

# DOSIMETRIA PASSIVA DIGITALE

La soluzione che semplifica la dosimetria

Il nuovo servizio di dosimetria che porta in Italia la rivoluzione tecnologica è arrivato.

**Qalib**, grazie all'impiego di **Instadose®**, ha eliminato la sostituzione dei dosimetri, ha reso più efficiente e rapida la trasmissione dei dati, ha ridotto i costi e ha trasformato il modo in cui i lavoratori sono salvaguardati.

## WEBINAR GRATUITO

19 Marzo 2021 e 12 Aprile 2021

Iscriviti su [www.Qalib.it](http://www.Qalib.it)



### CINTURINO OSL

Dose Equivalente in Hp (0,07)



### INSTADOSE 2

Dose Efficace in Hp(10) e Hp (0,07)

Dose Ambientale in H\*(10)



### INSTADOSE +

Dose Efficace in Hp(10)

Dose Ambientale in H\*(10)

[info@Qalib.it](mailto:info@Qalib.it)

+39 02 87156 762

Via Antonio Gramsci, 18, 20016 Pero MI, Italia



Anno XL - N. 11/2.0

## SOMMARIO

Gennaio – Aprile 2021

Quadrimestrale

Editoriale .....	4
- CHERNOBYL. LA SERIE TELEVISIVA CHE METTE D'ACCORDO FINZIONE E REALTÀ ...	6
- INDICAZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DI UN REPARTO DI TERAPIA MEDICO-NUCLEARE E SCHEDA PER AUDIT INTERNI .....	15
- DOSI DI RADIAZIONI ASSORBITE DA OPERATORI IN CARDIOLOGIA INTERVENTISTICA COMPARANDO L'UTILIZZO DI DIVERSI TELI DI PROTEZIONE: THE RADIATION STUDY .....	26
- UN MODELLO RADIOPROTEZIONISTICO PER LA GESTIONE DI SORGENTI FLASH ...	37
- LE RICADUTE SULLE INDUSTRIE OIL & GAS DEL NUOVO D. LGS. 101 /2020.....	51
- SPEDIZIONE DI SORGENTI RADIOATTIVE SIGILLATE TRA STATI MEMBRI – MODULO EURATOM .....	62
- RADIO IURIS: NORMATIVA E GIURISPRUDENZA IN MATERIA DI RADIOPROTEZIONE .....	72
- L'ESPERTO IN INTERVENTI DI RISANAMENTO RADON: PROFILI DI INCOSTITUZIONALITÀ.....	72
- LA BACHECA: UTILITA' PER GLI EdR .....	77
- PUBBLICAZIONI DAL MONDO SCIENTIFICO .....	81
- MAPPA DEI SITI IDONEI PER I DEPOSITI NUCLEARI DI SUPERFICIE IN ITALIA .....	85
- RECESSO DEL REGNO UNITO E ACQUIS EURATOM - AVVISO AI PORTATORI DI INTERESSI.....	90
- INFO ANPEQ - ELENCO CANDIDATI AMMESSI ALLE ELEZIONI ANPEQ 2021.....	92
- LETTERA APERTA AI SOCI ANPEQ.....	93
- INFORMAZIONI DAL SITO WWW.ANPEQ.IT.....	96

Immagine di copertina, per gentile concessione di © Chappatte, International Herald  
Tribune - [www.chappatte.com](http://www.chappatte.com)



## *Notiziario ANPEQ*

### **Presidente**

Pier Battista FINAZZI

### **Vice Presidente**

Alessandro SARANDREA

### **Tesoriere**

Michela GAGGIANO

### **Segretario**

Samantha CORNACCHIA

### **Consiglieri**

Luisa BIAZZI

Michela GAGGIANO

Daniele NUCCI

Ugo GIUGNI

### **Past President**

Luisa BIAZZI

Anno XLI – N. 14/2.0

Gennaio – Aprile 2021

Quadrimestrale

ISSN 1970-9234

### **Direttore Responsabile**

Franco CIOCE

### **Vice Direttore**

Gabriella GUARINO

### **Comitato di Redazione**

Carlo Maria BELLINI

Cristina Elena GHIGNONE

Jacopo MIGLIORATI

Daniele NUCCI

Alessandro SARANDREA

Pietro SBARUFATI

### **Stampa**

Tipografia Tip.Le.Co. snc  
di Bragalini P. e Barbieri S. & C.

Via Salotti, 37 (San Bonico)

29122 Piacenza - Italy

Reg. Trib. Bologna n. 4861 del 22-01-1981

Pubblicazione periodica quadrimestrale



# **LA NOSTRA ESPERIENZA È LA SOLUZIONE**

*EXPERIENCE IS OUR BEST SOLUTION*



## **Bonifica aree contaminate da radionuclidi**

*Remediation from radioactive pollution*

## **Trasporti e spedizioni internazionali di materiali radioattivi**

*Transports and worldwide shipments of radioactive material*



## **Soluzioni per lo smaltimento e deposito autorizzato**

*Disposal solutions and authorized storage*

## **Decommissioning e decontaminazioni di impianti industriali e strutture sanitarie**

*Industrial plants and health facilities decommissioning and decontamination*



## **Imballaggio e spedizioni di tutte le classi di merci pericolose**

*All Dangerous Goods classes packaging and shipping*

## **Consulenza specialistica in materia di Dangerous Goods e radioprotezione**

*Dangerous Goods and radiation protection specialist consultancy*



## **Gestione integrata dei rifiuti speciali (pericolosi e non pericolosi) e dei RAEE**

*Integrated management of industrial waste (hazardous and non-hazardous) and WEEE*



### Le buone idee....

**S**ostengo da sempre che le buone idee prendono forma davanti alla macchinetta del caffè che è anche il luogo dove è più facile trovare i colleghi di ufficio.

In questo prolungato momento di pandemia gli uffici (e le macchinette del caffè) sono poco frequentati, così ci si inventa un modo per socializzare e passare il fine settimana senza ingolfare ulteriormente, proprio per un senso di responsabilità civica, le affollate strade delle grandi città. E quale migliore occasione se non quella di guardare con un collega ed Amico e rispettive consorti, le 4 puntate della serie “Chernobyl” proiettate senza interruzioni pubblicitarie? Da qui l’idea di chiedere a Roberto COVINI (con me nella foto), ex Direttore responsabile del reattore nucleare sperimentale ESSOR del Centro JRC di Ispra (Va) di commentare e recensire la serie televisiva. Avevo pensato ad una “paginetta” ma mi sono dimenticato di dirglielo; e avevo anche sottovalutato la sua straordinaria sensibilità emotiva.

Così Roberto mi ha presentato un lavoro ben più lungo di un paginetta e quando ho letto il suo prodotto non ho saputo trattenermi dall’abbracciarlo (virtualmente) per la bellezza del suo scritto. E ho anche deciso di onorarlo proponendo per primo il suo lavoro su questo numero del Notiziario. Lo merita, perché ha centrato in pieno il messaggio che avevo lanciato da un precedente numero del Notiziario: **“divulgare la cultura delle radiazioni”**; e per farlo ci ha messo l’impegno che l’argomento richiedeva, si è sforzato non per insegnare la fisica del reattore nucleare ma per trasmettere a chi legge la passione, la sua passione per ciò a cui ha dedicato la vita.

Molte volte, i nostri amici e conoscenti “non addetti ai lavori” che hanno visto lo sceneggiato, sapendo che è materia del nostro lavoro, ci hanno rivolto la domanda “...ma è tutto vero?": ora possiamo anche non rispondere e prestar loro (fatevelo poi restituire) il Notiziario con l’articolo di Roberto Covini.

E subito rendiamoci disponibili per raccontare appunto del nostro mestiere e dell’enorme, incomparabile vantaggio che abbiamo nel conoscere tecnologie e applicazioni sconosciute ai più ma che fanno parte della nostra quotidianità.

Aiuteremo così un Sindaco ad evitare magre figure...



# PACTEC

**MIT** **AMBIENTE**  
TRASPORTI ADR E SERVIZI AMBIENTALI

High quality flexible certified packaging that will help you safely and efficiently Collect, Transport, Store and Dispose of  
**Radioactive Waste and NORM**

**MITAmbiente is the exclusive Italian distributor**

PacTec offers several innovative, patented nuclear waste containment solutions for the encapsulation of **LLMW** (low level mixed waste) and **NORM**, plus a variety of Type IP-1, IP-2 and Type A IP-3 flexible containers that meet **transport regulations** and **storage criteria**.



If you are looking for a nuclear waste package for **demolition**, **decommissioning**, or **site remediation**, you have come to the right place: the approved flexible waste packaging greatly reduces nuclear waste disposal costs while also streamlining the process for the disposal of radioactive waste.

Application	Features	Advantages
LLW LSA-II and SCO-II	Easy to handle, load and store	Custom designs for specific customer requirements
Contaminated Soils	One-piece design for easy use	ISO certification with robust QA program
Concrete Rubble	Flexible design compacts easily	Team of engineers for product design, testing, and certification
Construction Debris	Custom designs available	More cost-effective than wooden boxes or metal containers
Some Metal Waste		Reduces landfill subsidence
		Patented zipper fast closures

For any additional information, please contact our local distributor **MITAmbiente**  
**[www.mitambiente.it](http://www.mitambiente.it) – [info@mitambiente.it](mailto:info@mitambiente.it)**  
**(+39) 348 40 12 117**

# CHERNOBYL. LA SERIE TELEVISIVA CHE METTE D'ACCORDO FINZIONE E REALTÀ

di Roberto COVINI

*già Direttore Responsabile del reattore nucleare sperimentale ESSOR, Commissione Europea, JRC Ispra, Ispra (Va)*

26 Aprile 1986 un'esplosione distrusse l'unità 4 della centrale nucleare di Chernobyl, dando origine a uno dei più grandi disastri della storia umana. Un evento considerato *estremamente improbabile* si era verificato davvero!

L'incidente a quell'impianto nucleare, uno di quelli oltrecortina che di qua dal muro nessuno conosceva molto bene, spazzò via al pari di uno tsunami, molti dei sogni e delle certezze che mi ero costruito dapprima come studente e poi come giovane ingegnere impegnato nel programma nucleare italiano. Le immagini di quel reattore, ferito a morte nella sua integrità, rappresentarono un grave affronto all'incessante impegno di tutti gli operatori del settore nel riabilitare agli occhi dell'uomo comune "il nucleare", nato ahimè con il peccato originale delle bombe di Hiroshima e Nagasaki. Quel disastro mise la comunità scientifica con le spalle al muro, facendo comprendere che la strada per assicurare un nucleare "sicuro" alle prossime generazioni sarebbe stata ancora lunga ed impegnativa.

Il fantasma di quel terribile incubo si è ripresentato ai miei occhi nel 2019, quando è andata in onda la fiction *Chernobyl*, che ripercorre i fatti, la cronologia e le cause del disastro nucleare.. All'inizio, vinse in me l'impulso di non dare credito a un film che nella mia mente era stato prodotto solamente per rinvigorire la fanfara degli antinucleari e per dare fiato a quella antipatica propaganda di stampo manicheo, i buoni da una parte e i cattivi, me compreso, dall'altra.

A posteriori e con rammarico devo ammettere che ero fuori strada. Il film, realizzato con perfetto equilibrio tra finzione e oggettiva realtà dei fatti, è un'opera di eccellente divulgazione scientifica nonché un vibrante atto di accusa contro un sistema politico arrogante e meschino.

Quando il Direttore del Notiziario ANPEQ mi ha chiesto di fornire il mio personale parere sulla serie televisiva, devo ammettere che ho accettato sì con entusiasmo, ma anche con il timore di chi non è e non si sente nel modo più assoluto un critico cinematografico, anzi.

Mi è sembrato però opportuno sfruttare l'occasione per fornire ai lettori qualificati di questo periodico una disamina degli avvenimenti, così come descritti nel film, *anche* dal punto di vista di un *esperto* del settore.

Nell'articolo ho volutamente fatto precedere le mie considerazioni sulla fiction da alcune osservazioni di carattere squisitamente tecnico. Ho scelto questa metodologia espositiva non solo per accompagnare il lettore in una più facile comprensione di cosa sia successo a Chernobyl quella *maledetta* notte del 26 Aprile 1986 e perché, ma anche per capire e far capire in quale misura la serie televisiva sia stata aderente alla realtà dei fatti, rispondendo in tal modo alla domanda che mi sono fatto preliminarmente alla sua visione: **quanta finzione e quanta verità c'è? quanta propaganda?**

Pertanto, prima di vestire gli eccitanti panni del critico, credo sia opportuno vestire quelli a me più consoni, fornendo una breve descrizione dell'impianto di Chernobyl nonché delle sue caratteristiche costruttive e funzionali. Per una descrizione dettagliata rimando alla letteratura specializzata e ai rapporti IAEA.

All'epoca dell'incidente, il complesso nucleare *Vladimir Illic Lenin* di Chernobyl era composto da quattro reattori in esercizio più altri due in costruzione, del tipo **RBMK-1000**, acronimo del termine traslitterato dal russo **Reaktor Bol'soj Moščnosti Kanal'nyj**, che significa letteralmente *reattore a canali di grande potenza*. L'RBMK-1000 è un reattore termico eterogeneo, di potenza pari a circa 1000 MW elettrici (3200 MW termici), nel quale la grafite viene utilizzata come *moderatore* dei neutroni e l'acqua leggera come *refrigerante*. Si tratta di un progetto originale sovietico. Questi reattori rappresentavano l'evoluzione commerciale di impianti di piccola potenza, nati per la produzione di plutonio di grado militare. La letteratura non abbonda di informazioni su questi impianti. Per molto tempo infatti i divieti della Difesa e dei servizi segreti sovietici hanno pesato sulla divulgazione dei relativi dati tecnici.

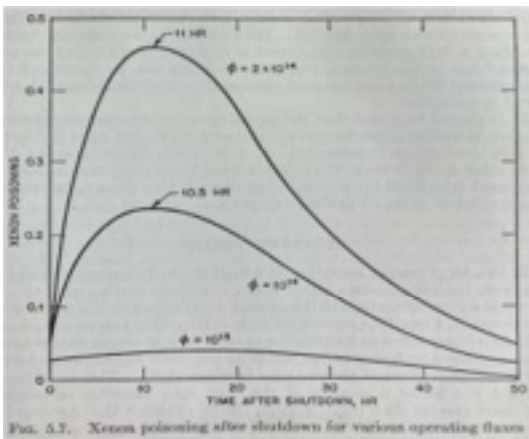
L'unità coinvolta nell'incidente, la n. 4, entrò in servizio nel 1983. Di conseguenza, il reattore esploso non era né vecchio né obsoleto, come a volte si è letto. Le cause dell'incidente vanno ricercate altrove. Inoltre, all'epoca dello scoppio erano in costruzione le unità 5 e 6, a testimonianza di un concetto costruttivo considerato valido ed attuale per l'epoca.

Una peculiarità di questo tipo di reattore era quella di presentare una *grande instabilità soprattutto a basse potenze*. Tale comportamento è imputabile sostanzialmente all'effetto congiunto sulla reattività di due parametri fisici: il *coefficiente di reattività da vuoti* e il *coefficiente di reattività per variazione di temperatura* del combustibile. Nel reattore RBMK-1000 il primo è **positivo**, vale a dire un aumento dei vuoti nel nocciolo dovuti alla presenza di una miscela bifase acqua-vapore determina un aumento della reattività e quindi della potenza,



mentre il secondo è **negativo**, più il reattore è *caldo* più il coefficiente di temperatura-temperatura è negativo, minore è la reattività associata. Il livello di potenza a cui opera il reattore determina l'equilibrio complessivo tra questi due parametri. Alla potenza nominale di esercizio prevale il coefficiente di temperatura, con effetto stabilizzante. A bassi valori di potenza, per la precisione al di sotto del 20% circa della potenza nominale (faccio notare che la potenza alla quale era previsto il test era di 700 MW termici, un valore ritenuto sicuro), prevale il coefficiente di reattività da vuoti, che rende il reattore fortemente instabile e soggetto a significative escursioni di potenza anche a basse variazioni di reattività, escursioni che devono essere contrastate dal continuo intervento delle barre di controllo.

Un tipico fenomeno fisico che riveste estrema importanza nell'economia neutronica di un reattore nucleare è il cosiddetto "avvelenamento da Xeno-135". Nel corso della reazione a catena questo radioisotopo si forma per decadimento radioattivo del prodotto di fissione I-135. In virtù della sua elevatissima sezione d'urto di cattura, lo Xe-135 assorbe i neutroni, abbassando notevolmente la reattività. Per tale motivo viene detto veleno neutronico. In seguito allo spegnimento del reattore o ad una riduzione di potenza, la sua concentrazione aumenta, presenta un picco dopo circa 10-11 ore per poi ridiscendere fino a quasi annullarsi solo dopo alcune decine di ore. Reattori come quello di Chernobyl possono essere riavviati a potenza in sicurezza solo dopo molte ore dallo spegnimento (dalle 24 alle 48 ore) per evitare conseguenze negative sulla sua stabilità.



L'errore clamoroso compiuto dal personale di sala controllo fu proprio quello di trascurare l'effetto di build-up dello Xeno-135, facendo ripartire il reattore subito dopo la riduzione di potenza (andata ben oltre i valori stabiliti) prevista per iniziare il test, iniettando immediatamente ulteriore reattività tramite il disinserimento di molte barre di controllo, 205 su 211, laddove le norme di esercizio prevedevano che ne fossero inserite

*almeno* 30 in qualsiasi condizione di funzionamento!

L'esclusione di alcuni sistemi di sicurezza hanno poi fatto da catalizzatore dell'incidente.

Una caratteristica costruttiva delle barre di controllo era quella di presentare degli *estensori*, ossia una porzione finale di grafite della lunghezza di circa un metro. Questa caratteristica, di per sé non negativa, risulterà fatale per il reattore nelle

condizioni del test, come appare chiaro nello sceneggiato, in quanto a differenza del boro la grafite rallenta i neutroni e pertanto aumenta localmente reattività e potenza. Nella fattispecie, quando nel film l'operatore preme il pulsante AZ5 di arresto rapido del reattore (scram), le barre di controllo scendono lentamente in canali ormai deformati dalle condizioni degradate del test e per questo motivo si arrestano prima del fine corsa, innescando localmente un incremento rapido di potenza. Immediatamente dopo avvengono *due* esplosioni (in accordo con i rapporti ufficiali). Perché? La sequenza degli avvenimenti e le cause che le hanno provocate sono magistralmente descritte nell'ultimo episodio della serie televisiva. La prima esplosione è originata dall'enorme pressione del vapore prodotto dal reattore fuori controllo, che scoperchia il tappo superiore di contenimento, esponendo il contenuto radioattivo del nocciolo all'aria esterna. La seconda, ancora più grave, è generata dall'idrogeno prodotto dal contatto dello zirconio (usato come rivestimento delle barre di combustibile) e della grafite con l'aria. Risultato: distruzione del nocciolo e proiezione di grandi quantità di materiale fortemente radioattivo nell'ambiente circostante.

Una critica al progetto del reattore RBMK, ripresa anche nel film, fu quella di non possedere un contenitore a pressione. In effetti, la specificità di presentare 1661 circuiti primari individuali, i canali di potenza, forniva ai progettisti la confortante percezione di considerare praticamente nulla la possibilità di una perdita significativa di grandi quantità di refrigerante (LOCA acronimo inglese che sta per LOss of Coolant Accident, incidente di riferimento nei reattori occidentali). La rottura contemporanea di un grande numero di canali era considerato un evento altamente improbabile. Per tale motivo l'impianto non possedeva un contenitore per mitigare la sovrappressione generata da un LOCA, ma semplicemente un sistema di confinamento a compartimenti, in modo da racchiudere entro vani separati i componenti di impianto.

A onor del vero, dubito fortemente che un contenitore avrebbe potuto confinare gli effetti delle esplosioni, in particolare quella di idrogeno, del tutto diversa dal LOCA.

Le caratteristiche sommariamente descritte e tipiche di questa tipologia di reattore, unitamente all'evidente impreparazione e l'incredibile leggerezza del personale di sala controllo nell'affrontare la situazione di crisi, hanno contribuito al verificarsi della catastrofe di Chernobyl. L'evento scatenante fu una prova, già condotta in precedenza con esito negativo, che gli operatori avrebbero dovuto effettuare per portare a termine il percorso autorizzativo della centrale, una di quelle che noi chiameremmo *prove nucleari*, le quali *sorprendentemente* non si erano ancora concluse nonostante l'impianto fosse stato dichiarato già operativo. Lo scopo era quello di verificare se, in caso di assenza di alimentazione elettrica, il gruppo turbo-alternatore fosse stato in grado di produrre una potenza elettrica

residua durante il moto inerziale di arresto, sufficiente ad alimentare le pompe di refrigerazione del nocciolo, in attesa dell'intervento ritardato dei sistemi diesel di emergenza.

Passiamo ora ai commenti sulla serie televisiva.

Dico subito che va dato merito all'autore e ideatore Craig Mazin e al regista Bo Johan Renck di aver saputo condensare nel film in modo impeccabile una mole enorme di informazioni scientifiche con l'encomiabile risultato che la ricostruzione dell'intricata catena di errori e difetti culminati nell'esplosione del 26 Aprile 1986 risulta *credibile*, proprio perché aderente alla realtà dei fatti, senza troppa enfasi e con quel pizzico di retorica che la finzione televisiva richiede.

A riprova di tutto ciò sta il fatto che la rappresentazione filmica dell'accaduto rispecchia piuttosto fedelmente i contenuti e le conclusioni sia del rapporto sull'incidente della commissione sovietica all'IAEA (Vienna, 25-29 Agosto 1986, viene citato anche nel film) che del rapporto INSAG7 dell'IAEA (Vienna, 1992). Certamente, gli sceneggiatori della fiction hanno preso spunto da questi documenti, così come dal libro "Preghiera per Chernobyl" della scrittrice bielorusa Svetlana Alexievich, premio Nobel 2015 per la letteratura.

Va sottolineato che il film non è un documentario, ma un *film drammatico*, se vogliamo di genere *catastrofico* con alcuni tratti da *film horror*. Esempio sono le conseguenze delle radiazioni ionizzanti sulle mani, sul volto e sul corpo dei vigili del fuoco intervenuti per domare l'incendio. Esso rivela fin dall'inizio che si tratta di una rappresentazione romanzata ma realistica di errori umani e progettuali che portano a distruzione, perdite di vite umane, sconvolgimenti personali e sociali, aggravati dall'arroganza di un apparato politico che aleggia su tutto e su tutti e dall'ignoranza della gerarchia politica che, negando la realtà dei fatti, sfida ogni logica umana.

Il film, pertanto, va giudicato non solamente per l'accuratezza degli eventi riportati o dei dettagli scientifici, ma anche per il modo in cui il regista e lo sceneggiatore sono riusciti, tramite i protagonisti e le immagini, a entrare nella mente degli spettatori e a suscitare in loro emozioni e sentimenti.

Per ottenere questo risultato, essi utilizzano in molte scene una tecnica cinematografica molto appropriata: quella della *soggettiva*, cioè dei fatti *visti dalla prospettiva dei protagonisti*. Questo non significa che la storia non si attenga ai fatti, significa piuttosto che l'obiettivo è quello di raccontare la storia nel modo in cui i personaggi la vivono in prima persona. Da soggetto la storia diventa oggetto. Ciò consente di ottenere il massimo impatto sullo spettatore, rendendolo emotivamente partecipe delle tragedie dei protagonisti. Esempio: l'esplosione del reattore viene prima fatta vedere *da lontano*, dalla finestra di casa di un vigile del fuoco con gli occhi della moglie e da una finestra di ospedale con gli occhi di

un'infermiera. Queste donne rappresentano idealmente i molti testimoni dell'evento, con l'accento posto sui loro timori, che sono poi quelli dello spettatore. Successivamente, la stessa esplosione viene vista *da vicino*, vissuta in prima persona dagli operatori della centrale, con una prospettiva totalmente diversa dalla precedente, quella della catena di errori commessi e di difetti progettuali che sono alla base dell'esplosione. Questo espediente cinematografico rende la stessa situazione, l'esplosione, molto diversa agli occhi di chi guarda il film. Mette lo spettatore nella duplice posizione di condividere i sentimenti di paura e anche di esprimere un giudizio critico sull'operato del personale.

La drammaticità della serie televisiva si sviluppa attraverso la vicenda umana di Valery Legasov (figura reale, come reale è stato il suo suicidio), chimico di fama internazionale dell'Istituto Kurchatov per l'energia atomica, magistralmente interpretato dall'attore britannico Jared Harris. La fiction si presenta con le drammatiche scene iniziali del suo suicidio, accompagnate da una domanda retorica quanto inquietante, che rappresenta il leit motiv dell'intera serie: *Qual è il costo delle bugie?*

In un'atmosfera di ostilità da parte di funzionari governativi e locali, che per giorni avevano costruito un muro di menzogne allo scopo di negare la realtà dei fatti, gli viene affidato il difficile compito di dirigere le operazioni di emergenza e di messa in sicurezza dell'impianto, insieme a Boris Shcherbina, capo della commissione governativa su Chernobyl istituita dal Cremlino, interpretato da un grandissimo Stellan Skarsgård, e il fisico nucleare Ulyana Khomyuk, la bravissima Emily Watson, personaggio di fantasia la quale rappresenta tutti gli scienziati sovietici che hanno aiutato Legasov nel suo arduo compito. Lo scienziato, scelto dall'apparato di partito per i suoi indubbi meriti, si ritrova così catapultato nelle sabbie mobili dell'incidente nucleare e da quel punto in poi la sua esistenza si intreccia con esso e da esso viene sconvolta. Un destino segnato, quello di Legasov. A partire dall'istante in cui riceve ed accetta l'incarico di membro della Commissione d'inchiesta governativa per l'uomo e per lo scienziato iniziano a farsi sentire le enormi responsabilità che lo porteranno all'extrema ratio di togliersi la vita. Non a caso, il suicidio viene collocato a inizio serie. Esso rappresenta l'elemento che fa intuire da subito allo spettatore quali saranno le tribolazioni e le sofferenze cui l'uomo andrà incontro, dovute al peso delle non facili scelte sia tecniche che etiche affidategli, spesso prese in totale solitudine, e ai compromessi al ribasso dettati dalla ragion di stato, che per uno scienziato sono praticamente impossibili da accettare.

Un interessante accorgimento cinematografico adottato nel corso di tutta la serie mi ha piacevolmente sorpreso e su di esso vorrei attirare l'attenzione del lettore. Gli ostici principi della fisica nucleare, le caratteristiche dell'impianto di Chernobyl, la sottolineatura di comportamenti inappropriati degli operatori vengono messi in

bocca agli scienziati a seconda delle circostanze, facendo assumere agli stessi la veste di *divulgatori*. Lo spettatore, tramite questo espediente, viene posto in condizione di comprendere perfettamente le caratteristiche e i punti deboli dell'impianto nucleare e quali siano state le cause del disastro.

Mi ha molto colpito poi il modo in cui il regista ha saputo cogliere mirabilmente alcuni momenti della tragedia, focalizzando l'obiettivo su immagini senza dialoghi che, come un'*istantanea*, raccontano meglio di ogni parola il dramma e lo sconvolgimento nelle vite delle persone a seguito della catastrofe nucleare. Una moviola mirabilmente costruita per mettere in evidenza la distonia tra la quotidianità, fatta di situazioni comuni e di tenerezze, e la drammaticità della situazione, complice l'inconsapevolezza del pericolo. Ecco alcune di queste *chicche*:

- Gente incuriosita raccolta sul ponte della ferrovia guarda attonita l'incendio della centrale nucleare mentre viene avvolta dal pulviscolo radioattivo, vittime inconsapevoli dell'incidente e delle sue nefaste conseguenze;
- Immagine tranquillizzante di bambini che giocano felici, madri che allattano i loro bebè, studenti che tornano a casa da scuola. Normale quotidianità in evidente contrasto con il presagio di futuri lutti rappresentati dalla caduta dal cielo di un volatile morto;
- Decine e decine di bus vuoti si avviano verso Prypiat per evacuarne *temporaneamente* gli abitanti, sottolineando così il dramma dell'abbandono delle proprie terre da parte della popolazione locale;
- Il reclutamento di giovani ragazzi che daranno il loro contributo a mettere in salvo la popolazione e il territorio, ma che inevitabilmente andranno ad alimentare ulteriormente le schiere dei morti. Questa premonizione si concretizza nella successiva drammatica immagine delle bare racchiuse in sarcofagi di piombo, interrate e ricoperte da una colata di cemento. Una rappresentazione ad effetto allo scopo di sottolineare la tristezza per la perdita di vite umane, ma anche l'oblio voluto dal regime;
- Immagine della moglie del vigile del fuoco in ospedale vicino alla culla vuota, che avrebbe dovuto ospitare la sua bambina appena nata e morta prematuramente a causa delle radiazioni. La creatura rappresenta tutte le vittime innocenti del disastro.

L'ultimo episodio rappresenta, infine, l'apoteosi della verità ed è un capolavoro di divulgazione scientifica, oltre che un potente atto di accusa al sistema politico per l'occultamento consapevole dei difetti del progetto, per la colpevole impreparazione dei responsabili dell'impianto che si sono fatti beffa delle procedure di sicurezza e, non ultimo, per la gestione dell'informazione dei servizi segreti allo scopo di preservare il buon nome dell'URSS, se mai l'avesse avuto.

La ricostruzione di Legasov in tribunale è da manuale. Tutti gli elementi che portano in qualche modo alla catastrofe sono stati da lui analizzati e gli errori



smascherati: il coefficiente di vuoto, l'avvelenamento da Xenon, il difetto delle barre di controllo, le procedure di sicurezza disattese. La mirabile ricostruzione temporale e causale dello scienziato rappresenta un vibrante *j'accuse* ai responsabili del disastro e all'apparato per ciò che poteva essere e non è stato fatto. La sua onestà intellettuale poi lo porta ad ammettere di aver mentito a Vienna sotto la pressione del KGB, riconoscendosi in tal modo complice della messinscena costruita in nome di un astratto principio di salvaguardia del sistema sovietico e della supremazia della sua industria nucleare. Il leit motiv della serie trova la sua sintesi perfetta nella dichiarazione finale di Legasov: *L'esplosione del reattore RBMK è dovuta alle bugie*. Dopo il monologo, anche lo spettatore più sprovvisto è in grado di comprendere dove stanno le responsabilità. Egli viene messo nelle condizioni di giudicare i colpevoli del misfatto, quasi fosse lui il giudice.

Per contro, con il suo atto di accusa Legasov firma la propria condanna. Lo scienziato, privato della sua dignità di uomo di scienza, si toglie la vita non senza lasciare a memoria futura gli atti di quell'accusa, esattamente come nella realtà.

### **Conclusioni**

La serie televisiva Chernobyl racconta in modo coinvolgente una cupa pagina di storia, evidenziandone la colossale tragedia umana. Come tutte le tragedie porta in primo piano anche eroi solitamente non celebrati: vigili del fuoco, minatori, reduci di guerra, medici, infermieri, scienziati.

Essa rappresenta anche un vibrante atto di accusa al regime sovietico. Attraverso la rappresentazione di uno Stato totalitario e totalizzante, dimostra come bugie, negligenza, avidità di potere e insabbiamenti portino a sofferenze inimmaginabili nella vita dei cittadini.

Vorrei concludere la mia recensione con un messaggio rassicurante nei confronti di coloro i quali hanno iniziato a nutrire serie riserve sull'energia nucleare o ad averne di maggiori a seguito della visione del film sul disastro di Chernobyl. Nessuno, ovviamente, è in grado di garantire la sicurezza al 100% in qualsiasi attività umana. Tuttavia, è importante ricordare e sottolineare che la catastrofe fu il risultato di una combinazione davvero unica di due fattori: errori umani aggravati dall'inosservanza delle più elementari misure di sicurezza e difetti di progettazione del reattore. E come tutte le catastrofi porta con sé l'esperienza della *lesson learned*: capire le cause dell'incidente per non ripeterne in futuro, rendendo questa tecnologia sempre più affidabile ed accettabile.

Posso rassicurare gli scettici che la ricerca continua della massima sicurezza possibile, sia nelle soluzioni impiantistiche che in quelle altrettanto importanti della gestione operativa, rappresenta il mantra quotidiano di tutti i tecnici e operatori del settore, la cui missione rimane sempre la salvaguardia della salute propria, dei propri cari, della popolazione e dell'ambiente.

# **Active Radsys**



## AFFIDABILITÀ

Controlli di qualità nella radiodiagnostica, radioterapia e medicina nucleare

## TECNOLOGIA

Monitoraggio e controllo radiazioni in remoto via IoT GSM/LTE, wireless



Sistema intelligente di rilevazione e controllo della concentrazione del Radon



## INNOVAZIONE

Visualizzazione punti di emissione radiazioni ionizzati con tecnologie di AI imaging

# INDICAZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DI UN REPARTO DI TERAPIA MEDICO-NUCLEARE E SCHEDA PER AUDIT INTERNI <sup>1</sup>

*Dedicato all'amico Giulio Cocomello*

di D'Avanzo M.A.<sup>1</sup>, Contessa G.M.<sup>2</sup>, De Crescenzo S.<sup>3</sup>, Mattozzi M.<sup>1</sup>, Pacilio M.<sup>4</sup>, Sandri S.<sup>2</sup>, Campanella F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro, via di Fontana Candida, 1, Monte Porzio Catone (Roma), 00078 Italia

<sup>2</sup>ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, via E. Fermi, 45, Frascati (Roma), 00044 Italia

<sup>3</sup>A.S.S.T. Papa Giovanni XXIII, Piazza OMS 1, Bergamo, 24127 Italia

<sup>4</sup>Policlinico Umberto I, viale del Policlinico 155, Roma, 00161 Italia

## Introduzione

Nella terapia medico-nucleare (o radiometabolica) lo scopo è quello di ottenere un adeguato controllo della malattia tramite somministrazione di radiofarmaci, sfruttando quindi la mortalità cellulare a seguito di interazione con radiazioni ionizzanti. Le patologie più frequentemente trattate sono quelle di origine neoplastica. Vi sono anche applicazioni per patologie benigne, quali ad esempio le forme di ipertiroidismo non più controllabili farmacologicamente.

La terapia medico-nucleare si è sviluppata partendo dalle conoscenze ottenute dalla diagnostica medico-nucleare, in particolar modo avvalendosi dello studio di farmaci che consentano la marcatura con il radionuclide di interesse, e allo stesso tempo determinino un accumulo sufficiente del radionuclide negli organi/tessuti che sono oggetto di indagine. In linea di principio, gli stessi farmaci possono determinare un accumulo adeguato del radionuclide negli organi/tessuti anche per scopi terapeutici. A differenza però della diagnostica medico-nucleare, dove i radionuclidi usati emettono radiazione gamma di energia adeguata per effettuare *imaging* scintigrafico, in terapia medico-nucleare i radionuclidi impiegati emettono radiazione  $\beta^-$  o  $\alpha$ , ovvero radiazioni a breve *range* di penetrazione che irradiano selettivamente gli organi/tessuti in cui si è maggiormente accumulato il farmaco (ovvero, il bersaglio del trattamento), riducendo invece i rischi derivanti dalla esposizione di tessuti o organi sani.

Un'altra differenza fondamentale consiste nelle attività somministrate molto più elevate rispetto a quelle tipicamente usate in diagnostica, che possono arrivare ad

---

<sup>1</sup> l'articolo è stato dato alle stampe prima della pubblicazione del d.lgs 101/20.

essere fino a circa 100 volte superiori. Nel caso ad esempio di radionuclidi emettitori puri  $\beta^-$ , malgrado l'attività somministrata sia ben più elevata rispetto alle applicazioni diagnostiche, il livello di esposizione esterna causato dal paziente somministrato rimane comunque modesto, o molto limitato, essendo dovuto ai pochi elettroni che fuoriescono dal corpo ed alla radiazione di frenamento prodotta dall'interazione degli elettroni con i tessuti attraversati. Il rischio invece di contaminazione interna, a causa di introduzione accidentale (ingestione, o inalazione) a seguito di contatto con il paziente, con le sue deiezioni, o con l'esalato sarà invece più elevato rispetto alle attività diagnostiche. Anche nelle attività di terapia il rischio prevalente rimane quello dovuto all'irradiazione esterna.

### **Indicazioni di carattere generale e classificazione delle aree**

Per la corretta gestione delle attività con radionuclidi è necessario identificare zone a diversa classificazione secondo la potenziale presenza di sostanze radioattive: zona fredda, zona calda e zona filtro.

Per evitare che lavoratori o persone del pubblico possano entrare accidentalmente in contatto con sostanze radioattive, è necessario predisporre i locali in modo tale che le zone fredde siano distinte e separate dalle zone calde, le quali devono essere delimitate da barriere fisiche fisse, adeguatamente segnalate e ad accesso regolamentato, prevedendo specifiche aree di controllo ed eventuale riduzione della contaminazione all'interno delle apposite zone filtro.

Le modalità di accesso ai locali, la loro destinazione d'uso e i percorsi riservati ai lavoratori e ai pazienti devono, inoltre, rispettare alcune caratteristiche necessarie al confinamento del rischio di contaminazione. Nella progettazione è, quindi, necessario tenere presenti tre requisiti fondamentali:

- requisiti strutturali: progettazione delle schermature e predisposizione dei locali dedicati alle attività della U.O.;
- requisiti tecnologici: requisiti specifici di impianti e finiture;
- requisiti organizzativi: organizzazione delle attività e del personale attraverso la definizione di procedure e istruzioni di lavoro.

Infine, nella progettazione dei locali e della relativa dotazione impiantistica, è utile ottimizzare le scelte anche pensando a quelle che saranno, a posteriori, le modalità di gestione, sia in fase ordinaria, sia durante le fasi correlate alle operazioni di manutenzione, secondo i seguenti criteri:

- tubazioni e canali da posizionare in zone facilmente accessibili (soffitti dei corridoi o cavedi) e contrassegnati per essere facilmente distinguibili da quelli non dedicati al trasporto di materiale radioattivo;
- sistemi di occultamento facilmente removibili;

- previsione di strutture per l'accessibilità a singole parti di macchine complesse e di grandi dimensioni, quali passerelle o sistemi illuminati;
- previsione di zone di rispetto intorno a determinate apparecchiature per le operazioni di manutenzione.

Per approfondimenti si rimanda alle "Indicazioni operative utili alla progettazione di ambienti dedicati alla manipolazione di sorgenti non sigillate e alla produzione di radiofarmaci: medicina nucleare, PET, ciclotrone" [1].

## Locali

Nella progettazione di un reparto per terapia medico-nucleare, come considerazione generale, è buona pratica collocare le camere di degenza in una zona separata dal resto delle attività e in prossimità dell'uscita calda, in particolare nel caso di terapia di pazienti neoplastici con radiofarmaci marcati con  $^{131}\text{I}$  (prevalentemente,  $^{131}\text{I-Nal}$  e  $^{131}\text{I-mIBG}$ ), sia allo scopo di mantenere i livelli di esposizione dovuti ai pazienti trattati al livello più basso possibile, sia per ridurre l'interferenza delle radiazioni emesse dai pazienti trattati con le apparecchiature per esami diagnostici.

L'attività svolta può rientrare, rispettivamente, nella categoria a "medio rischio" (ad esempio terapie con  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{186}\text{Re}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ) o in quella ad "alto rischio", in cui si manipolano isotopi di radiotossicità più elevata e in quantità maggiori (ad esempio per i trattamenti con  $^{131}\text{I}$  del carcinoma tiroideo e con  $^{131}\text{I-mIBG}$ , usato più frequentemente per alcuni tumori pediatrici).

Nel caso della categoria a "medio rischio" è necessario prevedere, all'interno del reparto di Medicina Nucleare, delle camere di degenza riservate ai pazienti trattati dotate di uno o due letti (ciascuna camera con un proprio servizio igienico con scarico controllato) e un punto di controllo della contaminazione (con monitor portatile) in prossimità delle stanze.

Nel caso della categoria ad "alto rischio" è necessario prevedere camere di degenza "protetta" collocate:

- o all'interno del reparto di Medicina Nucleare, organizzando l'attività in orari e giorni prestabiliti o secondo percorsi dedicati, al fine di ridurre al minimo il rischio di incrocio con i pazienti destinati alla diagnostica;
- o all'interno di veri e propri reparti "protetti", dedicati unicamente a tale scopo.

All'interno delle camere di degenza "protetta" dovranno essere previste dotazioni strutturali e tecnologiche necessarie a garantire i requisiti radioprotezionistici, quali:

- pavimenti a sguscio e superfici lavabili per facilitare le operazioni di decontaminazione;
- schermature adeguate delle pareti;
- disponibilità di schermature mobili all'interno delle stanze di degenza;



- servizio igienico dedicato con scarico controllato;
- sistemi di raccolta e contenimento degli escreti dei pazienti;
- punto di controllo della contaminazione (con monitor portatile) in prossimità delle stanze.

Inoltre, nei reparti “protetti” devono essere previsti gli stessi locali della Medicina Nucleare necessari per la gestione in sicurezza dell’attività di degenza, quali:

- una zona filtro dotata di un punto di controllo per la verifica della contaminazione delle mani, dei piedi e degli abiti (monitor mani-piedi-vesti) e, dove ritenuto necessario dall’Esperto Qualificato (EQ), di mezzi per la decontaminazione, quali lavabo e doccia del tipo “passante”;
- spogliatoi freddi per il personale (fuori dalla zona calda), auspicabilmente attigui alla zona filtro, da prevedere a seconda dell’organizzazione delle attività;
- eventualmente un locale di somministrazione qualora non sia prevista la somministrazione nella stanza di degenza (soluzione ottimale dal punto di vista radioprotezionistico).

Infine, in tutti i casi, devono essere previsti:

- sistemi di ventilazione che convogliano l’aria dalle zone fredde (corridoi) alle zone calde (camere di degenza) e garantiscano adeguati ricambi di aria (secondo la norma UNI 10491 le camere di degenza sono classificate zona C);
- locale deposito rifiuti radioattivi liquidi, in cui è alloggiato il sistema di stoccaggio e decadimento degli effluenti liquidi radioattivi e relativo sistema di misura;
- un deposito per lo stoccaggio e il decadimento di solidi radioattivi, prima del loro smaltimento;
  - locale/area deposito attrezzatura per la pulizia del reparto e materiali per interventi di decontaminazione.

## **Accessi e percorsi**

All’interno del reparto devono essere garantiti percorsi differenziati in ingresso e in uscita per il personale e per i pazienti, ove necessario.

Nel caso in cui le stanze di degenza siano presenti all’interno del reparto di diagnostica i criteri generali per definire gli accessi e percorsi sono gli stessi discussi per il paziente sottoposto ad esami diagnostici nelle Indicazioni operative INAIL del 2019 [1]. La gestione delle attività deve essere concordata insieme all’EQ al fine di perseguire la soluzione ottimale dal punto di vista radioprotezionistico: per ridurre al minimo la possibilità di incrocio con pazienti e personale, la scelta raccomandata è quella di organizzare l’attività di terapia in orari differenti da quelli dei pazienti della diagnostica.

Qualora tale soluzione non sia percorribile, il percorso del paziente freddo dall'ingresso del reparto sino alla sala di somministrazione può coincidere per tutti i pazienti, a prescindere se il paziente debba sottoporsi ad una procedura diagnostica o terapeutica. Dopo la somministrazione, invece, nel rispetto del gradiente di radioattività, il percorso del paziente sottoposto a terapia si deve differenziare da quello dei pazienti sottoposti a indagini diagnostiche, conducendo direttamente alle camere di degenza. Considerando i tempi limitati di una possibile interazione tra diversi pazienti in uscita dal reparto, e considerando che alla dimissione il paziente trattato presenta valori di attività simili a quelli in gioco nelle procedure diagnostiche, non si ritiene indispensabile differenziare i percorsi per l'uscita dei pazienti iniettati.

In ogni caso sarebbe auspicabile prevedere la possibilità di somministrazione del radiofarmaco direttamente nella camera di degenza sotto la sorveglianza del personale infermieristico, soprattutto nel caso di radiofarmaco sotto forma di capsule.

Per quanto riguarda la movimentazione dei radioisotopi, dovranno essere codificati percorsi e orari in collaborazione con l'EQ, utilizzando contenitori schermati o mezzi di trasporto autorizzati qualora i locali di degenza si trovino in un edificio separato rispetto a quello del locale radiofarmacia. Quando possibile si consiglia di valutare l'utilizzo di un montacarichi, al fine di ottimizzare la movimentazione dei radionuclidi.

## **Ventilazione**

Il rischio da contaminazione interna nei locali destinati a terapia è dovuto prevalentemente all'esalato dei pazienti e alla contaminazione superficiale di oggetti e superfici che può fornire un ulteriore contributo in funzione della frazione di volatilità del radionuclide interessato.

La terapia radiometabolica del tumore tiroideo con  $^{131}\text{I}$  è a tutt'oggi l'attività con il più alto rischio per una varietà di fattori che comprendono:

1. livelli elevati di attività somministrata;
2. alta frazione di volatilità;
3. somministrazione prevalentemente per via orale con conseguente elevato livello di contaminazione in caso di vomito (rischio tanto più elevato quanto più l'evento avvenga in prossimità della somministrazione);
4. eliminazione prevalentemente per via urinaria, con conseguente elevato livello di contaminazione in caso di spargimento di urine.

Adottando la norma UNI 10491 [2], le camere di degenza sono classificabili (in base a valutazioni dell'esperto qualificato) come zona C, pertanto dovrebbe essere garantito un numero di ricambi d'aria per ora compreso tra 5 e 10 e una condizione

di depressione rispetto ai locali adiacenti, a rischio più basso. L'estrazione dell'aria in uscita dal reparto deve essere collegata a un sistema di filtri ad alta efficienza (a carbone attivo e, eventualmente in aggiunta, anche assoluti). L'impianto di condizionamento deve essere a tutt'aria esterna, senza ricircolo, ovvero il sistema deve impedire che l'aria espulsa all'esterno sia reintrodotta attraverso i canali di mandata.

Per tutte le altre attività di terapia radiometabolica con radiofarmaci registrati, sarebbe eventualmente possibile adottare criteri meno stringenti (almeno in riferimento alle classificazioni degli ambienti ed alle depressioni, ai sensi della UNI 10491 [2]), se giustificati sulla base di valutazioni radioprotezionistiche dell'esperto qualificato che tengano conto dei carichi di lavoro, della forma chimica del radiofarmaco e della relativa frazione di volatilità del radionuclide.

## **Schermature**

Nei reparti di degenza protetta per terapia con sorgenti non sigillate deve essere valutata dall'esperto qualificato, in relazione al carico di lavoro, la necessità di allestire schermature fisse alle pareti, ai soffitti, ai pavimenti e alle porte, sia verso ambienti esterni, sia verso i locali normalmente occupati dal personale del reparto; ove necessario sarebbe, inoltre, auspicabile valutare l'opportunità di dotare i letti di pannelli schermanti mobili sia per ridurre l'esposizione del personale, sia per evitare l'irradiazione incrociata da pazienti contigui.

Nell'impiego di beta emettitori, uno schermo visore in vetro o in plexiglass di spessore pari a qualche mm rappresenta una protezione adeguata. Se l'energia massima delle particelle beta emesse è maggiore di 1 MeV occorre tener conto anche della radiazione di bremsstrahlung dovuta all'interazione delle particelle beta con lo schermo.

Nel caso ad esempio di terapia con  $^{223}\text{Ra}$ , non sarebbero richieste schermature fisse, a causa della bassa attività per iniezione (55 kBq/kg) e la debole emissione fotonica. Schermature fisse potrebbero non essere necessarie neanche per i trattamenti con microsfele marcate con  $^{90}\text{Y}$ .

Invece, nel caso di trattamenti con peptidi marcati con  $^{177}\text{Lu}$  (per tumori del sistema neuroendocrino), l'emissione gamma potrebbe rendere necessarie schermature fisse, da valutare in funzione dei carichi di lavoro. Per la progettazione delle schermature si rimanda alle Indicazioni operative INAIL del 2019 [1].

## **Conclusioni**

Nel presente lavoro sono state fornite alcune indicazioni operative per la progettazione di un reparto di terapia medico-nucleare che si ritengono utili a garantire:

- una corretta ed attenta gestione delle attività coinvolte;
- un'adeguata ed efficiente organizzazione delle risorse umane, strumentali e tecniche;
- una costante e duratura condizione di minimizzazione del rischio.

Sebbene tali indicazioni vogliano rappresentare solo un utile modello di confronto per la comunità scientifica di settore, per un loro più immediato utilizzo si allega una scheda di autovalutazione all'interno della quale sono raccolti i requisiti progettuali discussi, che i professionisti della radioprotezione potranno valutare rispetto ad eventuali scelte alternative prese in considerazione per la risoluzione delle criticità affrontate nel presente lavoro. Tale approccio potrà essere utile anche per la conduzione di "audit" clinici oggi ordinariamente previsti a carico delle aziende sanitarie.

## DEGENZA PROTETTA PER TRATTAMENTI CON RADIOIODIO PER PAZIENTI ONCOLOGICI

**O= OBBLIGATORIO**

**R= RACCOMANDATO**

**C= CONSIGLIATO**

**V= VALUTARE SE NECESSARIO IN BASE ALLE CONSIDERAZIONI DELL'EQ E ALL'ORGANIZZAZIONE DELLE ATTIVITÀ**

### ORGANIZZAZIONE PERCORSI PERSONALE/PAZIENTI/MATERIALE RADIOATTIVO

	PERCORSO PAZIENTE		
<b>O</b>	Ingressi regolamentati e controllati	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>R</b>	Uscita riservata e distinta dalla zona di entrata <sup>(a)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
	PERCORSO PERSONALE		
<b>O</b>	Ingressi regolamentati e controllati	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Ingresso e uscita attraverso zona filtro	<b>SI</b>	<b>NO</b>
	MOVIMENTAZIONE MATERIALE RADIOATTIVO		
<b>R</b>	Presenza di un ingresso/uscita dedicato, con percorso minimo dal locale radiofarmacia/camera calda del servizio di medicina nucleare, o di eventuale montacarichi <sup>(b)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
	MOVIMENTAZIONE RIFIUTI RADIOATTIVI		
<b>R</b>	Identificazione di percorsi brevi e orari a bassa frequentazione per la minima esposizione possibile del personale e della popolazione (codifica procedura)	<b>SI</b>	<b>NO</b>

- (a) Soltanto in caso di camere di degenza protetta interne al reparto di medicina nucleare.
- (b) Soltanto in caso il reparto di degenza protetta sia esterno al servizio di medicina nucleare.

## DOTAZIONE MINIMA DI LOCALI

<b>ZONA FREDDA</b> Insieme delle aree e dei locali non suscettibili di contaminazione.			
<b>O</b>	Sala di attesa fredda <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Servizio igienico freddo, dotato di sanitari dedicati a pazienti disabili <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Spogliatoio freddo per il personale, attiguo alla zona filtro (separazione uomo/donna o, in alternativa, procedure e sistemi che garantiscano la privacy; dotazione di armadietti, possibilmente distinti per abiti da lavoro e abiti personali) <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>ZONA FILTRO</b> Deve essere prevista prima dell'accesso alle zone a rischio di contaminazione.			
<b>O</b>	Spogliatoio caldo per il personale (separazione uomo/donna o, in alternativa, procedure e sistemi che garantiscano la privacy; dotazione di armadietti)	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>ZONA CALDA</b> Insieme delle aree e dei locali nei quali è presente un rischio di contaminazione.			
<b>O</b>	Sala per la somministrazione del radiofarmaco <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>R</b>	Sala per la somministrazione del radiofarmaco coincidente con la stanza di degenza protetta <i>oppure</i> Posizionamento locale somministrazione nelle vicinanze delle stanze di degenza protetta	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Stanze di degenza protetta	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Servizi igienici caldi per ogni stanza di degenza, con accesso dall'interno della stanza, a scarico controllato	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>R</b>	Servizi igienici riservati al personale <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Locale deposito rifiuti radioattivi solidi <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Locale deposito effluenti radioattivi liquidi, in cui è alloggiato il sistema di stoccaggio e decadimento degli effluenti liquidi radioattivi e relativo sistema di misura <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>R</b>	Locale/area deposito attrezzatura per la pulizia del reparto e materiali per interventi di decontaminazione <sup>(c)</sup>	<b>SI</b>	<b>NO</b>

- (c) Soltanto in caso il reparto di degenza protetta sia all'esterno del servizio di medicina nucleare, nel caso opposto, tali locali possono coincidere con quelli già previsti nella zona fredda del servizio di medicina nucleare.



## CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI LOCALI

PARETI E SUPERFICI			
R	Pavimento dei locali costituito di materiale liscio, senza interstizi, rugosità o imperfezioni che possano intrappolare il contaminante, resistente alla corrosione da parte di agenti chimici eventualmente utilizzati, impermeabile e senza soluzione di continuità	SI	NO
R	Pavimento realizzato a conca	SI	NO
R	Codifica di una procedura di valutazione periodica dello stato di conservazione di tali rivestimenti e della necessità di rinnovamento	SI	NO
R	Superfici dei muri facilmente decontaminabili e, per quanto possibile, senza soluzione di continuità	SI	NO
R	Giuntura del pavimento con i muri arrotondata, con risalita sulle pareti di circa 20 cm	SI	NO
SISTEMI DI SICUREZZA E CONTROLLO			
O	<u>ZONA FILTRO:</u>		
	monitor per il controllo della contaminazione	SI	NO
	lavello a scarico controllato	SI	NO
	doccia per decontaminazione a scarico controllato	SI	NO
	contenitore per abiti contaminati	SI	NO
	<u>STANZE DI DEGENZA PROTETTA:</u>		
O	presenza di schermature fisse su pareti/pavimento/soffitto, in funzione dei carichi di lavoro, dei locali adiacenti e delle relative destinazioni d'uso (valutazioni dell'esperto qualificato)	SI	NO
R	sistemi di comunicazione interfono con le stanze di degenza protetta	SI	NO
R	presenza di schermature mobili <sup>(d)</sup>	SI	NO
C	monitor per radiazioni a soffitto sul letto del paziente per monitorare l'attività ritenuta nel tempo	SI	NO
C	punto di controllo della contaminazione (con monitor portatile) in prossimità delle stanze	SI	NO
	<u>LOCALE DEPOSITO EFFLUENTI RADIOATTIVI LIQUIDI</u>		
O	sistema di stoccaggio e decadimento degli effluenti liquidi radioattivi e relativo sistema di misura per il monitoraggio della concentrazione di radioattività <sup>(e)</sup>	SI	NO

VENTILAZIONE			
	<u>STANZE DEGENZA PROTETTA:</u>		
<b>O</b>	Il flusso dell'aria deve essere diretto dalle zone a minore contaminazione potenziale verso le zone a maggiore contaminazione potenziale	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Presenza di sistemi filtranti ad alta efficienza, appropriati alla natura e alla quantità dell'effluente [3; 4], per l'aria espulsa all'esterno	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>R</b>	Estrazione dell'aria in uscita dal reparto realizzata con un impianto indipendente (e ventilatore proprio) collegato a un sistema di filtri ad alta efficienza (assoluti e/o a carbone attivo)	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>O</b>	Codifica di una procedura per la sostituzione periodica dei filtri	<b>SI</b>	<b>NO</b>
	<u>RIMANENTI LOCALI DELLA DEGENZA PROTETTA:</u>		
<b>O</b>	Numero di ricambi orari all'interno dei singoli locali presenti nel reparto secondo i requisiti della norma UNI 10491 [2] oppure dei più recenti e specifici documenti IAEA [5]	<b>SI</b>	<b>NO</b>

**ANPEQ SUL WEB - [www.anpeq.it](http://www.anpeq.it)**





We work with Energy  
In Radiation Technology

*dal 1990 al vostro fianco con strumentazione di alta qualità ed affidabilità per  
Fisica Medica, Radiodiagnostica, Medicina Nucleare, Radioprotezione e Radioterapia*

#### CONTAMINAMETRI



#### SPETTROMETRI PORTATILI



#### CAMERE A IONIZZAZIONE



#### PORTALI PER CAMION



#### SPETTROMETRI HPGE



#### SPETTROMETRI CZT



#### MULTIMETRI DIGITALI



#### FANTOCCI PER CQ



## PRODUZIONE ELSE

#### PORTE BUNKER



#### PORTALI OSPEDALIERI



#### MONITOR PER RIFIUTI CON BILANCIA



#### CELLE ISOLATORI



#### MONITORAGGIO AMBIENTALE



### ELSE Solutions S.r.l

Via Carlo Goldoni, 18, 20090 Trezzano sul Naviglio (MI)

Tel: +39 (0)2 48409290 info@elsesolutions.com www.elsesolutions.com

# DOSI DI RADIAZIONI ASSORBITE DA OPERATORI IN CARDIOLOGIA INTERVENTISTICA COMPARANDO L'UTILIZZO DI DIVERSI TELI DI PROTEZIONE: THE RADIATION STUDY

di Alessandro Sciahbasi (1), Alessandro Sarandrea (2), Stefano Rigattieri (1), Maria Cera (1), Cristian Di Russo (1), Silvio Romano (3), Silvio Fedele (1), Francesco Rocco Pugliese (1), Maria Penco (3)

1. *Interventional Cardiology and Emergency Department, Sandro Pertini Hospital, Rome, Italy;*
2. *HSE Management, Rome, Italy;*
3. *Cardiology, University of L'Aquila, L'Aquila, Italy*

## INTRODUZIONE

L'uso dei Raggi X in cardiologia interventistica è associato a un potenziale rischio di effetti biologici sia per il paziente che per l'operatore<sup>1</sup>. In particolare, gli operatori sono esposti a un rischio non trascurabile di cataratta e ad un possibile aumento del rischio di cancro al cervello sinistro<sup>2,3</sup>.

Negli ultimi anni, in tutto il mondo si è verificato un significativo aumento dell'uso dell'approccio transradiale per le procedure coronariche percutanee a causa di una significativa riduzione delle complicanze vascolari e di un miglior comfort del paziente rispetto all'accesso transfemorale<sup>4</sup>. Tuttavia, l'accesso transradiale sembra essere associato ad una maggiore esposizione alle radiazioni rispetto all'approccio transfemorale<sup>5</sup>. Pertanto, potrebbero essere necessari schermi di radiazione aggiuntivi dedicati per ridurre l'esposizione alle radiazioni degli operatori durante le procedure transradiali.

Recentemente, diversi studi hanno dimostrato il vantaggio nell'utilizzo di teli di protezione dalle radiazioni al fine di ridurre l'esposizione alle radiazioni dell'operatore durante le procedure transradiali<sup>6-11</sup>. Tuttavia, in questi studi sono stati usati tipi e posizionamenti diversi dei teli senza confronti diretti. Inoltre, non è stato valutato il diverso effetto dell'accesso radiale sinistro (LRA) rispetto all'accesso radiale destro (RRA).

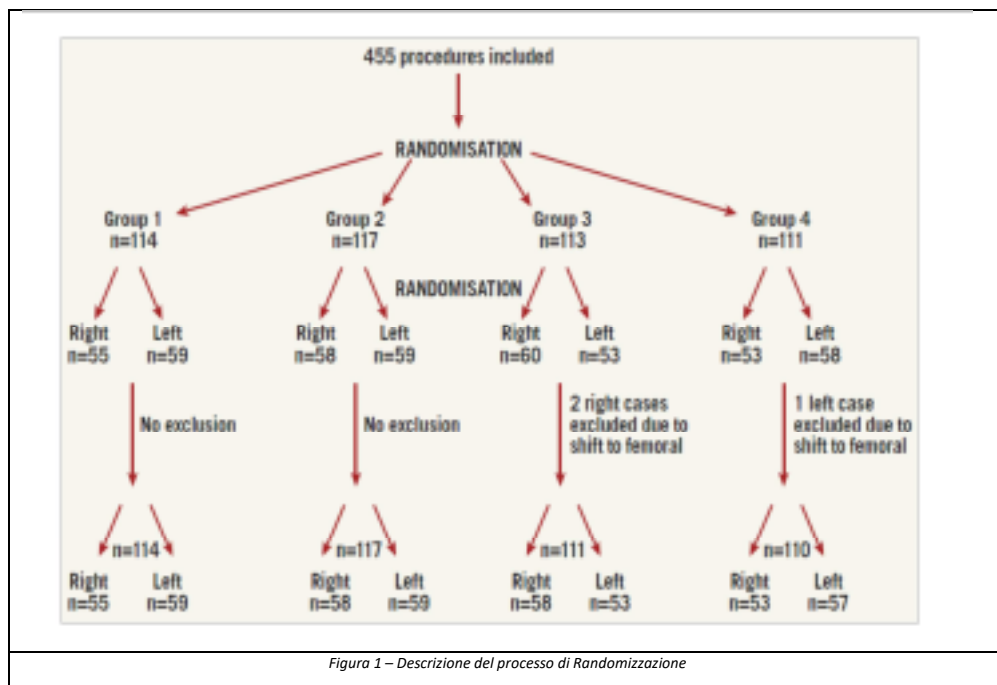
Lo scopo del nostro studio randomizzato è stato quello di valutare la dose di radiazioni assorbita dai cardiologi interventisti durante le procedure transradiali usando diversi teli di protezione dalle radiazioni posti sul paziente. Inoltre, abbiamo anche valutato le possibili differenze nell'effetto di questi teli usando RRA o LRA.

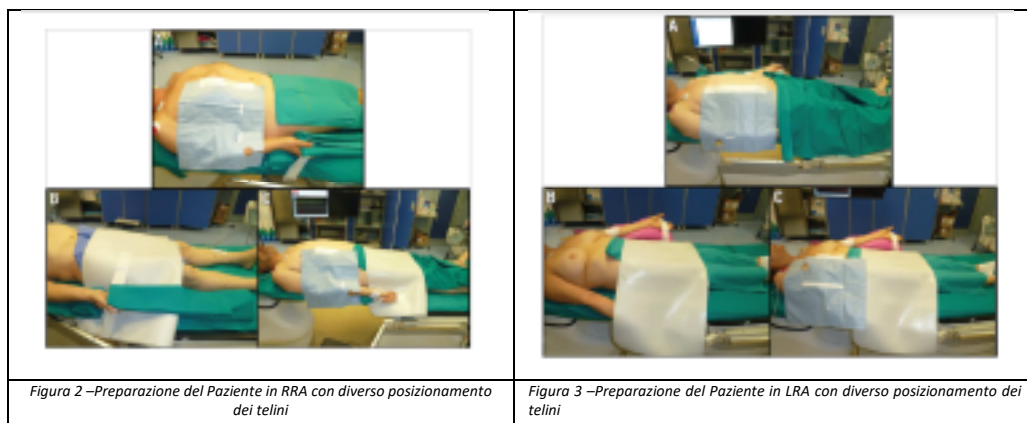
Lo studio RADIATION (RAdiation Dose In percutAneous coronary attraverso Transradial apprOach using dedicato radio-tioN shields) (NCT 01839162) è uno studio prospettico, randomizzato, progettato per valutare la dose di radiazioni

assorbita dagli operatori durante le procedure coronariche usando diversi teli di protezione dalle radiazioni aggiuntivi.

Tutti i pazienti sottoposti a procedure diagnostiche o interventistiche per via coronarica per via cutanea di età > 18 anni erano eleggibili per lo studio. I criteri di esclusione erano infarto miocardico acuto di elevazione ST, instabilità emodinamica, precedente bypass coronarico, necessità di approccio femorale o impossibilità di eseguire l'accesso transradiale e mancanza di consenso informato scritto. Inoltre, dopo l'arruolamento, sono stati esclusi tutti i pazienti che richiedono un passaggio di accesso vascolare.

Prima della procedura, tutti i pazienti arruolati sono stati inizialmente suddivisi in quattro gruppi come segue: pazienti preparati senza teli aggiuntivi di protezione dalle radiazioni (gruppo 1 - gruppo di controllo), pazienti preparati con un telo di protezione dalle radiazioni aggiuntivo posto sul braccio del paziente (gruppo 2 - braccio), pazienti con un telo aggiuntivo sulla regione pelvica (gruppo 3 - pelvico) e infine i pazienti preparati con teli pelvici e del braccio combinati (gruppo 4 - combinato) (Figura 1, Figura 2). L'assegnazione a uno dei quattro gruppi è stata effettuata mediante una sequenza casuale generata da computer disponibile senza stratificazione per le caratteristiche cliniche o procedurali.





Inoltre, dopo l'assegnazione ai quattro gruppi, è stata eseguita una randomizzazione di secondo ordine con uno schema 1: 1 in ciascun gruppo al fine di allocare i pazienti a RRA o LRA (Figura 1). L'elenco di randomizzazione è stato gestito dal personale infermieristico che ha informato il cardiologo interventista dell'approccio assegnato appena prima della procedura.

Il comitato etico istituzionale ha approvato il protocollo e tutti i pazienti hanno firmato un consenso informato scritto prima della partecipazione.

## CATERIZZAZIONE CORONARICA TRANSRADIALE

Tutte le procedure sono state eseguite utilizzando un sistema angiografico a "schermo piatto" (IGS 520; GE Healthcare, Little Chalfont, Buckinghamshire, Regno Unito). Il sistema è stato impostato utilizzando un campo visivo di 15 cm e una velocità di acquisizione di 15 frame / s. In tutte le procedure, la radioprotezione dell'operatore standard è stata assicurata utilizzando un grembiule di piombo, un collare di piombo tiroideo, una paratia di protezione dai raggi X del corpo inferiore fissata sul tavolo angiografico, uno schermo protettivo sospeso e occhiali di protezione.

Al fine di evitare un possibile pregiudizio relativo all'operatore, solo due cardiologi interventisti (A. Sciahbasi e S. Rigattieri) hanno eseguito tutte le procedure. I due cardiologi sono operatori ad alto volume (> 250 procedure transradiali all'anno), di altezza simile (quasi 185 cm), ed eseguono le procedure usando una posizione simile in piedi sulla destra del tavolo per RRA o per le procedure LRA. Le procedure diagnostiche sono state generalmente eseguite utilizzando una sequenza standard di tre proiezioni per l'arteria coronarica destra (obliquo anteriore sinistro [LAO] 30 °, LAO craniale 30 ° / 20 ° e obliquo anteriore destro [RAO] 30 °) e cinque proiezioni per l'arteria coronarica sinistra (LAO caudale 50 ° / 20 °, LAO cranica 50 ° / 20 °, RAO cranica 10 ° / 30 °, RAO caudale 30 ° / 20 ° e anteriore-posteriore caudale 0 ° / 20 °).

## **PREPARAZIONE DEL PAZIENTE CON AGENTI SUPPLEMENTARI DI PROTEZIONE DELLA RADIAZIONE**

In questo studio sono stati utilizzati due diversi teli aggiuntivi di protezione dalle radiazioni (braccio o tessuto pelvico) (Figura 2, Figura 3). Nel caso di RRA, il telo è stato posizionato superiormente e medialmente rispetto al punto di inserimento della guaina, immediatamente sotto lo schermo di protezione protettivo sospeso. La protezione per il tratto pelvico è un telino posizionato sulla regione pelvica del paziente (Figura 2, Figura 3). Tutti i teli di protezione dalle radiazioni aggiuntivi sono stati posizionati durante la preparazione del paziente e posizionati sotto il telo standard sterile.

## **MISURA DELLE RADIAZIONI**

Le misure acquisite sono state il tempo di fluoroscopia, il kerma in aria (AK) e il prodotto dose area (DAP). L'AK è la dose assorbita in aria a una distanza definita dal punto focale del tubo a raggi X, che è generalmente 15 cm dall'isocentro. Il DAP è il prodotto dell'AK e dell'area della sezione trasversale del campo radiografico per tutti i segmenti della procedura. Questi parametri sono stati misurati utilizzando camere di ionizzazione appositamente progettate montate sul sistema collimatore ed elaborate da un software dedicato (Innova Dose Report; GE Healthcare).

L'esposizione alle radiazioni dell'operatore è stata misurata utilizzando dosimetri elettronici personali indossabili posizionati al polso sinistro (RADOS RAD-60; LAURUS Systems Inc., Ellicott City, MD, USA), al torace (fuori dalla tasca del grembiule principale) e a livello della testa (nella parte centrale centrale) (PM1610; Polimaster, Vienna, Austria). Questi dosimetri hanno un rivelatore Geiger-Mueller dedicato ai raggi X con un intervallo di energia di rilevamento compreso tra 0,001  $\mu$ Sv e 12,0 Sv. Le misure sono state registrate all'inizio e alla fine di ciascuna procedura. Per quei pazienti in cui è stato eseguito un intervento coronarico percutaneo (PCI) dopo la procedura diagnostica, le misure del tempo di fluoroscopia, DAP, AK e la dose dei dosimetri indossabili sono state ripristinate dopo la fine della procedura diagnostica e riavviate all'inizio del PCI. Tutte le misure radiologiche sono state registrate dal personale infermieristico in un registro elettronico dedicato. La raccolta di questi ha consentito all'operatore di avere la possibilità di vedere la dose sul display del dosimetro alla fine della procedura.

Per tener conto delle possibili differenze nella dose di radiazioni del paziente che influiscono sull'esposizione dell'operatore, è stata calcolata anche la dose di operatore normalizzata DAP.



## ENDPOINT DELLO STUDIO

L'endpoint primario dello studio era la dose di radiazioni dell'operatore al torace nei quattro gruppi. Abbiamo anche endpoint secondario, definito come radiazione dell'operatore al polso sinistro e alla testa. Infine, abbiamo anche effettuato un'analisi che confronta la dose di radiazione dell'operatore in base al lato dell'accesso vascolare (RRA vs. LRA).

## ANALISI STATISTICA

La dimensione del campione è stata stimata sull'endpoint primario in base ai dati di uno studio precedente eseguito utilizzando teli dedicati posti a livello pelvico<sup>8</sup> che mostravano una dose media dell'operatore per procedura pari a  $21 \pm 14 \mu\text{Sv}$  senza teli e una riduzione del 50% con i teli. Utilizzando l'analisi unidirezionale della varianza (ANOVA), sono state necessarie 110 procedure per ciascun gruppo.

Le variabili continue sono riportate come disponibilità media e standard per le variabili normalmente distribuite e come mediana con intervallo interquartile per quelle non normalmente distribuite e sono state confrontate usando ANOVA o il test di Kruskal-Wallis come appropriato. I confronti sono stati eseguiti utilizzando la correzione Bonferroni. In quest'ultimo caso, poiché i confronti tra i gruppi erano sei, il livello di significatività statistica era fissato a  $<0,0083$ . La distribuzione normale di ciascuna variabile è stata valutata usando il test di Kolmogorov-Smirnov.

Le caratteristiche cliniche sono state analizzate a livello del paziente, mentre caratteristiche procedurali e dati dosimetrici sono stati analizzati a livello della singola procedura.

## RISULTATI

Sono stati arruolati un totale di 343 pazienti e sono state eseguite 455 procedure; tre procedure in tre pazienti (due casi con RRA nel gruppo 3 e un caso con LRA nel gruppo 4) sono state escluse dopo l'arruolamento a causa di un passaggio procedurale all'accesso femorale (successo procedurale globale del 99%). Le ragioni dell'interruzione sono state il fallimento della puntura radiale (due casi) e la grave tortuosità radiale (un caso).

Di conseguenza, la dimensione finale del campione era di 452 procedure in 340 pazienti. Queste procedure sono state suddivise come segue: 114 procedure nel gruppo 1, 117 nel gruppo 2, 111 nel gruppo 3 e 110 nel gruppo 4 (Figura 1).

## CARATTERISTICHE PROCEDURALI E CLINICHE

Le caratteristiche cliniche e procedurali sono riassunte nella Tabella 1 e nella Tabella 2. Non ci sono state differenze significative tra i gruppi in termini di dati antropometrici, fattori di rischio cardiovascolare o dati procedurali. Non ci sono

state differenze significative nei tempi di fluoroscopia, DAP o AK (Tabella 2), anche se il gruppo 1 e il gruppo 4 hanno mostrato una tendenza verso valori DAP e AK più elevati.

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	p-value
Patients	85	90	82	83	
Procedures	114	117	111	110	
Male sex	60 (71)	57 (63)	60 (73)	63 (76)	0.299
Age (years)	68±12	68±12	66±12	66±12	0.739
Height (cm)	169±8	168±10	169±8	169±9	0.765
Weight (kg)	80±15	79±16	79±16	80±17	0.964
Body mass index	28±5	28±6	28±5	28±5	0.973
Smoking habits	26 (31)	24 (27)	26 (32)	23 (28)	0.874
Hypertension	63 (74)	65 (72)	61 (74)	56 (68)	0.736
Diabetes	22 (26)	30 (33)	21 (26)	29 (35)	0.413
Dyslipidaemia	33 (39)	24 (27)	25 (31)	26 (30)	0.362
Family history of coronary artery disease	8 (9)	7 (8)	12 (15)	8 (10)	0.494
Renal failure	7 (8)	5 (6)	4 (5)	6 (7)	0.805
Vascular disease	12 (14)	10 (11)	10 (12)	8 (10)	0.834
Previous stroke	2 (2)	3 (3)	4 (5)	6 (7)	0.439
Previous infarction	32 (38)	22 (24)	22 (27)	24 (29)	0.249
Previous percutaneous coronary intervention	29 (34)	20 (22)	19 (23)	18 (22)	0.194
Acute coronary syndrome	53 (62)	62 (69)	62 (76)	52 (63)	0.218

Clinical characteristics are compared at patient level. Results expressed as mean±standard deviation or absolute number and percent in brackets.

Tabella 1

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	p-value
Patients	85	90	82	83	
Procedures	114	117	111	110	
Access (right)	55 (65)	58 (65)	58 (72)	53 (64)	0.92
Coronangiography	70 (83)	73 (82)	68 (84)	66 (80)	0.99
Percutaneous coronary intervention	44 (52)	44 (50)	43 (53)	44 (53)	0.99
Left anterior descending	23 (52)	22 (50)	19 (44)	19 (44)	0.79
Circumflex artery	9 (21)	9 (21)	10 (23)	12 (27)	0.86
Right coronary	12 (27)	13 (29)	14 (33)	13 (29)	0.96
Stent	1 (1-2)	1 (1-2)	1 (1-2)	1 (1-2)	0.38
Bifurcation	11 (25)	9 (21)	11 (25)	15 (34)	0.53
Catheters	2 (1-2)	2 (1-2)	2 (1-2)	2 (1-2)	0.61
Projections	9 (8-12)	9 (8-11.5)	9 (8-12)	9 (8-12)	0.90
Contrast dose (ml)*	113±73	101±67	104±71	104±51	0.61
Fluoroscopy (sec)	189 (114-333)	162 (102-333)	192 (102-308)	192 (102-374)	0.83
Dose area product (Gy·cm <sup>2</sup> )	33 (23-46)	28 (18-40)	28 (19-44)	31 (22-53)	0.07
Air kerma (mGy)	523 (354-772)	432 (306-669)	438 (309-718)	492 (367-865)	0.14

Data are compared at procedural level. Results expressed as median with interquartile range or absolute number and percent in brackets.  
\*mean±standard deviation.

Tabella 2

## ENDPOINT PRIMARIO

SI è verificata una differenza statisticamente significativa nella dose di radiazione del torace tra i quattro gruppi ( $p < 0,0001$ ) (Figura 4, Tabella 3). In particolare, in tutti i gruppi con teli aggiuntivi è stata valutata una dose di radiazioni inferiore rispetto al gruppo 1 (Figura 4) statisticamente significativa nei gruppi 3 e 4 ma senza raggiungere i criteri prestabiliti per la significatività nel gruppo 2.

Inoltre, nei tre gruppi con telini aggiuntivi, l'uso del telo pelvico è associato ad una dose di radiazioni significativamente più bassa rispetto al telo posizionato sul braccio ( $p < 0,001$ ); l'uso combinato del telino pelvico e di quello al braccio non è associato a un vantaggio significativo rispetto alla sola protezione pelvica ( $p = 0,302$ ) (Figura 4).

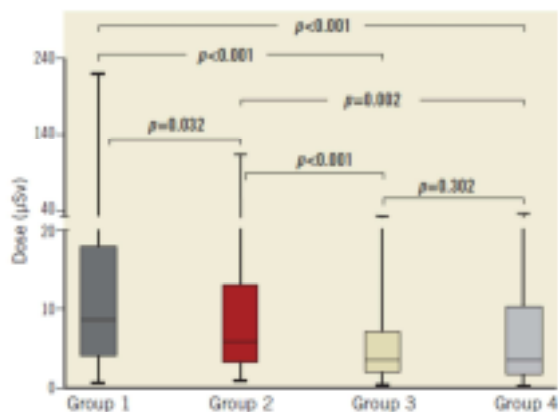


Figura 4 –Dose assorbita dagli operatori al torace

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	p-value
Whole procedures	114	117	111	110	
Thorax	8.6 (4.1-17.9)*	5.8 (3.4-13)*	3.6 (2.1-6.9)	3.7 (1.9-10.3)	<0.001
Left wrist	8 (4-14.3)*	5 (3-10)*	3 (2-6)	3 (2-8.3)	<0.001
Head	2.9 (1.9-5.2) <sup>†</sup>	2.1 (1.3-3.2)*	1.6 (1-2.2)	1.3 (0.9-2.6)	<0.001
Coronagraphy	70	73	68	66	
Thorax	6.5 (3.3-10.7)*	4.5 (2.5-6.6)	3.3 (1.5-5)	3 (1.4-5.9)	<0.001
Left wrist	6 (3-9) <sup>†</sup>	4 (2-6)	3 (2-4.8)	3 (1.8-5)	<0.001
Head	2.3 (1.4-3.8) <sup>†</sup>	1.6 (0.9-2.3)	1.3 (0.8-2)	1 (0.7-1.9)	<0.001
Percutaneous coronary intervention	44	44	43	44	
Thorax	15.9 (7.9-29.3)*	17.4 (6.6-31.5)*	4.6 (2.8-8.3)	7.1 (3.2-14.2)	<0.001
Left wrist	11.5 (6.3-25)*	10 (5.3-29)*	4 (2-10)	6 (2-11.8)	<0.001
Head	4.3 (2.3-7.9)*	3.5 (2-6.7)*	2 (1.7-2.9)	2.1 (1.3-3.5)	<0.001

Dose expressed in µSv. Results expressed as median with interquartile range. Post hoc analysis significance level set at 0.0083. \*p<0.008 vs. Groups 3 and 4; <sup>†</sup>p<0.008 vs. all other groups.

Tabella 3

## ENDPOINT SECONDARI

La tabella 3 riporta la dose di radiazioni alla testa e al polso sinistro. A livello della testa in tutti i gruppi con telini, è stata rilevata una dose di radiazioni inferiore rispetto al gruppo 1 ( $p < 0,0001$ ), mentre al polso sinistro solo nei gruppi 3 e 4 è stata rilevata una dose significativamente più bassa rispetto al gruppo 1. Inoltre, il gruppo 3 e il gruppo 4 hanno mostrato una dose di radiazioni significativamente più bassa per tutti i dosimetri rispetto al gruppo 2 sia a livello della testa che del polso sinistro. Quando abbiamo diviso l'analisi valutando le procedure diagnostiche e interventistiche in modo indipendente, l'uso del telino braccio è stato efficace solo in caso di procedura diagnostica, mentre durante la PCI non sono stati osservati effetti (Tabella 3). Al contrario, l'uso del telo pelvico è risultato efficace sia nelle procedure diagnostiche che in quelle interventistiche.

Quando la dose dell'operatore è stata analizzata separatamente per i due cardiologi coinvolti, l'effetto di protezione dei teli aggiuntivi è stato osservato in entrambi gli operatori.

## CONFRONTANDO L'APPROCCIO RADIALE DESTRO E SINISTRO

Confrontando l'RRA con l'LRA nell'intera popolazione, abbiamo osservato una dose di radiazioni significativamente più bassa per l'LRA sul torace (3,2 [1,9-6,5]  $\mu$ Sv e 7,8 [4,3-15,4]  $\mu$ Sv, rispettivamente,  $p < 0,0001$ ), al polso sinistro (3 [2-7]  $\mu$ Sv e 7 [3-12]  $\mu$ Sv, rispettivamente,  $p < 0,0001$ ) e a livello della testa (1,6 [1-2,3]  $\mu$ Sv e 2,2 [1,2-3,8]  $\mu$ Sv, rispettivamente,  $p < 0,0001$ ) (Figura 5). Quando abbiamo analizzato l'effetto dei telini aggiuntivi, il telo pelvico è risultato efficace in entrambi gli accessi vascolari, mentre il telo braccio è risultato efficace solo nell'RRA (Tabella 4).

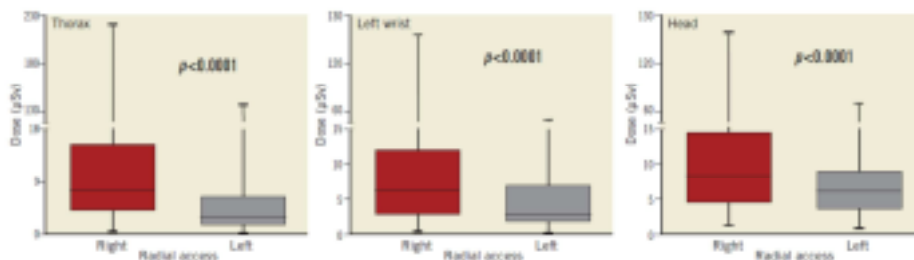


Figura 5 – RRA Vs LLA

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	p-value
Right access	55	58	58	53	
Thorax	11.7 (7.7-24.9) <sup>a</sup>	8 (5-16.1) <sup>a</sup>	4.8 (3.4-7.8)	8.7 (3.6-14.5)	<0.001
Left wrist	9 (6-19) <sup>a</sup>	6 (3-11.3)	4 (3-8.5)	5.4 (3-11.5)	<0.001
Head	4.2 (2.3-7.5) <sup>a</sup>	2.2 (1.1-3.3)	1.8 (1-2.2)	1.9 (1.1-3)	<0.001
Left access	59	59	53	57	
Thorax	6.1 (2.8-12.4) <sup>a</sup>	4.1 (2.4-9.5) <sup>a</sup>	2.4 (1.3-4.2)	2.5 (1.4-4.2)	<0.001
Left wrist	5 (3-11) <sup>a</sup>	5 (3-9) <sup>a</sup>	2 (1-4)	2 (1-5)	<0.001
Head	2.1 (1.2-3.7) <sup>a</sup>	1.8 (1.1-3.2) <sup>a</sup>	1.5 (1-2.2)	1.1 (0.8-1.9)	<0.001

Dose expressed in  $\mu$ Sv. Results expressed as median with interquartile range. Post hoc analysis significance level set at 0.0083. <sup>a</sup> $p < 0.008$  vs. Groups 3 and 4; <sup>b</sup> $p < 0.008$  vs. Group 3; <sup>c</sup> $p < 0.008$  vs. Group 4; <sup>d</sup> $p < 0.008$  vs. all other groups.

Tabella 4

## Discussione

I risultati dello studio randomizzato sottolineano tre messaggi importanti:

- L'uso di teli di protezione aggiuntivi durante le procedure coronariche transradiali per via cutanea è associato a una dose di radiazioni significativamente più bassa rispetto alla preparazione standard del paziente.
- L'uso di un telo pelvico (da solo o combinato con un telo per il braccio) è più efficace rispetto all'uso isolato di un telo per il braccio.
- L'LRA è associato a una dose di radiazione dell'operatore significativamente inferiore rispetto all'RRA, anche con l'uso di teli di protezione dalle radiazioni aggiuntivi.

L'LRA presenta alcuni importanti vantaggi rispetto all'RRA in termini di tempi di fluoroscopia inferiori<sup>12</sup> e tasso inferiore di tortuosità succlavia o radiale<sup>13</sup>.

Tuttavia, molti operatori sono preoccupati per una possibile maggiore esposizione alle radiazioni dell'operatore rispetto all'RRA, come è stato recentemente osservato<sup>14</sup>. In questo contesto, il nostro studio è rassicurante per gli operatori che preferiscono l'uso di LRA. In effetti, abbiamo osservato che, rispetto all'RRA, l'LRA è associato a una dose di radiazioni significativamente più bassa per l'operatore al polso sinistro, alla testa e al torace, anche con l'uso di teli di protezione dalle radiazioni aggiuntivi. I motivi della dose di radiazioni più bassa associata all'LRA sono diversi. Prima di tutto, nelle procedure RRA la schermatura protettiva pensile non può essere posizionata vicino all'operatore ma deve essere posizionata prossimalmente al paziente per consentire l'accesso vascolare. Questo posizionamento crea uno spazio tra lo schermo di protezione protettivo sospeso e l'operatore, aumentando l'esposizione alle radiazioni. Al contrario, nell'LRA la schermatura protettiva di piombo sospesa può essere posizionata adeguatamente per evitare questo spazio. Un altro motivo è la posizione assunta dall'operatore durante le procedure.

Nell'RRA, in particolare nelle sporgenze a sinistra (associate alle dosi più elevate di radiazioni), il corpo e il braccio degli operatori sono più vicini al tubo a raggi X rispetto all'LRA con l'operatore che si piega sul paziente e lontano dal tubo. Il nostro studio conferma i dati di quasi tutti gli studi precedenti che hanno confrontato l'LRA con l'RRA in termini di dose di radiazione dell'operatore<sup>16-19</sup>, ad eccezione dei risultati osservati nello studio REVERE<sup>14</sup>. Probabilmente i dati antropometrici dell'operatore (altezza e peso) e la disposizione del cathlab in termini di schermi protettivi potrebbero essere responsabili dei diversi dati ottenuti. I risultati dello studio RAD-MATRIX<sup>20</sup> potrebbero contribuire a una migliore comprensione dell'effetto RRA rispetto all'effetto LRA in termini di dose di radiazioni assorbita dagli operatori.

### **Bibliografia:**

1. Vañó E, González L, Guibelalde E, Fernández JM, Ten JJ. Radiation exposure to medical staff in interventional and cardiac radiology. *Br J Radiol.* 1998;71:954-60.
2. Ciraj-Bjelac O, Rehani M, Minamoto A, Sim KH, Liew HB, Vaño E. Radiation-induced eye lens changes and risk for cataract in interventional cardiology. *Cardiology.* 2012;123:168-71.
3. Roguin A, Goldstein J, Bar O, Goldstein JA. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. *Am J Cardiol.* 2013;111:1368-72.
4. Jolly SS, Amlani S, Hamon M, Yusuf S, Mehta SR. Radial versus femoral access for coronary angiography or intervention and the impact on major bleeding and ischemic events: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Am Heart J.* 2009;157:132-40.
5. Plourde G, Pancholy SB, Nolan J, Jolly S, Rao SV, Amhed I, Bangalore S, Patel T, Dahm JB, Bertrand OF. Radiation exposure in relation to the arterial access site used for diagnostic coronary angiography and percutaneous coronary intervention: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2015;386:2192-203.
6. Alazzoni A, Gordon CL, Syed J, Natarajan MK, Rokoss M, Schwalm JD, Mehta SR, Sheth T, Valettas N, Velianou J, Pandie S, Al Khadair D, Tsang M, Meeks B, Colbran K, Waller E, Fu Lee S, Marsden T, Jolly SS. Randomized controlled trial of radiation protection with a patient lead shield and a novel, nonlead

surgical cap for operators performing coronary angiography or intervention. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8:e002384.

7. Politi L, Biondi-Zoccai G, Nocetti L, Costi T, Monopoli D, Rossi R, Sgura F, Modena MG, Sangiorgi GM. Reduction of scatter radiation during transradial percutaneous coronary angiography: a randomized trial using a lead-free radiation shield. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012;79:97-102.

8. Lange HW, von Boetticher H. Reduction of operator radiation dose by a pelvic lead shield during cardiac catheterization by radial access: comparison with femoral access. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5:445-9.

9. Musallam A, Volis I, Dadaev S, Abergel E, Soni A, Yalonetsky S, Kerner A, Roguin A. A randomized study comparing the use of a pelvic lead shield during trans-radial interventions: Threefold decrease in radiation to the operator but double exposure to the patient. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2015;85:1164-70.

10. Iqtidar AF, Jeon C, Rothman R, Snead R, Pyne CT. Reduction in operator radiation exposure during transradial catheterization and intervention using a simple lead drape. *Am Heart J.* 2013;165:293-8.

11. Osherov AB, Seidelin P, Wolff R, Wright GA, Strauss BH, Robert N. A novel lead attenuator to reduce operator exposure to scattered radiation in transradial coronary procedures. *EuroIntervention.* 2013;9:757-60.

12. Sciahbasi A, Romagnoli E, Burzotta F, Trani C, Sarandrea A, Summaria F, Pendenza G, Tommasino A, Patrizi R, Mazzari M, Mongiardo R, Lioy E. Transradial approach (left vs right) and procedural times during percutaneous coronary procedures: TALENT study. *Am Heart J.* 2011;161:172-9.

13. Burzotta F, Brancati MF, Porto I, Saffioti S, Aurigemma C, Niccoli G, Leone AM, Coluccia V, Crea F, Trani C. Comparison of Right and Left Upper Limb Arterial Variants in Patients Undergoing Bilateral Transradial Procedures. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8: e002863.

14. Pancholy SB, Johsi P, Shah S, Rao SV, Bertrand OF, Patel TM. Randomized evaluation of Vascular Entry Site and Radiation Exposure During Coronary Angiography: the REVERE trial (Randomized Evaluation of Vascular Entry Site and Radiation Exposure). *JACC Cardiovasc Interv.* 2015;8: 1189-96.

15. Sciahbasi A, Rigattieri S, Sarandrea A, Cera M, Di Russo C, Fedele S, Romano S, Pugliese FR, Penco M. Operator radiation exposure during right or left transradial coronary angiography: A phantom study. *Cardiovasc Revasc Med.* 2015;16:386-90.

16. Sciahbasi A, Romagnoli E, Trani C, Burzotta F, Sarandrea A, Summaria F, Patrizi R, Rao S, Lioy E. Operator radiation exposure during percutaneous coronary procedures through the left or right radial approach: the TALENT dosimetric substudy. *Circ Cardiovasc Interv.* 2011;4:226-31.

17. Kado H, Patel AM, Suryadevara S, Zenni MM, Box LC, Angiolillo DJ, Bass TA, Guzman LA. Operator radiation exposure and physical discomfort during a right versus left radial approach for coronary interventions: a randomized evaluation. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7:810-6.

18. Dominici M, Diletti R, Milici C, Bock C, Placanica A, D'Alessandro G, Arrivi A, Italiani M, Buono E, Boschetti E. Operator exposure to x-ray in left and right radial access during percutaneous coronary procedures: OPERA randomised study. *Heart.* 2013;99:480-4.

19. Kallinikou Z, Puricel SG, Ryckx N, Togni M, Baeriswyl G, Stauffer JC, Cook S, Verdun FR, Goy JJ. Radiation Exposure of the Operator During Coronary Interventions (from the RADIO Study). *Am J Cardiol.* 2016;118:188-94.

20. Sciahbasi A, Calabrò P, Sarandrea A, Rigattieri S, Tomassini F, Sardella G, Zavalloni D, Cortese B, Limbruno U, Tebaldi M, Gagnor A, Rubartelli P, Zingarelli A, Valgimigli M. Randomized comparison of operator radiation exposure comparing transradial and transfemoral approach for percutaneous coronary procedures: rationale and design of the minimizing adverse haemorrhagic events by TRansradial access site and systemic implementation of angioX - Radiation Dose study (RAD-MATRIX). *Cardiovasc Revasc Med.* 2014;15:209-13.



## Thermo Scientific RadEye SPRD-ER

Lo spettrometro gamma tascabile  
per gli Esperti in Radioprotezione

La rivelazione e l'analisi di nuclidi radioattivi nascosti richiedono uno strumento che abbia un'elevata sensibilità e un'elevata accuratezza. RadEye SPRD-ER (Spectroscopic Personal Radiation Detector—Extended Range) rileva, localizza e identifica sorgenti Gamma.

Fornisce al personale di primo intervento e a istituzioni come polizia di frontiera e forze speciali altissime performance nel rivelare e analizzare radionuclidi in ogni condizione.

Utilizzando il RadEye SPRD-ER chi si occupa della produzione e/o del riciclo dei metalli può introdurre un nuovo e più alto standard di sicurezza nel localizzare e identificare potenziali sorgenti orfane nei carichi di rottame in ingresso allo stabilimento.

Avere la capacità di analisi con uno strumento così compatto offre i seguenti vantaggi: piccole dimensioni, peso contenuto, elevata durata delle batterie e costi di manutenzione molto bassi. Tutto ciò rende il RadEye SPRD-ER lo strumento perfetto per localizzare e identificare le sorgenti.

Come il ben più conosciuto RadEye PRD, questo nuovo strumento offre la brevettata tecnologia NBR (Natural Background Rejection) che permette la discriminazione tra radioattività naturale e artificiale.

Nel momento in cui lo strumento inizia a rivelare una elevata quantità di radiazioni si può iniziare l'identificazione, in modo manuale (attivato dall'utente) o in modo automatico (preimpostando il livello di conteggi minimo da cui far partire l'identificazione).

E' possibile editare la lista dei radionuclidi tra le librerie incluse nella memoria dello strumento: Industriale, Medica, SNM.





# UN MODELLO RADIOPROTEZIONISTICO PER LA GESTIONE DI SORGENTI FLASH

<sup>1,2,3</sup>Lorenzo Isolan, <sup>1,2</sup>Giorgio Cucchi, <sup>2</sup>Luca Cappelli, <sup>2,3</sup>Marco Sumini

<sup>1</sup>Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati in Radioprotezione (ANPEQ), Italia.

<sup>2</sup>Università di Bologna, Dipartimento Ingegneria Industriale, Lab. Montecuccolino.

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Bologna, Italia.

## Sommario

Le sorgenti “flash” saranno probabilmente i dispositivi per radioterapia di prossima generazione. Per queste apparecchiature caratterizzate da un’emissione di radiazioni estremamente veloce, il loro utilizzo richiederà verosimilmente anche dispositivi di rivelazione di nuova concezione, nonché un rinnovato approccio alla radioprotezione. In questo lavoro viene proposto un modello Monte Carlo di un dispositivo a rateo di dose ultraelevato, un Plasma Focus (PF), ed una strategia mirata alla valutazione dei problemi di radioprotezione associati al suo impiego. Come è noto, un PF è un apparecchio in grado di confinare in una piccola regione un plasma generato dalla scarica di un banco di condensatori. Quando il plasma raggiunge la cosiddetta fase di “pinch”, si producono diversi campi di radiazione anche in funzione del gas di riempimento immesso nella camera e di altre impostazioni. Se il gas utilizzato è azoto, il fascio di elettroni retro-emesso (rispetto alla direzione del moto del plasma) risulta essere il prodotto più utile. Il fascio di particelle autocollimato può essere infatti convertito in un impulso di raggi X caratterizzato da una intensità di dose che può raggiungere 1 Gy per impulso, con impulsi della durata di circa 50 ns, adatto per applicazioni cliniche, di ricerca o industriali. Attualmente, misurare e simulare gli effetti di campi di radiazione così brevi ed intensi rappresenta un problema aperto anche dal punto di vista della radioprotezione. Questi argomenti sono stati esplorati modellando una sorgente Plasma Focus, quindi pulsata, specificamente pensata per applicazioni medicali (Plasma Focus Device for Medical Applications #3, PFMA-3), installata presso il Laboratorio Montecuccolino dell'Università di Bologna. A tal fine, mediante il codice MCNP, è stato creato un dettagliato modello Monte Carlo in modo tale da ottenere dosi puntuali, spettri e mappe di deposizione di energia tenendo conto anche di diversi strumenti sperimentali (fantocci in PMMA, portacellule per esperimenti in-vitro) progettando inoltre una schermatura di piombo per l’attenuazione del fascio primario. Sono state implementate diverse tecniche di riduzione della varianza (VRT) basate sulla soluzione aggiunta del problema di trasporto di particelle: questa strategia permette di ottenere risultati soddisfacenti in termini di prestazioni, andando a superare i problemi numerici legati alle grandi dimensioni geometriche del modello rispetto alle dimensioni caratteristiche dei rivelatori o al processo di trasporto in regioni geometricamente complesse. L'approccio proposto potrebbe essere considerato una valida soluzione per ottenere risultati fisicamente affidabili (anche in condizioni operative differenti da quelle ipotizzate per testare il metodo presentato) e potrebbe essere utilizzato come

base per valutazioni sperimentali di radioprotezione per questa nuova categoria di sorgenti.

## **1. Introduzione**

Un Plasma Focus (PF) (Filippov et al., 1962; Mather, 1965; Mather, 1971) è un dispositivo pulsato in grado di produrre un plasma di breve durata così caldo e denso che può evolvere in una sorgente di differenti campi di radiazione o prodotti e radionuclidi (Sumini et al., 2006). La versatilità dei PF ne permette l'utilizzo per varie applicazioni quali generazione di neutroni (Niranjan et al., 2018), analisi per attivazione nucleare (Gribkov et al., 2017), reazioni di fusione nucleare e modellizzazione di plasmi astrofisici (Pouzo and Milanese, 2003), valutazione dei danni a parete in applicazioni di fusione termonucleare (Chernyshova et al., 2019), produzione di particelle cariche (Damideh et al., 2019) o fotoni (Rawat et al., 2004), deposizione (Inestrosa-Izurietta et al., 2016), modificazione (Hassan et al., 2006) e trattamento di materiali (Werner et al., 2001), fabbricazione di nanomateriali (Saw et al., 2014) e radiobiologia (Jain et al., 2017). I dispositivi PF sono inoltre facilmente scalabili dal punto di vista dimensionale nonché della resa (e quantità) di produzione di particelle (Soto et al., 2010). Quando il gas di riempimento della camera di plasma è "pesante" come Azoto o Argon non si innescano reazioni nucleari e, a parte una piccola componente di raggi X di bassa energia emessi dal pinch e provenienti da interazioni di Bremsstrahlung, solo due fasci di particelle autocollimati sono diffusi in direzione contrapposte, elettroni e ioni. Di recente, ci si è mossi verso possibili applicazioni in grado di sfruttare le caratteristiche fisiche (Pavez et al., 2014; Gribkov et al., 2015) e radiobiologiche di questi impulsi di elettroni quasi-relativistici (Virelli et al., 2011; Sumini et al., 2015; Buontempo et al., 2016; Jain et al., 2016; Jain et al., 2018; Bennet et al., 2018; Buontempo et al., 2018).

Lo scopo del presente lavoro è quello di definire una strategia di simulazione, utile per valutazioni di radioprotezione di sorgenti flash a rateo di dose (DR) ultraelevato, così che possa essere utilizzata come riferimento per nuove installazioni, nuove tecnologie, nuove tecniche di dosimetria o per la validazione di campagne sperimentali. Con questo obiettivo in mente, è stato sviluppato un modello numerico basato su una sorgente PF installata presso il Laboratorio di Montecuccolino dell'Università di Bologna, ma con caratteristiche tali da essere facilmente generalizzato.

### **1.1 Il dispositivo**

Il Plasma Focus Device for Medical Applications #3 (PMFA-3) (Sumini et al., 2017) è un dispositivo messo in funzione al Laboratorio di Montecuccolino dell'Università di Bologna, progettato per irraggiamenti in-vitro di colture cellulari così da esplorare potenziali applicazioni medicali. Può "erogare" fino ad 1 Gy per impulso da fotoni in un intervallo temporale di circa 20-50 ns (il tempo di confinamento del plasma nella fase di pinch) ed uno spettro energetico centrato nell'intervallo compreso tra i 40 ed i 70 keV (Sumini et al., 2015).

### **1.2 Problematiche di radioprotezione legate al PFMA-3**

Pensando alla futura evoluzione nell'ambito delle applicazioni radiobiologiche delle sorgenti flash, è rilevante valutare attentamente i problemi di protezione da radiazioni ionizzanti relative al funzionamento di tali dispositivi in grado di emettere particelle cariche e neutre a ratei di dose ultraelevati. Data la configurazione attuale, gli unici rischi connessi alle radiazioni emesse dal PF possono essere imputate ai fasci di fotoni. I fasci di ioni del gas, che sono collimati e nella direzione del moto della guaina di plasma, vengono completamente schermati dalla campana in vetro Pyrex (Paul and Schinner, 2001; Heredia-Avalos et al., 2005; Ziegler et al., 2010), Figura 1. I fasci di elettroni sono emessi nella direzione opposta ma risultano anch'essi autocollimati e viaggiano all'interno dell'anodo cavo fino ad impattare contro un target metallico in grado di arrestarli quasi completamente. Alcuni elettroni prodotti durante le interazioni con i differenti materiali potrebbero anche avere caratteristiche tali anche da sfuggire al target a causa della loro energia ma sono in quantità trascurabili. Inoltre, in ogni altra direzione (che non sia quella verticale in corrispondenza dell'anodo cavo, fino al target) sono schermati dal Pyrex (Berger et al., 2005). Infine, nel Laboratorio di Montecuccolino, il PF è diversi metri di distanza dalla Sala Controllo in cui sono presenti gli operatori (Figura 1 e Figura 2).

Viceversa, i fotoni emessi dagli impulsi prodotti dal PF richiedono dovuta attenzione dal punto di vista radioprotezionistico. Questa tipologia di radiazione è così intensa, anche se emessa in un intervallo temporale così breve, che può essere considerata come un potenziale rischio per gli operatori. La strumentazione attiva standard progettata per scopi radioprotezionistici (ad esempio camere a ionizzazione, cristalli, scintillatori plastici o altri) risulta insensibile a questi campi estremamente rapidi o va facilmente a saturazione. Una soluzione praticabile per registrare le dosi in un modo facile, economico, affidabile e replicabile, può comunque essere data dall'uso di dosimetri passivi, come i TLD (che sono noti per essere generalmente non dipendenti dal DR (Karsch et al., 2012)). Tuttavia, per essere certi delle valutazioni preliminari effettuate per nuove installazioni di sorgenti flash, nuove tecnologie o per validare i risultati ottenuti attorno ad una sorgente già presente, una dettagliata analisi Monte Carlo del dispositivo può certamente essere utile come base e supporto.

Nello specifico, il codice MCNP (Booth et al., 2003), versione 6 (Goorley et al., 2012; Goorley, 2014), è stato impostato per la modellizzazione di un PF insieme all'intero laboratorio ospitante ed alla sala controllo della struttura di Montecuccolino (Figura 2).

Il modello numerico è stato usato inizialmente per valutare le dosi in differenti posizioni attorno alla sorgente, in Zona Controllata (come definita nel Council Directive 2013/59/Euratom, Dec., 5, 2013 e nel D. Lgs. 101/2020) ma anche nella Sala Controllo. Inoltre, nel modello sono stati considerati anche il portacellule in acciaio solitamente utilizzato per gli irraggiamenti alle colture cellulari (Buontempo et al., 2018) ed un fantoccio in PMMA generalmente utilizzato per esperimenti di dosimetria (Isolan et al., 2019; Isolan et al., 2020). Infine, è stata progettata una spessa schermatura cilindrica, in piombo, così da ridurre le dosi e perseguire il principio di ottimizzazione "As Low As Reasonably Achievable" (ALARA).

Puntando a risultati computazionali rapidi ma soprattutto affidabili, la metodologia Forward Consistent Adjoint Driven Importance Sampling (FW-CADIS) (Wagner et al., 2009) è stata applicata tramite il tool ADVANTG (Mosher et al., 2015). In questo modo è stato possibile stimare la dose nei piccoli TLD inseriti in una geometria molto vasta ed irraggiati da un campo molto grande (rispetto la dimensione dei dosimetri). Inoltre, sempre con l'ausilio di ADVANTG, è stata effettuata anche una Global Variance Reduction (GVR) così da ottenere mappe di dose tridimensionali estese all'intero modello.

## **2. Materiali e Metodi**

### *2.1 Il dispositivo PFMA-3*

In un PF, un foglio di plasma ad elevata intensità di corrente generato per mezzo di due elettrodi coassiali è portato a collassare in un ridotto volume, il pinch. Le differenti fasi che caratterizzano l'intero processo sono esaustivamente descritte in (Lee, 2014), dove si propone un modello adeguato sia ai dispositivi di tipo Mather (Mather and Bottoms, 1968; Mather et al., 1969) sia per quelli di tipo Filippov (Filippov et al., 1962). In particolare, per ogni impulso vengono individuate cinque differenti fasi: la fase assiale, la fase di shock radiale interna, la fase di shock radiale riflessa, la fase di pinch e la fase di espansione della colonna di plasma. Più nello specifico, il PFMA-3 installato nel Laboratorio di Montecuccolino è un PF della tipologia Mather, caratterizzato da un banco di condensatori da 22  $\mu\text{F}$  ed una impedenza complessiva di 150 nH; se operato con azoto alla pressione di 0.4 mbar può produrre pulsazioni di elettroni con porzione significativa dello spettro intorno a 80-90 keV, bunch di carica nell'ordine grandezza di 0.1 mC e correnti di scarica di 170 kA, con i condensatori caricati a 18 kV. Il flash di raggi X si ottiene a seguito della interazione degli elettroni con un adeguato bersaglio (attualmente il target corrisponde a 50  $\mu\text{m}$  di ottone). La geometria dettagliata del PFMA-3 è mostrata in Figura 1 così come implementata in MCNP. Sono inoltre visualizzati anche gli strumenti di laboratorio che sono stati modellati, ovvero il portacellule (geometria cilindrica, custodia in acciaio ed apertura circolare del raggio pari ad 1 cm) ed un tipico fantoccio in PMMA (parallelepipedo 4x10x2.5 cm). Infine, è mostrata la schermatura cilindrica, in piombo, posizionata intorno al target (1.53 cm di spessore ai lati e 1.94 cm in direzione verticale – altezza 15 cm).

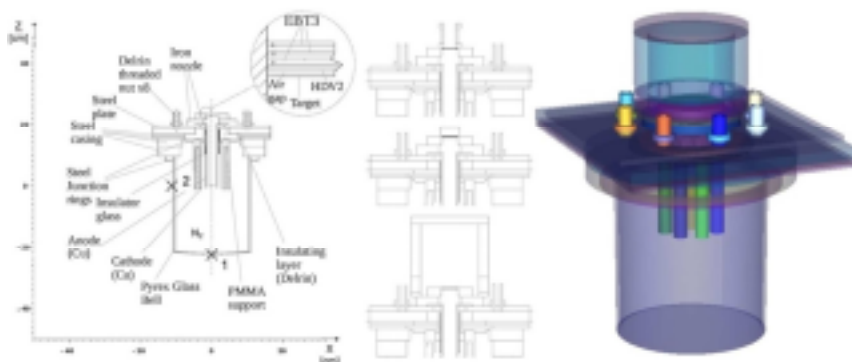
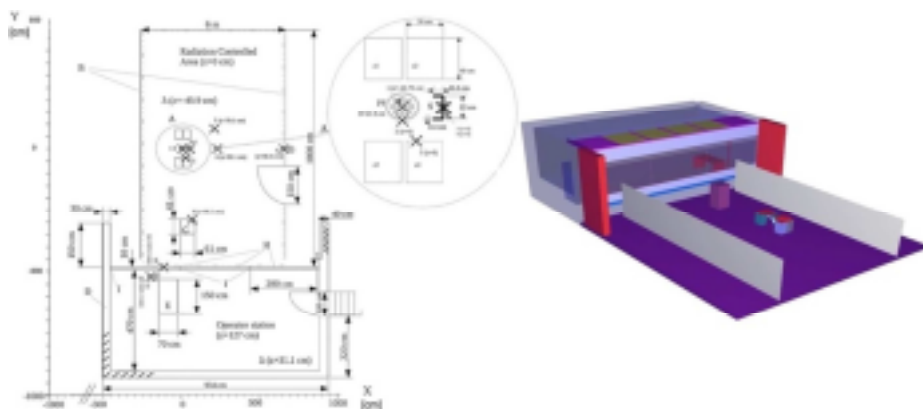


Figura 1. Geometria del PFMA-3 così come implementata in MCNP. Sinistra, sezione assiale XZ. 1), 2): posizione di due TLD. Centro, dall'alto: con il portacellule, il fantoccio in PMMA e la schermatura del fascio primario. Destra, modello MCNP 3D comprensivo di schermatura.

## 2.2 L'area sperimentale

L'area di installazione del dispositivo nel Laboratorio di Montecuccolino dell'Università di Bologna (Figura 2) originariamente era la sala principale di un reattore nucleare sperimentale (Reattore Bologna Due, RB2, gestito da AGIP ed ENEA), completamente disattivato all'inizio degli anni novanta del secolo scorso. Il locale è stato quindi rilasciato libero da vincoli per usi di laboratorio ordinari. L'attuale area sperimentale è delimitata da una griglia metallica di 2 m di altezza su due lati, da un parapetto di 1 m di altezza composto di tubolari su un terzo lato ed una parete separatoria tra la sala del laboratorio e la Sala Controllo (la vecchia sala controllo di RB2). La parete è principalmente costituita da vetro, ma anche calcestruzzo, barre e pannelli di ferro con finiture in legno. L'accesso al laboratorio è dal lato del grigliato metallico. Il soffitto è a più di 10 m di altezza e niente può essere posizionato sopra alla sorgente. Interblocchi pneumatici, quindi in grado di operare anche in caso di assenza di corrente elettrica, sono posizionati all'accesso e, se aperti, inibiscono immediatamente le scariche. Due luci rosse intermittenti avvertono del rischio. Inoltre, un allarme acustico si attiva dal momento in cui inizia il processo di carica del banco dei condensatori. Il controllo del dispositivo avviene dalla Sala Controllo da parte degli operatori, per i quali è possibile visualizzare direttamente l'area del laboratorio in cui il PFMA-3 è installato (la Zona Controllata). Il dispositivo occupa una superficie approssimativamente pari a 2 m<sup>2</sup>, mentre le dimensioni del laboratorio sono rispettivamente di circa 6 m e 10 m. La distanza minima tra il dispositivo ed il grigliato metallico è circa 2.55 m. Sono stati modellati differenti TLD nelle posizioni 1, 2, 3, 4, 5 (Figura 1 e Figura 2) attorno alla sorgente. Inoltre, altri detector sono stati posizionati in luoghi di interesse e numerati come 6, 7, 8, 9, 10, 11.



*Figura 2. Area sperimentale del Laboratorio di Montecuccolino e Sala Controllo. Sinistra, vista XY. La posizione dei detector è mostrata. I punti 1, 2, 3, 4, 5 si riferiscono alle posizioni dei TLD attorno alla sorgente. 6-11 si riferiscono a detector posizionati in altre posizioni di interesse. A, ingrandimento dell'area di installazione del PFMA-3. a1, a2, a3, a4, condensatori. S, pannello piatto, schermante, metallico. B, grigliato metallico. C, alimentatore. D, parete in calcestruzzo. E, scrivania degli operatori. F, G, pali verticali a sezione quadrata. H, parete di vetro al di sopra di pannelli di legno e ferro. I, telaio in ferro. Vedere anche Figura 1 per maggiori dettagli. J1 e J2, altezze relative della pavimentazione della Zona Controllata e della Sala Controllo. È inoltre mostrata la quota Z dei detector. Destra, 3D del modello MCNP.*

## 2.3 I TLD

Gli stimatori di dose puntiformi, i TLD, sono stati valutati riproducendo i tipici dosimetri (X+ $\gamma$ ) composti da LiF(Mg, Cu, P) (Fantuzzi et al., 2006). I dosimetri reali sono caratterizzati da un intervallo di sensibilità nell'intervallo 13-1250 keV mentre la soglia inferiore di lettura è 0.05 mSv. La dipendenza angolare della risposta è del 10 % e la dipendenza energetica equivale al 16 %. I dosimetri sono caratterizzati da un'incertezza complessiva del 35 % nel range 0.05-0.35 mSv, 30 % nel range 0.35-0.65 mSv e 25 % per dosi maggiori di 0.65 mSv. I primi cinque dosimetri "numerici", nel modello, mostrati nella Figura 1 e nella Figura 2, sono stati rispettivamente posizionati sotto la campana in Pyrex, alla quota del pinch sul lato della campana, prima e dopo la schermatura piatta metallica posizionata sul pavimento in prossimità del PFMA-3 alla altezza del pinch e su un condensatore. Gli altri sono stati posizionati in altre posizioni di interesse.

## 2.4 Impostazioni e parametri utilizzati nei codici

Le simulazioni sono state effettuate con il codice Monte Carlo MCNP, versione 6.1.1, in quattro steps con il supporto del software ADVANTG per la riduzione della varianza. Il lavoro preparatorio ed i risultati intermedi sono presentati nei paragrafi seguenti.

### 2.4.1 Step 1: impostazioni della sorgente di elettroni primari

Lo spettro sorgente è stato scelto in modo tale da testare la robustezza delle tecniche e del metodo utilizzato, nonché le prestazioni di simulazione. Per tale motivo, come sorgente primaria è stato scelto uno spettro comprensivo di una lunga coda a bassa probabilità di emissione ed una geometria del fascio divergente per tenere conto anche

dei processi fisici che si verificano durante l'emissione (ad esempio l'interazione coulombiana tra le correnti elettroniche che compongono il fascio). L'insieme del fenomeno, dal punto di vista di una modellizzazione MC, può risultare quindi molto complesso e con caratteristiche tali da ridurre l'efficienza in termini computazionali. Le caratteristiche della sorgente primaria sono mostrate in Figura 3. Lo spettro fotonico, valutato con il tally F4 (Booth et al., 2003) con step in energia pari a 0.5 keV, è anch'esso riportato in Figura 3 e mostra gli effetti delle interazioni. L'energia di cutoff per elettroni e fotoni è posta a 1 keV per tutte le simulazioni.

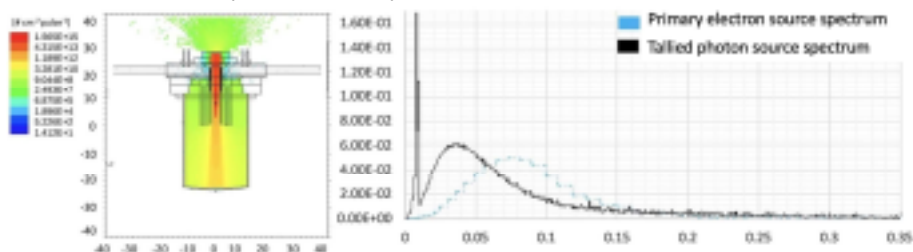


Figura 3. A sinistra, la distribuzione spaziale degli elettroni retro-emessi. Scale in cm. A destra, lo spettro elettronico primario e quello fotonico registrati in corrispondenza del target. Energia in MeV.

#### 2.4.2 Step 2: la sorgente primaria di fotoni

Lo spettro dei fotoni, come registrato in corrispondenza del target (Figura 3) è stato utilizzato come nuova sorgente primaria per accelerare l'intera procedura di simulazione. Le caratteristiche della nuova sorgente sono state validate con i dati ottenuti dalla conversione in fotoni della sorgente primaria di elettroni mediante stime di dose registrate in corrispondenza di uno stack di quattro film gafcromici (vedi Figura 1) utilizzando il tally F6 e, come distribuzione in energia, mediante il tally F4 (Figura 4) ottenendo un buon accordo, senz'altro sufficiente agli scopi radioprotezionistici.

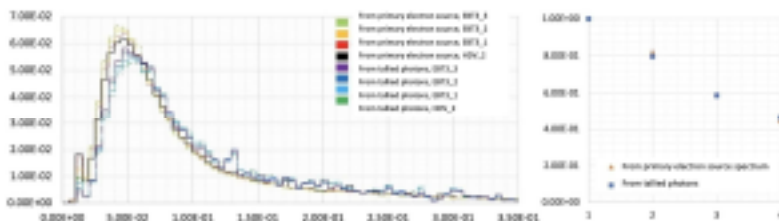


Figura 4. A sinistra, spettro dei fotoni ottenuto a partire dalla sorgente primaria di elettroni a seguito dell'interazione con il target di ottone confrontato in corrispondenza dei diversi gafcromici dello stack con quello calcolato mediante la sorgente primaria di fotoni. Scala in MeV. A destra, analogo confronto mediante PDD. Vedi Figura 1 per i dettagli.

#### 2.4.3 Step 3: due tecniche di riduzione di varianza con ADVANTG

La stima di quantità associate a dosimetri estremamente piccoli rispetto alla scala globale del modello o la valutazione di dose in presenza di spessi schermaggi può



divenire molto pesante in termini computazionali nel caso di MC puramente analogici. L'ottimizzazione della RV mediante ADVANTG consente invece di costruire un sistema di pesi sia per valutare le dosi in corrispondenza dei TLD, sia per valutare le dosi potenziali in tutto il volume considerato, cioè l'intero laboratorio.

Per quel che riguarda la dose registrata in corrispondenza dei TLD, è stata seguita la metodologia FW-CADIS in modo tale da generare un set di Weight Windows (WW) basate sul calcolo di flusso aggiunto (Figura 5). Gli elementi della mesh sono cubici ed hanno una dimensione caratteristica del lato pari a 4 cm così da non essere “mancati” dal ray tracing di ADVANTG ma contemporaneamente mantenere, per la generazione dei parametri di “polarizzazione” (“bias”) del MC, un tempo computazionale ragionevole. La libreria di sezioni d'urto multigruppo scelta è la 200n47g, assieme ad una discretizzazione angolare pari a 8 angoli polari ed 8 angoli azimutali per ottante di sfera (512 direzioni). L'ordine di espansione angolare di Legendre (L) è prima stato impostato pari ad 1, poi si è passati a valori più elevati, 2 e 3. Il parametro L ha un impatto molto elevato sulla memoria consumata da DENOVO (il codice di trasporto tridimensionale implementato in ADVANTG per ottenere la soluzione della Equazione di Boltzmann), che si riscalda come  $(L+1)^2$ . Tenzialmente, per una migliore descrizione della fisica del problema è raccomandato l'utilizzo di elevati ordini di scattering, in particolare per fotoni. Riguardo invece alla scalabilità del problema, in geometrie complesse e caratterizzate da grandi scale come il sistema oggetto di test (e dove, dunque, un elevato valore di L è richiesto), DENOVO può essere eseguito in parallelo grazie alle librerie OPENMP (Chapman et al., 2007). Per questa ragione, prima di una run finale sono stati eseguiti differenti test di scalabilità variando l'ordine della espansione di Legendre e la discretizzazione angolare in modo tale da studiare il comportamento delle mappe di importanza. Nello specifico, le valutazioni sono state eseguite per L=1, 2, 3 e per 128 e 512 angoli. Un esempio di flusso aggiunto (che ha il significato di “importanza” (Lewins, 1965)) per le 512 direzioni scelte ed L=3, che riflette inoltre le WW applicate al modello, è esibito in Figura 5. Le prestazioni relative sono mostrate in Figura 6.

Infine, per ottimizzare le distribuzioni di dose tridimensionali sulla intera geometria del modello calcolate mediante un meshtally in MCNP, è stato effettuato un Global Weighting attraverso il trattamento spaziale di FW-CADIS. Un esempio di flusso aggiunto totale (mappa di importanza) è mostrato in Figura 5, con 10 cm di dimensione caratteristica della mesh, le librerie di sezione d'urto multigruppo 200n47g, 8 angoli polari ed 8 azimutali per ottante di sfera (512 angoli) ed L=3. Questa pesatura (termine tecnico “biasing”) è utile in particolare per trasportare fotoni, all'interno del processo di trasporto effettuato dal codice Monte Carlo, in regioni problematiche da “raggiungere” o pesantemente schermate (ad esempio il trasporto di raggi X nell'intero modello una volta applicata la pesante schermatura cilindrica in piombo).

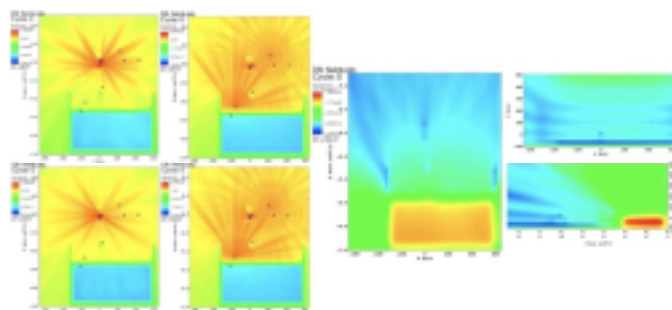


Figura 5. Sinistra, valutazione del pattern di convergenza sul flusso aggiunto per la metodologia FW-CADIS; dall'alto, ordini  $L=1$  ed  $L=3$ ; da sinistra, 128 e 512 direzioni; Le crocette indicano la posizione delle sorgenti aggiunte nel piano XY; Ogni mappa ha la propria scala. Destra, flusso aggiunto totale per il trattamento di GVR ottenuto mediante ADVANTG; piano XY.

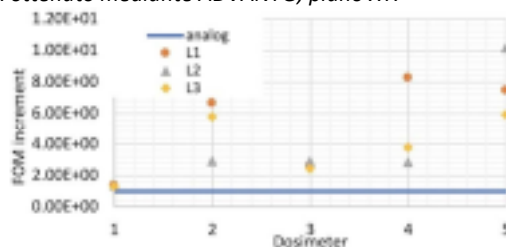


Figura 6. Confronto tra le FOM (Figura Di Merito) rispetto le simulazioni analogiche (senza bias ed a partire dallo spettro di fotoni) e le WW con  $L=1$ ,  $L=2$  ed  $L=3$ , 512 direzioni e metodologia FW-CADIS.

#### 2.4.4 Step 4: simulazioni MCNP

Le simulazioni per la stima delle dosi nei TLD, effettuate mediante MCNP6.1.1, sono state spinte fino a raggiungere precisioni sempre inferiori al 10 % in termini di Errore Relativo (RE) ed utilizzando le mappe di pesi (WW) in combinazione con ulteriori cards dedicate quali la Weight Window Parameter e la Source Biasing. Sono stati stimati quindi gli spettri (con una discretizzazione di 15 keV) nel primo set di 5 TLD attorno alla sorgente, le dosi in altre posizioni di interesse, la mappa di dose bidimensionale attorno alla sorgente con elementi di mesh cubiche e di volume pari a  $0.25 \text{ cm}^3$ , nonché una mappa di dose tridimensionale completa estesa a tutto il modello e con elementi cubici di lato 10 cm. Inoltre, sono stati valutati anche il differente impatto dei tool sperimentali utilizzati (il portacellule ed il fantoccio in PMMA) e della schermatura appositamente progettata per la riduzione delle dosi.

### 3. Risultati

Il risultato delle stime di dose è riportato in Tabella 1. I valori riguardanti il primo set di 5 detector sono graficati in Figura 7, ove è visibile anche il confronto con le stime da simulazione analogica ed altamente inefficiente ma la cui fisica non è stata ritoccata dai bias. La dose più elevata è stata registrata nel dosimetro in direzione del target, il #1, posizionato alla base della camera di plasma, sul Pyrex. Il dosimetro #2, a lato della camera a vuoto, ha registrato una dose inferiore a quella del dosimetro #1 perché, anche se più vicino alla sorgente, i fotoni vengono maggiormente attenuati prima di poterlo raggiungere. Il pannello piatto, schermante, posizionato sul pavimento e fino

ad una quota superiore a quella del pinch, è stato provato essere estremamente efficiente nell'abbattere le dosi in direzione dell'ingresso del laboratorio. Il fattore di abbattimento risulta infatti pari a 40 (efficienza 97 %). Infine, il dosimetro #5 posizionato su un condensatore conferma l'ordine di grandezza delle dosi stimate. I condensatori fungono da spessa schermatura "naturale" per la maggior parte delle direzioni al di sotto del dispositivo. Le caratteristiche spettrali della radiazione X interagente con i TLD, stimate con precisione grazie alla applicazione della tecnica FW-CADIS, sono mostrate in Figura 7 per le differenti posizioni attorno al PFMA-3. Il dosimetro in posizione #1 è soggetto, come ci si aspetterebbe, ad uno spettro più simile allo spettro sorgente, mentre gli altri risultano maggiormente filtrati (come somma dei processi di interazione attraverso i materiali e/o i processi di scattering ad esempio dal pavimento, dalle schermature, dai condensatori e dalle strutture del PFMA-3). La mappa di distribuzione di dose attorno al dispositivo, in prossimità della sorgente, è presentata in Figura 8 ove si può evincere anche l'errore relativo associato alla simulazione. La distribuzione di dose nell'intera geometria è mostrata in Figura 9, ove è anche riportata la mappa di ER come prova della efficacia delle simulazioni che sono state condotte. Come si può visualizzare, l'errore risulta molto basso in ognuna delle zone di interesse. Le zone a maggiore errore sono relative a piccole regioni e sono effetti dovuti ad oscillazioni numeriche per valori molto piccoli ed al di fuori della Zona Controllata e della Sala Controllo, al di là delle pareti, incluse nel dominio di simulazione ma non oggetto della presente valutazione e processo di ottimizzazione. Le mappe di distribuzione di dose 3D sono mostrate in Figura 9 anche considerando il portacellule ed il fantoccio in PMMA utilizzati presso il Laboratorio di Montecuccolino, ma anche lo spesso schermo in piombo cilindrico. Inoltre, anche per questi casi si riporta la mappa di errore relativo, anch'essa tridimensionale. Il risultato riguardante l'uso del portacellule permette di affermare che questo si comporta come fosse un collimatore. Come atteso, il PMMA offre una lieve attenuazione del fascio ma anche una diffusione in ambiente e, per di più, data la geometria, non simmetrica. L'effetto della schermatura in piombo conferma la sua efficacia nel ridurre le dosi.

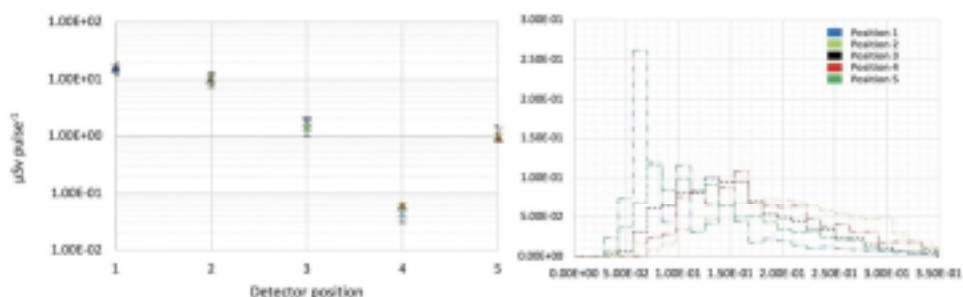


Figura 7. Sinistra, risultati delle simulazioni per le stime di dose sul primo set di 5 TLD e benchmark con le simulazioni analogiche.  $\Delta$ , risultati analogici MCNP (FOM molto bassa, tempo di simulazione necessariamente lungo a causa delle piccolissime dimensioni dei dosimetri nonostante il primo set di TLD sia prossimo alla sorgente). +, risultati con polarizzazione di importanza (bias). Destra, spettri stimati nelle posizioni dei TLD. Scala energetica in MeV. Per maggiori dettagli riferirsi a Figura 1 e Figura 2.

Tabella 1. Stime dosimetriche mediante MCNP nella posizione dei rivelatori. Per maggiori dettagli riferirsi a Figura 1 e Figura 2.

Detector	[ $\mu\text{Sv impulso}^{-1}$ ]	Detector	[ $\mu\text{Sv impulso}^{-1}$ ]	Detector	[ $\mu\text{Sv impulso}^{-1}$ ]
1	1.56E+01	5	9.43E-01	9	2.53E+00
2	1.03E+01	6	6.33E+01	10	5.41E-01
3	1.41E+00	7	3.40E+00	11	3.23E-01
4	5.98E-02	8	2.76E+00		

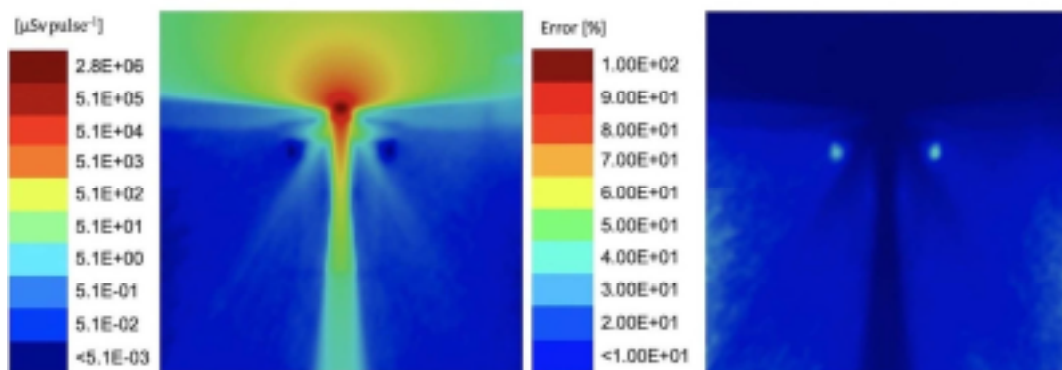


Figura 8. Sinistra, distribuzione della dose attorno al target del PFMA-3, nel piano XZ. Destra, Errore Relativo associato alla simulazione. Vedere Figura 1 per maggiori dettagli.

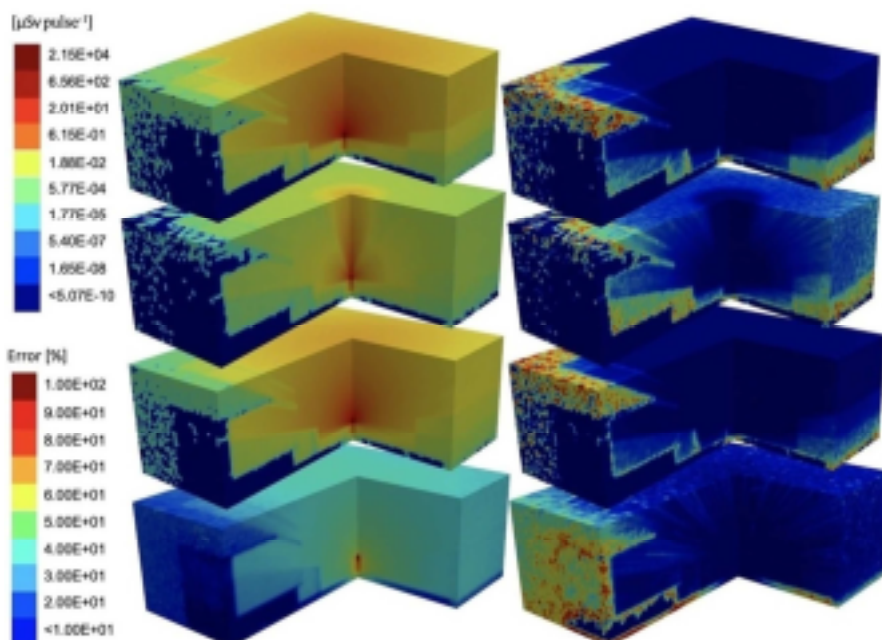


Figura 9. Distribuzione di dose 3D ed errore relativo associato, presentati in un taglio del modello centrato sul target del PFMA-3. I risultati sono riferiti all'intera geometria. Immagini di sinistra e scala

*superiore riferite alla dose. Immagine di destra e scala inferiore riferite all'ER. Dall'alto, distribuzione di dose del fascio emesso direttamente in aria, con il portacellule, con il fantoccio in PMMA e con lo schermo in piombo.*

#### **4. Discussione**

La valutazione delle dosi attorno ad una sorgente flash, ad esempio attorno ad una sorgente Plasma Focus ispirata al PFMA-3 installato presso il Laboratorio di Montecuccolino, è stata effettuata mediante tecniche puramente numeriche valutando un robusto metodo di simulazione coinvolgendo e combinando differenti codici di calcolo e procedure. Il fine è stato quello di ottenere un forte speed-up della simulazione mantenendo affidabile la fisica del problema. Il modello MCNP della apparecchiatura è stato sviluppato considerando anche l'intero Laboratorio e la Sala Controllo. Le simulazioni sono state condotte in 4 step di ottimizzazione. Una prima esecuzione del codice Monte Carlo è stata effettuata applicando una sorgente primaria di elettroni test. Lo spettro dei fotoni prodotti nelle interazioni con il target e la PDD del medesimo fascio di raggi X sono stati valutati all'interno di differenti film gafcromici. Lo spettro al target è stato poi utilizzato come sorgente primaria per una prima forte accelerazione delle simulazioni in un secondo passaggio. Tale sorgente è stata validata confrontandola con gli effetti ottenuti dai fotoni prodotti quando come sorgente primaria vi era il fascio di elettroni a produrre gli RX. In particolare, è stato eseguito il confronto tra gli spettri nei gafcromici e la PDD ottenuti a partire dalla sorgente di fotoni rispetto alle stesse grandezze ottenute dalle interazioni della sorgente di elettroni con il target. Al terzo step, differenti strategie di riduzione di varianza basate sul flusso aggiunto sono state applicate con il fine di incrementare ulteriormente le performances di simulazione. Infine, come quarto step, il modello MCNP è stato utilizzato in combinazione con le WW generate da ADVANTG in modo tale da stimare le caratteristiche spettrali dei fotoni nelle posizioni dei TLD, le dosi nei detector in posizioni di interesse, la mappa di dose attorno al target ma anche nell'intera geometria del modello (anche considerando i tools sperimentali quali portacellule, fantoccio di PMMA ed una schermatura in piombo oggetto di dimensionamento). In particolare, le simulazioni hanno confermato l'efficacia della schermatura pensata per la riduzione delle dosi attorno al dispositivo nell'ottica del classico principio ALARA. È utile ricordare che essendo le schermature ovviamente progettate per attenuare fortemente i fasci di particelle, senza una accurata tecnica di riduzione di varianza, in fase di simulazione non sarebbe possibile seguire le particelle al di fuori della barriera: dunque non sarebbe possibile ottenere risultati puramente analogici in tempi ragionevoli o senza codici fortemente parallelizzati su macchine massicciamente parallele.

#### **5. Conclusioni**

Una strategia di simulazione numerica, dedicata a sorgenti flash (ma non solo) che devono essere ospitate in grandi strutture, laboratori e/o ospedali, basata sull'accoppiamento dei codici MCNP ed ADVANTG è stata delineata per raggiungere risultati ottimizzati in termini di valutazioni di quantità di interesse (siano esse

informazioni di tipo integrali e puntiformi, spettrali, bidimensionali o tridimensionali), valutazione di prestazioni e progettazione di schermature. Tale strategia è da considerarsi rilevante ai fini dell'esercizio della radioprotezione poiché rende fattibile la valutazione del rischio per sorgenti ed ambienti arbitrariamente complessi in modo rapido, robusto e fisicamente affidabile dal punto di vista della modellizzazione numerica. In particolare, l'accoppiamento dei codici e le strategie presentate permettono valutazioni anche in quelle situazioni dove non è possibile eseguire misure dirette, di difficile interpretazione, per nuove tecnologie o installazioni. Da questo punto di vista, l'uso di tecniche Monte Carlo associato a tecniche di riduzione di varianza basate sul flusso aggiunto potrebbe utilmente rientrare nelle procedure operative degli Esperti di Radioprotezione, consentendo loro di supportare efficacemente e con uno sforzo ragionevole le proprie valutazioni preventive, stimare le dosi o progettare schermature adeguate.

### **Fonti di finanziamento**

Questa ricerca non ha ricevuto alcuna sovvenzione specifica da parte di agenzie di finanziamento nei settori pubblici, commerciali o senza scopo di lucro.

### ***Bibliografia completa disponibile al link:***

**<https://www.unibo.it/sitoweb/lorenzo.isolan2/contenuti-utili/6784ee93>**

# RISORSE PER GLI EQ



## ACCU-GOLD + TOUCH

Un **Multimetro digitale** compatto con display, per misure di dose, dose rate, forma d'onda, tempi di esposizione, kV, HVL, filtrazione, mA e luminanza, con possibilità di interfaccia **wireless**.

Ampio **spettro di rivelatori**:

- ✓ **Camere a ionizzazione**
- ✓ **Sensori a stato solido per dose e kV**
- ✓ **Sensore per luminanza**
- ✓ **mAs-metri**
- ✓ **Verifica della calibrazione del DAP e allineamento campo luce/campo raggi.**



## CAMERE A IONIZZAZIONE SERIE 9DP



### Versione 9DP

Camera a ionizzazione pressurizzata a 8 atmosfere.  
Fornisce la più alta sensibilità nella misura di dose e dose integrata.

### Versione 9DP-1

Camera a ionizzazione pressurizzata a 1.7 atmosfere e dedicata alle misure di radioprotezione con campi pulsati in radiografia.

### Versione 9DP\*

Camera a ionizzazione pressurizzata a 8 atmosfere, dedicata alla misura di dose ambientale secondo il protocollo ICRU (30 cm sfera di tessuto equivalente).

Range di energia: Beta > 1 MeV; Gamma, RX > 25keV  
Volume: 230 cc e 220 cc

Tutte sono dotate di **display a colori**, leggere e maneggevoli. Tutti i dati possono essere **salvati su PC** tramite connessione USB.

## DOSIMETRO TRUDOSE

**Dosimetro personale elettronico a lettura diretta**, piccolo e leggero, adatto all'uso in modalità stand-alone o come parte di un sistema di dosimetria composta da hardware e software.

Possibilità di utilizzo in **telemetria**.

**Fantoccio per QC** in mammografia con **Tomosintesi**, composizione a **moduli sovrapponibili** per rispondere al meglio alle misure indicate nelle linee guida esistenti: **EUREF, AAPM, TG245, IEC**.



## DBT PHANTOM

### SCOPRI DI PIÙ

[www.tecnologieavanzate.com](http://www.tecnologieavanzate.com)  
[info@tecnologieavanzate.com](mailto:info@tecnologieavanzate.com)  
tel: +39 011 660 0101



# LE RICADUTE SULLE INDUSTRIE OIL & GAS DEL NUOVO D. LGS. 101 /2020

di Paolo CERRI - Esperto di Radioprotezione

*Responsabile Servizi di Radioprotezione, Istituto Autorizzato di Radioprotezione Eni*

Nella crosta terrestre sono presenti in differenti concentrazioni i radionuclidi delle catene dell'U-238 (in concentrazioni variabili tra 20 e 160 Bq/Kg <sup>2</sup>) e del Th-232 (in concentrazioni variabili tra 10 e 70 Bq/Kg ), e K-40 (in concentrazioni variabili tra 90 e 7000 Bq/Kg ).

Le rocce in contatto con l'acquifero possono rilasciare, per erosione e lisciviazione, i radionuclidi naturali in esse contenuti.

Il Radio (in concentrazioni comprese tra 0,0002 e 2 Bq/litro) e il K-40 sono normalmente i più diffusi radionuclidi allo stato ionico in soluzione nelle acque, assieme al Radon (in concentrazioni comprese tra 0,5 e 300 Bq/litro).

Anche nel gas naturale estratto può essere presente Radon in concentrazioni comprese tra 20 e 2000 Bq/mc.

Il Radio è chimicamente simile al Bario, allo Stronzio, al Calcio e al Magnesio e viene incorporato nei depositi e nelle incrostazioni di solfati o carbonati che si possono generare nei componenti degli impianti di trattamento, a seguito di variazioni di pressione, flusso, temperatura o miscelazione con altri prodotti chimici.

Il Rn-222 presente nelle acque e nel gas naturale, avendo un tempo di dimezzamento relativamente breve (3,8 giorni), origina il Pb-210 che può depositarsi nelle linee gas, nei componenti di impianto, nei filtri e nei fondami dei serbatoi di stoccaggio del petrolio.

Pertanto, si possono determinare incrementi delle concentrazioni di radionuclidi naturali in alcune parti degli impianti Oil & Gas (es. filtri, separatori ecc..) e in alcune matrici (incrostazioni, morchie, fanghi) che a seguito di interventi di manutenzione, possono essere allontanate come rifiuti.

La vecchia normativa sulla radioprotezione (D.lgs. 230 /95 e s.m.i.) non forniva chiare indicazioni sui criteri di allontanamento delle matrici contenenti radionuclidi naturali e pertanto era necessario fare riferimento a normative extranazionali,

---

<sup>2</sup> IOGP 2016 – Managing Naturally Occurring Radioactive Material

come la linea guida della Commissione Europea RP 122 part 2, che definisce i livelli di esenzione delle matrici contenenti radionuclidi naturali.

Il nuovo D.lgs. 101 / 2020 introduce finalmente una regolamentazione dei processi di allontanamento dei residui contenenti radionuclidi naturali.

Innanzitutto, prevede che gli esercenti degli impianti Oil & Gas, rientranti tra le attività descritte all'art. 20 (considerate pratiche) e precisate nella tabella II 1 dell'Allegato II, entro il 27 agosto 2021 dovranno provvedere alla "misurazione della concentrazione di attività sui materiali presenti nel ciclo produttivo e sui residui derivanti dall'attività lavorativa stessa".

Occorre prestare attenzione al fatto che tali requisiti valgono anche per i processi secondari pertinenti.

Queste misure dovranno essere effettuate, ai sensi dell'art. 155, da organismi riconosciuti idonei da istituti previamente abilitati (un decreto dovrà definire i criteri di abilitazione degli istituti; nel transitorio INAIL e ISIN sono considerati abilitati).

Non viene definito un transitorio che vada a definire i requisiti di questi organismi in attesa di un loro riconoscimento da parte di INAIL o ISIN, secondo criteri che, tra l'altro, non sono stati ancora definiti, determinando quindi il rischio che le misure vengano effettuate da organismi non ancora riconosciuti.

Inoltre, si lascerebbe agli esercenti, supportati dagli organismi riconosciuti (laboratori di analisi radiometrica) la facoltà di individuare i punti di campionamento di interesse nel ciclo produttivo. A tal proposito non è scontato che i laboratori abbiano competenze adeguate a supportare gli esercenti nell'effettuare una corretta mappatura dei processi, con conseguente individuazione delle matrici di interesse. Tale attività potrebbe risultare maggiormente efficace con il coinvolgimento di un Esperto di Radioprotezione che dovrebbe avere le competenze per effettuare l'analisi dei processi produttivi (compresi i processi secondari pertinenti) e per individuare con precisione i punti di campionamento mediante, ad esempio, rilievi in sito con strumentazione portatile in grado di individuare l'irraggiamento gamma esternamente ai componenti di impianto o fenomeni di contaminazione alfa o beta nelle matrici e nei residui.

Gli esercenti dovranno trasmettere ad ISIN la relazione tecnica contenente i risultati delle misure effettuate.

I risultati dei rapporti di prova di ogni singola matrice dovranno quindi essere confrontati con i livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività definiti

in tabella II -2 dell'Allegato II – sezione II (1 kBq/kg per tutti i radionuclidi della catena di decadimento di U-238 o Th-232 ad eccezione di Pb-210 e Po-210 che hanno un livello pari a 5 kBq/kg).

Per i fanghi petroliferi si adottano valori di esenzione 5 volte superiori eccetto Unat, Th-230, Th-232, Po-210 o Pb-210 (100 kBq/kg) e Ra-228 (10 kBq/kg); occorre però prestare attenzione alla classificazione di una matrice come fango petrolifero: ad esempio potrebbe essere legata alla percentuale di sostanza secca e quindi alla classificazione del fango come palabile.

Va precisato che la normativa non prevede l'utilizzo di una Sum Index, come indicato invece dalla linea guida della Commissione Europea RP 122 part 2, sinora presa come riferimento nelle valutazioni di matrici contenenti radionuclidi naturali.

Nel caso vengano superati i livelli di esenzione, l'esercente entro sei mesi dal rilascio della relazione tecnica, deve avvalersi di un Esperto di Radioprotezione per effettuare una valutazione della dose efficace ai lavoratori e all'individuo rappresentativo derivanti dalla pratica.

Ovviamente tale attività risulterà maggiormente efficace in caso di coinvolgimento dell'Esperto di Radioprotezione nella fase iniziale di mappatura dei processi ed individuazione delle matrici di interesse.

La relazione tecnica e la valutazione di dose efficace effettuata dall'Esperto di Radioprotezione dovranno essere inviate dall'esercente agli organi del SSN e alla sede dell'INL territorialmente competenti.

Nel caso vengano superati i livelli di esenzione in termini di dose efficace per i lavoratori (1 mSv/anno) o per l'individuo rappresentativo (0,3 mSv/anno), l'esercente entro 1 mese dal rilascio della Relazione dell'Esperto di Radioprotezione, dovrà effettuare una notifica di pratica al Ministero del lavoro e delle politiche sociali, all'ISIN, nonché alle ARPA/APPA, agli organi del SSN, all'INL competenti per territorio.

L'esercente, con l'ausilio dell'Esperto di Radioprotezione nominato dovrà identificare azioni correttive volte a ridurre l'esposizione dei lavoratori e dell'individuo rappresentativo e dovrà attivare la sorveglianza fisica della radioprotezione.

Inoltre, ai sensi dell'art. 44, vige l'obbligo di tenere la contabilità delle suddette materie, farne denuncia al Ministero dello sviluppo economico, registrarsi e trasmettere dette informazioni al sito istituzionale dell'ISIN.

Per le matrici derivanti da attività soggette a notifica, deve essere richiesta alla regione di appartenenza una autorizzazione all'allontanamento. Copia dell'autorizzazione è trasmessa all'ISIN.

L'autorizzazione regionale rappresenta una criticità per le seguenti ragioni:

- possibile distonia tra autorizzazioni nazionali su aspetti prescrittivi e modalità di controllo; pertanto sarebbe opportuno definire le modalità di raccordo tra l'autorizzazione all'allontanamento e le altre autorizzazioni nazionali (es: AIA, AUA);
- possibile differente regolamentazione tra regione e regione, ovvero differenti regioni potrebbero stabilire/normare in modi differenti situazioni analoghe. In particolare, un Gestore di impianti dislocati sul territorio nazionale, potrebbe dover gestire matrici simili con differenti modalità a seconda della regione di appartenenza.

L'istanza di autorizzazione all'allontanamento è corredata dalle informazioni e dalla documentazione stabilite nell'allegato IV, nel quale però non sono definiti:

- i tempi di presentazione della domanda; sarebbe opportuno evidenziare che la richiesta non può essere effettuata prima del singolo allontanamento del residuo in quanto la tempistica di rilascio della stessa può incidere fortemente con i tempi di detenzione del residuo preso in carico nel registro di carico/scarico dei rifiuti ai sensi del D.lgs. 152/06;
- i tempi massimi per il rilascio della autorizzazione da parte delle regioni;
- la validità temporale della autorizzazione;
- le modalità di raccordo con autorizzazioni esistenti.

L'esercente dovrà tenere una contabilità di tutti i residui allontanati e trasmettere, con cadenza trimestrale, le informazioni sui rifiuti solidi o liquidi oggetto di allontanamento e sui soggetti ai quali sono conferiti, alle ARPA/APPA, alle ASL competenti per territorio e all'ISIN.

I residui destinati all'allontanamento sono classificati secondo le indicazioni dell'art. 25 comma 1, che rimanda all'allegato VI. In particolare, per i residui che superano i livelli di esenzione in termini di concentrazione di attività, si indica come unica destinazione la discarica. Sembra essere così esclusa la possibilità di eventuali trattamenti che potrebbero valorizzare scelte in un'ottica di economia circolare.

In ogni caso il nuovo testo di legge, nell'allegato VI definisce in modo preciso i requisiti che dovranno avere le discariche per i residui non esenti.

Nell'art. 26 la competenza dell'autorizzazione per gli impianti di gestione di residui ai fini dello smaltimento nell'ambiente viene attribuita al Prefetto. Questo non tiene in conto dell'esistenza di paralleli procedimenti di autorizzazione in capo al Ministero (AIA, VIA, AUA).

Inoltre, nell'articolo non vengono definiti alcuni elementi necessari per la sua corretta applicazione come ad esempio:

- i termini per il procedimento amministrativo e per l'emissione dei pareri da parte degli enti elencati;
- un'individuazione del procedimento amministrativo (conferenza di servizi?);
- le modalità di raccordo con eventuali procedimenti autorizzativi paralleli (AIA e VIA).

Inoltre, tra le modalità per la richiesta, la modifica e la revoca dell'autorizzazione e per la disattivazione dell'impianto di cui al comma 1, stabilite nell'allegato VII, viene definito che la domanda di istanza presentata alla Prefettura, sia inoltrata agli altri Enti ma non è chiaro chi debba farlo. Probabilmente dovrebbe essere l'autorità procedente, anche per consentirne il necessario coordinamento.

Nell'allegato VII si stabilisce che all'istanza debba essere allegato il versamento prescritto, ma non è indicato né l'ammontare né il beneficiario.

Relativamente ai processi di allontanamento occorre tenere presente che:

- Se le concentrazioni di attività dei radionuclidi naturali presenti nei residui sono comprese tra il 50% dei livelli di esenzione ed i livelli di esenzione stessi (Tabella II-2 dell'Allegato II), questi possono essere conferiti a discariche per rifiuti esenti (autorizzate ai sensi delle normative per le discariche di rifiuti pericolosi o non pericolosi) o riutilizzati per la costruzione di strade a patto che si dimostri che la dose all'individuo rappresentativo non superi il valore di 0,3 mSv/anno.
- Se sono destinati all'incenerimento, ai fini dell'esenzione della pratica l'esercente deve comunque dimostrare che sia rispettato il livello di esenzione in termini di dose efficace per l'individuo rappresentativo, anche se i valori di concentrazione di attività dei residui da smaltire risultano inferiori ai valori riportati in Tabella II-2 dell'Allegato II.

In entrambi i casi il produttore dei residui deve farsi garante del non superamento dei limiti per gli individui rappresentativi anche rispetto agli impianti a cui verranno conferiti i residui.

Questo aspetto non è affatto banale, per il fatto che ad una scarica o ad un impianto di incenerimento possono conferire differenti produttori di residui contenenti radionuclidi naturali.

Si rende pertanto indispensabile una analisi complessiva dei percorsi dei residui, fatta con il contributo di tutte le parti interessate ed un lavoro congiunto tra i vari Esperti di Radioprotezione.

In particolare, ogni impianto tramite il proprio Esperto di Radioprotezione, potrebbe fare una stima dei potenziali residui contenenti radionuclidi naturali trattati annualmente e predisporre una valutazione preliminare di dose per i lavoratori e l'individuo rappresentativo. In tal modo il gestore dell'impianto ricevente sarebbe in grado di stabilire delle specifiche in termini di massime quantità accettabili in funzione delle tipologie di residui da trattare, che diano garanzia del non superamento dei livelli di esenzione in termini di dose efficace.

Occorre inoltre tener presente che, nel caso di smaltimento nell'ambiente di residui ed effluenti che impattano potenzialmente su fonti di acqua potabile, si deve dimostrare che la dose efficace agli individui della popolazione sia inferiore a 0,1 mSv/anno.

Anche in questo caso è necessario che, nel caso ad esempio di reflui che siano destinati ad impianti intermedi di trattamento, questi ultimi, in caso di rilascio delle acque trattate in corpi idrici superficiali, garantiscano il non superamento della dose efficace sopra riportata.

Questo è possibile se, basandosi su una valutazione preliminare di un Esperto di Radioprotezione elaborata avendo come riferimento, ad esempio, la linea guida della Commissione Europea RP135, l'impianto riesca a definire delle specifiche di accettazione dei reflui in termini di massimi volumi e massime concentrazioni di radionuclidi ammissibili.

In conclusione, è possibile affermare che, complessivamente, il nuovo testo di legge fornisce delle chiare indicazioni che permetteranno finalmente di trattare all'interno dei confini nazionali i residui contenenti radionuclidi naturali.

È però opportuno che, per garantire una corretta applicazione dei requisiti, si attivi rapidamente un approccio di sistema che consenta di individuare tutte le potenziali sinergie tra le diverse realtà imprenditoriali che, con il supporto degli Esperti di Radioprotezione, cerchino di analizzare i percorsi dei residui contenenti i radionuclidi naturali, dalla loro origine al conferimento finale, avendo cura di individuare tutte le matrici prodotte dai processi di trattamento ed i relativi impatti radiologici sulla popolazione, gli individui rappresentativi ed i lavoratori.

# RadTech srl

distribuisce e supporta una vasta gamma di strumentazione per misure nell'ambito della Fisica Ambientale, della Fisica Medica e della Radioprotezione.

## LSC per Analisi Acque D.Lgs 28/16



## Dosimetria $\beta, \gamma$ e neutroni



## Misure Radiologiche



## Spettrometria e rivelazione $\beta, \gamma$ e n portatile



## Spettrometria e rivelazione $\beta, \gamma$ fissa



## Monitoraggio e spettrometria Radon (Thoron, figli) e Trizio



## Misure di Radioprotezione



**RadTech**

Strumentazione per Analisi  
di Fisica Ambientale e Medica

RadTech srl, Via Correggio, 19—

20149 MILANO  
Tel. +39 02 46.92.865 - Fax +39 02 48.51.63.70  
info@radtech.it [www.radtech.it](http://www.radtech.it)





# INVENTARIO DEI RIFIUTI RADIOATTIVI

di Jacopo MIGLIORATI

*Esperto di Radioprotezione*

Considerando la recente proposta della Carta Nazionale delle Aree Potenzialmente Idonee (CNAPI) per individuare il sito unico a livello nazionale dove realizzare il Deposito Nazionale dei rifiuti radioattivi italiani, si ritiene importante ricordare che ISIN ha pubblicato il 30 novembre 2020 l'inventario dei rifiuti radioattivi aggiornato al 31 dicembre 2019.

Dai dati presentati nell'inventario, tenendo conto di tutte le variabili del caso ovvero del ri-processamento, delle attività di smaltimento e della perdita di rilevanza radiologica, emerge che l'aumento della quantità di rifiuti radioattivi nel nostro Paese rispetto al 2018, risulta pari a 608 m<sup>3</sup>.



Gli aumenti di quantità si sono registrati principalmente in:

- Emilia Romagna (da 3.000 m<sup>3</sup> nel 2018 a 3.272 m<sup>3</sup> nel 2019)
- Basilicata (da 3.215 m<sup>3</sup> a 3.362 m<sup>3</sup>)
- Piemonte (da 5.506 m<sup>3</sup> a 5.605 m<sup>3</sup>)
- Lombardia (da 6.060 m<sup>3</sup> a 6.147 m<sup>3</sup>)
- Campania (da 2.965 m<sup>3</sup> a 2.968 m<sup>3</sup>)

Cali invece si sono registrati in:

- Puglia (da 849 m<sup>3</sup> a 390 m<sup>3</sup>)
- Lazio (da 9.311 m<sup>3</sup> a 9.284 m<sup>3</sup>)

Quello dei rifiuti radioattivi è un sistema in evoluzione: infatti, nel 2021 sarà introdotto un nuovo sistema di acquisizione dati e di analisi su stoccaggio e produzione, che migliorerà l'efficienza del controllo della gestione e della movimentazione di questi materiali.

Nello specifico l'inventario nazionale dei rifiuti radioattivi pubblicato da ISIN viene elaborato con dati relativi a: volumi, masse, stato fisico, attività specifica, contenuto radionuclidico, condizioni di stoccaggio dei rifiuti.

Per una migliore efficienza viene aggiornato anche l'inventario di materiali e rifiuti radioattivi derivanti dalle attività di bonifica di siti contaminati accidentalmente.

I principali contenuti del documento sono di seguito indicati.

- Sono aggiornate al Decreto Legislativo 101/2020 le definizioni di:

- rifiuti radioattivi
- combustibile esaurito
- smaltimento
- stoccaggio o deposito temporaneo

- È mantenuta la classificazione in 5 categorie:

1. rifiuti radioattivi a vita media molto breve
2. rifiuti radioattivi di attività molto bassa
3. rifiuti radioattivi di bassa attività
4. rifiuti radioattivi di media attività
5. rifiuti radioattivi di alta attività

Tali categorie sono illustrate mediante una apposita tabella indicante le condizioni di appartenenza e destinazione finale per ciascuna categoria.

- Sono presentati i motivi dell'aggiornamento.

Le variazioni sono riconducibili alle seguenti motivazioni:

- in molti impianti continuano gli aggiornamenti dovuti alle campagne di caratterizzazione radiologica dei rifiuti radioattivi presenti con tecniche e metodologie più avanzate rispetto al passato, che permettono di introdurre anche il contributo di alcuni radionuclidi non direttamente misurabili (HTM);
- gli aggiornamenti sull'attività hanno comportato in alcuni casi anche la rivalutazione della classificazione dei rifiuti radioattivi ai sensi del DM agosto 2015;
- in alcuni impianti è stato ricalcolato l'effetto del decadimento dell'attività;
- rivalutazione dello stato tecnologico di condizionamento dei rifiuti, in funzione dei requisiti di conferibilità al Deposito nazionale;
- rivalutazione della classificazione dei manufatti appartenenti alla ex categoria II, tabella 2, Guida tecnica 26, che non necessitavano di condizionamento e che superano la concentrazione di 100 Bq/g di attività beta/gamma e di 10 Bq/g di attività alfa

- sono state effettuate operazioni di trattamento dei rifiuti esistenti tramite supercompattazione e conseguente sostanziale riduzione dei volumi;
- sono stati prodotti nel 2019 nuovi rifiuti, in particolare a seguito di attività di bonifica e/o smantellamento.
- È indicato l'elenco degli operatori nazionali.
- Sono illustrate le schede degli impianti che detengono al momento rifiuti radioattivi, combustibile esaurito, sorgenti dismesse e materie nucleari.

Ogni scheda fornisce:

- una descrizione delle principali operazioni svolte, in corso e programmate;
- data del brownfield;
- rifiuti radioattivi giacenti (condizionati e non);
- sorgenti sigillate dismesse;
- combustibile esaurito;
- stime dei materiali che saranno prodotti dalle attività di smantellamento.
- Inclusione nell'inventario di materiali e rifiuti radioattivi derivanti da bonifica.

Individuazione di tipologie di rifiuti radioattivi con presenza di radionuclidi artificiali generati da eventi incidentali di fusione di sorgenti radioattive verificatesi presso installazioni industriali e stoccati in alcuni depositi in ambito locale.

La tabella 8.7 riporta l'inventario di materiali e rifiuti radioattivi derivanti dalle attività di bonifica di siti contaminati accidentalmente come, ad esempio, fonderie in cui sono stati trattati materiali metallici radioattivi o sorgenti orfane, aggiornato a seguito delle ricognizioni effettuate.

Da evidenziare che nel corso del 2019 sono stati rilevati alti siti industriali con presenza di radionuclidi artificiali, due in Lombardia e uno in Toscana.





**BKS srls - sede legale Corso Vittorio Emanuele II, n.12 - 26900 Lodi (LO)**

**[www.bkswaste.eu](http://www.bkswaste.eu) - 3398881387**

BKS importa e distribuisce un'ampia gamma di sorgenti radioattive "standard" o prodotte su misura, in funzione delle esigenze del cliente, per usi Scientifici, Industriali, per Calibrazione e per applicazioni in Medicina Nucleare. BKS importa e distribuisce anche una varietà di sorgenti esenti. BKS è il distributore esclusivo in Italia di tutte le sorgenti radioattive prodotte da RitVerc.



Sorgenti Gamma, Sorgenti Mossbauer, sorgenti Beta, sorgenti standard e test, soluzioni.

BKS offre servizi di:

- raccolta rifiuti radioattivi;
- bonifica siti e strutture contaminati;
- raccolta rifiuti speciali;
- radioprotezione in ambito industriale, di ricerca ed ospedaliero; formazione e consulenza in materia di radioprotezione e di trasporto di merci pericolose;

**UN SERVIZIO IN ARMONIA CON L'AMBIENTE**



# SPEDIZIONE DI SORGENTI RADIOATTIVE SIGILLATE TRA STATI MEMBRI – MODULO EURATOM

di Franco CIOCE - Esperto di Radioprotezione

## Cosa è

È un documento asseverato dalle Autorità competenti (AACC) e conforme al modello descritto nel **“Regolamento CEE/UE n° 1493 del 08/06/1993 - Regolamento (EURATOM) n. 1493/93 del Consiglio dell' 8 giugno 1993 sulle spedizioni di sostanze radioattive tra gli Stati membri”** che consente di spedire o ricevere sorgenti sigillate all'interno degli Stati membri della CE.

## Come si fa

Il modello EURATOM 1493/93 in questione deve essere compilato in tutte le parti pertinenti delle sezioni da 1 a 5 specificando:

### Sezione 1

- Se trattasi di una spedizione o più spedizioni (nel primo caso la validità del documento cessa al termine del trasporto, mentre nel secondo caso, il documento ha validità triennale<sup>3</sup>);
- Se si tratta di singola spedizione, la data presunta di spedizione (se nota);

### Sezione 2

- nome del destinatario della/e sorgente/i
- nome della persona da contattare
- indirizzo completo
- telefono e fax

### Sezione 3

- nome del detentore nel paese di spedizione
- persona da contattare
- indirizzo completo
- telefono e fax

### Sezione 4

- descrizione della/e sorgente/i oggetto della/e spedizione/i (radionuclide/i)
- attività massima di ogni singola sorgente (MBq)

---

<sup>3</sup> La dichiarazione ...può riferirsi a più di una spedizione, purché ... le spedizioni siano effettuate dallo stesso detentore allo stesso destinatario e dipendano dalle stesse autorità competenti.

- numero di sorgenti
- indicare se le sorgenti radioattive sigillate sono montate su macchinari o dispositivi o attrezzature all'atto della spedizione (breve descrizione).
- indicare (se noti e richiesti dalle autorità competenti) norma tecnica nazionale o internazionale a cui la/e sorgente/i sigillata/e si conforma/no e numero di certificazione
- data di scadenza della certificazione
- nome del produttore e riferimento al catalogo

#### Sezione 5

- numero della licenza, dell'autorizzazione o di altro permesso (se applicabile) e sua data di scadenza
- Nome
- Firma
- Data

Attenzione: la firma del modulo così compilato corrisponde ad una autocertificazione che attesta che le informazioni contenute nel modulo sono corrette e che il destinatario è in possesso di una licenza, un'autorizzazione o altro permesso per prendere in consegna la/e sorgente/i descritta/e nel modulo e infine certifica di ottemperare a tutti i pertinenti requisiti nazionali, quali quelli relativi allo stoccaggio sicuro, all'uso o allo smaltimento delle sorgenti descritte.

La sezione 6 andrà timbrata e firmata dalla Autorità Competente del paese del destinatario che quindi attesterà la conoscenza della Società/Ente che presenta il modulo.

È consigliabile compilare anche le parti richiedenti:

- Denominazione dell'Autorità
- Indirizzo completo
- Telefono e fax.

lasciando alle AACC la compilazione della data e dell'eventuale termine di validità, oltre al timbro e firma di un rappresentante delle AACC.

#### Chi firma

La **Circolare Ministeriale 20 ottobre 1993, n. 228 - Oggetto: Regolamento Euratom n. 1493/93 - Spedizione di sostanze radioattive tra Stati membri della Comunità Economica Europea. Attestazioni da parte delle Autorità competenti, emanata dal Ministero per l'Industria, il Commercio e l'Artigianato**, specifica le AACC che devono firmare la sezione 6 del Modulo EURATOM 1493/93:

- Il Ministero dello Sviluppo Economico se il richiedente è titolare di una Autorizzazione (Nulla Osta di Cat. A) rilasciata dallo stesso Ministero;
- La locale Prefettura se i destinatari di sorgenti radioattive sigillate sono titolari di provvedimenti autorizzativi, periferici (Nulla Osta di Cat. B) ovvero sono

esenti da qualsiasi provvedimento autorizzativo (ma solo soggetti obbligati alla Comunicazione preventiva di pratica).

### Quando inviare

Il modulo EURATOM deve essere fatto firmare dalle AACC con sufficiente anticipo, considerando che non tutti i funzionari incaricati conoscono la normativa in questione e in certi casi le incertezze circa le competenze comportano lungaggini anche di alcuni mesi<sup>4</sup>.

Lo stesso modulo EURATOM 1493, una volta completato deve essere inviato (meglio in formato pdf) sia al trasportatore italiano che allo speditore.

Analogamente, se si è speditori di tali sorgenti, il trasporto potrà essere effettuato solo dopo aver ottenuto copia dello stesso modulo correttamente compilato e validato dalle AACC.

A tal scopo è importante anche verificare la correttezza dei dati riportati (tipo di sorgenti radioattive, attività, Nuclidi, ecc.).

Il Regolamento comunitario prevede inoltre all'art. 6 che per le sorgenti sigillate e i residui radioattivi, nonché per le altre sorgenti pertinenti, il detentore che abbia effettuato spedizioni di tali sostanze a destinatari di altro Stato membro, deve fornire alle Autorità competenti dello Stato membro di destinazione un riepilogo trimestrale dei dati concernenti le spedizioni effettuate.

#### **Art. 6.**

*Un detentore di sorgenti sigillate, ... che abbia spedito o fatto spedire dette sorgenti ..., deve fornire, entro ventuno giorni dalla fine di ciascun trimestre, alle autorità competenti dello Stato membro di destinazione i seguenti dati riguardanti le consegne effettuate durante il trimestre:*

*- il nome e l'indirizzo dei destinatari;*

*- l'attività totale per radionuclide consegnato a ciascun destinatario e il numero delle consegne effettuate;*

<sup>4</sup> D.P.C.M. 22 dicembre 2010, n. 273 (1). Regolamento recante individuazione dei termini non superiori a novanta giorni per la conclusione dei procedimenti amministrativi di competenza del Ministero dello sviluppo economico, ai sensi dell' articolo 2, comma 3, della legge 7 agosto 1990, n. 241 , come modificato dall' articolo 7 della legge 18 giugno 2009, n. 69.

DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA				
I. Direzione generale per l'energia nucleare, le energie rinnovabili e l'efficienza energetica				
Procedimento	Fonte normativa	Unità organica	Termini privilegiati	Termini nuovi
Attestazioni Regolamento Euratom per la spedizione fra Stati membri di sorgenti radioattive	Art. 4, Reg. n. 1493/1993 del Consiglio	Divisione V	Non previsto	90 gg.



- la quantità singola più elevata di ciascun radionuclide consegnato a ciascun destinatario;
- il tipo di sostanza: sorgente sigillata, altra sorgente pertinente o residui radioattivi. ...

## Perché

Dal 1959 sono adottate direttive europee che fissano le norme fondamentali relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

L'abolizione, dal 1993, dei controlli alle frontiere nell'ambito della Comunità ha privato le autorità competenti (AACC) delle informazioni precedentemente fornite da questi controlli sui trasporti di sostanze radioattive.

Tuttavia le stesse AACC necessitano di un livello di informazione pari al precedente per continuare ad applicare i controlli ai fini della radioprotezione; il Regolamento EURATOM 1493/93 stabilisce quindi un sistema comunitario di dichiarazioni e scambi di informazioni che rende più agevole mantenere il controllo della radioprotezione; lo stesso Regolamento prevede un sistema di dichiarazioni preventive, necessario per le spedizioni di sorgenti sigillate e di residui radioattivi lasciando impregiudicati gli obblighi di fornire informazioni e i controlli prescritti per motivi diversi dalla radioprotezione.

## Dove

Di seguito è riportato un elenco completo di autorità competenti degli Stati membri aggiornato<sup>5</sup> e corredato di tutte le informazioni necessarie per mettersi rapidamente in contatto con dette autorità.

Gli Stati membri sono tenuti a comunicare alla Commissione ogni cambiamento relativo ai dati di cui sopra.

La Commissione è tenuta a comunicare le informazioni di cui sopra, ed ogni mutamento ad esse relativo, a tutte le autorità competenti nella Comunità e a pubblicarle nella Gazzetta ufficiale delle Comunità europee.

N°	Paese	Indirizzo	Mail
1	<b>Austria</b>	Zentrales Strahlenquellenregister Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft Radetzkystraße 2 1030 Wien Tel. +43 1711004406 - Fax +43 17122331	E-mail: <a href="mailto:strahlenregister@bmlfuw.gv.at">strahlenregister@bmlfuw.gv.at</a> Sito web: <a href="http://www.strahlenschutz.gv.at">www.strahlenschutz.gv.at</a>
2	<b>Belgio</b>	Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN)	E-mail:

<sup>5</sup> Comunicazione relativa al regolamento (Euratom) n. 1493/93 del Consiglio, dell'8/6/1993, sulle spedizioni di sostanze radioattive tra gli Stati membri - (2002/C 40/04) - (Gazzetta ufficiale delle Comunità europee L 148 del 19 giugno 1993, pag. 1)

		Département sécurité et transport Service importation et transport Rue Ravensteinstraat 36 - 1000 Bruxelles Tel. +32 22892181 - Fax +32 22892182	<a href="mailto:transport@fanc.fgov.be">transport@fanc.fgov.be</a>  Sito web: <a href="http://www.fanc.fgov.be">www.fanc.fgov.be</a>
3	<b>Bulgaria</b>	Агенция за ядрено регулиране ( <i>Agenzia Regolatoria Nucleare</i> ) 69 Shipchenski prokhor Blvd. 1574 Sofia - Tel. +359 29406801 - Fax +359 29406919	E-mail: <a href="mailto:L.Kostov@bnra.bg">L.Kostov@bnra.bg</a>  Sito web: <a href="http://www.bnra.bg">www.bnra.bg</a>
4	<b>Cipro</b>	Υπηρεσία Ελέγχου και Ελέγχου Ακτινοβολίας Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας Υπουργείο Εργασίας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων ( <i>Servizio Ispettivo e controllo delle radiazioni Dipartimento di ispezione del lavoro - Ministero del lavoro, del benessere e della sicurezza sociale</i> ) 12 οδός Apellis - 1493 Nicosie Tel. +357 22405623 - Fax +357 22663788	E-mail: <a href="mailto:info@dli.mlsi.gov.cy">info@dli.mlsi.gov.cy</a>  Sito web: <a href="http://www.mlsi.gov.cy/dli">www.mlsi.gov.cy/dli</a>
5	<b>Croazia</b>	Državni zavod za radijaciju i nuklearnu sigurnost ( <i>Ufficio pubblico di Sicurezza radiologica e nucleare</i> ) Frankopanska 11 - HR-10000 Zagreb Tel. +385 14881770 - Fax +385 14881780	E-mail: <a href="mailto:ivana.kralik@dzrns.hr">ivana.kralik@dzrns.hr</a>  Sito web: <a href="http://www.dzrns.hr">www.dzrns.hr</a>
6	<b>Danimarca</b>	Sundhedsstyrelsen - National Institute of Radiation Protection - Knapholm 7 - 2730 Herlev Tel. +45 44543454 - Fax +45 72227417	E-mail: <a href="mailto:sis@sis.dk">sis@sis.dk</a> Sito web: <a href="http://www.sis.dk">www.sis.dk</a>
7	<b>Estonia</b>	Keskkonnaagentuur - Kiirguskaitse ( <i>Agenzia per l'ambiente – servizio di radioprotezione</i> ) Kopli 76 - 10416 Tallinn Tel. +372 6644900 - Fax +372 6644901	E-mail: <a href="mailto:kiirgusosakond@keskkonnaamet.ee">kiirgusosakond@keskkonnaamet.ee</a> Sito web: <a href="http://www.keskkonnaamet.ee">www.keskkonnaamet.ee</a>
8	<b>Finlandia</b>	Ydinturvallisuus- ja säteilysuojeluviranomainen ( <i>Autorità di sicurezza nucleare e di radioprotezione</i> ) (STUK) P.O. Box 14 - FI-00881 Helsinki Tel. +358 9759881 - Fax +358 975988500	E-mail: <a href="mailto:stuk@stuk.fi">stuk@stuk.fi</a>  Sito web: <a href="http://www.stuk.fi">www.stuk.fi</a>
9	<b>Francia</b>	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) - Boîte postale 17 31, avenue de la Division Leclerc BP 17 - 92260 Fontenay-aux-Roses Tel. +331 58357754 - Fax +331 58359536	E-mail: <a href="mailto:inventaire@irsn.fr">inventaire@irsn.fr</a>  Sito web: <a href="http://www.irsn.fr">www.irsn.fr</a>
10	<b>Germania</b>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) Frankfurter Straße 29-35 65760 Eschborn Tel. +49 61969080 - Fax +49 6196908800	E-mail: <a href="mailto:poc.rad.sources@bafa.bund.de">poc.rad.sources@bafa.bund.de</a> <a href="mailto:radionuklide@bafa.bund.de">radionuklide@bafa.bund.de</a> Sito web: <a href="http://www.bafa.de">www.bafa.de</a>
11	<b>Grecia</b>	Γραφείο Προέδρου Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΟΠ) ( <i>Ufficio del Presidente - (EEAE)</i> ) Ag. Paraskevi - 15310 Attica Tél. +30 2106506803 - Fax +30 2106506762	E-mail: <a href="mailto:thomais.zormpaki@eeae.gr">thomais.zormpaki@eeae.gr</a>  Sito web: <a href="http://www.eeae.gr">www.eeae.gr</a>
12	<b>Irlanda</b>	Environmental Protection Agency Office of Radiological Protection	E-mail: <a href="mailto:t.ryan@epa.ie">t.ryan@epa.ie</a>

		3 Clonskeagh Square Clonskeagh Road - Dublin 14 Tel. +353 12697766 - Fax +353 12697437	Sito web: <a href="http://www.epa.ie">www.epa.ie</a>
13	<b>Italia</b>	ISIN - Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione - Via Capitan Bavastro, 116 - 00154 Roma, ITALY - Tel. +39 06.457652. Ministero dello Sviluppo Economico Direzione generale per il mercato elettrico, rinnovabili e l'efficienza energetica, il nucleare Via V. Veneto, 33 - 00187 Roma (Rm) Divisione V – Impieghi pacifici dell'energia nucleare, ricerca e gestione di materiali e rifiuti nucleari Via Molise, 6 - 00187 Roma Tel. +39 0647052531- Fax +39 0647053980	E-mail: <a href="mailto:isin-udg@isinucleare.it">isin-udg@isinucleare.it</a> Sito web: <a href="http://www.isinucleare.it">www.isinucleare.it</a>  E-mail: <a href="mailto:dgmereen.segreteria@mise.gov.it">dgmereen.segreteria@mise.gov.it</a> Sito web: <a href="http://www.mise.gov.it">www.mise.gov.it</a>
14	<b>Lettonia</b>	Latvijas Valsts vides dienesta Radiācijas aizsardzības centrs ( <i>Centro di radioprotezione del Servizio Pubblico ambientale di Lettonia</i> ) Iela Rupniecības 23 - LV-1045 Riga Tel. +371 67084306 - Fax +371 67084299	E-mail: <a href="mailto:pasts@rdc.vvd.gov.lv">pasts@rdc.vvd.gov.lv</a> <a href="mailto:rdc@rdc.vvd.gov.lv">rdc@rdc.vvd.gov.lv</a>
15	<b>Lituania</b>	Radiacinės saugos centras ( <i>Centro di radioprotezione</i> ) gatvė Kalvarijų 153 - LT-08221 Vilnius Tel. +370 52361936 - Fax +370 52763633	E-mail: <a href="mailto:rsc@rsc.lt">rsc@rsc.lt</a> Sito web: <a href="http://www.rsc.lt">www.rsc.lt</a>
16	<b>Luxembourg</b>	Directeur de la Santé - Division de la radioprotection Villa Louvigny, allée Marconi 2120 Luxembourg Tel. +352 24785670 - Fax +352 467522	E-mail: <a href="mailto:secretariat.radioprotection@ms.etat.lu">secretariat.radioprotection@ms.etat.lu</a>
17	<b>Malta</b>	Radiation Protection Board - OHSA Building 17, Triq Edgar Ferro - Pietà - PTA 3153 Tel. +356 21247677 - Fax +356 21232909	E-mail: <a href="mailto:ohsa.rpb@gov.mt">ohsa.rpb@gov.mt</a>
18	<b>Paesi Bassi</b>	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) - Stralingsbescherming - Transport - Bezuidenhoutseweg 67 Postbus 16001 - 2500 BA Den Haag Tel. +31 703487366	E-mail: <a href="mailto:Postbus.Transportaanvraag@anvs.nl">Postbus.Transportaanvraag@anvs.nl</a>  Sito web: <a href="http://www.anvs.nl">www.anvs.nl</a>
19	<b>Polonia</b>	Państwowa Agencja Atomistyki Departament Ochrony Radiologicznej ul. Krucza 36 - 00-522 Warszawa Tel. +48 226959743 - Fax +48 226959871	E-mail: <a href="mailto:sekretariat.dor@paa.gov.pl">sekretariat.dor@paa.gov.pl</a> Sito web: <a href="http://www.paa.gov.pl">www.paa.gov.pl</a>
20	<b>Portogallo</b>	<i>Per i trasferimenti da o verso una struttura nucleare:</i> Comissão Reguladora para a Segurança das Instalações Nucleares (COMRSIN) Palácio das Laranjeiras Estrada das Laranjeiras, 205 - 1649-018 Lisboa Tel. +351 217231000 <i>Per trasferimenti diversi da/verso struttura nucleare:</i> Instituto Superior Técnico (IST) Campus Tecnológico e Nuclear Estrada Nacional 10, km 139,7 2695-066 Bobadela LRS Tel. +351 219946010 - Fax +351 21994601	E-mail: <a href="mailto:geral-comrsin@comrsin.pt">geral-comrsin@comrsin.pt</a> <a href="mailto:sec.ctn@ctn.ist.utl.pt">sec.ctn@ctn.ist.utl.pt</a>  Sito web: <a href="http://www.comrsin.pt">www.comrsin.pt</a>  E-mail: <a href="mailto:sec.ctn@ctn.ist.utl.pt">sec.ctn@ctn.ist.utl.pt</a> Sito web: <a href="http://www.ctn.ist.utl.pt">www.ctn.ist.utl.pt</a>
21	<b>Repubblica</b>	Veřejný úřad jaderné bezpečnosti	E-mail:

	<b>Ceca</b>	Oddělení regulace výstav (Ufficio Pubblico per la sicurezza nucleare Dipartimento della regolamentazione delle esposizioni) Senovážné náměstí 9 - 110 00 Praha 1 Tel. +420 221624243 - Fax +420 221624817	<a href="mailto:jana.davidkova@sujb.cz">jana.davidkova@sujb.cz</a>  Sito web: <a href="http://www.sujb.cz">www.sujb.cz</a>
22	<b>Romania</b>	Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare (Commissione Nazionale di controllo delle Attività Nucleari - CNCAN) 14 Libertatii Blvd, Sector 5 - 050706 București Tel. +40 213160572 - Fax +40 213173887	E-mail: <a href="mailto:office@cncan.ro">office@cncan.ro</a>  Sito web: <a href="http://www.cncan.ro">www.cncan.ro</a>
23	<b>Slovacchia</b>	Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky (Autorità Pubblica della salute - Repubblica Slovaca) Trnavská cesta 52 - 826 45 Bratislava Tel. +421 249284253 - Fax +421 244372619	E-mail: <a href="mailto:andrej.galbavy@uvzsr.sk">andrej.galbavy@uvzsr.sk</a>  Sito web: <a href="http://www.uvzsr.sk">www.uvzsr.sk</a>
24	<b>Slovenia</b>	Per sorgenti radioattive in campo medico e veterinario: Ministrstvo za zdravje Uprava RS za varstvo pred sevanji (Ministero della Salute – Amministrazione Slovena di radioprotezione) Ajdovščina 4 - SI-1000 Ljubljana Tel. +386 14788709 - Fax +386 14788715 Per sorgenti in altri settori (industria, ricerca): Ministrstvo za okolje in prostor Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (Ministero dell'Ambiente e della Pianificazione del territorio - Amministrazione Slovena della Sicurezza Nucleare) Litostrojska cesta 54 - SI-1000 Ljubljana Tel. +386 14721100 - Fax +386 14721199	E-mail: <a href="mailto:gp-ursvs.mz@gov.si">gp-ursvs.mz@gov.si</a>  Sito web: <a href="http://www.uvps.gov.si/en/">www.uvps.gov.si/en/</a>  E-mail: <a href="mailto:gp.ursiv@gov.si">gp.ursiv@gov.si</a>  Sito web: <a href="http://www.ursiv.gov.si/en/">www.ursiv.gov.si/en/</a>
25a	<b>Spagna</b>	Punto di contatto nazionale: Consejo de Seguridad Nuclear c/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11 28040 Madrid Tel. +34 913460100 - Fax +34 913460588 Per quanto riguarda i trasferimenti di sostanze radioattive verso impianti nucleari, impianti radioattivi di prima classe o impianti di seconda e terza categoria situati nelle regioni dell'Andalusia, Castilla La Mancha e Melilla:	E-mail: <a href="mailto:comunicaciones@csn.es">comunicaciones@csn.es</a>  <a href="mailto:zj@csn.es">zj@csn.es</a>  Sito web: <a href="http://www.csn.es">www.csn.es</a>
25b		DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS Paseo de la Castellana, 160 - 28071 Madrid Tel. +34 913397418 - Fax +34 913497529 Elvira Hernando Velasco Per quanto riguarda i trasferimenti di sostanze radioattive verso impianti radioattivi di seconda e terza categoria situati nelle seguenti regioni:	E-mail: <a href="mailto:ehernando@minetur.es">ehernando@minetur.es</a>  Jaime de Ponga  E-mail: <a href="mailto:jponga@minetur.es">jponga@minetur.es</a>
25c	<i>Comunidad autónoma</i>	Dirección General de Industria Plaza de España, 1, 3ª planta	E-mail: <a href="mailto:carlos.rojocorral@asturia">carlos.rojocorral@asturia</a>

	<i>de asturias</i>	33007 Oviedo Tel. +34 985106676 - Fax +34 985106675 Carlos Rojo Corral	<a href="http://s.org">s.org</a>
25d	<i>Gobierno de aragón</i>	Departamento de Industria e Innovación Dirección general de Energía y Minas Servicio de Gestión Energética Paseo de María Agustín, 36 - 50071 Zaragoza Tel. +34 976714747 - Fax +34 976715360 Eduardo Pérez Lacosta	E-mail: <a href="mailto:eperez@aragon.es">eperez@aragon.es</a>
25e	<i>Comunidad autónoma de baleares</i>	Consejería de Economía y Competitividad Dirección General de Industria y Energía Camino de Son Rapinya, 12 07013 Palma de Mallorca Tel. +34 971177493 - Fax +34 971177495 Rafael Pons Jaudin du Sentre	E-mail: <a href="mailto:rpons@cnergia.caib.es">rpons@cnergia.caib.es</a>
25f	<i>Comunidad autónoma de canarias</i>	Consejería de Empleo, Industria y Comercio Dirección General de Industria Edif. Múltiples I Avda. Anaga, 35 - Santa Cruz de Tenerife Tel. +34 928899400 (Ext. 89288) +34 922475000 (Ext. 25216) - Fax +34 922475354 Antonio Carlier Millán	E-mail: <a href="mailto:acarmil@gobiernodecanarias.org">acarmil@gobiernodecanarias.org</a>
25g	<i>Comunidad autónoma de cantabria</i>	Consejería de Innovación, Industria, Turismo y Comercio Dirección General de Innovación e Industria c/ Albert Einstein, 2 - 39011 Santander Tel. +34 942200054 - Fax +34 942200030 Fernando Javier Rodríguez Puertas	E-mail: <a href="mailto:rodriguez@gobcantabria.es">rodriguez @gobcantabria.es</a>
25h	<i>Comunidad autónoma de castilla y león</i>	Consejería de Economía y Empleo Dirección General de Industria e Innovación Tecnológica c/ Jacinto Benavente, 2, pta 2ª, ala Norte 47195 Arroyo de La En - omienda (Valladolid) Tel. +34 983324288 - Fax +34 983411410 Miriam Conde Redondo - Carmen Garmón San Miguel - Tel. +34 983324291	E-mail: <a href="mailto:garsancm@jcy.es">garsancm@jcy.es</a>  E-mail: <a href="mailto:conredmi@jcy.es">conredmi@jcy.es</a>
25i	<i>Comunidad autónoma de cataluña</i>	Departament D'Empresa i Ocupació Dirección General de Energía, Minas y Seguridad Industrial - Servicio de Coordinación de Actividades Radioactivas - c/ Pamplona, 113 - 08018 Barcelona Tel. +34 933226633 - Fax +34 934393996 Gloria Rocamora	E-mail: <a href="mailto:grocamora@gencat.cat">grocamora@gencat.cat</a>
25l	<i>Comunidad autónoma de extremadura</i>	Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía Dirección General de Ordenación Industrial y Energía Paseo de Roma, s/n - 06800 Mérida Tel. +34 924005415 - Fax +34 924005601 Jesús García Sáez de Santa-María	E-mail: <a href="mailto:jesusmaria.garcia@gobex.es">jesusmaria.garcia@gobex.es</a>
25m	<i>Comunidad autónoma de galicia</i>	Consejería de Economía e Industria Dirección General de Energía y Minas Edificio Administrativo San Caetano, s/n, bloque 5, 4ª	E-mail: <a href="mailto:maria.rodriguez.sampedro@xunta.es">maria.rodriguez.sampedro@xunta.es</a>

		puerta - Santiago de Compostela - 15781 A Coruña Tel. +34 981545587 - Fax +34 981957192 María Rodríguez Sampedro	
25n	<i>Comunidad autónoma de la rioja</i>	Consejería de Industria, Innovación y empleo Dirección General de Innovación, Industria y Comercio - c/ Marqués de la Ensenada, 13-15 (entrada por c/ Albia de Castro) - 26071 Logroño Tel. +34 941291100 (Ext. 33487) - Fax +34 941291479 Efrén Tarancón Andrés	
25o	<i>Comunidad autónoma de madrid</i>	Consejería de Economía y Hacienda Dirección General de Industria, Energía y Minas C/ Cardenal Marcelo Spínola, 14, edificio 4, planta 4ª 28026 Madrid - Tel. +34 914206498 - Fax +34 915802194 - Amparo de la Puerta Quesada	E-mail: <a href="mailto:amparo.delapuerta@madrid.org">amparo.delapuerta@madrid.org</a>
25p	<i>Comunidad autónoma de murcia</i>	Consejería de Industria, Turismo, Empresa e Innovación - Dirección General de Industria, Energía y Minas c/ Nuevas Tecnologías, s/n - 30205 Murcia Tel. +34 968362030 - Fax +34 968362003 Joaquín Abenza Moreno	E-mail: <a href="mailto:Joaquin.abenza@carm.es">Joaquin.abenza@carm.es</a>
25q	<i>Comunidad autónoma de navarra</i>	Departamento de Economía, Hacienda, Industria y Empleo - Dirección General de Industria, Empresa e Innovación - Servicio de Energía, Minas y Seguridad Industrial - Parque Tomás Caballero, 1 - 31005 Pamplona - Tel. +34 848424499 - Fax +34 848426468 María del Mar Trapote Redondo	E-mail: <a href="mailto:jlasequ@navarra.es">jlasequ@navarra.es</a>
25r	<i>Comunidad autónoma del país vasco</i>	Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad - Viceconsejería de Industria Dirección de Energía, Minas y Administración Industrial - c/ Donostia-San Sebastián, 1 01010 Vitoria-Gasteiz - Tel. +34 945019696 - +34 945019949 - +34 945019935 - Fax +34 945019931 José Miguel Muñoz San Martín	E-mail: <a href="mailto:josemi-munoz@ej-gv.es">josemi-munoz@ej-gv.es</a>
25s	<i>Comunidad autónoma de valencia</i>	Consejería de Economía, Industria, Turismo y Ocupación - Dirección General de Energía c/ Castán Tobeñas, 77, Torre 2, 4ª planta 46018 Valencia - Tel. +34 963209572 - Fax +34 9634226471	E-mail: <a href="mailto:efren.tarancon@larioja.org">efren.tarancon@larioja.org</a>
25t	<i>Ciudad autónoma de ceuta</i>	Consejería de Sanidad y Consumo Servicio de Consumo - Plaza de África, 1, acceso C, 1º A - 51001 Ceuta - Tel. +34 956511658 - Fax +34 956515988 - José María Viñas Salvador	E-mail: <a href="mailto:jmvinas@ceuta.es">jmvinas@ceuta.es</a>
26	<b>Svezia</b>	Strålsäkerhetsmyndigheten SE-171 16 Stockholm Tel. +46 87994000 - Fax +46 87994010	E-mail: <a href="mailto:registrator@ssm.se">registrator@ssm.se</a> Sito web: <a href="http://www.ssm.se">www.ssm.se</a>
27	<b>Ungheria</b>	Autorité hongroise de l'énergie atomique PO Box 676 - 1539 Budapest Tel. +36 14364841 - Fax +36 14364843	E-mail: <a href="mailto:haea@haea.gov.hu">haea@haea.gov.hu</a> Sito web: <a href="http://www.oah.hu">www.oah.hu</a>



## Dosimetria al corpo intero

Card-TLD e Film-Badge



## Dosimetria alle estremità

Cinturino, Anello e Polpastrello



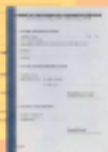
## Dosimetria al cristallino

Con spilla, fascia elastica frontale o clip



**X-GAMMAGUARD**

Dosimetria personale e ambientale dal 1977



## Documenti della Sorveglianza Fisica

Documento Sanitario Personale  
Scheda Personale Dosimetrica  
Libretto Personale di Radioprotezione



## Dosimetria Radon

Dosimetro a tracce nucleari e ad elettretti



## Gammalink

Software cloud per la gestione  
elettronica delle schede dosimetriche personali

X-GAMMAGUARD di Laura Pini  
Via Gorizia, 40  
21047 SARONNO (VA)

T. +39 02/96.70.20.29  
F. +39 02/96.25.945

✉ dosimetria@xgammaguard.it  
xgammaguard@pec.it

🌐 www.xgammaguard.it  
www.gammalink.it



## **RADIO IURIS: NORMATIVA E GIURISPRUDENZA IN MATERIA DI RADIOPROTEZIONE .**

Il CdR del Notiziario riserva questo spazio al nostro Avv. Colonnelli che curerà una rubrica specifica di commento alle norme e alle sentenze pronunciate in materia di Radioprotezione e coinvolgono o possono coinvolgere la nostra sfera professionale.

### **L'ESPERTO IN INTERVENTI DI RISANAMENTO RADON: PROFILI DI INCOSTITUZIONALITÀ**

di Avv. Andrea Enrico COLONNELLI

Come noto, il Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, ha innovato radicalmente, rispetto alla precedente disciplina dettata dal D.Lgs. 241/2000, gli obblighi a carico dell'esercente derivanti dal superamento del livello di riferimento della concentrazione media annua di attività di radon in aria negli ambienti di lavoro.

Infatti, a seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs. 241/2000, l'art. 10 ter, comma 1, del D.Lgs. 230/1995, prevedeva che nei luoghi di lavoro sotterranei caratterizzati da presenza di prodotti di decadimento del radon, l'esercente dovesse effettuare misure della concentrazione di attività di radon media in un anno, e l'art. 10 quinquies, comma 3, che, nel caso di superamento del livello di azione all'epoca previsto, l'esercente, avvalendosi dell'esperto qualificato, dovesse porre in essere azioni di rimedio idonee a ridurre le grandezze misurate al di sotto del predetto livello, tenendo conto del principio di ottimizzazione, e procedere nuovamente alla misurazione al fine di verificare l'efficacia delle suddette azioni.

Viceversa, l'art. 17, comma 3, del D.Lgs. 101/2020, oltre a prevedere analoghi obblighi di misura, dispone che, qualora la concentrazione media annua di attività di radon in aria superi il livello di riferimento attualmente previsto, l'esercente sia tenuto a porre in essere, e completare entro due anni, misure correttive intese a ridurre le concentrazioni al livello più basso ragionevolmente ottenibile, avvalendosi di una nuova figura: l'*"esperto in interventi di risanamento radon"*, introdotto nel panorama normativo italiano dallo stesso D.Lgs. 101/2020, che in base al combinato disposto dell'art. 15 e dell'Allegato II deve essere un geometra, un ingegnere o un architetto che abbia partecipato a corsi di formazione ed aggiornamento dedicati, della durata di 60 ore.

In altre parole il legislatore ha deciso, con una scelta non solo eccentrica rispetto alla consolidata normativa esistente, ma anche estranea al dettato della Direttiva 2013/59/Euratom (in cui l'esperto in interventi di risanamento radon non è in alcun modo prefigurato), di escludere il coinvolgimento dell'esperto qualificato (ora denominato, come noto, esperto di radioprotezione) dall'individuazione delle misure correttive intese a ridurre le concentrazioni di radon in aria nei luoghi di lavoro: scelta che non può non suscitare, oltre a fondate critiche sostanziali, anche consistenti perplessità di carattere formale.

Infatti, l'art. 20, comma 1, della Legge 4 ottobre 2019, n. 117, contenente *“Principi e criteri direttivi per l'attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom”*, stabiliva che, nell'esercizio della delega per l'attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, il Governo fosse tenuto a seguire principi e criteri direttivi specifici, fra i quali alla lett. e) indicava quello di *“prevedere il mantenimento, ove già previste dalla normativa nazionale vigente, delle misure di protezione dei lavoratori e della popolazione più rigorose rispetto alle norme minime stabilite dalla direttiva 2013/59/Euratom”* e alla lett. g) quello di *“prevedere l'aggiornamento dei requisiti, dei compiti e delle responsabilità delle figure professionali coinvolte nella protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione, anche garantendo coerenza e continuità con le disposizioni del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230”*.

Ciò che è evidente, in primo luogo, è che l'art. 20, comma 1, lettera g) della Legge 117/2019 è stato disatteso: infatti l'introduzione dell'esperto in interventi di risanamento radon non garantisce coerenza e continuità con le disposizioni del Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230, sottraendo, senza logiche motivazioni, compiti e responsabilità a una delle figure centrali coinvolte nella protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione, cioè l'esperto qualificato, oggi esperto di radioprotezione.

In secondo luogo, il D.Lgs. 101/2020, nella sua attuale formulazione, viola l'art. 20, comma 1, lettera e) della Legge 117/2019, per non aver previsto il mantenimento, ove già indicato dalla normativa nazionale vigente, di misure di protezione dei lavoratori e della popolazione più rigorose rispetto alle norme minime stabilite dalla direttiva 2013/59/Euratom. Infatti l'art. 17, comma 3, del D.Lgs. 101/2020, come ricordato, dispone che: *“Qualora la concentrazione media annua di attività di radon in aria superi il livello di riferimento [...], l'esercente è tenuto a porre in essere misure correttive intese a ridurre le concentrazioni al livello più basso ragionevolmente ottenibile, avvalendosi dell'esperto [in interventi di risanamento radon] tenendo conto dello stato delle conoscenze tecniche e dei fattori economici*

*e sociali. Dette misure sono completate entro due anni dal rilascio della relazione tecnica [con la quale si attesta il superamento del livello di riferimento] e sono verificate, sotto il profilo dell'efficacia, mediante nuova misurazione”, e il comma 4 stabilisce che: “Qualora, nonostante l'adozione delle misure correttive [individuate avvalendosi dell'esperto in interventi di risanamento radon] la concentrazione media annua di radon resti superiore al livello di riferimento [...], l'esercente effettua la valutazione delle dosi efficaci annue, avvalendosi dell'esperto di radioprotezione che rilascia apposita relazione [...]”.*

In precedenza, al contrario, l'art. 10 quinquies, comma 3, del D.Lgs. 230/1995, prevedeva che *“Nel caso di superamento del livello di azione [...] l'esercente, avvalendosi dell'esperto qualificato, pone in essere azioni di rimedio idonee a ridurre le grandezze misurate al di sotto del predetto livello, tenendo conto del principio di ottimizzazione, e procede nuovamente alla misurazione al fine di verificare l'efficacia delle suddette azioni”*, e il comma 4 dello stesso articolo che *“Le registrazioni delle esposizioni di cui al comma 3 e le relative valutazioni di dose sono effettuate con le modalità indicate nell'allegato I bis o nell'allegato IV, ove applicabile”*.

Ciò comporta che il coinvolgimento dell'esperto di radioprotezione, unico soggetto abilitato per legge all'effettuazione di valutazioni di dose per i lavoratori e la popolazione, non avviene più contestualmente alla presa di cognizione della sussistenza di livelli di concentrazione di attività di radon in aria superiori al livello di riferimento, permettendogli così di cooperare all'individuazione di misure correttive intese a ridurre le concentrazioni al livello più basso ragionevolmente ottenibile. Ora, viceversa, in base al combinato disposto dell'art. 17, comma 3 e comma 4 del D.Lgs. 101/2020, l'intervento dell'esperto di radioprotezione è illogicamente postposto di due anni, al termine della campagna di misure effettuata a seguito degli interventi di risanamento decisi dal nuovo “esperto”, una figura con un curriculum di studi radioprotezionistici della durata di sole 60 ore, non abilitata all'effettuazione di valutazioni di dose per i lavoratori e la popolazione.

In altri termini la norma, nella sua formulazione attuale, prevede che i lavoratori e la popolazione possano essere esposti per ben due anni a concentrazioni di attività di radon in aria superiori a quelli previsti dal livello di riferimento, senza che l'esercente effettui alcuna valutazione di dose a loro carico e prenda le conseguenti contromisure urgenti, ad esempio di interdizione o limitazione del tempo di stazionamento nelle aree a rischio.

Ciò comporta un potenziale grave detrimento per la salute pubblica, tanto più che la stessa norma dà per scontato che le misure correttive poste in essere dal nuovo “esperto” possano non sortire i risultati sperati, e che l'esperto di radioprotezione debba, dopo due anni, effettuare comunque le valutazioni di dose, accertando a solo posteriori il potenziale danno alla salute dei lavoratori della popolazione. Ci si

può chiedere: se l'“eventualità” di un fallimento delle misure correttive decise dell'esperto in interventi di risanamento radon è stata dal legislatore esplicitamente prevista, perché non assicurare che, nel tempo necessario per verificare l'efficacia delle misure, l'esperto di radioprotezione effettui le valutazioni di dose a carico della popolazione e dei lavoratori, e indichi all'esercente le misure urgenti da attuare per mettere in sicurezza da subito, e non dopo due anni, le situazioni a rischio? Non si cancellano, in tal modo, le misure di protezione dei lavoratori e della popolazione più rigorose già previste dalla normativa nazionale vigente? E lo si fa per non introdurre *“oneri non necessari a carico dei datori di lavoro privati e pubblici”*, come affermato a pagina 24 della relazione illustrativa del Dipartimento per gli Affari Giuridici e Legislativi della Presidenza del Consiglio di Ministri del 24 luglio 2020?

Oltre a tali gravi conseguenze di carattere sostanziale, si deve concludere che, per i motivi sopra esposti, il legislatore delegato, introducendo nel panorama legislativo italiano l'esperto in interventi di risanamento radon, abbia agito in contrasto con le richiamate disposizioni di delega contenute nella Legge 117/2019. Va rammentato, a questo proposito, che i decreti legislativi, come il D.Lgs. 101/2020, sono atti aventi forza di legge, adottati dal Governo previa legge di delegazione da parte del Parlamento, e che il procedimento di formazione di tali decreti è vincolato da esplicite disposizioni della Costituzione: l'articolo 76, che stabilisce che *“l'esercizio della funzione legislativa non può essere delegato al Governo se non con determinazione di principi e criteri direttivi e soltanto per tempo limitato e per oggetti definiti”*, e l'articolo 77, comma 1, che dichiara che *“il Governo non può, senza delegazione delle camere, emanare decreti che abbiano valore di legge ordinaria”*. La legge di delegazione costituisce, quindi, la fonte del potere del Governo di emanare atti aventi forza di legge, e se tali atti si pongono in contrasto con la legge di delega essi devono, conseguentemente, essere dichiarati costituzionalmente illegittimi dalla Corte Costituzionale.

Si deve perciò, in conclusione, formulare l'auspicio che, prima dell'attesa pronuncia di incostituzionalità, venga espunta dal panorama normativo italiano la figura dell'esperto in interventi di risanamento radon, superflua rispetto a quella dell'esperto in radioprotezione e non prevista dalla direttiva 2013/59/Euratom, o ne vengano almeno opportunamente circoscritti i compiti riassegnando un ruolo centrale all'esperto di radioprotezione, al fine di scongiurare i sopra richiamati rischi a carico della salute dei lavoratori e della popolazione derivanti dall'attuale formulazione del D.Lgs. 101/2020.

## Convenzione assicurativa ANPEQ per il 2020/2021

È stata confermata e rinnovata per il 2020/2021 la convenzione assicurativa ANPEQ per le polizze di RC professionale e Tutela Legale.

Anche quest'anno ci siamo affidati a un partner di eccellenza: i Lloyd's e DAS. Questo per fornire all'associazione e a tutti gli associati la massima assistenza e la possibilità di reperire sul mercato anche le coperture più complesse.

La polizza ANPEQ è tra le pochissime polizze che copre il cosiddetto "rischio nucleare" fondamentale per la Nostra professione

Tale polizza permetterà a tutti coloro che avranno compilato e inviato il modulo di adesione di avere una copertura di RC professionale con massimale 50.000,00.

Tale polizza comprende le seguenti coperture per ogni socio:

1. Diffamazione e Calunnia
2. Perdita di documenti
3. Multe e ammende dei clienti
4. Interruzione e sospensione attività
5. Danni reputazionali

Nella formulazione base sono incluse tutte le attività da voi svolte afferenti al 1° e 2° grado secondo il 230/95 e le attività previste dalla **nuova normativa del 101/20**.

È inoltre possibile, per tutti, estendere tali coperture a particolari attività svolte sottoscrivendo personalmente le polizze integrative che ANPEQ ha concordato, per il tramite dello Studio Esedra Broker, con la compagnia dei Lloyd's.

Tale polizza è fondamentale per svolgere la propria attività professionale e lo studio Esedra, per il tramite di Giacomo Lalli, è a vostra disposizione per trovare soluzioni anche per le attività più particolari.

Vi ricordiamo infine che per usufruire della copertura è necessario compilare e inviare il modulo di adesione che la Segreteria vi invierà.

### Per saperne di più potete contattarci:

- via email  
**giacomo.lalli@esedrabroker.it**  
**convenzioneanpeq@esedrabroker.it**
- sul nostro sito  
**www.esedrabroker.it**
- oppure tramite  
**la segreteria di ANPEQ**

### Esedra S.r.l.

#### Sede di Lecco

Via Lorenzo Balicco 63 - 23900, Lecco  
Telefono: (+39) 02 45472330

#### Sede di Milano

Via Emilio Cornalia 19 - 20124, Milano  
Telefono: (+39) 02 45472300

#### Seguici su



# LA BACHECA: UTILITA' PER GLI EdR

A cura di Cristina GHIGNONE

*Esperto di Radioprotezione*

Si ritiene utile citare nel seguito alcune recenti comunicazioni di incidenti in ambito industriale e sanitario, che hanno comportato il superamento dei limiti di dose efficace e/o equivalente per i lavoratori coinvolti.

A seguire si richiamano le ultime pubblicazioni scientifiche e guide tecniche che possano essere di interesse per l'attività dell'Esperto di radioprotezione.

Le fonti di informazione consultate sono le seguenti:

(\*) IAEA - International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre, PO Box 100 - [www.iaea.org](http://www.iaea.org)

(\*\*) ISIN – Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione

Via Capitan Bavastro, 116 – 00154 Roma - [www.isinucleare.it](http://www.isinucleare.it)

## COMUNICAZIONI DI EVENTI INCIDENTALI

### **Sovraesposizione del cristallino in radiologia interventistica (\*)**

<https://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=69a3d2a3-6f67-40a8-a972-691145e2b97e>

In data 26 Giugno 2020 è stata pubblicata la notizia di una sovraesposizione a carico del cristallino di un operatore addetto a procedure di radiografia interventistica a scopo medico. L'incremento della dose al cristallino non è stato osservato nei rapporti mensili di dosimetria fino alla fine del 2019. Sono state riscontrate diverse non conformità tra cui malfunzionamenti nei sistemi di gestione, uso irregolare di dispositivi di protezione individuale (DPI) e uso di dosimetria non certificata per la misura della dose equivalente al cristallino. In base alle informazioni disponibili, la dose equivalente stimata per il cristallino era 25,8 mSv. L'operatore non ha riportato effetti deterministici sull'occhio.

**INES Rating:** 2 - INCIDENTE

**Persona da contattare per ulteriori informazioni:**

**Ivaylo Evgueniev Stanev** - [ivaylo.stanev@onr.gov.uk](mailto:ivaylo.stanev@onr.gov.uk)

*Office for Nuclear Regulation (ONR)*

---

### **Sovraesposizione di lavoratori dovuta a una sorgente di Cs-137 (\*)**

<https://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=743ee081-b37a-4afa-b31c-e9a574b19cf9>

Lo Stato del Texas ha riferito che a seguito del guasto di un misuratore di livello occorre il 30 giugno 2020, un lavoratore ha probabilmente ricevuto una dose superiore a 250 mSv. L'elemento rotante e il tubo portasorgente sono usciti parzialmente dal misuratore e mentre i dipendenti cercavano di riportarli in posizione, la sorgente e la piastra di copertura

sono fuoriusciti dal tubo port sorgente. I lavoratori pensavano che la sorgente di Cs-137 da 3,5 GBq (95 mCi) fosse ancora nell'alloggiamento del misuratore e hanno raccolto i pezzi senza sapere che uno di questi era la sorgente.

Sette individui sono stati esposti alla sorgente. Tre persone hanno tenuto la sorgente tra le mani e una di loro ha anche messo la sorgente nella tasca della camicia. Quattro individui erano vicini alla sorgente a distanze comprese tra 15 cm e 180 cm. Tre degli individui erano classificati "lavoratori esposti" e quattro erano "individui della popolazione". Le dosi efficaci agli individui della popolazione erano comprese tra meno di 0,01 mSv e 0,05 mSv. Le dosi efficaci ai lavoratori esposti erano comprese tra 0,08 mSv e 410 mSv. L'individuo che ha ricevuto la dose più alta, da 380 mSv a 410 mSv, è stato il lavoratore esposto che ha messo la sorgente nella tasca della camicia. Questo individuo ha anche ricevuto la dose più alta alle estremità, pari a 310 mSv alla mano. Non sono stati osservati effetti biologici clinici e fisici avversi come risultato di questo evento.

**INES Rating:** 2 - INCIDENTE

**Persona da contattare per ulteriori informazioni:**

**Patricia Milligan** - [Patricia.Milligan@nrc.gov](mailto:Patricia.Milligan@nrc.gov) (*Nuclear Regulatory Commission (NRC)*)

---

### **Sovraesposizione di tre lavoratori durante un'attività gammagrafica (\*)**

<https://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=a3caf29b-b92a-432c-9ffc-4dcdf9e7e42c>

Un radiografo e due assistenti stavano lavorando in un impianto quando il supporto magnetico che sosteneva l'apparecchiatura è caduto dal lato di un serbatoio e ha schiacciato una sezione del flessibile del proiettore per radiografia in uso. Diversi tentativi da parte della squadra di radiografi di ritrarre la sorgente nell'apparecchiatura gammagrafica, utilizzando la manovella, non hanno avuto successo. È stata applicata una schermatura aggiuntiva nella zona del flessibile contenente la sorgente bloccata, per ridurre le esposizioni e consentire al personale di avvicinarsi all'area. Gli individui sono stati in grado di ritrarre la sorgente nell'apparecchiatura gammagrafica tagliando il flessibile, in modo tale da lasciare spazio sufficiente per richiamare la sorgente. Prima di eseguire il recupero della sorgente tutti e tre gli individui hanno spostato il proprio dosimetro individuale sui loro orologi da polso per tenere conto delle dosi ricevute alle estremità. I badge hanno mostrato che le persone coinvolte hanno ricevuto, rispettivamente, dosi equivalenti pari a 635,77 mSv, 104,39 mSv e 26,08 mSv alle estremità. Le dosi efficaci registrate dai dosimetri a lettura diretta, indossati sul torace, erano pari a 25,19 mSv, 21,78 mSv e 7,98 mSv. Tutti e tre gli individui coinvolti sono stati allontanati dalle operazioni di radiografia per il resto dell'anno solare. Le azioni correttive introdotte includevano la modifica delle procedure e la riqualificazione del personale; la verifica che il supporto magnetico fosse idoneo per il peso posto su di esso e che la superficie del supporto fosse priva di detriti e ruggine.

**INES Rating:** 2 - INCIDENTE

**Persona da contattare per ulteriori informazioni:**

**Patricia Milligan** - [Patricia.Milligan@nrc.gov](mailto:Patricia.Milligan@nrc.gov)  
*Nuclear Regulatory Commission (NRC)*



---

## **Contaminazione alle mani in un impianto di produzione di radioisotopi (\*)**

<https://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=70741b5d-2d78-4660-80a4-46127b282181>

In data 8 Gennaio 2021 è stata pubblicata la notizia di un incidente avvenuto in un impianto utilizzato per produrre Fluoro-18 a scopi medici.

Un operatore è stato contaminato durante la produzione. I problemi con il ciclotrone hanno spinto un dipendente a indagare su un guasto con conseguente contaminazione alle estremità. La presenza di Fluoro-18 sulle mani dell'operatore è stata rilevata dopo che l'operazione era stata completata.

Sulla base delle informazioni disponibili, la dose equivalente stimata per la pelle delle mani dell'operatore era pari a 2000 mSv. L'operatore ha osservato le aree cutanee contaminate per diversi giorni dopo l'esposizione e non ha segnalato alcun eritema.

**INES Rating: 2 - INCIDENTE**

**Persona da contattare per ulteriori informazioni:**

**Ivaylo Evgueniev Stanev** - [ivaylo.stanev@onr.gov.uk](mailto:ivaylo.stanev@onr.gov.uk)

Office for Nuclear Regulation (ONR)

---

## **Esposizione alle radiazioni di un dipendente ospedaliero (\*)**

<https://www-news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=a232913d-b079-4277-b7ea-c842a7201cb0>

In data 21 Gennaio 2021 è stata pubblicata notizia che la lettura del dosimetro TLD corpo intero di un dipendente ospedaliero ha registrato 24,2 mSv. Questo valore supera il limite di dose efficace annuo per la dose corpo intero del personale esposto alle radiazioni, pari a 20 mSv. La persona interessata non ha mostrato effetti deterministici. Il dosimetro è stato indossato dal dipendente per un mese solare prima della lettura. Né il supervisore della radioprotezione né la persona interessata sono stati in grado di spiegare un possibile scenario di esposizione. L'ospedale e il dipendente hanno dichiarato che sono sempre state applicate le necessarie misure di protezione dalle radiazioni. La valutazione delle letture dosimetriche dei 12 mesi precedenti non ha mostrato alcuna esposizione irregolare. L'autorità competente ha indicato all'ospedale che la dose efficace del dipendente interessato accumulata in 5 anni (compresa la dose di 24,2 mSv) non dovrà superare i 100 mSv.

**INES Rating: 2 - INCIDENTE**

**Persona da contattare per ulteriori informazioni:**

**Michael Maqua** - [michael.maqua@grs.de](mailto:michael.maqua@grs.de)

*Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit*

---



# PROPOSTE DIVERSE PER UN UNICO OBIETTIVO

## I NOSTRI SERVIZI



### GESTIONE DI RIFIUTI RADIOATTIVI

Attività dedicate alla gestione di materiale radioattivo e soluzioni personalizzate a problematiche radiologiche in ambito medico, industriale e ricerca scientifica.



### MONITORAGGIO RADIOLOGICO AMBIENTALE

Offriamo una completa mappatura della radioattività ambientale grazie a tecnici esperti e qualificati, con strumentazione, tecnologie e metodi consolidati



### GESTIONE NORM E TENORM

Bonifica, caratterizzazione radiometrica, valutazione dosimetrica in tutte le fasi di gestione e smaltimento



### CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA

Il laboratorio di analisi radiometriche Campoverde, accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018, è in grado di supportarvi in ogni vostra esigenza con una vasta gamma di analisi



### BONIFICHE

Servizi di bonifica di siti contaminati da radionuclidi artificiali e naturali.

<http://materiaradioattiva.campoverde-group.com/>



Per informazioni contattateci al n° 0258039084 o  
[materiaradioattiva@campoverde-group.com](mailto:materiaradioattiva@campoverde-group.com)



  
Regione Lombardia  
Accreditamento Presso  
La Regione Lombardia  
Per La Formazione.



Dal 1988 nel Servizio Integrato ENEA  
la gestione dei rifiuti radioattivi di  
provenienza sanitaria, dell'industria e  
della Ricerca Scientifica.



UNI EN ISO  
Servizi Integrati di Risk Management  
ISO 9001:2015  
Specialty of ISO 9001 and ISO  
Risk Management Implementation

## PUBBLICAZIONI DAL MONDO SCIENTIFICO

A cura di Cristina GHIGNONE

*Esperto di Radioprotezione*

### **Sicurezza dalle radiazioni dei generatori di raggi X e di altre sorgenti di radiazioni utilizzate per scopi di ispezione e per imaging umano non medico. (\*)**

**IAEA Safety Standards Series No. SSG-55**

Il documento fornisce raccomandazioni sulle misure di sicurezza pertinenti l'uso di generatori di raggi X e altri tipi di sorgenti di radiazioni impiegati a fini di ispezione e imaging umano non a scopo medico. Le raccomandazioni fornite sono principalmente rivolte agli enti autorizzati a utilizzare generatori di raggi X e altri tipi di sorgenti di radiazioni per tali scopi, nonché agli esperti di radioprotezione e al personale degli organismi di vigilanza.

Il documento è consultabile al seguente link:

<https://www.iaea.org/publications/12352/radiation-safety-of-x-ray-generators-and-other-radiation-sources-used-for-inspection-purposes-and-for-non-medical-human-imaging>



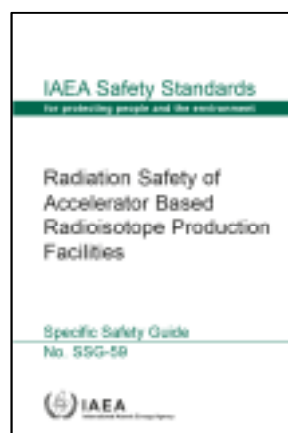
### **Sicurezza contro le radiazioni degli impianti di produzione di radioisotopi basati su acceleratori. (\*)**

**IAEA Safety Standards Series No. SSG-59**

Una grande percentuale dei radioisotopi utilizzati in applicazioni mediche, industriali e di ricerca è prodotta in acceleratori di particelle e il numero di enti che utilizzano acceleratori lineari o ciclotroni per la produzione e distribuzione di radiofarmaci è in aumento. Questo documento fornisce una guida pratica per l'implementazione di adeguate misure di radioprotezione e di sicurezza nelle strutture coinvolte nella produzione e nell'uso dei radioisotopi.

Il documento è consultabile al seguente link:

<https://www.iaea.org/publications/13467/radiation-safety-of-accelerator-based-radioisotope-production-facilities>



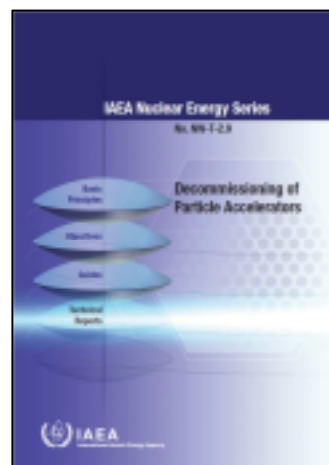
---

## **Decommissioning degli acceleratori di particelle. (\*)** **IAEA Nuclear Energy Series NW-T-2.9**

Sulla base dell'esperienza e degli insegnamenti tratti dalla realizzazione di progetti di smantellamento per acceleratori di particelle, la pubblicazione fornisce informazioni pratiche a tutti coloro che hanno un ruolo in questo processo. Obiettivo del documento è anche di focalizzare l'attenzione sulla pianificazione della disattivazione durante la fase di progettazione di nuovi impianti, riducendo così al minimo la generazione di rifiuti radioattivi senza compromettere le caratteristiche strutturali e l'efficacia della costruzione.

Il documento è consultabile al seguente link:

<https://www.iaea.org/publications/12371/decommissioning-of-particle-accelerators>



---

## **Guida Tecnica n. 30 “Criteri di sicurezza e radioprotezione per depositi di stoccaggio temporaneo di rifiuti radioattivi e di combustibile irraggiato” - Ed. 2020 (\*\*)**

Terminato il processo di valutazione della Guida Tecnica n. 30 (ed. 2019), è stata pubblicata sul sito ISIN la revisione definitiva della guida (ed. 2020), che raccoglie gli obiettivi, i criteri ed i requisiti generali di sicurezza e di radioprotezione per la progettazione, la realizzazione, l'esercizio e la disattivazione dei depositi di stoccaggio temporaneo di rifiuti radioattivi e di combustibile irraggiato, in attesa della realizzazione e avviamento all'esercizio del Deposito nazionale.

Il documento è consultabile al seguente link:

[https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto\\_redazione\\_isin/gt\\_30\\_depositi\\_temporanei.pdf](https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto_redazione_isin/gt_30_depositi_temporanei.pdf)



## **“Attività nucleari e radioattività ambientale” Rapporto ISIN sugli indicatori - Edizione 2021 (\*\*)**

Questo documento, elaborato da ISIN sui dati risultanti dall’attività svolta nel 2019, consente di disporre, seppure in modo non esaustivo, di elementi utili per inquadrare lo stato del controllo dell’esposizione della popolazione italiana alle radiazioni ionizzanti, derivanti dalle attività nucleari e dalla presenza di radioattività nell’ambiente.

I risultati conseguiti dell’elaborazione degli indicatori sulla sicurezza nucleare e la radioprotezione sono un importante strumento nei processi di governance e costituiscono un valido riferimento scientifico per favorire a livello sociale un’adeguata consapevolezza sul rischio nucleare e radiologico.

Il documento è consultabile al seguente link:

[https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto\\_redazione\\_isin/rapporto\\_indicatore\\_isin\\_2021.pdf](https://www.isinucleare.it/sites/default/files/contenuto_redazione_isin/rapporto_indicatore_isin_2021.pdf)



### **Pubblicato STRIMS - Sistema Tracciabilità Rifiuti Materiali e Sorgenti (\*\*)**

Il 22 dicembre 2020 ISIN ha reso disponibile l'area pubblica del sito STRIMS, attraverso cui i soggetti obbligati potranno registrarsi e trasmettere le informazioni previste dagli artt. 42, 43, 44, 48, 56, 60 e 67 del D.Lgs.101/20.

Al momento è possibile consultare i contenuti pubblici del sito, come ad esempio le FAQ disponibili alla sezione Informazioni Utili nella home di STRIMS.

A partire da febbraio sarà possibile registrarsi a STRIMS nonché accedere ai supporti di assistenza come i video tutorial o le richieste di assistenza.

Il sito è consultabile al seguente link:

<https://strims.isinucleare.it>



## RaySafe 452 Survey Meter

Il **RaySafe 452 Survey Meter** è uno strumento versatile, in grado di eseguire misurazioni di radiazioni di fuga e ambientali in un ampio spettro di applicazioni. Nessun settaggio richiesto, elevatissima sensibilità di misurazione su un ampio range di energie, tempo di risposta molto veloce e risposta energetica piatta, senza necessità di alcuna correzione

## RaySafe X2 Solo DENT

**RaySafe X2 Solo DENT** è il nuovo multimetro per controlli di qualità specifico per le misure nel settore radiologico e dentale. Le dimensioni ridotte del sensore e l'holder in dotazione consentono la corretta misurazione di Kv e dose anche con fasci molto stretti (OPT).



## Pro Project Pro-Dent CT MINI

Il fantoccio **Pro-Dent CT MINI** è il nuovo fantoccio pratico e completo per i controlli di qualità delle immagini di Cone-Beam CT e imaging 3D dentale.



## Pro Project Pro-Dent Set

Il set **Pro-Dent** è un set universale di fantocci per i test di accettazione e costanza delle unità a raggi-X.

I fantocci Pro Project possono essere utilizzati in abbinamento con il software di analisi **Pro-Control.online** per una completa automazione della misura.



# MAPPA DEI SITI IDONEI PER I DEPOSITI NUCLEARI DI SUPERFICIE IN ITALIA

A cura del Comitato di Redazione

Con imbarazzante tempismo, in questo periodo di totale austerità epidemica, il Governo ha dato il nullaosta a SOGIN per la pubblicazione della documentazione completa della mappa dei luoghi idonei nei quali poter costruire il deposito nazionale per i rifiuti radioattivi di media e bassa attività.

La Direttiva CE 70/2011 prevede che la sistemazione definitiva dei rifiuti radioattivi avvenga nello Stato membro in cui sono stati generati e l'Italia aveva chiesto a SOGIN di preparare quella che era conosciuta come "CNAPI": **Carta Nazionale delle Aree Potenzialmente Idonee**.

A pasqua del 2018, il ministro dello sviluppo economico (MiSE) Carlo Calenda promise che entro pochi giorni avrebbe pubblicato il decreto riportante le aree potenzialmente idonee alla realizzazione del deposito nucleare di superficie.

L'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra, ora **ISIN**) aveva già trasmesso il suo parere sia al MiSE che al Ministero dell'Ambiente, contenente un aggiornamento della Carta.

La Società SOGIN è stata incaricata del "decommissioning" degli impianti nucleari e della messa in sicurezza dei rifiuti radioattivi in Italia, motivo per cui ha ricevuto l'incarico e ha predisposto la carta citata.

Ora, nella notte tra il 4 e 5 gennaio 2021, la mappa è stata pubblicata e sono stati individuati 67 comuni ove si potrebbe realizzare il centro di stoccaggio.

L'elenco doveva essere reso pubblico ad Aprile 2015. Ma questa scadenza è passata da quasi 6 anni.

Ma ora c'è e sono stati indicati i seguenti comuni:

1. TO-10 - PIEMONTE Torino Caluso, Mazzè, Rondissone	35. MT_PZ-6 - BASILICATA Matera, Potenza Genzano di Lucania, Irsina
2. TO-7 - PIEMONTE Torino Carmagnola	36. PZ-13 - BASILICATA Potenza Genzano di Lucania
3. AL-8 - PIEMONTE Alessandria, Castelle o Monferrato, Quargnento	37. PZ-12 - BASILICATA Potenza Genzano di Lucania
4. AL-14 - PIEMONTE Alessandria Fubine, Quargnento	38. PZ-9 - BASILICATA Potenza Genzano di Lucania
5. AL-3 - PIEMONTE Alessandria, Oviglio	39. PZ-10 - BASILICATA Potenza Acerenza, Oppido Lucano
6. AL-2 - PIEMONTE Alessandria <b>Bosco Marengo</b> , Frugarolo	40. BA-5 - PUGLIA Bari Gravina in Puglia
7. AL-1 - PIEMONTE Alessandria Bosco	



<p>Marengo, Novi Ligure</p> <p>8. AL-13 - PIEMONTE Alessandria Castelnuovo Bormida, Sezzadio</p> <p>9. SI-5 - TOSCANA Siena Pienza, Trequanda</p> <p>10. GR-2 - TOSCANA Grosseto Campagna co</p> <p>11. VT-29 - LAZIO Viterbo Ischia di Castro</p> <p>12. VT-9 - LAZIO Viterbo Canino, Cellere, Ischia di Castro</p> <p>13. VT-36 - LAZIO Viterbo Montalto di Castro</p> <p>14. VT-8 - LAZIO Viterbo Montalto di Castro</p> <p>15. VT-34 - LAZIO Viterbo Canino</p> <p>16. VT-33 253 LAZIO Viterbo Tessennano, Tuscania</p> <p>17. VT-30_A - LAZIO Viterbo Arlena di Castro, Piansano, Tuscania</p> <p>18. VT-30_B - LAZIO Viterbo Piansano, Tuscania</p> <p>19. VT-31 - LAZIO Viterbo Tuscania</p> <p>20. VT-24 - LAZIO Viterbo Canino, Montalto di Castro</p> <p>21. VT-26 - LAZIO Viterbo Canino</p> <p>22. VT-32_A 319 LAZIO Viterbo Arlena di Castro, Tessennano, Tuscania</p> <p>23. VT-32_B 178 LAZIO Viterbo Arlena di Castro, Tuscania</p> <p>24. VT-28 - LAZIO Viterbo Arlena di Castro, Tuscania</p> <p>25. VT-27 - LAZIO Viterbo Canino, Montalto di Castro</p> <p>26. VT-25 - LAZIO Viterbo Tarquinia, Tuscania</p> <p>27. VT-19 - LAZIO Viterbo Soriano nel Cimino</p> <p>28. VT-11 - LAZIO Viterbo Soriano nel Cimino, Vasanello, Vignanello</p> <p>29. VT-20 - LAZIO Viterbo Gallese, Vignanello</p> <p>30. VT-12 - LAZIO Viterbo Corchiano, Vignanello</p> <p>31. VT-15 - LAZIO Viterbo Corchiano, Gallese</p> <p>32. VT-16 - LAZIO Viterbo Corchiano</p> <p>33. PZ-8 - BASILICATA Potenza Genzano di Lucania</p> <p>34. PZ-14 - BASILICATA Potenza Genzano di Lucania</p>	<p>41. BA_MT-4 - BASILICATA, PUGLIA Bari, Matera Altamura, Matera</p> <p>42. BA_MT-5 - BASILICATA, PUGLIA Bari, Matera Altamura, Matera</p> <p>43. MT-3 - BASILICATA Matera Matera</p> <p>44. TA_MT-18 - BASILICATA, PUGLIA Matera, Taranto Laterza, Matera</p> <p>45. TA_MT-17 - BASILICATA, PUGLIA Matera, Taranto Laterza, Matera</p> <p>46. MT-16 - BASILICATA Matera Bernalda, Montescaglioso</p> <p>47. MT-15 - BASILICATA Matera Bernalda</p> <p>48. MT-2 - BASILICATA Matera Montalbano Jonico</p> <p>49. MT-1 - BASILICATA Matera Montalbano Jonico</p> <p>50. OR-58 - SARDEGNA Oristano Siapiccia</p> <p>51. OR-60 - SARDEGNA Oristano Albagiara, Assolo, Mogorella, Usellus</p> <p>52. OR-59 - SARDEGNA Oristano Assolo, Villa Sant'Antonio</p> <p>53. OR-61 - 164 SARDEGNA Oristano Albagiara, Usellus</p> <p>54. SU-49 - SARDEGNA Sud Sardegna Nuragus</p> <p>55. SU-47 - SARDEGNA Sud Sardegna Nurri</p> <p>56. SU-65 - SARDEGNA Sud Sardegna Genuri, Setzu, Turri</p> <p>57. SU-45 - SARDEGNA Sud Sardegna Pauli Arbarei, Setzu, Tuili, Turri, Ussaramanna</p> <p>58. SU-64 - SARDEGNA Sud Sardegna Gersei</p> <p>59. SU-77 - SARDEGNA Sud Sardegna Las Plassas, Pauli Arbarei, Villamar</p> <p>60. SU-31 - SARDEGNA Sud Sardegna Mandas, Siurgus Donigala</p> <p>61. SU-44 - SARDEGNA Sud Sardegna Segariu, Villamar</p> <p>62. SU-74 - SARDEGNA Sud Sardegna Guasila</p> <p>63. SU-73_C - SARDEGNA Sud Sardegna Ortacesus</p> <p>64. TP-11 - SICILIA Trapani Trapani</p> <p>65. TP-9 - SICILIA Trapani Calatafimi-Segesta</p> <p>66. PA-15 - SICILIA Palermo Castellana Sicula, Petràlia Sottana</p> <p>67. CL-18 - SICILIA Caltanissetta a Butera</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



I comuni sottolineati sono quelli sul cui territorio è già presente una istallazione nucleare o ne sono marginalmente interessati.

Quella che era incertezza ora è diventata realtà e molti cittadini hanno già espresso pubblicamente e con qualsiasi mezzo disponibile la propria preoccupazione e già si stanno organizzando per trovare lo slogan adatto ad affermare il loro “NO” alla “discarica” nucleare nel loro comune.

In Sudamerica c’è un efficace modo di dire: *“No se de que se trata pero me opongo”*.

Anche in questo caso bisogna attendere il ripetersi del balletto di Scanzano Jonico: lo ricordate?

Scanzano Jonico è un comune di poco più di 7000 anime, situato sul litorale jonico che nel 2003 era stato scelto dal governo Berlusconi come unico sito nazionale per la raccolta e stoccaggio di rifiuti di 2° e 3° categoria (media e lunga vita e medio/alta attività).

Sia per Scanzano Jonico che per l’attuale elenco dei 67 comuni, non entriamo nel merito delle scelte tecniche del governo (alta zona sismica, bassissima altezza sul livello del mare, ecc.) ma sulla TOTALE disinformazione resa alla popolazione coinvolta che ha scoperto “per decreto” di essere stata scelta come deposito nucleare.

I pacifici (e alcuni meno pacifici) movimenti popolari di Scanzano sorti dal nulla fecero fare al governo un rapido dietro-front e il comune venne depennato come “sito geologico”.

Scanzano Jonico “avrebbe dovuto insegnare”. Ma non è stato così.

Rivedremo 67 e più cortei di protesta, 67 e più variegati slogan dal nucleare a Fukushima alla bomba atomica (i luoghi comuni sono sempre gli stessi), rivedremo 67 e più blocchi stradali e altrettante notti all’addiaccio... *“non so di cosa si parla ma sono contrario”*.

E anche questa volta è importante schierarsi dalla parte dei cittadini!

Hanno ragione... nessuno ha sprecato tempo e parole per informare, far conoscere, chiarire, sfatare falsi miti e ridicole leggende... rendere accessibile e alla portata di tutti un argomento che da sempre è stato ostico e difficile.

Così, “vincono” sempre i politici e i giornalisti del



*“non so di cosa si parla ma sono contrario”.*

O Sergio Costa, Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio che in suo tweet (messaggi tanto amati ed utilizzati da Trump) che accomuna i rifiuti della TAC e della Risonanza Magnetica Nucleare ai rifiuti della medicina nucleare.

Eppure... la storia racconta di due città che non sono extraterrestri ma svedesi, nord Europa e che nel 2002 (un anno prima di Scanzano Jonico) vennero individuate per le ottimali caratteristiche geologiche e che si candidarono appunto per realizzare un deposito geologico profondo per i rifiuti radioattivi e nucleari.

Venne coinvolta la popolazione di Oskarhamn e di Östhammar che dopo essere stata lungamente ed adeguatamente informata ed edotta, vedeva nella realizzazione di un simile sito le opportunità di crescita, di lavoro per i propri giovani, di sviluppo e nel 2008 un sondaggio tra le stesse popolazioni dei due comuni e dei comuni limitrofi, vide il largo supporto (83% e 77%) ed accettazione per la costruzione del sito geologico profondo.

La Società SKB incaricata della gestione dei rifiuti ha decretato in favore di Östhammar con un investimento di 245 M\$ (milioni di dollari) ma un accordo tra i due comuni interessati stabiliva che la maggior parte degli investimenti sarebbe andata al comune che avrebbe perso la gara.

Già... gli alieni svedesi hanno visto nello sviluppo e nel progresso futuro un introito maggiore e migliore del finanziamento stesso; come dire che in un incontro sportivo i soldi li prende chi perde perché la gloria e la fama al vincitore frutta di più.

I lavori del deposito geologico profondo di Östhammar potrebbero terminare entro il 2024.

Intanto, ci aspettiamo che i cittadini dei 67 comuni papabili (e non solo loro), protesteranno e invaderanno le strade e il web di slogan e opinioni: *“non so di cosa si parla ma sono contrario”.*

Ma il mondo cambia con gli esempi e non con le opinioni e sono in molti, moltissimi a sostenere che il primo passo verso la conoscenza è la divulgazione.

Non una divulgazione mirata e propedeutica ad uno specifico problema che potrebbe essere (è!) la costruzione di un deposito geologico di rifiuti nucleari e radioattivi o di una centrale nucleare ma con una divulgazione resa in tempi non sospetti, su argomentazioni generiche ma aderenti alla realtà di tutti i giorni e rispecchianti la nostra quotidianità.

Occorre che vengano organizzati dibattiti, incontri, seminari che trattino gli argomenti sino ad oggi lasciati orfani e in balia di chi la “spara più grossa”: in questo ambiente tecnico le bufale e le leggende metropolitane la fanno da padroni.

E occorre che a parlare ci siano dei capaci divulgatori che sappiano toccare le giuste corde della curiosità e non dell'emozione; qualcuno che sappia spiegare in termini semplici e pratici, come funziona qualsiasi cosa.

La scelta e l'approvazione saranno demandati ai singoli soggetti, ma almeno sapranno di cosa si sta parlando.

Nel 2018 Calenda si dimise da Ministro senza aver pubblicato la mappa e l'elenco dei Comuni; ora Costa ha pubblicato, in un periodo in cui molta gente teme per la propria salute e per il proprio lavoro e per la crisi economica mondiale, l'elenco dei Comuni "papabili". Sorge spontanea la domanda: "perché ora?".

Per costruire il deposito servono 900 Milioni di Euro che verranno prelevati dalle bollette elettriche che giungeranno a casa nostra e nel frattempo gli italiani saranno ancora una volta prevaricati da commissioni tecniche che esprimono pareri per molte persone incomprensibili.

Come già detto, non entriamo nel merito delle scelte tecniche riguardanti le pericolosità del Materiale Radioattivo/nucleare che si vuole porre in deposito (che ricordiamo sono individuati in rifiuti radioattivi di media e bassa attività) ma valutiamo di pancia i Comuni che sono presenti in elenco: molti di loro (anche se catalogati come "meno interessanti") sono piccole zone rurali oltremodo difficilmente raggiungibili. Ma sicuramente il criterio di scelta SOGIN avrà delle solide basi tecnico-scientifiche.

Le informazioni proposte sono ampiamente presenti all'indirizzo web [www.depositonazionale.it](http://www.depositonazionale.it) gestito dalla SOGIN che nella home page declama "scriviamo insieme il futuro più sicuro".

Questo vuol dire che il comune cittadino, dopo aver letto praticamente tutto ciò che è scritto nelle pagine del sito, potrà partecipare alla consultazione pubblica ed esprimere il proprio parere. Fantascienza!

L'opera di coinvolgimento è molto più importante, molto più lunga e molto più coinvolgente. Significa "parlare" ai cittadini, rispondere alle loro "inappropriate" domande e confortare con sicurezza i loro timori. Facciamolo fare ad Alberto Angela, ma con coinvolgimento e passione, imparando ad utilizzare termini ed esempi che entrano nel cuore delle persone che ancora confondono contaminazione ed irraggiamento.

Vorremmo anche noi essere citati come esempio per scelte ponderate effettuate dai cittadini che rimangono liberi di scegliere ma consapevoli di ciò che stanno scegliendo perché informati della tecnologia e non da inutili allarmismi.

# EVOLUZIONE STRAORDINARIA

In questo anno particolare, ricco di cambiamenti per tutti siamo felici di parlarvi di tutte le novità.

## Qualità & miglioramento continuo

L'Ente Italiano ACCREDIA ha approvato l'accreditamento di TECNORAD quale Laboratorio di Prova n°1829 L Sede A.



LAB N° 1829 L



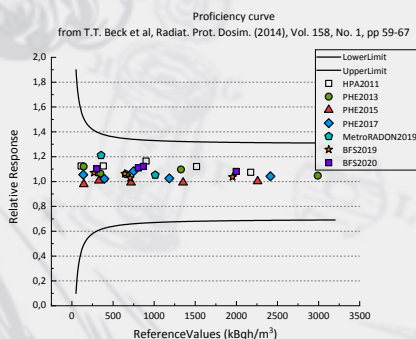
## Nuovo dosimetro Green TLD Badge

Filtri ottagonali per aumentare l'efficienza a dosi angolari; i rivelatori sono inoltre tarati singolarmente con un proprio ECF (*Element Correction Factor*) che consente di ottenere una maggiore accuratezza nella risposta dosimetrica.



## Prove di interlaboratorio per Radon e Dosimetria

Per garantire sempre l'alta qualità delle risposte e l'adequazione delle procedure di taratura.



## Under construction

Siamo quasi pronti con la nuova sede TECNORAD, vi accoglieremo con importanti novità...



**TECNORAD®**  
PERSONAL DOSIMETRY SERVICE

DOSIMETRIA DI SORGENTI NATURALI E ARTIFICIALI  
DI RADIAZIONI IONIZZANTI E MONITORAGGIO NIR

# RECESSO DEL REGNO UNITO E ACQUIS EURATOM - AVVISO AI PORTATORI DI INTERESSI

A cura della Redazione

Una delle conseguenze della *Brexit*, diventata esecutiva il 31 dicembre 2020, è il recesso del Regno Unito dall'EURATOM. A causa di questo recesso tutte le regole di *libero scambio* delle materie radioattive non sono più valide e per importazione ed esportazione di prodotti nucleari dovrà esser negoziata una nuova procedura tra EURATOM e Gran Bretagna, il che significa che non è più applicabile il Regolamento 1493/93 per l'importazione o l'esportazione di sorgenti radioattive sigillate.

Poiché allo stato attuale non è in vigore alcun tipo di accordo, si applicano i seguenti controlli ai prodotti provenienti dal Regno Unito:

- articolo 20 della direttiva 2013/59/Euratom: l'aggiunta intenzionale di materie radioattive in prodotti di consumo importati sono soggetti a licenza (art. 38 D.Lgs. 101/2020);
- articolo 75 della direttiva 2013/59/Euratom: devono essere rispettate le specifiche sui materiali da costruzione importati (art. 29 D.Lgs. 101/2020);
- articolo 93 della direttiva 2013/59/Euratom: devono essere effettuati controlli radiometrici sui prodotti in metallo importati (art. 72 D.Lgs. 101/2020);

La Gran Bretagna non partecipa più al programma UE di sorveglianza e controllo dei rifiuti radioattivi e del combustibile nucleare esaurito.

Ai sensi dei regolamenti EURATOM l'Irlanda del Nord è ancora considerata parte della UE, quindi i punti critici riportati precedentemente non si applicano tra Italia e Irlanda del Nord ma tra Irlanda del Nord e il resto della Gran Bretagna.

Si riporta di seguito il link al documento della Commissione Europea per chi desiderasse approfondire la questione.

(Carlo Maria BELLINI)

[https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file\\_import/euratom\\_it\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/euratom_it_0.pdf)

# INFO ANPEQ - ELENCO CANDIDATI AMMESSI ALLE ELEZIONI ANPEQ 2021

A cura della Redazione

Gentili Soci ANPEQ, si comunica che il Comitato Elettorale ha ammesso alle prossime elezioni i seguenti candidati:

- BERGAMASCHI CARLO candidato per il Consiglio Direttivo;
- BIAZZI LUISA candidata per il Consiglio Direttivo;
- BONACCI FRANCESCO candidato per il Consiglio Direttivo;
- CALENDÀ EDOARDO candidato per il Consiglio Direttivo;
- CAPRIOTTI ANGELO candidato per il Consiglio Direttivo;
- CORNACCHIA SAMANTHA candidata per il Consiglio Direttivo;
- FINAZZI PIERBATTISTA candidato per il Consiglio Direttivo;
- GAGGIANO MICHELA candidata per il Consiglio Direttivo;
- GIUGNI UGO candidato per il Consiglio Direttivo;
- NUCCI DANIELE candidato per il Consiglio Direttivo;
- SARANDREA ALESSANDRO candidato per il Consiglio Direttivo;
- SEGALINI ANNA MARIA candidata per il Consiglio Direttivo;
- TAGLIAFERRI DAVIDE candidato per il Consiglio Direttivo;
- TUMMINIA EMANUELA candidata per il Consiglio Direttivo;
  
- CIOCE FRANCO candidato per il Collegio dei Probiviri;
- DONATI FRANCESCA candidata per il Collegio dei Probiviri;
- PASTREMOLI FRANCESCO candidato per il Collegio dei Probiviri;
- SERIO MAURO candidato per il Collegio dei Probiviri;
- TAMBURINI VITTORIO candidato per il Collegio dei Probiviri;
  
- BUNGARO MICHELE candidato per il Revisore dei Conti.

Si comunica che il voto avverrà per via telematica e le modalità saranno comunicate prossimamente.

Cordiali saluti,

Segreteria operativa ANPEQ

Dal Presidente uscente ANPEQ riceviamo e volentieri pubblichiamo:

## LETTERA APERTA AI SOCI ANPEQ

Cari Colleghi, siamo ormai arrivati alla scadenza del mandato che a Taranto avete dato a me e a tutto il CD, ed è il tempo di fare un bilancio di questi anni, a volte anche turbolenti.

Questi ultimi anni sono stati fortemente caratterizzati prima dall'attesa e poi dalla discussione del D.lgs. 101/2020 che ha generato non poche perplessità e necessità di chiarimenti, richieste di modifica ed interpretazioni. Non voglio entrare adesso nella discussione su cosa è migliorato, cosa è (forse) peggiorato e su cosa è necessario intervenire, ma vorrei solo far presente che il CD al completo, dopo qualche defezione iniziale, ha lavorato unito per portare le nostre osservazioni agli Enti ed ai Palazzi della politica ottenendo qualche risultato immediato: molte delle nostre richieste contenute nel "manifesto" di ANPEQ sono state accolte. Di certo. Il lavoro ancora da svolgere è tanto.

In questi ultimi quattro anni di attività associativa non ci siamo limitati solo al D.lgs. 101, ma abbiamo lavorato su diversi fronti:

- **Nuova polizza assicurativa:** ANPEQ è l'unica Associazione che permette ai suoi Soci di avere una assicurazione professionale che non riporta tra le esclusioni "gli effetti derivanti dalla disintegrazione dell'atomo". La polizza a noi dedicata dai Lloyds comprende, per tutti gli iscritti, e con il versamento della sola quota di iscrizione all'ANPEQ, una RCT fino a 50.000Euro per tutte le attività proprie dell'Esperto di Radioprotezione e può essere ampliata come massimale, a richiesta ed a spese del singolo, in funzione delle proprie necessità. Può anche essere estesa alle attività di Fisico Medico, Esperto di Laser o RSPP, fornendo un unico prodotto in grado di garantire la sicurezza dei Soci su tutti i fronti lavorativi, oltre a fornire anche una copertura per l'eventuale assistenza legale.
- **Corsi di formazione:** abbiamo organizzato molti eventi che ci hanno portato ad imparare ed a discutere su tanti aspetti della nostra professione. Sia in ambito sanitario, con i corsi per gli studi odontoiatrici e con il corso "quinquennale", come in ambito industriale, con i corsi sulle misure radiometriche, progettazione e calcolo delle barriere, valutazione degli impatti ambientali ; anche nel settore della radioattività ambientale abbiamo organizzato corsi sul Radon, sui NORM, sulle particolari realtà degli impianti petroliferi, sui materiali da costruzione e tanto altro ancora. Nell'attesa del nuovo decreto di radioprotezione, fino al 2019 sono stati tenuti 5 corsi all'anno per qualificare le figure professionali del Tecnico/Addetto Sicurezza LASER, del Tecnico Esperto

sicurezza CEM (ECEM), del Tecnico Esperto Sicurezza Radiazioni Ottiche incoerenti artificiali e naturali (ERO) e del Docente-Formatore.

In riferimento al D.lgs.101/2020 art.111 comma 5, dal 01 al 03/12/2020 è stato tenuto il corso di qualificazione dell'Esperto di Radioprotezione come Docente-Formazione che ha assegnato crediti per 8 ore per EdR, 24 ore per RSPP, 24 ECM per Fisici e Chimici al fine di qualificare il docente-formatore secondo quanto previsto dal D.L. 06/03/2013 inerente i requisiti del docente formatore. A settembre e ottobre 2019 si è tenuto a Roma il corso di formazione avanzata di 40 ore "Il Ruolo dell'Esperto Responsabile per sicurezza e qualità in RM alla luce della nuova normativa in vigore". In data 17.11.2020 si è tenuto on line il convegno ANPEQ-GER col Ministero dell'Interno-Dip. Vigili del Fuoco sulla "Gestione delle emergenze NR". Ricordiamo anche il recente corso on-line tenuto con il supporto tecnico di ENI e la collaborazione, oltre che della stessa ENI, di AIRP e AIRM sull'applicazione del 101/2020.

Non dimentichiamo i 5 tempestivi webinar sul D.lgs.101, gratuiti e con 5 crediti per EdR, svolti nell'arco di 3 mesi, esclusivamente a cura dei membri del CD e dei preziosi colleghi relatori che hanno dedicato il loro tempo all'Associazione. I webinar hanno consentito a tutti i soci di ricevere una panoramica immediata sulle novità introdotte dal nuovo decreto, sviscerato in tutti i suoi titoli.

Abbiamo fortemente voluto offrire diverse opportunità di formazione ai nostri Soci tanto da istituire una apposita "Accademia di Radioprotezione ANPEQ" con il precipuo scopo di perseguire l'organizzazione di corsi di formazione su tutte le realtà che possono coinvolgere la nostra professione.

- **CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione)**: a seguito del rinnovo dell'Ufficio di Presidenza della CIIP, ANPEQ ha assunto l'incarico della segreteria nazionale e le è stato assegnato il compito di organizzare nel 2021 un convegno/corso sullo stato di recepimento del D.Lgs.101/2020 tra le associazioni di radioprotezione aderenti alla CIIP.
- **Certificazione di qualità**: avendo puntato così tanto sulla formazione non potevamo che lavorare per ottenere la certificazione in questo settore. Dal 26 Dicembre 2020, infatti, ANPEQ è certificata ISO 9001 e ISO 21001 per la qualità organizzativa e la formazione. Questo ci porta ad essere l'unica Associazione di categoria certificata in grado di fornire la formazione all'esperto di radioprotezione in tutti i settori della professione.
- **Segreteria operativa**: la Segreteria oggi segue tutti i soci praticamente in "real-time" avendo due persone interamente dedicate ai Soci ed alle loro necessità. Sempre dalla Segreteria partono le "Newsletter" che vengono inviate all'indirizzo e-mail di tutti noi con le ultime notizie ed informazioni utili per lo svolgimento della professione.



- **Notiziario ANPEQ:** con grande soddisfazione sottolineo il successo della nuova formula del notiziario, gestito perfettamente dal Direttore con un comitato di redazione giovane e motivato. Giovani che presto, spero, vorranno impegnarsi ancora più attivamente in ANPEQ.
- **Ricorsi e interpretazioni di carattere legale:** con il prezioso aiuto del nostro legale di fiducia, l'Avv. Andrea Colonnelli, abbiamo presentato numeri ricorsi verso bandi di concorso segnalati da voi per le loro irregolarità e sono state date numerose spiegazioni e chiarimenti di carattere legale su vari aspetti della nostra professione
- **Bilancio:** pur avendo sempre voluto preferire offrire i corsi a basso costo per favorire la partecipazione dei Soci, pur avendo investito nella nuova assicurazione che permette a tutti i Soci di avere una vera copertura, unica in Italia, abbiamo un bilancio in attivo che ci permette di guardare al futuro con ottimismo e questo grazie anche ai nostri sponsors che non ci hanno mai fatto mancare il loro appoggio.

Certo c'è anche qualcosa che non abbiamo fatto: non abbiamo, per esempio, partecipato alla formazione di un sindacato che, di fatto e nonostante le dichiarazioni di vicinanza e parallelismo, non riteniamo aiuti ad una "unità" di intenti.

Ho lavorato molto bene con questa squadra e mi farebbe molto piacere poter continuare a lavorare con loro: c'è ancora molto da fare e poter contare sulla coesione delle persone è fondamentale per poter continuare a servire ANPEQ nel migliore dei modi.

Desidero anche ringraziare tutti Voi per l'aiuto e la vicinanza che ci avete dato in questi anni. Il vostro incitamento ed il vostro apprezzamento anche con le critiche costruttive che avete fatto, ci è stato di forte aiuto per capire come continuare a muoverci. Aver avuto la possibilità (Ahimè solo in via remota per il momento) di sentire le vostre opinioni è stato un utile supporto e vi prego di non farlo mai mancare a chiunque entrerà nel prossimo CD.

Grazie per tutto.

P.B. Finazzi, per tutto il CD ANPEQ

## PUBBLICAZIONE APPELLI ANNO 2021 PER ESAME EdR

### Esperti di radioprotezione

Nell'ambito della legislazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro, la Divisione III della Direzione Generale dei rapporti di lavoro e delle relazioni industriali gestisce le procedure per l'**iscrizione all'elenco degli esperti di radioprotezione**.

In considerazione delle **misure di contenimento** adottate per la prevenzione e il contrasto del contagio da **COVID-19**, l'organizzazione e le modalità, ivi comprese quelle a distanza, per lo svolgimento degli esami di abilitazione per l'iscrizione negli elenchi nominativi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati", sono state definite con il Decreto n. 66 del 29/10/2020 le modalità per lo svolgimento degli esami per la sessione dell'anno 2020 a distanza. Per maggiori informazioni è possibile consultare la sezione dedicata "Esami a distanza".

Con riferimento ai candidati che hanno presentato domanda di partecipazione agli esami nell'anno 2019, ma che sosterranno l'esame nel corso dell'anno 2021, si comunica quanto segue: i candidati che, all'esito dell'esame, saranno dichiarati non idonei dalla Commissione, ovvero che intendano accedere a un successivo grado di abilitazione, potranno - in via del tutto eccezionale - presentare una nuova domanda di partecipazione agli esami entro e non oltre 30 giorni dalla data dell'esame, al fine di sostenere la relativa prova nell'anno 2021.

#### Calendario esami anno 2021

- 11 - 18 - 25 gennaio
- 1 - 8 - 15 - 22 febbraio
- 1 - 8 - 15 - 22 - 29 marzo
- 12 - 19 - 26 aprile
- 3 - 10 - 17 - 24 - 31 maggio
- 7 - 14 - 21 giugno
- 5 - 12 luglio
- 6 - 13 - 20 - 27 settembre
- 4 - 11 - 18 - 25 ottobre
- 8 - 15 - 22 - 29 novembre
- 6 - 13 dicembre

Per info: <https://www.lavoro.gov.it/temi-e-priorita/salute-e-sicurezza/focus-on/Esperti-qualificati/Pagine/default.aspx>

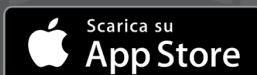


# PROTEX ITALIA



## AGGIORNAMENTO PROTEX APP AL D.LGS 101/2020

su



Su ogni browser:  
[www.protex-app.com/app/#/tab/home](http://www.protex-app.com/app/#/tab/home)

## NUOVO DEPOSITO RIFIUTI A BASSA ATTIVITÀ



PROTEX ITALIA S.R.L.

Via Cartesio, 30 - 47122 Forlì (FC) - Tel. +39 0543 724747 - [protex@protexgroup.com](mailto:protex@protexgroup.com)  
[www.protexgroup.com](http://www.protexgroup.com)

**A.N.P.E.Q.**

Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati

---



---

“Tutto è veleno, e nulla esiste senza veleno.

Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto”

(PARACELSO)