carta (radiazione alfa) mentre altre sono in grado di attraversare anche 100 cm di cemento (radiazione X o gamma). Pertanto, maggiore è la capacità e intensità di attraversamento e maggiori saranno gli spessori necessari per ottenere un contenitore protettivo. Ma per quanto proteggano, non saranno quasi mai in grado di fermare completamente le radiazioni prodotte. O meglio, si potrebbe aumentare lo spessore e quindi il peso del contenitore, ma questo influirebbe poi sulla capacità di trasporto e di movimentazione. In poche parole, non si riuscirebbe a trasportare un simile imballaggio.

Quindi i regolamenti internazionali si fondano su criteri di accettabilità dei minimi valori di dose emergente dai contenitori e dei pericoli determinati dalle radiazioni, che con misure di sicurezza attive e passive, ma anche con comportamenti responsabili e adeguati, contribuiscono a garantire la sicurezza del trasporto sia per i lavoratori ma soprattutto per la popolazione [7].

La sicurezza dei trasporti viene affrontata non solo con adeguati contenitori di trasporto ma anche con specifica formazione che il personale di guida deve possedere. Molti paesi nel mondo che aderiscono applicando il regolamento ADR prevedono che gli autisti di veicoli trasportanti merci pericolose, seguano un corso di 15 giorni e si sottopongono ad un esame scritto a dimostrazione della conoscenza del regolamento stesso. Per trasportare materiale radioattivo occorre sostenere un esame addizionale proprio per la specificità dei pericoli di questa merce. Il Certificato di Formazione Professionale (meglio conosciuto come "patente ADR") così ottenuto dopo il superamento dell'esame deve essere rinnovato ogni cinque anni a dimostrazione della continua conoscenza del regolamento ADR (che viene a sua volta rinnovato ogni due anni) attraverso la ripetizione del corso di 15 giorni e dell'esame finale comprensivo della specialità del materiale radioattivo.

Ovviamente i documenti tecnici e legislativi che regolamentano la sicurezza dei trasporti delle sorgenti radioattive tengono anche conto delle molteplici realtà esistenti, spesso da molte per-

sone non conosciute o non valutate. Ne siano di esempio tutti quegli oggetti o alimenti che contengono radioattività naturale proprio per la loro natura, senza che l'uomo abbia fatto nulla per introdurre questa radioattività. E con questi oggetti ci conviviamo da sempre senza che questi abbiamo mai apportato problemi alla sua salute.

Si pensi alle banane o alle noci o a molti legumi che contengono il nuclide potassio 40 (^{40}K) che è naturalmente radioattivo. E si pensi anche alla bevanda per eccellenza, l'acqua che sgorga sorgiva dal terreno e dalle rocce e porta con sé invisibili e microscopiche quantità di elementi compreso l'uranio e il torio, radioattivi. Abbiamo sempre bevuto e continueremo a bere queste acque senza che questo comporti alcun danno alla nostra salute. Eppure i giornali e le cronache ci riportano diversi casi di furti di contenitore con le sorgenti al loro interno. In questi casi è doveroso analizzare, anche con l'aiuto di esperti, la veridicità delle notizie riportate sui media.

Sul sito web della IAEA vengono ripresi e descritti gli episodi di furto che possono comportare danni o pericoli alle persone: ad esempio tra il 2013 e il 2017 il Messico ha raggiunto il triste primato dei furti che hanno coinvolto le sorgenti radioattive. Queste sottrazioni non erano rivolte direttamente alla materia radioattiva (che abbiamo visto essere di minima dimensione e peso) ma al contenitore metallico: infatti, in tutti i casi descritti, i ladri non sapevano nulla del contenuto ma erano attratti dalla considerevole massa del contenitore che veniva sempre ritrovato presso commercianti di materiali e rottami metallici.

Purtroppo la radioattività, nelle persone che non hanno dimestichezza con questo argomento, genera diffidenza e timore non solo per le origini della sua conoscenza (bombe atomiche, incidenti nucleari, ecc.) ma anche per la peculiare invisibilità delle radiazioni: non si vedono, non si sentono, non odorano e non si possono avvertire se non attraverso specifica strumentazione. Fortunatamente, gli sforzi dei professionisti e delle Istituzioni di settore sono interamente proiettati alla sicurezza della popolazione, dei lavoratori e dell'ambiente.

Come per molte attività umane, soprattutto quando sono presenti pericoli e rischi per la salute e sicurezza delle persone, gli aspetti che possono creare condizioni che procurino danno alle

persone vengono affrontati in anticipo: nel caso del trasporto di apparecchi o sostanze che producono radiazioni ionizzanti, nessun aspetto viene nominalmente lasciato al caso e le condizioni di sicurezza considerano spesso:

- i percorsi stradali (si favoriscono in assoluto le strade di grande percorrenza cercando di evitare le gallerie stradali e limitando allo stretto indispensabile l'attraversamento delle strade cittadine),
- gli orari di transito del veicolo,
- le condizioni metereologiche previste durante il percorso,
- le condizioni di traffico in funzione degli orari di percorrenza,
- le ore di guida del personale (per evitare per quanto possibile che gli autisti debbano dormire a bordo del veicolo stesso quando viene trasportato carico),
- la pericolosità del materiale trasportato.



Figura 4: Autoarticolato (sopra) e furgone (sotto) per trasporto sorgenti radioattive.

Potrà quindi capitare a molti di noi di percorrere una strada pubblica e di incrociare un veicolo (furgone o autoarticolato) che espone un pannello rettangolare arancione frontalmente e posteriormente al veicolo e ulteriori pannelli posteriormente e sui lati del veicolo, col conosciuto simbolo delle radiazioni:

Il messaggio trasmesso attraverso i cartelli, obbligatorio in tutti i paesi secondo le indicazioni IAEA, è che il veicolo trasporta materiale radioattivo che presenta valori di attività (quantità) e di rateo di dose, che non possono essere trascurati ai fini della sicurezza della popolazione e dei lavoratori. Di regola, i contenitori ancorati al piano di carico del veicolo vengono collocati verso il fondo dello stesso pianale e quindi a considerevoli distanze dagli autisti in modo che la dose emergente che può raggiungere la cabina di guida sia più bassa per quanto ragionevolmente ottenibile. Anche se il rateo di dose (ossia valore di dose valutata su un'ora di esposizione) sulle pareti posteriori del veicolo può presentare valori superiori a quelle che si possono trovare nella cabina di guida, occorre considerare che i tempi di esposizione delle persone che transitano in prossimità del veicolo sono assolutamente differenti: gli autisti rimangono in cabina per tutto il tempo del viaggio (e a volte anche durante la sosta che dopo un certo periodo di guida devono obbligatoriamente osservare) mentre gli automobilisti che transitano in prossimità del veicolo (comunque a distanze di alcuni metri) passano a fianco in pochissimi secondi.

Dunque esistono e devono essere applicate molte regole per il trasporto del materiale radioattivo: ma abbiamo anche detto che la radioattività è riscontrabile ovunque; e quindi qualsiasi cosa debba essere trasportata è soggetta alle regole del trasporto in sicurezza? Ovviamente no: ma il problema nasce dal fatto che ogni volta che si associa il termine "radioattivo" a qualsivoglia attività od oggetto, il primo pensiero emozionale è legato al pericolo verso la propria ed altrui salute ed è quindi normale immaginare che la contrapposizione a qualcosa di radioattivo sia appunto la totale assenza di radioattività.

Ma come abbiamo già sostenuto, non è così. La radioattività uguale a zero è pressoché inesistente e valori seppur minimi e assolutamente non pericolosi, si trovano nella nostra quotidiana

nità, dall'acqua ai piatti in terracotta alla frutta. Lo stesso Paracelso (1493-1541), medico ed alchimista accusato di aver somministrato sostanze velenose ai propri pazienti, rispose alle calunnie sostenendo che:

“Omnia venenum sunt: nec sine veneno quicquam existit. Dosis sola facit, ut venenum non fit.”

(Tutto è veleno, e nulla esiste senza veleno. Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto).

Un docente del Centro Studi Nucleari Enrico Fermi di Milano (CESNEF) asseriva e insegnava che se fosse vietato trasportare qualsiasi materiale radioattivo senza esserne autorizzati, allora sarebbe anche un reato portare un passeggero sulla propria vettura. Il motivo di questa paradossale affermazione è determinato dal fatto che le ossa degli esseri viventi contengono naturalmente il radionuclide ^{40}K : un individuo di circa 70 kg presenta una attività di circa 8000 Becquerel (Bq - unità di misura della attività del materiale radioattivo) di cui 5000 Bq costituiti appunto da ^{40}K .

Ma la radioattività quotidiana non si ferma alle ossa: un litro di latte presenta una attività di circa 100 Bq e un blocco di marmo da 10 kg ne presenta 10000 e un litro di acqua presenta valori che possono arrivare a 50 Bq mentre una banana può arrivare a 20 Bq e così via. Insomma, la radioattività uguale a zero non esiste!

Lo sanno benissimo le norme nazionali e internazionali che dispongono dei valori limite in termini assoluti (Bq) e di concentrazione (Bq/g) al di sotto dei quali “la radioattività può essere trascurata”. Ma anche il regolamento ADR per il trasporto stradale di Merci Pericolose dispone delle esenzioni di merito per il materiale radioattivo, indicando anche in questo caso dei limiti di attività specifica (in Bq/g) e di attività totale (in Bq) che non devono essere superati per poter trasportare liberamente un oggetto o sostanza. Al di sotto di questi valori la radioattività non è considerata come tale e quindi la fase del trasporto non è in alcun modo regolamentata e le condizioni di pericolo non sono neppure considerabili. In questo caso, infatti, non vi sono obblighi di etichettatura o di tipologia di contenitore di trasporto da adottare o di equipaggiamento o

di permessi di alcun tipo. Il trasporto in queste condizioni è assolutamente libero.

Ma il regolamento ADR elenca ulteriori casi particolari, a prescindere dai valori di attività e di concentrazione, in cui non si applicano le disposizioni dello stesso regolamento: queste sono così delineate:

- a) materiale radioattivo che fa parte integrante dei mezzi di trasporto;
- b) materiale radioattivo movimentato all'interno di uno stabilimento nel quale siano operanti altri appropriati regolamenti di sicurezza e dove la movimentazione non coinvolge strade o ferrovie pubbliche;
- c) materiale radioattivo impiantato o incorporato in una persona o animale vivo a scopo diagnostico o terapeutico;
- d) materiale radioattivo che si trova nell'organismo o sul corpo di una persona che deve essere trasportata per un trattamento medico dopo aver assorbito accidentalmente o deliberatamente materiale radioattivo o dopo essere stata contaminata;
- e) materiale radioattivo contenuto in generi di consumo che hanno ricevuto un'approvazione da un ente regolatorio, a seguito della loro vendita al consumatore finale;
- f) materie naturali e minerali contenenti radionuclidi presenti in natura (es. i mattoni di tufo o il granito e il marmo);
- g) oggetti solidi non radioattivi per i quali le quantità di materiali radioattivi presenti su una qualunque superficie non superano il limite indicato nella definizione di "contaminazione".

Un identico discorso di estremo criterio di sicurezza viene espresso per i rifiuti radioattivi: a differenza dei rifiuti costituiti da merci pericolose diverse dal materiale radioattivo, e per le quali esistono condizioni di agevolazione ai fini dello smaltimento e vengono chiaramente identificati dalle materie prime, nel caso dei rifiuti contenenti elementi radioattivi, questi non vengono in alcun modo differenziati ai fini del trasporto, dalle sorgenti radioattive in uso.

Indubbiamente per questi ultimi residui, devono essere osservati ed applicati i criteri di sicurezza per la popolazione, i lavoratori e l'ambiente, indicati nei disposti legislativi di ogni paese, ma ai fini della loro spedizione e trasporto si deve far riferimento solo ai criteri propri del regolamento

ADR. La IAEA, che rappresenta una delle tante organizzazioni gestite dall'ONU, richiede in modo sempre più dettagliato e pressante che la garanzia della sicurezza venga sviluppata da tutti gli operatori interessati, con assoluta priorità.

Curiosamente, nella prima edizione di questo regolamento tecnico, la parola *"waste"* compariva una sola volta e a titolo di esempio, mentre nell'ultima edizione del 2018 la ritroviamo 9 volte ma principalmente associata a comitati o ai generici criteri di sicurezza da operare allorché venga trasportato materiale radioattivo o rifiuti.

Questa procedura che si discosta dal comune approccio (comunque non semplice) per lo smaltimento dei rifiuti speciali pericolosi e non, è ben consapevole che la gestione dei rifiuti radioattivi richiede impianti di elevata sicurezza e professionalità espressamente riconosciute. Se per i rifiuti convenzionali, un certificato analitico può aiutare a stabilire contaminanti e loro concentrazioni e conseguentemente i codici di pericolo da riportare sui documenti di trasporto, coi rifiuti radioattivi si dovrà modificare il metodo di classificazione.

La definizione di rifiuto radioattivo è la seguente [5]:

"rifiuti radioattivi: qualsiasi materia radioattiva in forma gassosa, liquida o solida, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, per la quale nessun riciclo o utilizzo ulteriore è previsto o preso in considerazione dall'autorità di regolamentazione competente o da una persona giuridica o fisica la cui decisione sia accettata dall'autorità di regolamentazione competente e che sia regolamentata come rifiuto radioattivo dall'autorità di regolamentazione competente"

mentre lo smaltimento è definito come [6]:

"la collocazione di rifiuti radioattivi o di combustibile esaurito, secondo modalità idonee, in un impianto autorizzato senza intenzione di recuperarli successivamente"

Il "glossario IAEA" [8] del 2022 è poco meno generico in quanto richiama un minimo concetto di "esenzione":

"For legal and regulatory purposes, material for which no further use is foreseen that contains, or is contaminated with, radionuclides at activity concentrations greater than clearance levels as established by the regulatory body." (Per scopi legali e normativi, il materiale per il quale non è previsto un ulteriore utilizzo che contenga, o sia contaminato da, radionuclidi a concentrazioni di attività superiori ai livelli di esenzione stabiliti dall'ente regolatore.)

È molto importante, nell'osservanza dei disposti legislativi ed autorizzativi stabilire se si tratta di un vero e proprio smaltimento piuttosto che di un conferimento a diverso titolo.

Consideriamo l'esempio di una sorgente di ^{63}Ni da 555 MBq contenuta in un ECD (electron Capture Detector) di un comune gascromatografo: la necessità di procedere alla sua sostituzione o alienazione deve essere valutata anche dalla condizione giuridica del "ricevente". Se si intende procedere allo "smaltimento", allora occorre accertarsi attraverso acquisizione documentale che la Società ricevente a cui è destinata la sorgente sia soggetto autorizzato ad operare appunto il ricevimento e lo smaltimento di rifiuti radioattivi. In questo caso la documentazione che accompagnerà il rifiuto così definito dovrà essere conforme alle necessità della stessa Società che riceverà il rifiuto oltre ad essere integrata dalle informazioni richieste dal regolamento ADR. Diversamente si potrà optare per la "restituzione" (sempre previsto da un accordo contrattuale stabilito in precedenza già in fase di fornitura – è ovvio che la "restituzione" non potrà essere operata ad una Società diversa) in quanto per alcune sorgenti radioattive è previsto un possibile riutilizzo anche determinato dalla lunga vita media del radionuclide. In quest'ultimo caso, la documentazione accompagnatoria sarà solo quella espressamente prevista dal regolamento ADR e dalla legge del paese ove avviene il trasporto (documento di trasporto). In ambito comunitario occorre possedere il documento conosciuto come "modulo EURATOM 1493/93" [9] sul quale sono riportate asseverazioni delle Autorità competenti circa la possibilità di ricevere quella sorgente radioattiva o quel rifiuto.

È dunque abbastanza intuitivo che per il regolamento ADR è indifferente spedire rifiuti o materiale diverso dai rifiuti. Addirittura, non occorre neppure indicarne la natura sul documento di trasporto. Se per i rifiuti speciali grazie a quanto indicato in precedenza è possibile limitare l'indagine valutativa alla, o alle, classi di pericolo peggiore (molto pericoloso) con i rifiuti radioattivi questo non è possibile. È indispensabile conoscere a priori:

- il radionuclide,
- la sua attività ad una data certa di riferimento,
- la sua forma fisica,
- l'eventuale stato di forma speciale o meno,
- la condizione di radionuclide fissile,
- la categoria di trasporto.

Il solo fatto di attivare il contatore Geiger non è condizione sufficiente per considerare e spedire un rifiuto come radioattivo. Nel caso, non poco probabile, di una miscela di radionuclidi, nel calcolo dei valori limite si deve dunque tenere conto della formulazione proposta dallo stesso regolamento ADR. Nella pratica quotidiana si tratta di valutare la frazione di ogni radionuclide che compone la miscela e rapportarla ai limiti che dovranno essere calcolati *ex novo*.

Un collo contenente materiali radioattivi può essere classificato come collo esente (ossia il trasportatore è esentato da poche e minori condizioni di obblighi amministrativi) a condizione che l'intensità d'irraggiamento in ogni punto della superficie esterna non superi $5 \mu\text{Sv/h}$. Il collo trattenga il suo contenuto nelle condizioni regolari di trasporto. Il collo rechi l'indicazione "RADIOATTIVO" su una superficie interna, in modo tale che sia segnalata la presenza di materiale radioattivo all'apertura del collo; oppure sulla superficie esterna, qualora sia impossibile marcare una superficie interna.

Oppure per oggetti troppo piccoli per recare la marcatura "RADIOATTIVO", a condizione che essi vengano trasportati in un collo recante l'indicazione "RADIOATTIVO" sulla sua superficie interna, in modo che l'avvertimento della

presenza di materiale radioattivo sia visibile all'apertura del collo; in definitiva, per trasportare qualsiasi oggetto o sostanza che presenti il fenomeno della radioattività occorre uniformarsi e rispettare integralmente le condizioni di assoluta sicurezza dettate dai regolamenti di esercizio, allo scopo di garantire la salute dei lavoratori e della popolazione [10].

La normativa applicabile

Dunque il regolamento IAEA viene integrato nei 5 regolamenti modalì dell'ONU e alcuni di questi (ADR, ADN, RID) sono riconosciuti in Italia come disposti legislativi ai quali devono uniformarsi e rispettare chiunque spedisce, trasporta e riceve materiale radioattivo. Già la prima importante legge italiana numero 1860 del 1962 disponeva l'obbligo di effettuare il trasporto del materiale radioattivo a fronte del possesso di un decreto di "Vettore Autorizzato" rilasciato dal Ministero competente previa presentazione di documentata istanza. Ma la legge citata consentiva la possibilità di effettuare trasporti "Singoli ed Occasionali" in assenza del possesso del decreto di Vettore autorizzato e nel rispetto di precisi limiti quantitativi secondo il radionuclide che si voleva trasportare. Con la pubblicazione del Decreto Legislativo 101/20, questa possibilità è stata interamente cancellata. Analizziamo allora nel dettaglio quanto richiesto dalla normativa vigente al 2024.

Regolamento ADR

Occorre presentare istanza per ottenere decreto di vettore autorizzato al Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica - Dipartimento energia (ex MISE, ex MITE, ex MICA...) e in copia a Ministero dell'interno e a ISIN (Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare) precisando da subito se il trasporto è da intendersi "conto proprio" (per il trasporto delle proprie sorgenti per le quali occorre anche possedere specifico nulla osta prefettizio o autorizzazione ministeriale) oppure "conto terzi".

La IAEA, attraverso i regolamenti pubblicati ed aggiornati sin dal 1960, ha proposto la classificazione del materiale radioattivo sulla base della capacità protettiva dei contenitori in termini di

esposizione radiologica e di resistenza alle diverse e sempre più gravi sollecitazioni fisiche (fino a simulare la caduta di un collo da un aereo in fase di decollo o atterraggio. Le classificazioni sono codificate in forma numerica (Numero ONU) e possono identificare, con crescente livello di pericolosità fisica e biologica del contenuto:

- colli esenti,
- materiali radioattivi di debole attività specifica,
- oggetti contaminati superficialmente,
- collo di tipo A,
- collo di tipo B(U),
- collo di tipo B(M),
- collo di tipo C,
- accordo speciale,
- esafluoruro di uranio.

I veicoli che si vogliono impiegare per trasportare il materiale radioattivo devono possedere requisiti di sicurezza che garantiscano l'inviolabilità del materiale vincolato a bordo e assicurare nel contempo la protezione del personale viaggiante e soprattutto della popolazione.

Dovrà inoltre essere notificata la disponibilità di un locale di decontaminazione ovvero di un accordo contrattuale con un soggetto in possesso di un simile locale che garantisca la sua disponibilità in caso di necessità ossia nel caso in cui il veicolo risulti contaminato da radioattività.

È palese che deve anche essere prodotto un documento che descriva le modalità di decontaminazione che devono essere svolte e da chi. A tal proposito è importante indicare la capacità professionale degli attori coinvolti in questa procedura operativa.

È necessario quindi far valutare una stima dei nuclidi trasportabili con un valore massimo di attività (in Bq o multipli) e di indice di trasporto (corrispondente al massimo rateo di dose misurato ad un metro di distanza da qualsiasi punto della superficie del collo). È bene ricordare che nel caso del confezionamento del materiale radioattivo, a differenza delle altre merci pericolose, la quantità (attività espressa in Bq o suoi

multipli) e il radionuclide da avviare al trasporto, fanno la differenza.

Per chiarire: spedire 20 litri di metanolo (merce pericolosa della classe ADR 3) o 40 litri, non modifica la tipologia (Codifica di omologazione) di contenitore ed etichettature necessaria all'imballaggio. Non è così per il materiale radioattivo poiché ogni radionuclide emette radiazioni corpuscolari e/o elettromagnetiche differenti e queste posseggono energie che possono arrivare a valori di milioni di elettronvolt. Un esempio: 1) 1 GBq di ^{251}Cf (californio 251), che decade emettendo particelle α di 6.17 MeV, richiede un contenitore di tipo B (U) o B(M); 2) 1 GBq di ^{26}Al (Alluminio-26), che decade β^+ emettendo positroni di circa 5 MeV, richiede un contenitore di tipo A; 3) 1 GBq di ^3H (Trizio), che decade β^- emettendo elettroni di 18 keV, richiede un contenitore di tipo "esente".

Quindi non esiste una diretta corrispondenza tra nuclide e contenitore ma ogni volta deve essere valutato sulla base delle limitazioni imposte dai regolamenti tecnici, limitazioni che riguardano ogni singolo radionuclide.

Ma anche il valore di indice di trasporto può sensibilmente modificare la tipologia di imballaggio necessario. Tutte considerazioni che il soggetto richiedente, e per lui il consulente ADR e l'Esperto di Radioprotezione, deve inglobare nelle relazioni tecniche da presentare a corredo dell'istanza autorizzativa. Nelle stesse relazioni tecniche richieste ai due professionisti citati, dovranno essere proposti anche le valutazioni di incidente coinvolgente il materiale radioattivo e il possibile danno alla popolazione, all'ambiente e ai possibili lavoratori coinvolti.

Va da sé che, maggiore è la pericolosità in termini di attività e radiazione e maggiore è la protezione che si deve ottenere e quindi anche le masse dei contenitori diventano tali da non poter essere trasportati se non con l'ausilio di gru e di veicoli con elevate capacità di portata.

Nel caso di trasporto conto terzi non avendo conoscenza preliminare di ciò e quanto che potrebbe essere trasportato e bene porsi nelle condizioni peggiori, ma realistiche, del trasportabile. Ad esempio un contenitore di tipo B(U) o B(M) con una massa di 6000 kg non potrà certamente essere caricato su un furgone! Diversamente,

la medesima tipologia di contenitore usato per irraggiamenti industriali (CND - controlli non distruttivi) possono sicuramente essere caricati in pezzi multipli (massa compresa tra 10 e 150 kg cadauno) sullo stesso furgone ma l'attività in gioco è decisamente ridotta di un fattore 2 rispetto al primo esempio. Sulla base di queste valutazioni si dovrà decidere l'equipaggiamento di bordo oltre a quello di base previsto dal regolamento ADR.

Circolare del Ministero dei Trasporti n. 162/1996

Infatti, anche la (molto vecchia) circolare 162 del 1996 dispone in tal senso indicando gli attrezzi che devono risultare a bordo del veicolo per affrontare i diversi possibili casi incidentali.

Uno strumento che non troviamo negli elenchi dell'equipaggiamento richiesto è un rilevatore di radiazioni che può essere anche un semplice ed economico Geiger-Muller. Il compito dell'autista del veicolo non è certo quello di verificare i dati di rateo di dose espressi dalla etichetta applicata al collo o dell'indice di trasporto eventualmente riportato sulla stessa, ma dovrà sicuramente avviare le azioni che devono portare alla messa in sicurezza del collo contenente il materiale radioattivo che è stato coinvolto nell'incidente: la capacità di valutare in prima istanza se c'è contaminazione diffusa ovvero il cordone sanitario da creare per impedire l'avvicinamento di curiosi o di persone non addette ai lavori, non può avere luogo senza uno strumento che sia almeno in grado di confermare la presenza o meno di un campo di radiazioni. La formazione del lavoratore (autista) deve quindi comprendere anche il corretto utilizzo (e valutazione dei risultati) di un simile strumento che sarebbe opportuno facesse parte dell'equipaggiamento di servizio.

Lo scopo iniziale della circolare citata era di definire le prescrizioni di sicurezza relative al trasporto nazionale ed internazionale su strada delle materie radioattive. Purtroppo, la circolare è ancora oggi affetta dall'errore di essere vincolata ad una edizione dei regolamenti di trasporto (ADR e IAEA), che non esistono più proprio perché periodicamente aggiornati.

Anche la normativa italiana è stata ulteriormente aggiornata e gli articoli della Legge

1860/62 e del Decreto Legislativo 230/95 sono stati abrogati e riproposti (in diversa forma e contenuto) nel Decreto Legislativo 101/20. Tuttavia, la circolare 162/96 conserva ancora la sua validità applicativa ed è un valido riferimento per tutti coloro che intendono svolgere attività di trasporto delle merci pericolose della classe ADR 7, potendo così riassumere in sintesi i comportamenti da assumere sia durante le fasi di trasporto, sia nei casi incidentali.

Nella circolare sono anche indicati i requisiti che deve possedere un veicolo per essere adibito al trasporto stradale di materiale radioattivo:

- a) la cabina di guida deve essere separata dal vano di carico con una parete rigida e continua
- b) il vano di carico deve essere costituito da carrozzeria chiusa o di tipo equivalente (es. cassone con centinatura di sufficiente robustezza e telone ignifugo) sufficientemente areata
- c) non è consentito l'uso di carrozzerie ribaltabili e o scarrabili.

Anche i veicoli utilizzati per il trasporto di materie radioattive in quantità non superiori ai limiti di esenzione previsti dal regolamento ADR dovranno corrispondere anche essi ai requisiti sopra specificati ed alla tipologia indicata negli specifici punti della circolare, tuttavia, dover essere sottoposti a visita e prova per accertarne l'idoneità al trasporto.

È auspicio dei diretti interessati, degli Esperti di Radioprotezione e dei Consulenti ADR che la circolare 162/96 venga rivista e aggiornata alle esigenze in continua evoluzione dei regolamenti modali, senza vincolarsi nuovamente a leggi e regolamenti che per loro natura subiscono periodiche modifiche e in modo che diventi uno strumento di costante consultazione ove trovare risposte adeguate per rispettare i dettami di una normativa di non facile comprensione ed attuazione.



[1] IAEA Safety Standards Series No. SSR-6 (Rev.1): *Specific Safety Requirements - Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*, edition 2018 - STI/PUB/1798 | 978-92-0-107917-6.

[2] *Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR 2023)* - ECE/TRANS/326 - ISBN: 978-92-1-139211-1 (English)

- [3] IAEA Safety Standards Series No. SSG-66 - Specific Safety Guide - *Format and Content of the Package Design Safety Report for the Transport of Radioactive Material* STI/PUB/1980 | 978-92-0-141321-5 - Date published: 2022
- [4] Franco Cioce: *Classificazione, spedizione e trasporto su strada di materiale radioattivo*, Ars Edizioni Informatiche - EAN: 9788889260890 - ISBN: 8889260890, Milano (2021).
- [5] Decreto Legislativo 101/2020, art. 7 nota 124.
- [6] Decreto Legislativo 4 marzo 2014, n. 45.
- [7] IAEA Safety Standards Series No. SSG-26 (Rev. 1) - Specific Safety Guide *Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material* (2018 Edition) - STI/PUB/1953 - 978-92-0-119021-5 - Date published: 2022.
- [8] IAEA Nuclear Safety and Security Glossary *Terminology Used in Nuclear Safety, Nuclear Security, Radiation Protection and Emergency Preparedness and Response* (Interim) Edition (2022).
- [9] Regolamento (Euratom) n. 1493/93 del Consiglio, dell'8 giugno 1993, sulle spedizioni di sostanze radioattive tra gli Stati membri (OJ L 148 19.06.1993, p. 1, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/1993/1493/oj>).
- [10] IAEA Safety Standards Series No. SSG-65 - Specific Safety Guides: *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency Involving the Transport of Radioactive Material* English STI/PUB/1960 | 978-92-0-127521-9 (2022).



Franco Cioce: è esperto di Radioprotezione; Consulente ADR/RID/ADN; Membro del “Comitato Materie Fissili e Radioattive” - Centro Comune di Ricerca JRC di Ispra – Commissione Europea; Curatore del Museo della Radioattività; Docente ai master di Radioprotezione Università di Pavia, Università La Sapienza, Università di Tor Vergata.

