

# Istituto di Radioprotezione Anno 2007

**Edizione a cura di G.Gualdrini, P.Ferrari ed E.Fantuzzi,**

**ENEA RTI BAS-ION-IRP (2008) 7**

Nel 2007 è venuto a mancare improvvisamente il Dr. Giuseppe Tarroni, direttore dell'istituto di Radioprotezione dal 1993 al 2003. Al suo ricordo i colleghi desiderano dedicare questo rapporto in cui sono contenute le attività che continuano la tradizione da lui avviata.

La fotografia, pubblicata nella pagina a fronte, ritrae un gruppo di lavoro internazionale sulla fisica degli aerosol a cui Giuseppe Tarroni, il secondo da destra, ha dedicato gran parte della sua attività di ricercatore.





Lo scopo del presente documento è quello di descrivere, in modo sintetico ma sufficientemente dettagliato, le attività svolte dall'Istituto di Radioprotezione in ENEA, nel contesto nazionale ed internazionale.

La pubblicazione consiste in un'introduzione generale e in una serie di schede illustrative delle attività svolte nel corso del 2007, presentate nel formato di "*extended abstract*", al fine di trasmettere i contenuti salienti dei risultati ottenuti, evitando una mera elencazione degli argomenti oggetto delle ricerche e delle attività operative svolte.



## INDICE

<b>L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE RISORSE</b>	
E. Fantuzzi	XI
<b>L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE ATTIVITÀ</b>	
E. Fantuzzi	XIII
<b>ATTIVITÀ DI IRP IN AMBITO ALL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI RADIOPROTEZIONE</b>	
S. Sandri, A. Morgia	XVI
<b>COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI, PARTECIPAZIONE A INTERCONFRONTI E A PROGETTI EUROPEI</b>	
<b>COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI E PARTECIPAZIONE A PROGETTI EUROPEI</b>	
E. Fantuzzi	3
<b>IL RUOLO DI IRP IN EURADOS</b>	
E. Fantuzzi	5
<b>INTERNATIONAL WORKSHOP: "UNCERTAINTY ASSESSMENT IN COMPUTATIONAL DOSIMETRY: A COMPARISON OF APPROACHES"-BOLOGNA 8-10 OTTOBRE 2007</b>	
G. Gualdrini	6
<b>CONRAD WORK PACKAGE 5.1 E 5.2: TERZO ANNO</b>	
C. M. Castellani, A. Luciani	7
<b>CONRAD WP6: CAMPI MISTI E COMPLESSI DI RADIAZIONI NEI LUOGHI DI LAVORO</b>	
S. Sandri	8
<b>PROGETTO EUROPEO ENETRAP: CONCLUSIONE</b>	
A. Luciani	9
<b>PROGETTO EUROPEO ORAMED</b>	
G. Gualdrini, E. Fantuzzi, P. Ferrari, F. Mariotti, F. Monteventi	10
<b>EURADOS WG2: HARMONIZATION IN INDIVIDUAL MONITORING IN EUROPE</b>	
E. Fantuzzi	12
<b>IL PROGETTO EU-TRIMER</b>	
E. Fantuzzi	14
<b>EUTERP PLATFORM: ARMONIZZAZIONE E RICONOSCIMENTO DEGLI ESPERTI DI RADIOPROTEZIONE IN AMBITO EUROPEO</b>	
A. Luciani	15
<b>STANDARD ISO NEL CAMPO DELLA DOSIMETRIA INTERNA: ISO/CD 27048 E ISO/CD 28218</b>	
A. Luciani	16
<b>FINANZIAMENTO EURATOM PER VALUTAZIONI DI RADIOPROTEZIONE SU COMPONENTI DI ITER</b>	
S. Sandri, A. Daniele, M. D'Arienzo	17
<b>ATTIVITÀ DI RICERCA, SVILUPPO E QUALIFICAZIONE</b>	
EFFETTI DELLE RADIAZIONI	
<b>BASSE DOSI DI RADIAZIONI IONIZZANTI: MESSA IN DISCUSSIONE DEL MODELLO DOSE EFFETTO LNT E CONSEGUENZE PER LA RADIOPROTEZIONE</b>	
A. Giovanetti, M. Balduzzi, S. Rufini, O. Allegrucci	21
<b>USO DELL'ORGANISMO DI RIFERIMENTO EISENIA FETIDA PER LO STUDIO DI ECOTOSSICITÀ DI U E DU</b>	
A. Giovanetti, S. Ridone, G. Vanga, M.L. Cozzella	22
DOSIMETRIA INTERNA	
<b>APPROCCIO EMPIRICO E TEORETICO NELLO SVILUPPO DI MODELLI BIOCINETICI</b>	
A. Luciani	23
<b>STUDI PRELIMINARI PER LO SVILUPPO DI UN MODELLO BIOCINETICO PER TERAPIE DI DECORPORAZIONE IN CASO DI CONTAMINAZIONE INTERNA DA PLUTONIO</b>	
A. Luciani	24
<b>DETERMINAZIONE DI POLONIO-210 IN CAMPIONI BIOLOGICI TRAMITE DEPOSIZIONE SPONTANEA E MISURA CON SPETTROMETRIA ALFA</b>	
P. Battisti, S. Bazzarri, L. Andreocci, I. Giardina, L. Mancini, G. Morelli	25

<b>ULTERIORI SVILUPPI DEL METODO DI MISURA DEL 226RA NELLE URINE MEDIANTE SPETTROMETRIA DI MASSA A PLASMA INDUTTIVAMENTE ACCOPPIATO (ICP-MS)</b>	26
G. Vanga, M. L. Cozzella, P. Battisti	
<b>MODELLO NUMERICO DI FANTOCCIO PLASTICO DI GINOCCHIO PER LA CALIBRAZIONE DI WBC PER STUDI DI CONTAMINAZIONE DA ATTINIDI</b>	27
P. Ferrari, G. Gualdrini	
DOSIMETRIA ESTERNA	
<b>RICOSTRUZIONE DI SPETTRI PRIMARI DI RAGGI X CON TENSIONI DA 5 kV A 60 kV</b>	28
F. Mariotti, G. Gualdrini, E. Fantuzzi	
<b>CONFRONTO TRA DUE DIVERSI TIPI DI RIVELATORI</b>	29
F. Mariotti, G. Falangi, E. Fantuzzi	
<b>METROLOGIA DEI CAMPI DI RADIAZIONE DI BASSA ENERGIA</b>	30
F. Mariotti, G. Gualdrini, F. Monteventi, E. Fantuzzi	
<b>CONFRONTO TRA DOSIMETRI TL PER FOTONI DI LiF:Mg,Cu,P ENEA E RADCARD</b>	31
C. Pellegrini, F. Mariotti, G. Uleri, E. Fantuzzi	
RADIOATTIVITÀ NATURALE E AMBIENTALE	
<b>ATTIVITA' DI STUDIO &amp; RICERCA PROPEDEUTICA ALL'OTTIMIZZAZIONE DEL SERVIZIO RADON</b>	32
S. Penzo, M. Calamosca	
<b>LABORATORIO NORM: ATTIVITA' DI STUDIO &amp; RICERCA</b>	33
M. Calamosca, S. Penzo	
RADIOPROTEZIONE NELLE APPLICAZIONI SANITARIE	
<b>DOSIMETRIA PERSONALE DEGLI OPERATORI IN RADIOLOGIA INTERVENTISTICA: VALUTAZIONI SPERIMENTALI E MODELLISTICA MONTE CARLO</b>	34
G. Venturi, G. Gualdrini, P. Ferrari	
<b>STUDI RADIOANALITICI PER LA DETERMINAZIONE DELLA STABILITÀ IN-VIVO DEL RADIOFARMACO OSTEOTROPO [153Sm]Sm-EDTMP</b>	35
S. Ridone, D. Arginelli, S. Bortoluzzi, M. Montalto, M. Nocente	
<b>DETERMINAZIONE DELLE IMPUREZZE RADIOATTIVE NEL RADIOFARMACO [153Sm]Sm-EDTMP E NELL'URINA DI PAZIENTI SOTTOPOSTI AL TRATTAMENTO</b>	36
S. Ridone, D. Arginelli, S. Bortoluzzi, M. Montalto, M. Nocente	
OTTIMIZZAZIONE DI TECNICHE DOSIMETRICHE	
<b>AUTOMAZIONE DELLE OPERAZIONI DI ESTRAZIONE CHIMICA DEI TRANSURANICI NEGLI ECRETI</b>	37
S. Bortoluzzi, D. Arginelli, G. Canuto, M. Montalto, M. Nocente, S. Ridone	
<b>L'IMPIEGO DELLA MISURA IN SCINTILLAZIONE LIQUIDA PRESSO IL LABORATORIO DI RADIOTOSSICOLOGIA BAS ION IRP CASACCIA</b>	38
P. Battisti, S. Bazzarri, L. Andreocci, I. Giardina, L. Mancini, G. Morelli	
QUALIFICAZIONE	
<b>I DOSIMETRI PER ESTREMITÀ DEL SERVIZIO DI DOSIMETRIA PERSONALE: RISULTATI DI UN INTERCONFRONTO INTERNAZIONALE</b>	39
C. Pellegrini, F. Mariotti, B. Morelli, E. Fantuzzi	
<b>INTERCONFRONTO DI MISURE RADIOTOSSICOLOGICHE "PROCORAD® 2007": PARTECIPAZIONE DEI LABORATORI BAS ION IRP</b>	40
P. Battisti	
<b>SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE E VALUTAZIONI DI SICUREZZA RADIOLOGICA</b>	
<b>IL COORDINAMENTO DELLA SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE IN ENEA</b>	45
E. Fantuzzi	
<b>VALUTAZIONI DI SICUREZZA RADIOLOGICA: ROGETTO TECNOLOGIE PER LA SALUTE: RADIOPROTEZIONE IN PROTONTERAPIA NELL'AMBITO DEL PROGETTO "TECNOLOGIE PER LA SALUTE"</b>	46
S. SANDRI, G. OTTAVIANO	
<b>CENSIMENTO DELLE AREE CON RISCHIO RADIAZIONI IONIZZANTI PRESENTI NEL CENTRO RICERCA ENEA CASACCIA</b>	47
G. Iurlaro, A. Baiano, D. Baiano, G. Cicoli, R. Napoleone, A. Pelleccia, E. Rossi, E. Fantuzzi	



<b>D.LGS.52/07: CONTROLLO DELLE SORGENTI RADIOATTIVE SIGILLATE AD ALTA ATTIVITÀ E DELLE SORGENTI ORFANE IN ENEA</b>	
G. Iurlaro, M. Basta, E. Borra, C. M. Castellani, L. Florita, G. Liccione, E. Rossi, S. Sandri, E. Fantuzzi	50
<b>DIRETTIVA EUROPEA 2003/122/EURATOM E RECEPIMENTO NEL DECRETO LEGISLATIVO 06/02/2007 N° 52 - ANALISI E BREVI OSSERVAZIONI</b>	
G. Iurlaro, M. Basta, E. Borra, C. M. Castellani, L. Florita, G. Liccione, E. Rossi, S. Sandri, E. Fantuzzi	51
<b>LABORATORIO PER LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE DEL CENTRO RICERCHE ENEA DELLA CASACCIA</b>	
R. Stefanoni, G. Gianquitto, N. di Marco, E. Soldano, P. Battisti	53
<b>SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE AL CENTRO ENEA DI FRASCATI</b>	
S. Sandri, S. Merolli	54
<b>ULTERIORI SVILUPPI DELLA PROCEDURA WEB PER L'INFORMATIZZAZIONE DELL'ARCHIVIO DOSIMETRICO ENEA</b>	
S. Merolli, S. Polenta	56
<b>MISURE DI CONTAMINAZIONE INTERNA AL CENTRO RICERCHE DI SALUGGIA: ATTIVITÀ DI ROUTINE</b>	
G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M. Montalto, M. Nocente, S. Ridone	57
<b>CONTROLLI STRAORDINARI DI RADIOPROTEZIONE ALL'INTERNO DEL CENTRO RICERCHE ENEA DI SALUGGIA</b>	
S. Bortoluzzi, M. Montalto, M. Nocente, S. Ridone	58
<b>STUDIO E MONITORAGGIO RADIOLOGICO DELL'AMBIENTE CIRCOSTANTE IL CENTRO RICERCHE ENEA DI SALUGGIA PER LA TUTELA DELLA SALUTE DELLA POPOLAZIONE</b>	
S. Ridone, S. Bortoluzzi, M. Nocente, M. Montalto	59
<b>LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI TRISAIA</b>	
N. Silvestri, S. Zicari, E. Montemurro, R. Pentivolpe, G. Santarcangelo	60
<b>VALUTAZIONE DI DOSE AL GRUPPO CRITICO DELLA POPOLAZIONE DEL SITO DEL CENTRO RICERCHE ENEA DI TRISAIA</b>	
S. Zicari, N. Silvestri, G. Liccione	61
<b>ATTIVITÀ DI ESPERTO QUALIFICATO NEI CENTRI ENEA DI BOLOGNA E FAENZA</b>	
C.M. Castellani	63
<b>ATTIVITÀ DI ESPERTO QUALIFICATO DEL CENTRO ENEA DELLA CASACCIA</b>	
E. M. Borra	64
<b>ATTIVITÀ DI SERVIZIO</b>	
<b>ATTIVITÀ DI SERVIZIO</b>	
E. Fantuzzi	67
<b>IL SERVIZIO DI DOSIMETRIA ESTERNA DELL'ENEA-IRP DI BOLOGNA</b>	
B. Morelli, F. Mariotti, C. Pellegrini, G. Baldassarre, G. Falangi, G. Uleri	70
<b>SERVIZIO MISURE DELLA CONTAMINAZIONE INTERNA: ATTIVITÀ DI ROUTINE</b>	
P. Battisti	72
<b>SERVIZIO RADON: ATTIVITÀ DI ROUTINE</b>	
M. Calamosca, S. Penzo	74
<b>ATTIVITÀ DI FORMAZIONE PROFESSIONALE</b>	
<b>CORSO DI DOSIMETRIA INTERNA ORGANIZZATO DA ENEA IN COLLABORAZIONE CON AIRP</b>	
P. Battisti, C. M. Castellani, A. Luciani, G. Gualdrini	77
<b>TIROCINIO PER ASPIRANTI ESPERTI QUALIFICATI NEI CENTRI ENEA</b>	
C. M. Castellani, S. Sandri	78
<b>FORMAZIONE IN RADIOPROTEZIONE</b>	
S. Sandri	80
<b>APPENDICI</b>	
<b>ELENCO DEGLI AUTORI</b>	83
<b>PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI LAVORO E/O A COMITATI NAZIONALI E INTERNAZIONALI</b>	84
<b>RACCONTO D'APPENDICE:</b>	
<b>CESIO...UNA PICCOLA STORIA DI RADIOPROTEZIONE</b>	89



## L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE RISORSE

**Elena Fantuzzi**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione è presente in 5 centri ENEA (Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia) dove sono ubicati i laboratori di misura e sperimentazione.

### 2. Risorse umane

Le risorse umane dell'Istituto di Radioprotezione, a fine 2007, sono 57, di cui 7 a tempo determinato, distribuiti sui 5 Centri di Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia. A questi si aggiungono 6 assegni di ricerca e due ospiti (afferenti al consorzio RFX), che collaborano per attività specifiche. La presenza del personale è maggiormente concentrata nei centri di Bologna e Casaccia (rispettivamente 13 dipendenti+3 assegnisti e 24 dipendenti+1 assegnista), seguono le sedi di Frascati e Saluggia (rispettivamente 7 dipendenti+1assegnista+2 ospiti "RFX", 8 dipendenti+1 assegnista) e infine Trisaia con 5 dipendenti. La criticità delle risorse umane negli ultimi anni ha avuto come dolorosa conseguenza di vedere privilegiate le attività di sorveglianza fisica di RP e di servizio (interno ed esterno all'Ente) rispetto a quelle di ricerca, fondamentali per un ente di ricerca, che ridotte in termini di "impegni percentuali" hanno comunque consentito di ottenere buoni risultati scientifici e di mantenere le attività di radioprotezione adeguate allo stato dell'arte nazionale ed anche internazionale, come descritto nel presente documento.

### 3. Risorse strumentali

Le attività di ricerca si svolgono in laboratori ben attrezzati (alcuni all'avanguardia grazie anche ad un'azione di investimento sulla strumentazione in dotazione perseguita negli ultimi anni ed ancora in atto) in tutte le sedi tuttavia con diverse potenzialità, per dosimetria esterna, dosimetria interna (WBC, radiotossicologia), radiometria ambientale, laboratori di irraggiamento/centro di taratura strumentazione di radioprotezione, laboratorio NORM per misure di radioattività naturale e radon. Attraverso i suoi laboratori svolge le attività di servizi tecnici per utenti interni ed esterni.

A *Bologna*, nella sede di Montecuccolino, vi sono i laboratori per dosimetria personale esterna (con potenzialità di tecniche di misura a termoluminescenza, a stato solido, CR39, e ad attivazione), il laboratorio/servizio per la misura della concentrazione di radon gas accompagnato dal laboratorio NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) per misure di radionuclidi "figli del radon" e naturali in genere, un Whole Body Counter (WBC) per la misura diretta di contaminazione interna, il centro di metrologia per radiazioni ionizzanti (con le caratteristiche di un Centro Secondario di taratura SIT per fotoni, radiazione beta e neutroni) per la taratura di strumentazione di radioprotezione e dosimetria individuali. Inoltre è presente una potenzialità di calcolo e competenze di dosimetria numerica per tutte le applicazioni di dosimetria e radioprotezione.

Nei centri di *Casaccia*, *Saluggia* e *Trisaia* sono presenti i laboratori che svolgono attività di misura della radioattività ambientale e di dosimetria interna per utenti interni ed esterni all'ENEA, pur con diverse potenzialità e caratteristiche.

Nei laboratori dei centri di *Saluggia* e *Trisaia* è possibile effettuare misure di dosimetria interna tramite Whole Body Counter (WBC) e misure di radiotossicologia su escreti.

In *Casaccia*, dove l'utenza interna ed esterna è maggiore, le misure di sorveglianza ambientale e di dosimetria interna sono invece effettuate da personale dedicato in numerosi laboratori specifici:

- due WBC per alta e bassa energia,
- laboratori di radiotossicologia su campioni biologici
- laboratorio ICP-MS
- il laboratorio di sorveglianza ambientale che discende dal tradizionale "Servizio di Fisica Sanitaria" degli anni '60.

In *Casaccia* sono inoltre presenti i laboratori per le attività di ricerca in radiobiologia (tecniche COMET-Fish e microarrays).

Dal 2005 i laboratori di sorveglianza ambientale di IRP sono inseriti nella rete ALMERA (Analytical Laboratories for the Measurements of Environmental Radioactivity) della IAEA ed in questo ambito possono essere cooptati dalla IAEA stessa per la effettuazione di misure in caso di incidenti radiologici

transfrontalieri o di altra natura. Negli stessi laboratori l'IRP dispone di laboratori per la preparazione ed il trattamento chimico e fisico dei campioni, per le misure chimiche, radio-chimiche e/o fisiche sul contenuto di radioattività dei campioni ambientali e/o alimentari e per le misure radio-tossicologiche sui campioni biologici.

Nei laboratori di *Frascati* è invece possibile effettuare misure di radon in acqua, misure a termoluminescenza e di spettrometria gamma e di trizio, e sono inoltre disponibili dispositivi di calcolo e competenze specificatamente dedicate a valutazioni di sicurezza radiologica, prevalentemente per gli impianti ed acceleratori di ricerca per la fusione nucleare.

IRP partecipa regolarmente a tutte le iniziative di interconfronto e/o test di verifica organizzate da istituzioni nazionali e internazionali a cadenze regolari e non regolari. In particolare **ogni anno**, per la *sorveglianza ambientale*, partecipa ai test di interconfronti organizzati dalla IAEA per i laboratori della rete ALMERA, per la *dosimetria interna* partecipa ai test di interconfronto internazionale organizzati dalla PROCORAD (società francese per la qualificazione delle misure, <http://www.procorad.org>), per la *misura di concentrazione di radon gas* in aria all'interconfronto internazionale organizzato dall'agenzia inglese HPA (Health Physics Agency).



**Figura 1:** Immagini di laboratori di misura, modellazioni numeriche, sistemi e strumentazione di misura e dosimetri disponibili nei centri IRP.

#### 4. Conclusioni

IRP costituisce un centro di competenza e di risorse strumentali unico nel Paese per completezza e multi-disciplinarietà nel campo della radioprotezione: un vero e proprio presidio scientifico per il Paese, unico certamente per tematiche di dosimetria interna delle radiazioni ionizzanti. Non a caso, il personale dell'IRP costituisce la continuità storica delle attività di radioprotezione svolte da ENEA sin dagli anni '60-'70 del "nucleare" e le competenze raccolte in un unico istituto rispondono alle esigenze locali e nazionali su temi di dosimetria. Le potenzialità di IRP, infatti, rappresentano una opportunità da sfruttare per potenziare il ruolo istituzionale di ENEA nel campo della radioprotezione non solo relativamente al "nucleare" ma anche per attività legate alle attività sanitarie dove si registrano le maggiori dosi da radiazioni ionizzanti per la popolazione e per i lavoratori addetti.

# L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE ATTIVITÀ

**Elena Fantuzzi**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

## 1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione in ENEA ha la caratteristica di *trasversalità*, anche rispetto a obiettivi strategici esistenti o in divenire. Le attività dell'Istituto di Radioprotezione rispondono ad esigenze di radioprotezione in ENEA, in ottemperanza alla normativa vigente (D.Lgs. 230/95 s.m.i.). A queste attività "istituzionali" si affianca un costante impegno sul versante della ricerca e della qualificazione, fondamentali per poter mantenere servizi di radioprotezione e di dosimetria adeguati e idonei ad affrontare le attuali necessità e le nuove problematiche.

L'insieme di competenze, di risorse strumentali e di prestazioni tecniche rendono IRP una realtà di risorse nel campo della radioprotezione, certamente unica in Italia per completezza, multi-disciplinarietà e capacità di rispondere alle nuove esigenze.

Le attività di IRP sono in costante rapporto e confronto con la realtà europea e internazionale tramite la partecipazione dei suoi esperti e ricercatori a commissioni scientifiche (ICRP task group) ed a enti di normazione (ISO, IEC working group). Inoltre, IRP è Voting member di EURADOS (EUropean RADIation DOSimetry association), e ciò permette un elevato posizionamento strategico nelle attività di dosimetria e di radioprotezione svolte dai principali Istituti di ricerca europei.

Infine, IRP è rappresentante italiano e *national contact point* nella piattaforma europea EUTERP (EUropean Training and Education in Radiation Protection).

## 2. Attività

Le attività di IRP si articolano in 3 linee principali:

- a) ricerca e sviluppo e qualificazione
- b) sorveglianza fisica di radioprotezione e valutazioni di sicurezza radiologica
- c) misure di radioattività, dosimetria e taratura strumentazione per utenti interni ed esterni

### a) Attività di ricerca, sviluppo e qualificazione

L'attività di *ricerca e sviluppo* è dedicata allo sviluppo di tecniche dosimetriche, allo studio di metodologie di valutazione della dose, allo studio delle curve di rischio dose-effetto alle basse dosi, con analisi di biologia molecolare, alle valutazioni di sicurezza su impianti con presenza di rischi da radiazioni ionizzanti. Tutte le attività di ricerca si avvalgono della competenza di dosimetria numerica (che in IRP sono presenti tradizionalmente e costantemente aggiornate al livello internazionale) che, con l'ausilio delle tecniche Monte Carlo di trasporto delle radiazioni nella materia, permettono valutazioni dosimetriche spesso impossibili sperimentalmente. La partecipazione di ricercatori IRP a gruppi di lavoro nazionali e internazionali come UNI, IEC e ISO garantisce l'aggiornamento delle competenze su criteri e metodologie di qualificazione delle procedure applicate.

Di seguito sono elencati alcuni dei principali risultati ottenuti nel corso del 2007.

- componenti dell'impianto ITER per la fusione nucleare: metodologie per la valutazioni della sicurezza radiologica;
- dosimetria interna: studio e sviluppo di modelli biocinetici. con approcci empirici e teorici, nel caso di decorporazione per contaminazione interna da Plutonio; ottimizzazione di tecniche di misura in matrici biologiche per il  $^{210}\text{Po}$ , del  $^{226}\text{Ra}$ ;
- metrologia delle radiazioni di bassa energia e dosimetria esterna: caratterizzazione di nuovi impianti di irraggiamento per il Centro di Taratura e ottimizzazione di dosimetri per estremità;
- rivelazione e dosimetria della radioattività naturale: brevetto del dosimetro ENEA per la misura di concentrazione di radon in aria; studio per lo sviluppo di dosimetro per la rivelazione dei radionuclidi figli del radon (thoron);
- effetti delle radiazioni a basse dosi e verifica delle nuove raccomandazioni internazionali: nuovi studi sulla validità del modello lineare dose-effetto e conseguenze sulla pratica di radioprotezione;
- applicazioni di dosimetria numerica: impiego di simulazioni Monte Carlo per varie valutazioni dosimetriche e di radioprotezione; nell'ambito del progetto europeo CONRAD, a cui l'istituto partecipa attraverso EURADOS, studio delle metodologie e degli approcci necessari per una

valutazione delle incertezze caratterizzanti la modellazione dello scenario metrologico, dosimetrico o di radioprotezione simulato;

- applicazioni delle radiazioni ionizzanti in campo sanitario, in funzione dei futuri contributi al *Progetto ENEA: Tecnologie per la Salute*: valutazioni dosimetriche per operatori sanitari in scenari di radiologia interventistica; valutazioni dosimetriche per il paziente, nel caso di applicazioni di nuove terapie metaboliche per la medicina nucleare (impiego di  $^{153}\text{Sm}$ ); valutazioni radioprotezionistiche per impianti e facility per la radioterapia con protoni.

Per quanto riguarda la *qualificazione* dei laboratori IRP sono stati ottenuti ottimi risultati nell'interconfronto internazionale PROCORAD: per la spettrometria alfa, gamma, per misure di  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ , Uranio per i laboratori del CR Casaccia; per misure di gamma emettitori e misure di spettrometria alfa per i laboratori di Saluggia; per misure di  $^3\text{H}$  e  $^{90}\text{S}$  per i laboratori di Trisaia; per misure di  $^3\text{H}$  e  $^{14}\text{C}$  per i laboratori di Frascati. Ottimi risultati sono stati ottenuti anche nell'interconfronto CONRAD2007 per dosimetri per esposizione esterna delle estremità per applicazioni sanitarie, in particolare di medicina nucleare.

#### b) *Sorveglianza fisica di radioprotezione e valutazioni di sicurezza radiologica*

L'attività istituzionale di *sorveglianza fisica di radioprotezione*, che IRP svolge *ex lege* (D.Lgs 230/95 s.m.i.) per le esigenze di tutti e quattro i Dipartimenti dell'ENEA, riguarda 2 impianti nucleari e le pratiche di categoria A e B dei circa 50 laboratori che sono distribuiti nei 9 Centri di ricerca dell'ente.

Il programma di *sorveglianza fisica di radioprotezione* richiede specifiche azioni di monitoraggio ambientale ed individuale dei lavoratori esposti (in ENEA sono oltre 400) e la misura delle esposizioni alle radiazioni negli ambienti di lavoro. L'attività comprende anche il coordinamento degli esperti qualificati incaricati per le attività con rischio da radiazioni ionizzanti.

IRP, inoltre, fornisce assistenza alla Direzione dell'Ente per la formulazione di procedure di radioprotezione, documentazione tecnica, in ottemperanza ai protocolli di sicurezza nucleare vigenti (EURATOM), nonché per le istanze di autorizzazione a pratiche comportanti rischi da radiazioni ionizzanti.

Infine, prevalentemente con le competenze della sede di Frascati, IRP collabora con le unità del dipartimento FPN dedicate alla ricerca sulla fusione nucleare, e fornisce valutazioni di radioprotezione e sicurezza radiologica per gli impianti impiegati, oltre che la consulenza e la redazione dei documenti autorizzativi necessari per l'esercizio degli stessi. Tali valutazioni comprendono sia l'esposizione degli operatori sia l'impatto ambientale di tipo "radiologico" in caso di rilasci radioattivi.

Nel corso del 2007, è stato necessario provvedere agli adempimenti di legge del D.Lgs.52 "Attuazione della direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane" in vigore dal maggio 2007. In particolare, IRP ha coordinato tutte le azioni necessarie e predisposto le comunicazioni con cui l'ENEA, attraverso le Direzioni dei Dipartimenti ACS, BAS, FIM e FPN, ha ottemperato agli obblighi di legge entro la scadenza prevista (05/11/07). A tal riguardo, più specificatamente:

- in ottemperanza agli art. 3 e 24, sono state inviate 5 comunicazioni alle autorità vigilanti, ad integrazione delle autorizzazioni vigenti, per le 68 *sorgenti ad alta attività* detenute in ENEA;
- in applicazione all'art. 13 commi 1, 3, con 5 comunicazioni di pratiche per le sorgenti orfane (sorgenti utilizzate ma non comprese in atti autorizzativi) è stato regolarizzato l'impiego di 19 piccole sorgenti radioattive
- in applicazione all'art. 13 comma 4, è stata comunicata al Prefetto di Roma la detenzione di 2 sorgenti "orfane" di alta attività (Co-60 e Cs-137) di cui si sta programmando lo smaltimento attraverso Nucleo;

L'attività di sorveglianza fisica di radioprotezione "di routine" ha invece riguardato:

- la funzione di Esperto Qualificato per gli impianti nucleari TRIGA e TAPIRO
- la funzione di Esperto Qualificato per pratiche con rischi da radiazioni ionizzanti di categoria A e B nei circa 50 laboratori dei Dipartimenti ACS, BAS, FIM ed FPN;
- la dosimetria individuale esterna ed interna e l'attività di archivio dosimetrico per gli oltre 400 lavoratori esposti ENEA e/o ospiti a vario titolo (borsisti, tirocinanti, laureandi, dipendenti terzi);
- la sorveglianza di radioprotezione operativa: sopralluoghi e circa 2000 misure di radioprotezione operativa negli impianti/laboratori per misure di caratterizzazione radiologica degli ambienti di lavoro;
- il monitoraggio della radioattività ambientale (ex art 54 Dlgs.230/95) per il sito del C.R. Casaccia attraverso l'esecuzione di circa 2000 misure radiometriche;
- il monitoraggio della radioattività ambientale nei siti CR Saluggia e CR Trisaia a tutela del territorio e della

popolazione circostante, considerata la presenza degli impianti nucleari gestiti da SOGIN, attraverso l'esecuzione di circa 2000 misure radiometriche;

- il monitoraggio individuale e le analisi radiometriche su campioni d'impianto e campioni prelevati in ambienti di lavoro.

c) *Attività di misura di radioattività, dosimetria e taratura per utenti interni ed esterni*

La attività svolta nei laboratori di *misura della radioattività e di dosimetria* di IRP ha permesso di effettuare tutte le misure radiometriche e dosimetriche necessarie per l'attuazione della sorveglianza fisica di radioprotezione sopra elencate.

Inoltre, tali laboratori insieme al servizio di misura di concentrazione del radon ed al laboratorio per la taratura delle radiazioni ionizzanti, della sede di Bologna, hanno svolto attività di servizi tecnici per utenti esterni, su tariffario ENEA, per circa 300 utenti esterni (aziende ospedaliere, istituti di ricerca, PPAA, aziende private) fornendo complessivamente circa 100.000 valutazioni dosimetriche e/o radiometriche.

Le attività sopra riportate sono supportate da un costante impegno per lo sviluppo e l'ottimizzazione di tecniche dosimetriche aggiornate che, validate con studi sperimentali, modellazioni *ad hoc* ed interconfronti, una volta implementate divengono oggetto di fornitura di servizio, prima di tutto per le esigenze interne dell'ente, quindi anche per utenti terzi. Infatti, la necessità di svolgere funzioni tecniche di radioprotezione e di servizio dosimetrico per ENEA consente a IRP di mantenere viva una serie di competenze e di tecnologie proprie di questo ambito. Nel corso del 2007 sono state inserite nell'elenco delle prestazioni tecniche a tariffa (vedi sezione attività di servizio), nuove tipologie di misura.

Le attività di servizio comprendono aspetti prettamente tecnici e di gestione, ovvero, formulazione di offerte, gestione dei clienti, procedure amministrative per l'emissione delle fatture, etc., al quale contribuisce il Supporto Tecnico Gestionale (BAS ION-STG). L'attività IRP svolta per terzi nell'anno 2007 è riportata in tabella 1.

Inoltre, nell'ambito di una commessa del Ministero delle Finanze per interventi di monitoraggio del radon, sono state fornite valutazioni dosimetriche per i lavoratori ed indicazioni delle azioni di rimedio richieste dalla legge. Lo svolgimento di tale attività ha favorito studi approfonditi della problematica dell'esposizione alle radiazioni naturali negli ambienti di lavoro, anche attraverso la possibilità di numerose verifiche sperimentali presso i locali del cliente che presentano varie concentrazioni di radioattività naturale.

**Tabella 1:** Utenti e misure per anno per conto terzi del servizio di "radioprotezione e dosimetria" IRP

Servizio	Utenti	N. misure per anno per utenti esterni
Dosimetria esterna	230	80 000
Monitoraggio radon	40	2000
Dosimetria interna	10	1000
Misure radiometriche su campioni ambientali	10	100
Taratura strumentazione radioprotezione	20	50

### 3. Conclusioni

IRP costituisce un centro di competenza unico nel Paese per completezza e inter-disciplinarietà nel campo della radioprotezione: un vero e proprio presidio scientifico per il Paese, unico certamente per tematiche di dosimetria interna delle radiazioni ionizzanti.

Inoltre, il fatto che le attività e le competenze di radioprotezione siano accorpate in un unico Istituto consente un'immediata identificazione anche dall'esterno di interlocutori nel campo della radioprotezione (in particolare per gli organi istituzionali) e garantisce, al tempo stesso, l'ottimizzazione di tutte le risorse, umane e strumentali e l'omogeneità di gestione della sorveglianza fisica di radioprotezione su tutte le attività dell'Ente.

Le potenzialità di IRP rappresentano una opportunità da sfruttare per rafforzare il ruolo istituzionale di ENEA nel campo della radioprotezione, non solo relativamente all'impiego del "nucleare", ma anche per le attività legate alle pratiche sanitarie, dove percentualmente si registra il maggior contributo di dose da radiazioni ionizzanti per la popolazione e per i lavoratori addetti.

## ATTIVITÀ DI IRP IN AMBITO ALL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI RADIOPROTEZIONE

**Sandro Sandri, Antonella Morgia**  
ENEA BAS ION-Istituto di Radioprotezione, CR Frascati

### 1. L'Associazione di Radioprotezione e l'ENEA

L'AIRP, Associazione Italiana di Radioprotezione, persegue scopi scientifici e culturali e promuove studi e azioni che favoriscano la valorizzazione della professione degli specialisti nel campo della protezione contro le radiazioni ionizzanti e non ionizzanti. ENEA contribuisce da sempre alla vita di questa associazione sia favorendo la partecipazione dei suoi dipendenti alle iniziative proposte da AIRP sia contribuendo direttamente con patrocini e con il pagamento delle quote associative dei dipendenti direttamente impegnati nella radioprotezione e nei settori simili. Attraverso l'azione dell'associazione si realizzano momenti di confronto tra specialisti del settore, eventi divulgativi e corsi di formazione.

### 2. Eventi principali

Negli ultimi due anni il contributo IRP in seno all'associazione ha favorito la realizzazione di utili eventi congressuali come i seguenti:

- “Chernobyl, vent'anni dopo”, giornata di studio AIRP-AIRM, tenutasi a Roma il 3 luglio 2006
- XXXIII Congresso Nazionale di Radioprotezione, tenuto a Torino dal 20 al 23 settembre 2006
- “La figura dell'esperto nella sorveglianza fisica dei campi elettromagnetici nei luoghi di lavoro”, giornata di studio tenutasi a Frascati il 14 novembre 2006,
- “Gli aspetti sociali nella radioprotezione”, giornata di studio tenutasi a Milano il 26 novembre 2006,
- “La gestione dei rifiuti radioattivi”, giornata di studio tenutasi a Roma il 18 dicembre 2007,
- Convegno Nazionale di Radioprotezione, centrato su sicurezza e qualità in radioprotezione svoltosi a Vasto (CH) dal 1 al 3 ottobre 2007,
- “Scorie di casa nostra. La gestione dei rifiuti radioattivi in Italia”, giornata di studio tenutasi a Roma il 3 dicembre 2007,

### 3. Il corso sulla contaminazione interna

IRP ha dato poi un indispensabile contributo all'attività dell'AIRP organizzando la seconda edizione del corso dedicato alle problematiche di contaminazione interna, probabilmente un unicum, per tematiche affrontate e qualità, in Italia (si veda a tal proposito il contributo di pagina 77 del presente libretto).

Il corso, organizzato da IRP in collaborazione con la Scuola Superiore di Radioprotezione “Carlo Polvani” dell'AIRP, si è tenuto presso il Centro ENEA della Casaccia, Roma, dal 5 al 9 novembre 2007.

Il successo riscontrato nella precedente edizione, 2004, ha infatti spinto gli organizzatori a ripetere l'evento, aggiornandolo allo stato attuale dell'arte. Era infatti in atto la modifica delle metodologie di valutazione di dose interna che comprendono proposte di nuovi modelli quali quello del tratto alimentare (Pubblicazione ICRP 100) o del modello della ferita contaminata (NCRP). Inoltre era prevista la pubblicazione della nuova linea guida da parte del Gruppo INDOS del Comitato 2 della ICRP per l'aggiornamento delle metodologie di valutazione di dose interna.

Lo scopo del corso è stato quello di fornire strumenti aggiornati e metodologie per la valutazione di dose interna, nonché una panoramica sulle metodologie adottabili per le misure dei campioni biologici e del corpo intero. Sono state effettuate esercitazioni pratiche utilizzando i Laboratori dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA nel centro della Casaccia. I relatori del corso erano tutti appartenenti all'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA. Nella prima giornata, è stato organizzato un seminario aperto a tutti gli interessati e gratuito, in cui il Dr. Bernard Le Guen del Laboratorio Centrale Analisi Mediche e Radiotossicologiche di Electricité de France, uno dei massimi esperti europei sul tema, ha proposto le metodologie di decorporazione da attuare in situazioni incidentali.

### 4. Conclusioni

IRP ha ulteriormente rafforzato la sua partecipazione e collaborazione in AIRP. Da circa quattro anni, infatti, ricercatori dell'istituto partecipano direttamente alla vita dell'associazione facendo parte del suo consiglio direttivo e promuovendo iniziative di interesse per l'ENEA; attualmente S.Sandri e G. Gualdrini sono membri del consiglio direttivo.



**COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI,  
PARTECIPAZIONE A INTERCONFRONTI  
E A PROGETTI EUROPEI**



## COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI E PARTECIPAZIONE A PROGETTI EUROPEI

**Elena Fantuzzi**

ENEA – BAS-ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

Le attività dell'Istituto sono inserite nel contesto della ricerca internazionale, in particolare europea. Questa integrazione è garantita dalla partecipazione a gruppi di lavoro e organismi internazionali (ISO, IEC, IAEA, EURADOS) e commissioni di riferimento nel campo della radioprotezione (ICRP, ICRU) degli esperti IRP (vedi appendice). Inoltre, l'Istituto è Membro Votante di EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) e partner di progetti europei.

Nel 2007, due dei progetti europei finanziati nel VI FP sono giunti a conclusione, i.e. *ENETRAP* e *CONRAD*, mentre nell'ambito del VII FP IRP ha contribuito alla promozione e negoziazione del progetto *ORAMED* (Optimization of Radiation protection of MEDical staff) che ha ottenuto il finanziamento dal DG RD (Research and Development) e che svolgerà le proprie attività dal 2008 al 2010, e contribuirà, tramite EURADOS, al progetto europeo *EU-Trimer* (EUropean Technical Recommendations on Individual MONitoring for Exeternal Radiation) finanziato dal DG TREN (Energy and Transport).

Inoltre IRP, in collaborazione con il Dipartimento FPN, contribuisce a task specifici di attività di ricerca per la fusione nucleare finanziati dall'EURATOM.

### **a) ENETRAP (<http://www.sckcen.be/enetrp>) - Contratto N. (FI6O) 516529**

Il progetto ha avuto lo scopo di migliorare, armonizzare e finalizzare ad adeguato livello di competenze la formazione in radioprotezione nei Paesi membri. Infatti, l'ampia varietà di approcci nazionali nell'educazione e formazione (E&T: Education and Training) degli Esperti Qualificati in radioprotezione (figura definita dalla Direttiva Europea) ha determinato per ora la impossibilità di un mutuo riconoscimento in ambito europeo delle qualifiche e competenze degli addetti alla radioprotezione. Il progetto ENETRAP aveva l'obiettivo di armonizzare i processi di E&T al fine di rendere possibile un reciproco riconoscimento degli Esperti Qualificati in ambito europeo, favorendo quindi anche la libera circolazione degli stessi nell'ambito del comune mercato del lavoro.

Il progetto, terminato nell'aprile del 2007, ha avuto la durata di 2 anni e la partecipazione di Istituti europei di ricerca o di formazione: ENEA, SCK•CEN (B), INSTN (F), FZK-FTU (D), BfS (D), NRG (NL), CIEMAT (ES), HPA (UK), UCL (B), UJF (F), NHC (Scozia).

Una delle principali ricadute del progetto è stata la costituzione di una piattaforma europea per la formazione in radioprotezione, EUTERP, che è stata avviata nel 2007. I principali risultati del progetto ENETRAP ed una descrizione riassuntiva delle attività di EUTERP sono riportati nelle pagine seguenti rispettivamente in contributi specifici.

### **b) CONRAD (<http://www.eurados.org>) - Contratto N. (FP6) 12684**

La "Coordination Action" (A Coordinated Network for Radiation Dosimetry) è un progetto finanziato dalla Unione Europea all'interno del VI Framework Programme diretto da EURADOS, l'Università Tecnologica di Delft (Paesi Bassi) e l'Università di St. Gallen (Svizzera). Il progetto *CONRAD*, il cui termine è il 31/03/08, si è articolato in 4 Workpackages scientifici:

- Internal Dosimetry - 3 membri ENEA-IRP: P. Battisti, C. M. Castellani, A. Luciani;
- Computational Dosimetry, di cui ENEA-IRP: G. Gualdrini (WP leader);
- Medical Staff Dosimetry;
- Dosimetry in Complex radiation field – membro ENEA-IRP: S. Sandri.

L'Istituto di Radioprotezione ha diretto il WP4, Computational Dosimetry, che promuovendo un interconfronto internazionale su 8 problemi standard (con riscontro sperimentale) ha analizzato le incertezze legate alla modellazione Monte Carlo in campo dosimetrico ed ha distribuito un questionario attraverso cui è stata redatta una sintesi a livello europeo delle metodologie adottate sia sperimentali sia di calcolo per l'analisi delle incertezze dei risultati. I risultati sono stati presentati al Workshop finale tenutosi a Bologna in ottobre 2007, di cui si fornisce nelle pagine seguenti una descrizione più dettagliata.

Nell'ambito degli altri WP, la presenza IRP è stata focalizzata nel subtask 1 del WP: Internal Dosimetry, relativo alle incertezze associate con le valutazioni di dose da intake da radionuclidi e aggiornamento delle linee guida del progetto IDEAS e nel subtask 2 dello stesso WP, relativo allo sviluppo e verifica di modelli biocinetici. Specifici contributi dettagliati sono riportati nelle pagine seguenti.

Il Scientific Symposium organizzato da EURADOS nel gennaio 2008 a Parigi con l'organizzazione locale dell'IRSN, è interamente dedicato ai risultati conseguiti con il progetto CONRAD, ed un numero speciale di Radiation Protection Dosimetry in via di pubblicazione conterrà la sintesi dei principali risultati ed ovviamente i riferimenti bibliografici a pubblicazioni scientifiche più dettagliate su Radiation Protection Dosimetry, analoghe riviste internazionali e/o rapporti tecnici pubblicati dagli Istituti partecipanti.

**c) EU-Trimer (<http://euradosnews.org>) - Contratto N. TREN/07/NUCL/S07.70121**

Nell'ambito del VII FP, EURADOS contribuisce al progetto europeo EU-Trimer (EUropean Technical Recommendations on Individual Monitoring for External Radiation) che ha avuto inizio aprile 2007, della durata di 24 mesi, e finanziato dal DG-TREN della CE attraverso un *consortium agreement* con il diretto contraente del progetto che è l'istituto greco GAEC (Greek Atomic Energy Commission). Il progetto ha lo scopo di redigere e sottoporre per la pubblicazione alla CE, le nuove *European Technical Recommendations for Individual Monitoring for External Radiation*. La redazione del documento è delegata ad un task group di 7 esperti europei scelti dal Council nell'ambito WG2 di EURADOS: *Harmonization in individual monitoring in Europe*, attivo dal 1997. Elena Fantuzzi è uno dei 7 esperti ed il suo contributo è regolato da apposito accordo fra EURADOS e ENEA. Nelle pagine seguenti uno specifico contributo sul progetto. L'importanza del progetto EU-Trimer risiede nell'approccio di condivisione durante la stesura delle raccomandazioni da parte del maggior numero di esperti nel campo attraverso la rete di contatti di EURADOS e soprattutto delle autorità nazionali che hanno il compito della vigilanza in tema di radioprotezione in ciascun paese membro. L'emissione di raccomandazioni emesse dalla CE e la successiva adozione delle stesse nella pratica in ciascun paese membro potrà garantire un elevato grado di armonizzazione della dosimetria individuale dei lavoratori esposti nella UE. Il documento, infatti, conterrà le indicazioni tecniche aggiornate per la esecuzione del monitoraggio individuale di radioprotezione per esposizione esterna tenuto conto di tutte le Direttive Europee e delle raccomandazioni e documenti di standardizzazione internazionale in materia (e.g. ICRP, ICRU, IAEA, ISO, IEC, etc.)

**d) ORAMED (<http://www.oramed-fp7.eu>) - Contratto N. (FP7) 211361**

Il progetto ORAMED (Optimization of RADIation protection of MEDical staff), consistente in un "Collaborative Project" del VII FP finanziato dal DG R&D, coinvolge 10 istituti di ricerca, dipartimenti ed ospedali universitari europei e due ditte produttrici di dosimetri individuali europei. E' coordinato dall'istituto belga SCK-CEN ha la durata di 36 mesi a partire dal mese di febbraio 2008. Lo scopo del progetto è quello di valutare le procedure e le pratiche radioprotezionistiche al fine della ottimizzazione della dosimetria individuale per il personale sanitario coinvolto prevalentemente nel campo della radiologia interventistica e della medicina nucleare che con l'impiego di radiazioni ionizzanti costituiscono i casi di maggiori esposizioni e valori di dose individuali significativi. Il progetto si suddivide in 5 work-packages e l'ENEA contribuirà a 4 di essi con le competenze di dosimetria numerica e simulazione Monte Carlo nonché di dosimetria individuale e di calibrazione della strumentazione di radioprotezione. In particolare ENEA è leader del WP relativo allo sviluppo ed alla progettazione di un dosimetro per il monitoraggio del cristallino. Una descrizione più dettagliata dell'articolazione del progetto è fornita da un contributo specifico delle pagine seguenti.

**e) contributi a task di ricerca finanziati da EURATOM**

Nel 2007, il gruppo di BAS ION IRP di Frascati, con il coordinamento di S. Sandri, ha contribuito insieme ai colleghi dell'Unità FPN-FUSTEC ed al Consorzio RFX, nell'ambito del progetto EURATOM TW4-THHN-IITF2 con attività prevalentemente rivolte ad analisi di impatto ambientale e alle valutazioni di rischio radiologico necessarie ai fini dell'iter autorizzativo per la realizzazione ed all'esercizio degli impianti con rischio radiologico: valutazione dosi individuali per ciascuna attività lavorativa, valutazioni di dose per la popolazione nelle varie condizioni di rilascio. Si veda contributo specifico nelle pagine seguenti.

**Conclusioni**

Le attività di IRP sono in stretta connessione alle attività di ricerca internazionali. Nel 2007, due progetti sono terminati ed altrettanti sono invece iniziati o ufficialmente o in fase di negoziazione poi approvata.

Le attività di ricerca svolte costituiscono un insostituibile mezzo di aggiornamento della ricerca svolta nel campo della dosimetria, di collaborazione con analoghi istituti di ricerca europei utili a mantenere l'attività di radioprotezione in ENEA in linea con lo stato dell'arte internazionale.

## IL RUOLO DI IRP IN EURADOS

Elena Fantuzzi

ENEA – BAS-ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione è Membro Votante (Voting Member) di EURADOS (EUropean RAdiation DOSimetry Group). In quest'ambito si svolgono azioni di ricerca e studi comuni attraverso gruppi di lavoro e "concerted actions" o azioni di promozione dell'armonizzazione della radioprotezione fra tutti gli stati membri della UE.

### 2. ENEA-IRP come Membro Votante di EURADOS

EURADOS (<http://www.eurados.org>, <http://euradnews.org>,) è un'organizzazione sorta nel 1981 per iniziativa di un gruppo di ricercatori coinvolti in contratti ed azioni promosse e finanziate dalla CE nel campo della dosimetria della radiazioni ionizzanti. Sin dall'inizio l'organizzazione ha promosso, e promuove tuttora, il coordinamento di programmi di ricerca, convegni, workshop, corsi di formazione specialistici e di interconfronti sulle metodiche di misura che costituiscono un riferimento di altissima qualità nel campo della ricerca europea in dosimetria delle radiazioni ionizzanti.

L'associazione conta attualmente 54 "Voting Members" (laboratori o istituti di ricerca, dipartimenti universitari, ecc.) dell'Unione Europea e costituisce di fatto un network di istituti di ricerca nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti. EURADOS, infatti, coordina numerose attività di ricerca, sviluppo a cui partecipano decine di laboratori di riferimento in tutta Europa. A partire dal 2008 la sede legale è in Germania, presso il PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), di Braunschweig in Germania.

Per il raggiungimento dei suoi scopi EURADOS si basa sull'attività coordinata di diversi gruppi di lavoro (Working Group, WG), impegnati su una notevole varietà di temi di dosimetria (campi complessi di radiazione, dosimetria computazionale, dosimetria individuale, dosimetria in ambito medico ecc.) e nell'armonizzazione delle tecniche di monitoraggio individuale per la radioprotezione. È finanziato da progetti EU, quote di partecipazione a workshop, meeting annual, etc. e sponsor annuali (volontari) da parte dei Voting Member. EURADOS agisce sulla base delle decisioni dell'*Assemblea Generale* dei *Voting Members* ed è coordinato nelle sue attività da un *Consiglio* costituito da 12 membri eletti dai Voting Members. L'*Annual Meeting*, *AM*, e la *General Assembly*, *GA*, hanno luogo generalmente nel mese di gennaio di ogni anno, presso uno degli Istituti membri (Voting members). A partire dal 2006, in occasione dell'*AM* e della *GA*, hanno luogo anche un *Scientific Symposium* e una sessione di formazione, *Winter School*, su tematiche relative alla dosimetria. Gli atti del *Scientific Symposium* sono pubblicati su *Radiation Protection Dosimetry* in un numero speciale, mentre quelli della *Winter School* generalmente resi disponibili direttamente sul sito di EURADOS e/o raccolti in un rapporto tecnico dell'Istituto ospitante.

#### **La partecipazione di IRP in EURADOS**

L'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA (ENEA-IRP) ricopre il ruolo di *Voting Members* fin dagli anni '80. Il responsabile dell'Istituto, Elena Fantuzzi, è dal 2004 membro del Consiglio (*Council*) e dal gennaio 2007 è *Vice-Chairman*. Inoltre, alcuni ricercatori dell'Istituto sono membri dei seguenti working group che EURADOS finanzia direttamente o attraverso la partecipazione a progetti europei:

- *Internal Dosimetry* - 3 membri IRP: P. Battisti, C. M. Castellani, A. Luciani;
- *Computational Dosimetry*, di cui IRP detiene la Presidenza con G. Gualdrini;
- *Dosimetry in Complex radiation fields* – membro IRP S. Sandri;
- *Harmonization in Individual Monitoring in EU* - membro IRP: E. Fantuzzi.

In EURADOS sono attivi altri 2 gruppi di lavoro, in cui al momento non ci sono membri di IRP: *Environmental dosimetry* e *Aircrew Dosimetro*.

### 3. Conclusioni

La partecipazione alle attività di EURADOS permette ad IRP di essere costantemente in contatto con istituti di ricerca europei, ed in particolare con le unità e/o dipartimenti "analoghi" che si occupano della protezione dalle radiazioni ionizzanti. Ciò favorisce la formazione di gruppi di potenziali partner per progetti europei con obiettivi specifici in dosimetria delle radiazioni.

## INTERNATIONAL WORKSHOP: “UNCERTAINTY ASSESSMENT IN COMPUTATIONAL DOSIMETRY: A COMPARISON OF APPROACHES”-BOLOGNA 8-10 OTTOBRE 2007

**Gianfranco Gualdrini** (workshop chairman) ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

Si è svolto a Bologna un importante Workshop Scientifico Internazionale organizzato dall'ENEA-Istituto di Radioprotezione in collaborazione con Università di Bologna (DIENCA) e con il gruppo Europeo di Dosimetria delle Radiazioni (EURADOS). La manifestazione ha visto la partecipazione di oltre ottanta scienziati europei ed extraeuropei (Giappone, Stati Uniti, Canada e Brasile) che, per tre giorni, hanno dibattuto sul ruolo fondamentale dei modelli sviluppati al computer nella soluzione di complessi problemi di valutazione della dose al corpo umano a seguito del suo irraggiamento in campi di radiazioni ionizzanti.

I modelli di simulazione (generalmente basati su approcci di tipo statistico: “Monte Carlo”), grazie alla sempre maggior potenza disponibile dei calcolatori, sono ora in grado di risolvere problemi di enorme complessità, la cui soluzione era un tempo non immaginabile per le limitate potenzialità delle macchine. Allo scopo di garantire la qualità dei risultati ottenuti un'analisi approfondita delle incertezze in gioco e, in particolare, dell'accuratezza ottenibile con le simulazioni è sempre necessaria. Tali incertezze vanno valutate di volta in volta con appropriate metodiche.

A tale aspetto era principalmente dedicato il workshop :la valutazione della incertezza nelle stime e nei calcoli di dose con metodi numerici. A complemento di ciò, importanti contributi sono stati forniti dai relatori intervenuti sullo stato dell'arte della simulazione computazionale dei meccanismi di interazione delle radiazioni a livello cellulare e sub-cellulare (DNA), sulle possibili applicazioni di microdosimetria e sui metodi numerici e sperimentali per valutazioni microdosimetriche, sulle stime di dose in campi complessi quali le applicazioni in campo medico (radiologia interventistica) e quelle ad alta energia (laboratori del CERN e del GSI). Il Workshop ha costituito l'evento conclusivo di un progetto triennale CONRAD (A Coordinated Action in Radiation Dosimetry) finanziato dalla Comunità Europea e coordinato da EURADOS (<http://www.eurados.org>) che ha visto, per il WP4 (Work Package 4 - Computational Dosimetry, il coinvolgimento diretto di circa 40 laboratori ed ha affrontato problemi legati alla progettazione di rivelatori di radiazione, a sistemi di misura particolarmente delicati per la valutazione della contaminazione interna dell'uomo a seguito di inalazione o ingestione di sostanze radioattive, alla radioprotezione dei pazienti e dei lavoratori durante la radioterapia e la radiodiagnostica e ad altre tematiche specialistiche strettamente legate al campo della fisica delle radiazioni ed al ruolo di sempre più accurate simulazioni degli esperimenti al computer. Il Comitato promotore, ha prospettato la possibilità di indire nuove iniziative negli anni futuri per un sempre maggior coinvolgimento e reciproco scambio scientifico fra i laboratori europei operanti nel campo e a promuovere la ricaduta dei risultati nella comunità scientifica nazionale.



**Figura 1:** I partecipanti al workshop -chostro del complesso di San Giovanni in Monte (Bologna).

## CONRAD WORK PACKAGE 5.1 E 5.2: TERZO ANNO

Carlo Maria Castellani, Andrea Luciani

ENEA – BAS ION - Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Nel corso del 2007 sono proseguite le attività del progetto CONRAD (COordinated Network for RAdiation Dosimetry), finanziato nel 6° Programma Quadro EURATOM [1]. Le attività di dosimetria interna a cui partecipa IRP sono svolte all'interno Work Package (WP) WP5: "Internal Dosimetry" nei sub-task 5.1 "Assessment of Internal Doses (Uncertainty Study and update of IDEAS, Internal Contamination Database, Guidelines)" e 5.2 "Research Studies on Biokinetic Models".

### 2. Stato di avanzamento

*Task 5.1:* Nel 2007 sono continuate le attività connesse alla valutazione dei fattori di dispersione (Scattering Factor) necessari per la valutazione di dose interna mediante effettuazione di ulteriori fitting sui casi di studio reali presenti nell'IDEAS Internal Contamination Database. I risultati sono stati integrati con quelli presentati nel Workshop "Internal Dosimetry of Radionuclides", Montpellier, France, 2-5 October 2006 [2]. A seguito della presentazione del modello NCRP per la ferita, si è effettuata la valutazione di dose per numerosi casi di contaminazione di  $^{239}\text{Pu}$ , scelti tra quelli presenti nell'IDEAS, per i quali non era stata effettuata la terapia di chelazione. Le funzioni di ritenzione utilizzate erano state calcolate mediante l'implementazione del modello delle ferite con il modello della fase sistemica, confrontate con le risultanze degli analoghi calcoli effettuati da N. Ishigure [3] e ottenendo risultati del tutto sovrapponibili. Ciò aveva il fine di enucleare una procedura da introdurre nelle linee guida IDEAS nel caso di contaminazione da ferita. Sulla pagina web di ENEA Bologna è disponibile, in pre-print, tutta la documentazione presentata dal gruppo per il Workshop "Internal Dosimetry of Radionuclides Occupational, Public and Medical exposure", Montpellier, France, 2-5 October 2006.

*Task 5.2:* Nel corso del 2007 le attività di IRP si sono principalmente focalizzate sullo studio della biocinetica di un composto chelante (DTPA) capace di aumentare la decorporazione del plutonio. Il suo utilizzo è attualmente previsto in caso di significative contaminazioni interne da plutonio e, sebbene le sue capacità terapeutiche (aumento dell'eliminazione del plutonio per via urinaria) siano ben note, scarsa è ancora la conoscenza della biocinetica di tale composto in interazione con quella del plutonio. Il progetto si pone quindi come obiettivo lo sviluppo di un modello biocinetico per il DTPA (e per il complesso Pu-DTPA) che supporti la più efficace somministrazione di tale composto (tempi, frequenze, quantità) nei casi di importanti contaminazioni interne [4]. È stata inoltre avviata anche una ricerca sugli effetti che una distribuzione del plutonio nei suoi principali organi di deposizione (fegato e scheletro), diversa dalla partizione attualmente proposta dall'ICRP (fegato:scheletro = 3:5), può avere sui principali valori di bioassay utilizzati nel monitoraggio individuale della contaminazione interna (tipicamente l'escrezione urinaria).

### 3. Conclusioni

Le attività del progetto CONRAD relative alla dosimetria interna hanno permesso di aggiornare ed affinare particolari aspetti nella valutazione di dose e di fornire contributi significativi allo sviluppo o alla applicazione di modelli biocinetici anche in connessione con le più autorevoli organizzazioni internazionali del settore. Il progetto si concluderà nel Febbraio 2008 con la redazione dei rapporti finali per ognuno dei sub-task indicati.

- [1] Lopez M.A. et al. Coordination of research on internal dosimetry in Europe: The CONRAD project. Radiation Protection Dosimetry (in press). [rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/ncm350v1](http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/ncm350v1)
- [2] J.W Marsh et al. Evaluation of scattering factor values for internal dose assessment following the IDEAS Guidelines: Preliminary results Radiation Protection Dosimetry (in press) [rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/ncm353v1](http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/ncm353v1)
- [3] N. Ishigure Prediction of monitoring data for  $^{239}\text{Pu}$  accidentally injected via wound site based on the proposed NCRP wound model Radiation Protection Dosimetry (in press). [rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/ncm259v1](http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/ncm259v1)
- [4] Luciani A. Studi preliminari per lo sviluppo di un modello biocinetico per terapie di decorporazione in caso di contaminazione interna da plutonio. In "Istituto di Radioprotezione – Anno 2007", RTI ENEA (presente rapporto)

## CONRAD WP6: CAMPI MISTI E COMPLESSI DI RADIAZIONI NEI LUOGHI DI LAVORO

**Sandro Sandri**

ENEA – BAS - ION- Istituto di Radioprotezione, CR Frascati

### 1. Premessa

Il gruppo di lavoro impegnato nell'attività CONRAD WP6 [1] ha proseguito nell'impegno iniziato nel 2006 con il coordinamento di fatto di Marco Silari del CERN di Ginevra (chairman ufficiale David Bartlett del NRPB inglese). IONIRP ha proseguito la sua partecipazione all'attività del gruppo con un corresponding member e altri colleghi che hanno soprattutto fornito supporto nella fase operativa di lettura dei dispositivi di misura.

La principale iniziativa condotta nel 2007 ha riguardato il completamento delle letture e la preparazione e pubblicazione del terzo volume relativamente all'esito dell'interconfronto delle misure effettuate in campi misti intorno ad un impianto europeo con acceleratori (impianto GSI, Dresda, Germania).

### 2. Il contributo di IRP

In seguito alla partecipazione IRP all'interconfronto di misure avvenuto presso l'acceleratore GSI a Dresda in Germania è stato fornito un contributo alla preparazione del rapporto definitivo. IRP ha contribuito con un buon numero di strumenti passivi per la misura di dose da x, gamma e neutroni. Per la dosimetria neutronica sono stati impiegati in questo caso dosimetri moderati in cilindro di polietilene e dosimetri a tracce normalmente usati nella routine della radioprotezione e gestiti completamente da IRP. I risultati elaborati a Montecuccolino e a Frascati relativamente ai diversi sistemi passivi di misura sono stati commentati e comunicati al coordinatore CONRAD WP6. La lettura ha avuto luogo seguendo i protocolli usati presso i laboratori IRP durante le misure di routine. I risultati comunicati si sono confrontati bene con quelli ottenuti negli stessi punti e condizioni di misura da altri laboratori partecipanti e il riscontro è stato tale da ottenere quasi sempre la coincidenza dei risultati a meno delle incertezze di misura.

### 3. Conclusioni

Durante il lavoro condotto dal CONRAD WP6, negli ultimi due anni, sono stati pubblicati tre volumi dei quali il primo edito nel 2006 e gli altri due nel 2007. Il contributo IRP è documentato nel primo [2] e nel terzo volume [3] mentre il secondo volume è stato dedicato alla spettrometria neutronica, ambito per il quale IRP non ha fornito un contributo. Nell'insieme la pubblicazione rappresenta un documento che oltre a fornire utili strumenti per la selezione dei sistemi di misura costituisce un valido riferimento per chi effettua misure in campi misti gamma-n. L'attività del gruppo continuerà presumibilmente anche nei prossimi anni rivolgendosi a tematiche quali quelle dei campi variabili e impulsati dove IRP può ad esempio vantare l'esperienza sviluppata nella radioprotezione, con le relative misure, intorno a macchine impulsive per fusione nucleare nel Centro di Frascati.

[1] sito web WWW.EURADOS.ORG

[2] AAVV "Complex workplace radiation fields at European high-energy accelerators and thermonuclear fusion facilities" Yellow Book CERN 2006-07, 24 July 2006

[3] AAVV "Intercomparison of radiation protection devices in a high-energy stray neutron field. Part III: Instrument response" In via di pubblicazione



## PROGETTO EUROPEO ENETRAP: CONCLUSIONE

**Andrea Luciani**

ENEA – BAS - ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Con il 2007 si è concluso il progetto ENETRAP (European Network on Education and Training in Radiation Protection) finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del 6 Programma Quadro (Contratto n° FI60-516529) [1,2]. L'Istituto di Radioprotezione ha contribuito principalmente nell'ambito del Workpackage 2 "Valutazione delle necessità e capacità di 'education & training' nell'Unione Europea" e del Workpackage 7 "Lancio di una sessione pilota di un corso europeo in radioprotezione" [2].

### 2. Risultati e Conclusioni

Nel quadro delle tematiche che hanno coinvolto direttamente l'Istituto, il progetto ha rivelato come, in genere in tutta Europa, vi siano delle strutture di formazione e training in radioprotezione spesso sufficienti a preparare gli addetti (esperti qualificati o esperti di radioprotezione, secondo una terminologia più generale) in numero e con un livello di competenze adatto alle necessità dei singoli paesi. Se questo è particolarmente vero per i maggiori paesi dell'Unione Europea, i paesi di recente adesione hanno invece evidenziato delle difficoltà nella formazione degli esperti di radioprotezione necessari allo svolgimento delle attività con utilizzo di radiazioni ionizzanti. L'analisi delle risposte ad un questionario distribuito in tutta Europa e a cui hanno risposto 28 paesi europei (25 paesi della Unione Europea più Bulgaria, Croazia e Svizzera) ha evidenziato come le maggiori difficoltà possano essere riscontrate in ambito medico, dove la prevedibile implementazione di tecniche diagnostiche e terapeutiche di sempre maggiore complessità e diffusione (pet, stereotassi, ecc.) fanno prevedere una crescente richiesta di esperti di radioprotezione. Sebbene l'indicazione della necessità di esperti di radioprotezione possa essere un giudizio di tipo essenzialmente qualitativo, strettamente dipendente dall'esperienza e dall'ambito di provenienza professionale del compilatore del questionario, l'Istituto ha condotto anche un'analisi statistica per comprovare e sostenere tale giudizio sulla base di dati più strettamente quantitativi (numero e complessità delle attività con utilizzo di radiazioni ionizzanti, numero di lavoratori professionalmente esposti).

I principali prodotti del progetto sono stati:

- la proposta di uno schema di competenze e capacità (*ENETRAP Training Scheme: ETS*) che devono essere proprie di un esperto di radioprotezione (esperto qualificato), comuni per tutti i paesi dell'Unione Europea. E' stato individuato un sistema modulare organizzato in competenze di base (fondamenti, esposizione professionale) e in competenze specifiche (Impianti nucleari e reattori di ricerca, Decommissioning e gestione rifiuti, Applicazioni mediche, NORM) per permettere un'efficiente fruizione in base alle competenze già presenti e alle necessità specifiche degli esperti di radioprotezione; alcuni moduli di insegnamento sono stati già avviati in fase sperimentale.
- l'avvio un master europeo in radioprotezione (*European Master in Radiation Protection: EMRP*) attualmente erogato presso le Università Joseph Fourier University (Francia), North Highland College (Gran Bretagna), Czech Technical University (Repubblica Ceca)

### 3. Disseminazione Informazioni

I risultati del progetto sono disponibili presso il sito: <http://www.sckcen.be/enetrp>. Un'ampia e dettagliata descrizione è stata fornita in occasione del Workshop "First EUTERP Platform Workshop: Qualifications and Requirements for Recognition of Radiation Protection Experts, Radiation Protection Officers and Radiation Workers" (Vilnius, Lithuania 22 – 24 May 2007) [3].

- [1] A. Luciani, *Progetto Europeo ENETRAP: European Network on Education and Training in Radiation Protection*. In "Istituto di Radioprotezione – Anno 2005", Rapporto Tecnico Interno ENEA, RTI ION-IRP (2006) 1.
- [2] A. Luciani, *Progetto Europeo ENETRAP: Secondo anno di attività*. In "Istituto di Radioprotezione – Anno 2006", Rapporto Tecnico Interno ENEA, RTI BAS-ION-IRP (2007) 5.
- [3] EUTERP Platform: EUropean Platform on Training and Education in Radiation Protection. <http://www.euterp.eu/workshops-archive/first-workshop-22-24-may-2007> (ultima verifica: 13/12/2007).

## PROGETTO EUROPEO ORAMED

**Gianfranco Gualdrini, Elena Fantuzzi, Paolo Ferrari, Francesca Mariotti, Fabio Monteventi**  
ENEA – BAS - ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Nel 2007 si sono costituite le basi per la formulazione di un Progetto di ricerca nell'ambito del VII FP denominato ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff-Grant Agreement 211361) che vedrà il suo inizio il 1° Febbraio 2008. Nella preparazione del progetto, che ha comportato una serie di riunioni preliminari fra cui una alla sede ENEA di Bruxelles, è stata messa a punto la strategia dell'intero progetto, che necessitava di una omogeneità nei suoi scopi tecnico-scientifici e un reale coordinamento fra i numerosi partner coinvolti. Va sottolineato che il progetto si fonda sulla integrazione completa di competenze computazionali e sperimentali e sulla capacità di stabilire stabili relazioni di collaborazione con gli utenti finali, nello specifico le Aziende Ospedaliere dei vari paesi. Come si vede dalla tabella riportata nel paragrafo seguente e' molto vasto lo spettro dei paesi coinvolti e perciò l'azione europea riveste un carattere di vero progetto integrato di complessa gestione.

### 2. Linee guida del Progetto ORAMED

Il progetto ORAMED [1] coordinato da SCK-CEN (Be) (Coordinatore F. Vanhavere), integra le attività di ricerca dei seguenti Istituti:

1	Belgian Nuclear Research Centre	SCK•CEN	Belgium
2	Greek Atomic Energy Commission	GAEC	Greece
3	ENEA Radiation Protection Institute	ENEA	Italy
4	Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety	IRSN	France
5	University Hospital Center Vaudois	CHUV	Switzerland
6	Institute of Energy Technology - Universitat Politècnica de Catalunya	UPC	Spain
7	Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB) at the Commissariat à l'Energie atomique (CEA/LIST)	CEA	France
8	Slovak Medical University	SMU	Slovakia
9	Nofer Institute of Occupational Medicine	NIOM	Poland
10	Federal Office for Radiation Protection	BfS	Germany
11	RADCARD	RADCARD	Poland
12	MGP Instruments	MGPI	France

Per poter garantire una ottimale gestione del progetto, esso è stato suddiviso in sei work-package tematici, la maggior parte di carattere tecnico-scientifico e l'ultimo dedicato alla disseminazione delle ricadute operative dell'attività di ricerca:

**WP0:** Coordinamento del progetto (SCK-CEN-F. Vanhavere)

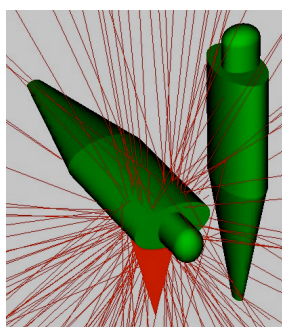
**WP1:** Dosimetria delle estremità e del cristallino in radiologia interventistica e cardiologia interventistica.(GAEC-E: Karinou)

**WP2:** Sviluppi operativi della dosimetria del cristallino in radiologia interventistica (ENEA-G. Gualdrini)

**WP3:** Ottimizzazione dell'uso di dosimetri personali attivi in radiologia interventistica (IRSN-I. Clairland)

**WP4:** Dosimetria delle estremità in medicina nucleare (CHUV-M Sans Merce)

**WP5:** Training e disseminazione della informazione (UPC Barcellona M. Ginjaume)



**Fig.1:** Un'immagine della simulazione per il WP1 e (a destra) il logo del progetto ORAMED

In particolare **WP2**, coordinato da ENEA Istituto di Radioprotezione Bologna, ha lo scopo di analizzare una questione tuttora controversa nel campo delle quantità radioprotezionistiche sia dal punto di vista della loro definizione sia dal punto di vista della misura.

La misura della dose equivalente al cristallino è infatti scarsamente presente nella pratica radioprotezionistica in ambito ospedaliero e viene nella maggior parte dei casi ricavata dalla composizione delle letture dosimetriche della dose pelle e della dose al corpo intero. Tuttavia, la presenza nelle raccomandazioni internazionali della grandezza Hp(3) alla profondità di 3 mm (rappresentativi appunto della collocazione del cristallino), pone la necessità di uno studio approfondito delle situazioni in cui si rende necessaria una misura diretta della quantità con un apposito dosimetro che l'operatore dovrebbe indossare.

Lo studio, già da qualche tempo iniziato presso ENEA-IRP consiste in diverse parti fra loro legate:

Uno studio della quantità teorica Hp(3) e la produzione dei corrispondenti coefficienti di conversione mediante l'uso di un appropriato fantoccio teorico rappresentativo della testa. Fino ad ora infatti tali coefficienti venivano definiti in pubblicazioni non recepite dall'ICRP sul fantoccio rappresentativo del tronco umano (con conseguenti sovrastime significative).

Introduzione di un modello teorico (cilindrico) rappresentativo della testa.

Introduzione di un fantoccio plastico (cilindrico) corrispondente a quello teorico per condurre le calibrazioni dei dosimetri in termini di Hp(3)

Lo sviluppo di un sistema dosimetrico da inserire nella routine radioprotezionistica.

Data la varietà dei temi trattati ENEA-IRP, come detto coordinatore del **WP2**, partecipa con un cospicuo numero di ricercatori: G. Gualdrini (coordinamento e modellistica Monte Carlo), Elena Fantuzzi (dosimetria individuale), Fabio Monteventi (dosimetria e metrologia) Paolo Ferrari (modellistica Monte Carlo), Francesca Mariotti (dosimetria e metrologia).

L'azione vedrà l'azione coordinata di laboratori e società private (ad es. RADCARD Polonia) ed una interazione con i membri dei gruppi di lavoro ICRP che trattano abitualmente come "Istituzione di Riferimento" queste tematiche e decidono sul recepimento di metodiche o standard nelle direttive internazionali.

### **3. Conclusioni**

Il progetto complessivo, di durata triennale, per la varietà dei temi trattati, risulta particolarmente promettente per individuare procedure di buona pratica per una accurata determinazione delle dosi alle estremità degli operatori coinvolti in radiologia interventistica. L'accoppiamento di nuove metodiche di misura e di sofisticate tecniche di simulazione numerica si ritiene potranno consentire una accurata valutazione dosimetria in un campo in cui le esposizioni radiologiche in gioco per gli operatori risultano rilevanti.

[1] [www.oramed-fp7.eu](http://www.oramed-fp7.eu)

## EURADOS WG2: HARMONIZATION IN INDIVIDUAL MONITORING IN EUROPE

**Elena Fantuzzi**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Negli ultimi 10 anni EURADOS ha istituito e coordinato un gruppo di lavoro dedicato alla armonizzazione della dosimetria individuale in Europa. Il gruppo di lavoro, di seguito chiamato WG2 come riportato nei vari documenti e pubblicazioni EURADOS, ha lavorato perseguendo obiettivi specifici in tre diversi periodi corrispondenti a tre diverse forme di finanziamento. Il gruppo è attivo dal 1997 grazie a finanziamenti della CE nel V e VI Programma Quadro ed al supporto diretto di EURADOS. E' costituito da esperti europei in dosimetria individuale e sin dall'inizio ha avuto un rappresentante membro per ogni paese della EU o almeno un *corresponding member o contact point* per acquisire le informazioni in ciascun paese, anche di quelli che via via sono entrati nella Unione Europea o sono membri candidati a farne parte. La composizione del WG2 è variata nel corso degli anni. Elena Fantuzzi ha partecipato al WG sin dall'inizio.

**Tabella 1: composizione del WG2 negli anni 1997-2007**

WG2 1997-2000 Harmonisation and Dosimetric Quality Assurance in Individual Monitoring for External Radiation action group (EC DG XII- F14P-CT96-0061)	WG2 2001-2004 Harmonisation of Individual Monitoring in Europe (EC DG XII- FIR-CT2000-20104)	WG2 2005-2006 Harmonisation on Individual Monitoring in Europe EURADOS direct support	WG2 2007-2009 EU-Trimer project task group And Organization Group for Intercomparison exercise
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As requested by EC =&gt; 1 member from each EU Member State + CH</li> <li>2. P. Ambrosi (PTB, D)</li> <li>3. C. Back (Ministère de la Santé, L)</li> <li>4. D. T. Bartlett (NRPB, UK - chairman)</li> <li>5. J. M. Bordy (IRSN, F)</li> <li>6. P. Christensen (RISOE, DK)</li> <li>7. T. Colgan (RPIL, IRL)</li> <li>A. F. de Carvalho (ITN, P)</li> <li>8. Delgado (CIEMAT, E)</li> <li>9. J.W.E. van Dijk (NRG, NL)</li> <li>10. <u>E. Fantuzzi (ENEA, I)</u></li> <li>11. H. Hyvonen (STUK, FIN)</li> <li>12. L. Lindborg (SSI, S)</li> <li>13. H. Stadtmann (ARCS, A)</li> <li>14. F. Vanhavere (SCK-CEN, B)</li> <li>15. Wernli (PSI, CH)</li> <li>16. M. Zamani-Valasiadou (AUT- Nucl. Phys. Lab., EL)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Andy Weeks (Secr.) (BNFL, UK)</li> <li>2. Peter Ambrosi (PTB, D)</li> <li>3. Konstantin Bogucarskis (Latvian RSC, LV)</li> <li>4. TeresaBolognese-Milsztajn (IPSN, F)</li> <li>5. Carlo Maria Castellani (ENEA-I)</li> <li>6. Rodolfo Cruz Suares (IAEA, UN)</li> <li>7. Lorraine Currivan (RPIL, IRL)</li> <li>8. Janwillem van Dijk (<b>Chairman</b>) (NRG-RE, NL)</li> <li>9. Rolf Falk (SSI, S)</li> <li>10. <u>Elena Fantuzzi (ENEA, I)</u></li> <li>11. Marcus Figel (GSF, D)</li> <li>12. Joao Garcia Alves (ITN-DRPSN, P)</li> <li>13. Merce Ginjaume (INTE-UPC, E)</li> <li>14. Helena Janzekovic (SNSA, SL)</li> <li>15. Vassiliki Kamenopoulou (GAEC, EL)</li> <li>16. Maria Antonia Lopez (CIEMAT, E)</li> <li>17. M. Luszik-Bhadra (PTB, D)</li> <li>18. Pawel Olko (Inst. Nuc. Physics, PL)</li> <li>19. Hannes Stadtmann (ARCS, A)</li> <li>20. Filip Vanhavere (SCK-CEN, B)</li> <li>21. Christian Wernli (PSI, CH)</li> <li>22. Wolfgang Whal (GSF, D)</li> </ol>	<p><b>WG2 Full member</b></p> <p><b>Subgroup 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PeterAmbrosi (PTB, D)</li> <li>2. David Bartlett (HPA, UK)</li> <li>3. Lorraine Currivan, secr. (RPIL, IRL)</li> <li>4. Janwillem van Dijk (NRG-RE, NL)</li> <li>5. <u>Elena Fantuzzi (ENEA, I)</u></li> <li>6. Joao Garcia Alves (ITN-DRPSN, P)</li> <li>7. VassilikiKamenopoulou, <b>coord</b>(GAEC,EL)</li> <li>8. Eija Vartiainen (STUK, FIN)</li> </ol> <p><b>Subgroup 2</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vekic Branco (IRB, KR)</li> <li>2. Eric Cale (ISN, F)</li> <li>3. <u>Elena Fantuzzi (ENEA, I)</u></li> <li>4. Markus Figel, coord (GSF, D)</li> <li>5. Tom Grimbergen (NRG, NL)</li> <li>6. D. Kluszczynski (NIOM, PL)</li> <li>7. Andrew McWhan (BNFL, UK)</li> <li>8. Henrik Roed, (NIRH, DK)</li> <li>9. Ana Romero (CIEMAT, E)</li> <li>10. Hannes Stadtmann (ARCS, A)</li> </ol> <p>+ 29 corresponding member (national contact person, authority, contact metrology)</p>	<p><b>WG2 – EU-Trimer task group</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. VassilikiKamenopoulou, <b>coord</b>(GAE C,EL)</li> <li>2. Lorraine Currivan, secretary (RPIL, IRL)</li> <li>3. Peter Ambrosi (PTB, D)</li> <li>4. David Bartlett (HPA, UK)</li> <li>5. Janwillem van Dijk (NRG-RE, NL)</li> <li>6. <u>Elena Fantuzzi (ENEA, I)</u></li> <li>7. Joao Garcia Alves (ITN-DRPSN, P)</li> </ol> <p><b>WG2 – Organization Group for Intercomparison exercise</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Markus Figel (GSF, D)</li> <li>2. Vekic Branco (KR)</li> <li>3. Tom Grimbergen (NRG, NL)</li> <li>4. Andrew McWhan (BNFL, UK)</li> <li>5. Ana Romero (CIEMAT, E)</li> <li>6. Hannes Stadtmann (ARCS, A)</li> </ol> <p>+ oltre 40 corresponding member (national contact person, authority, contact metrology)</p>

### 2. Il lavoro svolto dal WG2

Negli anni 1997-2000, il WG2, presieduto da David Bartlett (NRPB oggi HPA-UK), fu finanziato dalla Commissione Europea, Directorate Research and Development (EC DG R&D) con una specifica *coordinated action* (F14P CT96-0061) con lo specifico obiettivo di valutare lo stato di implementazione della Direttiva Europea 96/29 per ciò che riguarda il monitoraggio individuale del personale professionalmente esposto alle radiazioni in termini della nuova grandezza  $H_p(d)$ , Equivalente di dose personale, tenendo conto anche del documento “Technical Recommendations EUR14852” pubblicato dalla CE nel 1994 sull'argomento. Al termine del 2000, il Working Group 2 ha terminato i lavori con la pubblicazione di un volume dedicato della rivista Radiation Protection Dosimetry (1) ed anche con l'organizzazione di un workshop per la disseminazione dei risultati tenutosi a Helsinki nel settembre del 2000, i cui atti sono pubblicati anch'essi in un numero speciale di Radiation Protection Dosimetry (2). Negli anni 2001-2004, il WG2, presieduto da Janwillem van Dijk (NRG-NL), è stato finanziato dalla Commissione Europea, Directorate Research and Development (EC DG R&D) con una specifica *coordinated action* (FIR-CT2000-20104) con lo scopo di valutare la implementazione degli standard di riferimento nella pratica della dosimetria individuale, estendere il lavoro svolto in precedenza ai nuovi Paesi Membri,

estendere l'azione di armonizzazione anche alla dosimetria individuale per esposizione interna ed infine valutare lo stato dell'arte dei dosimetri attivi, prevalentemente elettronici, nella pratica radioprotezionistica. Al termine del 2004, il Working Group 2: *Harmonization in Individual Monitoring in Europe* ha terminato i lavori con la pubblicazione di un volume dedicato della rivista *Radiation Protection Dosimetry* (3). Tale pubblicazione raccoglie: un aggiornamento sullo stato di implementazione degli standard e delle raccomandazioni internazionali nei vari paesi europei; un aggiornamento del catalogo dei sistemi dosimetrici in uso; informazioni riguardo la dosimetria individuale nei paesi europei; lo stato dell'arte dei dosimetri attivi e di nuovi prototipi in studio; suggerimenti e statistiche sui protocolli di qualità messi in atto per garantire l'affidabilità della misura di dose.

Negli anni 2005-2006, considerate le potenzialità del WG, il Council di Eurados ha deciso di finanziare direttamente il lavoro del WG su seguenti task specifici preparatori a future attività:

- Analisi e preparazione di una review delle datate *Technical Recommendation for External Dosimetry of Exposed Workers*, pubblicate dalla Commissione Europea nel 1994 per le quali si prevedeva una call specifica da parte della DG TREN della CE;
- studio di fattibilità per l'organizzazione di un inter-confronto europeo "auto-sostenibile", in ambito EURADOS aperto tutti i servizi dosimetrici europei.

Nel 2007, grazie al lavoro svolto nel 2006, il WG2:

- ha ottenuto il finanziamento da parte della EC DG TREN nel 2007 del progetto EU-Trimer (European Union Technical Recommendation in Individual Monitoring for External Radiation), coordinato GAEC (GR) e di cui è EURADOS come partner attraverso un "consortium agreement". EURADOS funge da "network" sfruttando i numerosi ed efficaci contatti nazionali costruiti dal gruppo di lavoro nel corso degli ultimi 10 anni. Il progetto EU-Trimer sta svolgendo il lavoro ed è prevista la consegna della proposta delle nuove raccomandazioni alla CE per la pubblicazione nella primavera del 2009 (vedi contributo seguente).
- ha preparato la organizzazione di un interconfronto su scala europea, che si prevede a cadenza periodica, autosostenuto dalla quota di partecipazione dei partecipanti. EURADOS fungerà da organizzazione "super-partis" ed i risultati dell'interconfronto saranno utili a tutti i servizi dosimetrici per dimostrare la propria affidabilità. E' dal 1999 che non ha luogo un interconfronto europeo. Anche quest'ultimo era stato organizzato da EURADOS. Le informazioni sono disponibili sul sito <http://www.eurados.org>.

### 3. Conclusioni

Il lavoro svolto negli ultimi 10 anni dal WG2 di EURADOS sulla dosimetria individuale in Europa con lo scopo prima di armonizzazione ed anche di verifica della qualità dello stato dell'arte della dosimetria di routine è di notevole entità e valore per la radioprotezione dei lavoratori in Europa. Le pubblicazioni prodotte dal WG2 possono essere considerate documenti di riferimento sullo stato dell'arte. Le recenti iniziative in corso, in particolare la organizzazione di un "interconfronto europeo" nel corso del 2008, va nella direzione di un possibile confronto della prestazione dei sistemi dosimetrici in uso e del mutuo riconoscimento dei servizi dosimetrici sulla base della accertata qualità dei dati dosimetrici forniti. La partecipazione dell'Istituto di Radioprotezione al WG, sin dall'inizio e per tutta la durata dei lavori negli ultimi 10 anni, ha permesso di mantenere le procedure di dosimetria individuale in uso in ENEA sempre all'avanguardia e al passo con lo standard degli altri paesi europei e conseguentemente mantenere il ruolo di riferimento dell'ENEA in Italia sul tema della dosimetria individuale iniziato sin dagli anni '60, in particolare nei laboratori di ricerca di dosimetria della sede di Bologna.

- [1] "Harmonisation and Dosimetric Quality Assurance in Individual Monitoring for External Radiation" Editors: D.T. Bartlett, P. Ambrosi, J.M. Bordy, J.W.E. van Dijk, *Special issue - Radiat. Prot. Dosim.*, Vol. 89 N. 1-2, 2000.
- [2] "Individual Monitoring of External Radiation" Editors: D.T. Bartlett, J. Boehm, H. Hyvonen, *Special Issue - Radiat. Prot. Dosim.*, Vol. 96 N. 1-3, 2001.
- [3] "Harmonisation of Individual Monitoring in Europe", Editors: J.W.E. van Dijk, T. Bolognese-Milsztajn, E. Fantuzzi, M.A. Lopez Ponte, H. Stadtmann, *Special Issue - Radiat Prot Dosim.*, Vol. 114, N.1, 2004
- [4] EUR 14852- Technical report 73: *Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation*, Christensen, P., Julius, H.W., Marshall, T.O., European Commission, Luxembourg (1994).
- [5] "Individual Monitoring", Editors: R. Cruz-Suarez, J.W.E. van Dijk, F. d'Errico, E. Fantuzzi, M.A. Lopez Ponte, C. Schmitzer, H. Stadtmann, *Special Issue - Radiat Prot Dosim.*, Vol. 125, N.1-4, 2007.

# IL PROGETTO EU-TRIMER

Elena Fantuzzi

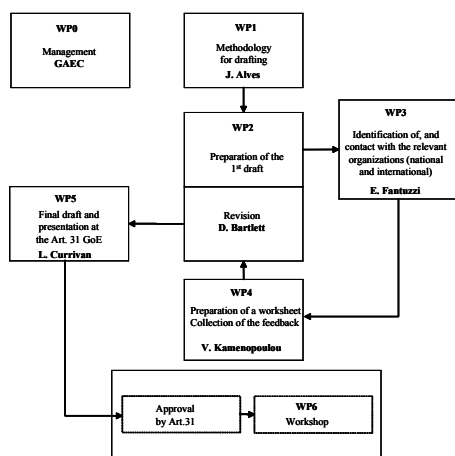
ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

## 1. Premessa

Nel 2007, il gruppo WG2 (Harmonization of Individual Monitoring in Europe) di EURADOS, presieduto da Vassiliki Kamenopoulou (GAEC,EL) ha ottenuto il finanziamento del progetto EU-Trimer (EU Technical Recommendation for Individual Monitoring of External Radiation) da parte della CE, direttorato TREN (Energy&Transport). Iniziato nell'aprile del 2007, di durata 24 mesi e coordinato dal GAEC, EU-Trimer ha come unico partner di "consortium agreement" EURADOS che funge da "network" attraverso i contatti nazionali costruiti dal gruppo WG2 nel corso degli oltre 10 anni di attività.

## 2. L'obiettivo e il piano di lavoro del progetto

Lo scopo principale del progetto è quello di fornire alla CE una bozza delle nuove raccomandazioni tecniche europee per la dosimetria individuale per lavoratori per esposizione esterna alle radiazioni ionizzanti. Le attuali raccomandazioni [1] risalgono al 1994 e non sono aggiornate né rispetto alle evoluzioni tecniche intercorse in questi anni, né rispetto alle Direttive Europee in materia, ed in particolare alla Direttiva 96/29[2]. Le nuove raccomandazioni terranno conto delle novità introdotte dalle recenti raccomandazioni internazionali pubblicate dall'ICRP (International Commission for Radiological Protection) nella pubblicazione ICRP103 [3].



Il lavoro sarà coordinato e svolto prevalentemente da un task group di 7 esperti scelti dal Council di EURADOS fra gli esperti di dosimetria individuali, in particolare, del WG2, che hanno il compito della stesura effettiva del testo delle nuove raccomandazioni, secondo le specifiche competenza:

1. João Garcia-Alves – *Nuclear and Technological Institute (P)*
2. Peter Ambrosi – *Physikalisch Technische Bundesanstalt (D)*
3. David T. Bartlett – *Health Protection Agency (UK)*
4. Lorraine Currvan-Irish *Radiological Protection Institute( IRL)*
5. Janwillem van Dijk- *Nuclear Research Group (NL)*
6. Elena Fantuzzi – ENEA(I)
7. Vasiliki Kamenopoulou GAEC(EL)

Il progetto si sviluppa in 6 work packages (WP) incaricati di stendere una prima bozza. La bozza sarà inviata alle persone di riferimento e alle autorità nazionali competenti per il tema. Il documento definitivo, stilato in base ai feedback pervenuti dai destinatari della prima bozza, sarà presentato al "Group of Expert" costituito da due esperti nazionali per ciascun paese membro, ex art.31 del trattato EURATOM, presso la Commissione Europea, per l'approvazione definitiva (2009).

## 3. Conclusioni

L'importanza della partecipazione al progetto risiede non tanto nel ritorno economico effettivamente limitato, ma piuttosto nel prestigio che ENEA contribuisca alla stesura delle raccomandazioni tecniche europee che, una volta approvate dagli esperti nazionali di tutti i paesi della Unione Europea dell'art.31 del Trattato EURATOM, saranno diffuse a tutte le autorità nazionali competenti in termini di radioprotezione raccomandandone la implementazione nella pratica di radioprotezione in tutti i Paesi membri.

- [1] EUR 14852- Technical report 73: *Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation*, Christensen, P., Julius, H.W., Marshall, T.O., European Commission, Luxembourg (1994).
- [2] European Commission: *Council Directive 96/29 EURATOM of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against dangers arising from ionizing radiation*. Official Journal No L 159, p 1-114 (29/06/1996).
- [3] International Commission for Radiological Protection. *Annals of ICRP: Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Elsevier (2007)

# EUTERP PLATFORM: ARMONIZZAZIONE E RICONOSCIMENTO DEGLI ESPERTI DI RADIOPROTEZIONE IN AMBITO EUROPEO

Andrea Luciani

ENEA – BAS - ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

## 1. Premessa

La Commissione Europea ha finanziato nel 2006 un progetto finalizzato alla armonizzazione dei sistemi e delle metodologie di formazione e training degli esperti di radioprotezione (EUTERP Platform) [1]. Esso ha come principale metodologia di lavoro il coinvolgimento dei vari *stakeholders* nazionali che sono coinvolti come regolatori, educatori o fruitori delle attività degli esperti di radioprotezione (RPE) (esperti qualificati nella legislazione italiana). L'Istituto di Radioprotezione, in seguito sia alla propria azione di formazione e training in radioprotezione, anche specificatamente finalizzata agli esperti qualificati [2], che all'esperienza acquisita nel progetto ENETRAP [3], partecipa attraverso un proprio ricercatore che agisce come National Contact Point per le attività di contatto, raccolta e disseminazione delle informazioni in ambito italiano.

## 2. Descrizione e confronto dei profili esperti di radioprotezione

Nel corso di un workshop del progetto EUTERP, tenutosi nel maggio 2007, sono stati affrontati i vari problemi che si frappongono all'armonizzazione della figura del RPE nei vari paesi europei [4]. A tal fine sono stati organizzati 4 gruppi di studio. Il National Contact Point italiano ha coordinato i lavori del gruppo 2: "Methodology for harmonization of requirements for registration".

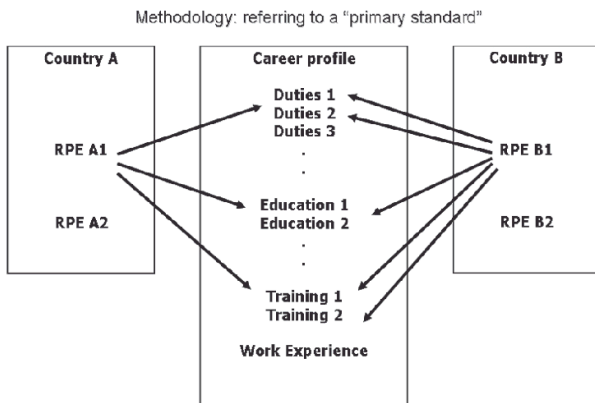


Figura 1: Descrizione del profilo del RPE [4].

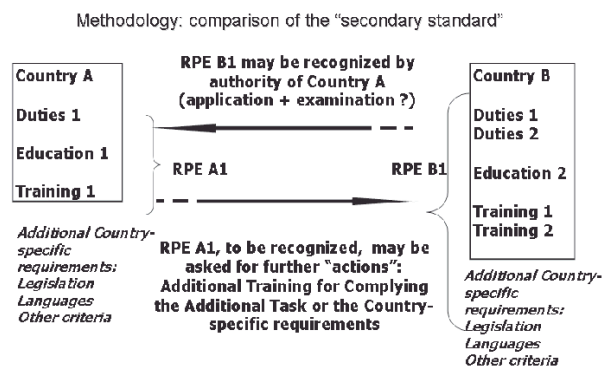


Figura 2: Confronto dei profili di RPE [4].

## 3. Risultati e Conclusioni

La metodologia proposta mutua la filosofia utilizzata per la creazione e disseminazione degli standard primari e secondari delle grandezze fisiche. E' stato proposto che ogni paese descriva la figura del RPE nel proprio ordinamento sulla base una comune lista di attribuzioni, educazione, training, esperienza di lavoro (Figura 1). Quindi il confronto delle definizioni di RPE fornite dai vari paesi può essere agevolmente attuato mettendo in luce quegli aspetti del profilo che un RPE deve curare e sviluppare affinché possa essere riconosciuto in un paese diverso da quello di provenienza (Figura 2).

- [1] EUTERP Platform: EUropean Platform on Training and Education in Radiation Protection. <http://www.euterp.eu>
- [2] Basta M., Castellani C.-M., Sandro S. Tirocinio per aspiranti esperti qualificati nei centri ENEA. In "Istituto di Radioprotezione – Anno 2006", Rapporto Tecnico Interno ENEA, RTI BAS-ION-IRP (2007) 5.
- [3] A. Luciani, Progetto Europeo ENETRAP: Secondo anno di attività. In "Istituto di Radioprotezione – Anno 2006", Rapporto Tecnico Interno ENEA, RTI BAS-ION-IRP (2007) 5.
- [4] EUTERP Newsletter N° 3 July 2007. <http://www.euterp.eu/uploads/media/EUTERP-Newsletter-2007-no3.pdf> (ultima verifica: 13/12/2007).

# STANDARD ISO NEL CAMPO DELLA DOSIMETRIA INTERNA: ISO/CD 27048 E ISO/CD 28218

Andrea Luciani

ENEA – BAS - ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

## 1. Premessa

Nel corso del 2007, nell'ambito del gruppo di lavoro 13 dell'ISO (ISO/TC85/SC2 WG 13 "Performance requirements for internal dose evaluation of bioassay results"), è stata completata la redazione delle bozze di norma ISO: CD Draft 27048 "Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure" e CD Draft 28218 "Performance criteria for radiobioassay". Le due bozze di norma hanno attualmente passato la fase di votazione (ottobre 2007) con 10 paesi favorevoli, 0 contrari, 4 astenuti e 7 non votanti. L'Istituto di Radioprotezione partecipa ai lavori del WG13 dell'ISO mediante la presenza di un suo ricercatore nominato dall'UNI e ha fornito supporto all'UNI stesso analizzando ed inviando i suggerimenti e le correzioni utili in questa fase di approvazione delle norme.

## 2. Principali aspetti delle bozze di norma ISO/CD 27048 E ISO/CD 28218

La ISO/CD 27048 è dedicata alla valutazione della dose interna sulla base delle misure ottenute da un piano di monitoraggio individuale [1]. La norma standardizza la valutazione di dose per semplici scenari (inalazione e ingestione) e per i parametri di esposizione di default (diametro medio aerodinamico delle particelle, valori di assorbimento nel tratto respiratorio e gastro-intestinale).

L'approccio è derivato dalle linee guida per la contaminazione interna (progetto IDEAS [2]), ma introduce dei criteri per la stima dell'incertezza nella valutazione della dose, al fine di assicurare che le dosi calcolate siano ragionevolmente al di sotto dei pertinenti limiti. Come esempio, nella Figura 1, i valori misurati al di sotto della curva 1 (punto A) assicurano che pur nella variabilità delle condizioni e dei parametri di esposizione (fascia inclusa nelle curve 1 e 2) il generico limite di dose D sia comunque rispettato.

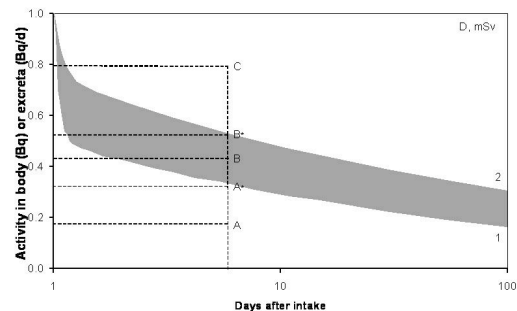


Figura 1: Attività escreta o in corpo per una dose D

La ISO/CD 28218 fornisce i criteri per la verifica delle prestazioni dei laboratori e dei servizi atti a misurare la contaminazione interna (misure dirette o *in vivo* e misure indirette o *in vitro*). Essa contiene i concetti di "minimum testing level", MTL (valore minimo di riferimento a cui possono essere testati i laboratori da parte delle autorità nazionali competenti) e di "relative bias" (stima della deviazione della misura di attività nel campione o fantoccio fornita dal laboratorio rispetto al valor vero), utili ai fini dell'accreditamento dei laboratori. Introduce il concetto di "detection limit" (basato sulla statistica bayesiana) che sostituirà la "minimum detectable activity" (MDA), basato sulla statistica normale. L'approccio basato sulla statistica bayesiana permette di considerare non solo le incertezze di tipo A (valutabili sulla base di una serie di osservazioni) ma anche di tipo B (non valutabili semplicemente dalle osservazioni) [3]. La norma rappresenterà quindi la prima applicazione di questi concetti nel campo della dosimetria interna.

## 3. Conclusioni

Le norme in corso di elaborazione sulla valutazione di dose (ISO/CD 27048) e sulle prestazioni dei laboratori di misura della contaminazione interna (ISO/CD 28218) costituiranno, insieme alla norma già pubblicata sui programmi di monitoraggio della contaminazione interna (ISO 20553: 2006) [1], un fondamentale riferimento per la standardizzazione delle procedure di radioprotezione dalla contaminazione interna.

- [1] International Organization for Standardization. ISO 20553 Radiation protection – Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material. ISO, Ginevra, 2007.
- [2] Project IDEAS. General guidelines for the estimation of committed dose from incorporation monitoring. Contract N° FIKR-CT2001-00160, <http://www.bologna.enea.it/attivita/ideas.html>.
- [3] International Organization for Standardization. ISO/IEC Guide 98: Guide to the expression of uncertainty in measurement. ISO, Ginevra, 1995.



## FINANZIAMENTO EURATOM PER VALUTAZIONI DI RADIOPROTEZIONE SU COMPONENTI DI ITER

**Sandro Sandri, Antonio Daniele\*, Marco D'Arienzo\***  
ENEA – BAS ION - Istituto di Radioprotezione CR-Frascati  
\*Consorzio RFX, Padova

### 1. Premessa

Il lavoro condotto anche negli anni precedenti in relazione al NBTF (Neutral Beam Test Facility), che rappresenterebbe il primo test del Neutral Beam Injector da installare su ITER, è stato nuovamente finanziato in seno europeo per l'anno 2007. EURATOM, tramite contratto EFDA (European Fusion Development Agreement) TW6-THHN-NBTF1, ha richiesto la continuazione delle analisi in corso con la finalità di predisporre un rapporto di sicurezza radiologica che rappresenti il documento tecnico descrittivo necessario per ottenere il Nulla Osta a costruire e ad esercire l'impianto in territorio italiano.

### 2. Studi e valutazioni

Insieme al coordinamento scientifico dell'attività, IRP ha curato anche la costituzione del gruppo di lavoro formato da personale ENEA anche di altri dipartimenti e da esponenti del consorzio RFX.

Il lavoro svolto è stato dedicato in buona parte all'analisi dei potenziali rilasci in ambiente conseguenti all'impiego del NBTF[1]. A tale scopo sono state valutate le quantità di radioisotopi accumulate durante il funzionamento dell'impianto nei punti critici (principalmente trizio sul calorimetro), applicando un modello originale di calcolo. Sono stati quindi sviluppati dei modelli di diffusione in ambiente e sono stati impiegati modelli esistenti (HotSpot, RaseRad, Genii) per valutare la dose efficace all'individuo più esposto e ai gruppi di riferimento della popolazione soprattutto in caso di eventi incidentali.

Sono state poi considerate le esigenze di manutenzione per le diverse parti di macchina ed è stata valutata la dose corrispondente agli operatori, sia in termini di dose individuale che in termini di dose collettiva per queste specifiche operazioni[2].

### 3. Conclusioni

Il gruppo misto IRP-FPN-RFX ha quasi completato le analisi necessarie alla pubblicazione del rapporto preliminare di sicurezza radiologica per l'impianto NBTF. Sulla base delle scadenze concordate con EFDA a livello europeo, il lavoro dovrà essere finalizzato nei primi mesi del 2008 e costituirà il documento necessario per il processo autorizzativo relativo all'installazione del componente di ITER in territorio italiano.

[1] A. Daniele, M.D'Arienzo, H. Katsavos, S. Sandri. Confronto e validazione numerica di codici di calcolo utilizzati per il rilascio in ambiente di contaminanti. Atti del Convegno AIRP a Vasto (CH), 1-3 ottobre 2007.

[2] S. Sandri, A. Coniglio, M. D'Arienzo, L. Petrizzi, M. Pillon, R. Villari. Safety analysis for the maintenance of the calorimeter of the first ITER neutral beam injector. Proceeding of the Eighth International Topical Meeting on Nuclear Applications and Utilization of Accelerators (AccApp'07), Pocatello, ID, USA, 30 luglio - 2 agosto 2007.



**ATTIVITA' DI RICERCA,  
SVILUPPO E QUALIFICAZIONE**



## BASSE DOSI DI RADIAZIONI IONIZZANTI: MESSA IN DISCUSSIONE DEL MODELLO DOSE EFFETTO LNT E CONSEGUENZE PER LA RADIOPROTEZIONE.

**Anna Giovanetti, Mariella Balduzzi\*, Stefano Rufini\*\*, Orsio Allegrucci\***

ENEA BAS ION Istituto di Radioprotezione CR Casaccia,

\*ENEA BAS BIOTEC-MED CR Casaccia

\*\*Università degli studi di Roma "Tor Vergata"

### 1. Sintesi del progetto di ricerca

La relazione tra esposizione alle radiazioni ionizzanti ed effetti sulla salute, alla base dei criteri e delle pratiche protezionistiche in corso, prevede un rapporto lineare e l'assenza di soglia: modello LNT. Questo modello deriva dai primi studi che individuavano nel DNA il bersaglio delle radiazioni, in seguito la cellula danneggiata può andare incontro a morte programmata, riparare bene il danno o riparare in maniera sbagliata e sopravvivere dando origine a cellule mutate. Il singolo evento può quindi dare origine allo sviluppo di tumori: teoria del "single hit". E' prevista l'esistenza di un livello di soglia per gli effetti deterministici non cancerogeni ma i livelli di dose in radioprotezione generalmente sono molto inferiori. Le implicazioni pratiche sono di grande importanza; infatti, una relazione lineare permette di sommare le dosi a differenti organi o tessuti e di considerare in maniera indipendente le dosi da sorgenti differenti. La presenza di una soglia introdurrebbe difficoltà sostanziali per quanto riguarda ad esempio interazione tra esposizione occupazionale e ambientale. Per quanto riguarda la stima dell'induzione di tumori nell'uomo, la base è costituita dagli studi epidemiologici sulle popolazioni giapponesi sopravvissute alle bombe atomiche. A causa della mancanza di metodi in grado di analizzare danni a livello sub-cellulare e molecolare gli effetti delle basse dosi sono stati desunti per estrapolazione.

Negli ultimi dieci anni i progressi nel campo della biologia e la messa a punto di metodi molto sensibili per la determinazione del danno genetico hanno riaperto la discussione sul modello LNT per quanto riguarda il range delle basse dosi. Inoltre l'applicazione di nuovi metodi statistici ai dati sulla mortalità per tumore solido sulla popolazione giapponese esposta alle radiazioni ha mostrato un danno indotto nel range 0-20 mSv, molto maggiore del previsto e non descrivibile con il modello lineare. In generale gli studi portati avanti sulle basse e bassissime dosi hanno evidenziato effetti non riconducibili all'ipotesi "single hit", ma l'attivazione di pathways cellulari e la produzione di segnali tissutali che modificano l'effetto delle radiazioni: danno indiretto o non-targeted. Questi meccanismi cellulari non sono stimolati dalle alte dosi che provocano piuttosto la morte cellulare o impediscono il normale funzionamento. I fenomeni osservati sono: dose adattativa, in questo caso una pre-esposizione a basse dosi ha un effetto protettivo nei confronti dell'esposizione a una dose più alta somministrata successivamente; ipersensibilità radio-indotta: l'esposizione a dosi bassissime induce una risposta molto più alta di quanto previsto; bystander effect: le cellule non-irraggiate ma vicino alle irraggiate durante il trattamento o messe in contatto con il terreno delle irraggiate presentano danno genetico e ridotta capacità proliferativa; instabilità genomica: la presenza di danni genetici in cellule discendenti da cellule irraggiate apparentemente non danneggiate.

Il modello LNT potrebbe dunque essere troppo conservativo nel caso della risposta adattativa o sottostimare il rischio nei casi in cui il numero delle cellule danneggiate è maggiore del numero delle cellule colpite.

### 2. Bibliografia essenziale

Sono presentati esempi di danno indiretto tratti dalla letteratura ed i risultati dei programmi in corso presso il laboratorio di dosimetria biologica dell'Istituto di Radioprotezione ENEA BAS ION IRP.

- [1] A. Giovanetti *IL DANNO INDIRETTO INDOTTO DA BASSE DOSI DI RADIAZIONI IONIZZANTI Bystander effect, instabilità genomica: rivisitazione del modello LNT*. Presentato al convegno AIRM di Alghero 29/05-01/06/2007
- [2] A. Giovanetti *Basse dosi di radiazioni ionizzanti: messa in discussione del modello dose effetto LNT e conseguenze per la radioprotezione*. Presentato al convegno AIRP di Vasto Marina 01-03/10/2007
- [3] Little JB. 2006. Lauriston S. Taylor lecture: nontargeted effects of radiation: implications for low-dose exposures. *Health Physics*. 91:416-26.
- [4] Prise KM, Folkard M, Michael BD. 2003 A review of the bystander effect and its implications for low-dose exposure. *Radiation Protection Dosimetry* 104:347-55.
- [5] Seoane A, Guerci A, Dulout F. 2007. Genetic instability induced by low doses of X-rays in hamster cells. *International Journal of Radiation Biology*. 83:81-7.
- [6] Waldren CA. 2004. Classical radiation biology dogma, bystander effects and paradigm shifts. *Human and Experimental Toxicology* 23:95-100.
- [7] Wright EG, Coates PJ. 2006. Untargeted effects of ionizing radiation: Implications for radiation pathology. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 597:119-32.

## USO DELL'ORGANISMO DI RIFERIMENTO *EISENIA FETIDA* PER LO STUDIO DI ECO-TOSSICITÀ DI U E DU

Anna Giovanetti, Sandro Ridone\*, Giuseppina Vanga, M.Letizia Cozzella

ENEA BAS ION Istituto di Radioprotezione, CR Casaccia,

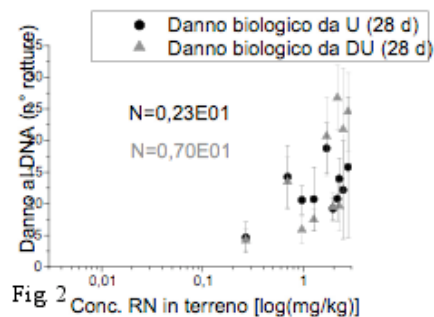
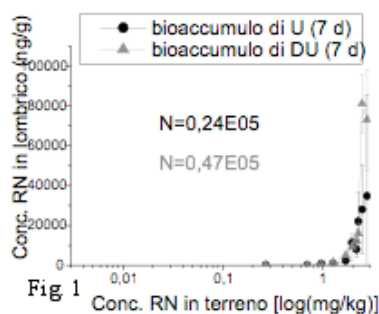
\*ENEA BAS ION Istituto di Radioprotezione, CR Saluggia

### 1. Premessa

Il presente lavoro si inserisce nella nuova sensibilità sulla radioprotezione ambientale propria dall'ICRP, che ha promosso la definizione e l'identificazione di specie animali e vegetali di riferimento per stabilire se un ambiente se sia adeguatamente protetto dal punto di vista radiologico. Con il supporto dei risultati conseguiti lo scorso anni ci siamo posti l'obiettivo di comprendere meglio i meccanismi di bioaccumulo e i danni genetici del lombrico *Eisenia fetida*, sottoposto a crescenti dosaggi di uranio (U) e uranio depleto (DU). Il fine successivo è l'individuazione di un modello di riferimento biocinetico per il radionuclide in esame, analogo a quello della specie umana, per mettere in relazione le esposizioni ai valori di dose e ai conseguenti effetti, nonché poter distinguere tra tossicità da U e da DU, argomento di forte attualità.

### 2. Metodi e risultati

Gruppi di 6 esemplari di *Eisenia fetida* sono stati mantenuti in 80 g di terreno di riferimento IAEA 375, cui sono stati aggiunti 40 mL di acqua ultrapura a dosaggi crescenti di U o DU in modo da ottenere, oltre al gruppo di controllo, le seguenti concentrazioni mg (radionuclide)/kg(terreno secco): 1.86; 5; 9.3; 18.6; 50; 93; 150; 186; 300; 600. Sono stati sacrificati esemplari per ogni dosaggio dopo 7 giorni e dopo 28 giorni dall'inizio dell'esposizione: per essi è stato determinato il danno genetico tramite Comet assay sui celomociti e il bioaccumulo tramite anali con ICP-Massa. Il bioaccumulo di U e DU mostra un andamento sigmoide assimilabile al modello di Michaelis-Menten, cui però manca il plateau superiore. Se questo modello fosse confermato, una volta trovato il dosaggio di saturazione, la costante di affinità dell'interazione tra U o DU e sito di accumulo sarebbe uguale alla concentrazione di U o DU in presenza del 50% del bioaccumulo massimo nell'organismo. Nel monitoraggio a 7 giorni tale bioaccumulo appare maggiore per DU che per U (Fig. 1), mentre tale differenza non si percepisce nel monitoraggio a 28 giorni: è ipotizzabile che la maggiore radiotossicità di U danneggi già a tempi brevi di esposizione le membrane cellulari dei cloragosomi (organelli di deposito) e possa essere rimesso in circolo nell'organismo per poi essere espulso. Sebbene l'andamento subisca delle fluttuazioni, l'aumento del danno biologico rispetto all'incremento del dosaggio è più significativo per monitoraggi (e quindi esposizioni) a tempi più lunghi. Inoltre a parità di incremento di concentrazione di U e DU, tale aumento è più marcato nel caso di DU (Fig. 2). L'andamento del danno biologico rispetto al dosaggio di U e DU non mostra un andamento assimilabile al modello matematico di Michaelis-Menten.



### 3. Conclusioni

I dati ottenuti hanno fornito interessanti spunti per ipotizzare una diversa tossicità tra U e DU, dovuta probabilmente al maggior contributo radiologico del primo. Ci proponiamo di approfondire questo aspetto, così come di verificare che il modello del bioaccumulo sia assimilabile a quello proposto da Michaelis-Menten. A tale riguardo occorre trovare la concentrazione in terreno che saturi i meccanismi di accumulo nell'organismo. Sono in previsione, infine, studi volti a comprendere i meccanismi di uptake del radionuclide, con un monitoraggio a più intervalli nel tempo per l'elaborazione del relativo modello biocinetico.

## APPROCCIO EMPIRICO E TEORETICO NELLO SVILUPPO DI MODELLI BIOCINETICI

**Andrea Luciani**

ENEA – BAS - ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

I modelli biocinetici rappresentano uno strumento essenziale nel processo di valutazione della dose da contaminazione interna. La dose interna può infatti essere solo calcolata sulla base dei risultati delle misure di contaminazione interna (in vivo, come whole body counting, od in vitro, come le misure radiotossicologiche) utilizzando le appropriate funzioni di ritenzione o di escrezione ottenute dalla soluzione dei modelli biocinetici. Lo sviluppo di modelli biocinetici sufficientemente realistici ai fini della simulazione della biocinetica di un radionuclide all'interno dell'organismo umana è oggi uno dei principali obiettivi della ricerca in dosimetria interna.

### 2. Metodologie di sviluppo dei modelli

I modelli biocinetici attualmente utilizzati in dosimetria interna sono sviluppati sulla base di almeno due approcci [1]. L'approccio "empirico" determina la relazione fra input ed output di un modello in maniera essenzialmente descrittiva, restringendo la validità e l'efficacia del modello al range temporale e alla tipologia di dati che sono stati utilizzati per il suo sviluppo. L'approccio "teoretico" è invece basato sulle conoscenze a priori che si hanno dei processi fisiologici che si vogliono modellare. Esso quindi permette di sviluppare dei modelli che possono essere utilizzati per calcolare output anche per scenari di contaminazione che non sono stati direttamente testati nello sviluppo del modello.

In pratica, in dosimetria interna, entrambi gli approcci sono in genere adottati. I dati sono infatti ottenuti raramente da sperimentazioni specificatamente ideate ai fini della modellazione della biocinetica di un radionuclide, ma nella maggior parte dei casi tali dati sono ottenuti da eventi di contaminazione occupazionale o da studi relativi ad altri radionuclidi o su altre specie. Da tutto ciò segue che oggi i modelli utilizzati in dosimetria interna sono caratterizzati da diversi livelli di affidabilità. Alcuni modelli sono ben caratterizzati nella struttura e nei valori dei parametri biocinetici. Altri modelli, invece, sono solamente basati su considerazioni empiriche permettendo così di descrivere più o meno correttamente i dati di interesse, ma senza una chiara connessione con i fenomeni fisiologici alla base dei processi che si vogliono modellare [2].

### 3. Conclusioni

L'Istituto di Radioprotezione, nelle sue attività di ricerca in dosimetria interna, è da tempo impegnato nello sviluppo di modelli biocinetici in cui gli aspetti empirici, nella struttura e nei valori dei parametri biocinetici, siano limitati o comunque ben identificati, ponendo invece maggiore enfasi su quelle informazioni e conoscenze a priori che permettono di sviluppare modelli più aderenti ai reali processi fisiologici che si vogliono rappresentare.

Negli ultimi anni è stata posta particolare attenzione sulla modellazione del metabolismo dei transuranici nello scheletro. Infatti i tessuti ossei sono di particolare interesse per la dosimetria di questi radionuclidi (tessuti di significativa deposizione e di grande radiosensibilità). Allo stesso tempo le ampie conoscenze sui meccanismi di sviluppo e rigenerazione di tali tessuti rappresentano un importante esempio di quelle conoscenze a priori che permettono di sviluppare modelli con un alto grado di affidabilità e realismo, limitando al minimo il ricorso ad approcci empirici nello sviluppo dei modelli [3]. E' attualmente in corso una revisione dei modelli disponibili sulla base di questa metodologia.

- [1] Carson, E. R., Cobelli, C. and Finkelstein, L. *The Mathematical Modeling of Metabolic and Endocrine Systems*. New York, Wiley, 1983.
- [2] Luciani A. (**Guest Editorial**). *The lion's mane and the Occam's razor*. Radiation Protection Dosimetry (in press). Advance Access published June 22, 2007
- [3] Luciani A. and Polig E. *Surface-seeking radionuclides in the skeleton: current approach and recent developments in biokinetic modeling for humans and beagles* (Oral Presentation). Proceedings of the Workshop "Internal Dosimetry of Radionuclides Occupational, public and medical exposure", Montpellier, France, 2-5 October 2006 Radiation Protection Dosimetry (in press). Advance Access published June 22, 2007

## STUDI PRELIMINARI PER LO SVILUPPO DI UN MODELLO BIOCINETICO PER TERAPIE DI DECORPORAZIONE IN CASO DI CONTAMINAZIONE INTERNA DA PLUTONIO

Andrea Luciani

ENEA – BAS - ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

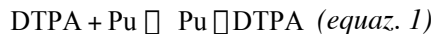
### 1. Premessa

In caso di una significativa contaminazione interna da radionuclidi, sono oggi disponibili diversi tipi di composti e molecole capaci di aumentare la decorporazione (tipicamente per via urinaria) degli stessi radionuclidi, riducendo così la dose assorbita dal soggetto. In particolare, nel caso di una contaminazione interna da plutonio, è da anni utilizzato un composto chelante, l'acido di-etilentriaminopentacetico (DTPA) associato al calcio o allo zinco (Ca-DTPA, Zn-DTPA). Attualmente, sebbene gli effetti chelanti di tale composto siano sufficientemente noti, non esiste un comune e condiviso modello biocinetico che permetta di prevedere e quindi pianificare con maggiore efficacia (quantità iniettate, frequenza e tempi di somministrazione) l'utilizzo di tali composti.

Per questo, nell'ambito del Work Package 5.2 del progetto CONRAD a cui partecipa l'Istituto di Radioprotezione (vedi relativo articolo nella sezione "Collaborazioni internazionali e partecipazione a progetti Europei" del presente fascicolo), è in corso lo studio e lo sviluppo di un modello generale che descriva la biocinetica del DTPA in associazione alla biocinetica del plutonio.

### 2. Modello preliminare

Il modello in fase di studio (Figura 1) prevede l'utilizzo di una semplice reazione (equazione 1) fra Pu e DTPA nei compartimenti coinvolti nelle prime fasi successive alla somministrazione per via endovenosa (compartimento del sangue 'Blood 1', tessuti soffici 'ST0'). Il composto chelato (Pu-DTPA) viene quindi escreto insieme al plutonio non chelato e al DTPA libero attraverso i pertinenti compartimenti (vescica urinaria 'Bladder', intestino crasso superiore e inferiore 'ULI' e 'LLI'). Diverse rappresentazioni matematiche approssimate della reazione data in equazione 1 sono in corso di studio, dalle più semplici (reazione con cinetica del primo ordine) a quelle più complesse (reazione con meccanismi di saturazione o di ordine superiore al primo).



### 3. Conclusioni

Il modello preliminare è attualmente in fase di analisi. Sono stati effettuati degli studi sugli effetti della escrezione urinaria e sulla ritenzione nel sangue e in altri organi (fegato e scheletro) nel caso di somministrazioni di DTPA a diversi intervalli temporali dal momento dell'ipotetica contaminazione interna, anche ipotizzando diverse formulazioni matematiche per la reazione di chelazione. Nel frattempo, sono in fase di selezione una serie di dati clinici di soggetti sottoposti a terapia di chelazione, in seguito ad incidenti in ambito lavorativo, per testare il modello su casi reali contaminazione.

- [1] Leggett RW, Eckerman KF, Khokhryakov VF, Suslova KG, Krahenbuhl MP, Miller SC. Mayak worker study: an improved biokinetic model for reconstructing doses from internally deposited plutonium. *Radiat Res* 164: 111-22;2005.

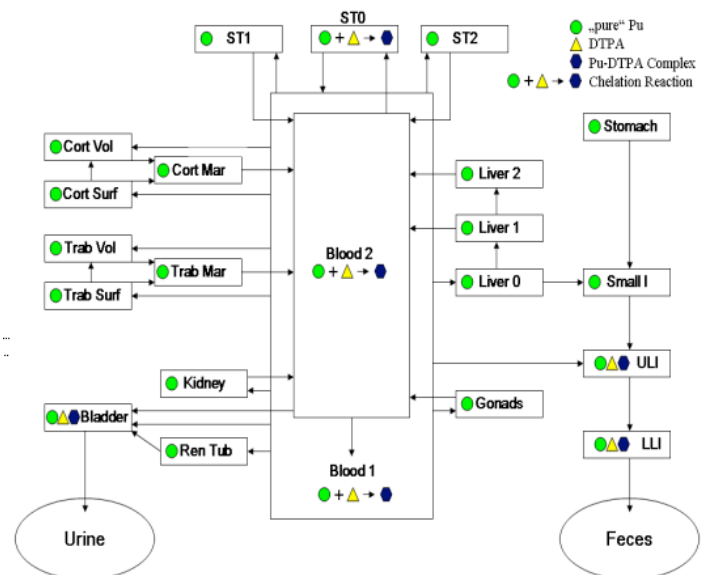


Figura 1: Modello biocinetico del plutonio [1] in associazione al modello in studio per il DTPA



## DETERMINAZIONE DI POLONIO-210 IN CAMPIONI BIOLOGICI TRAMITE DEPOSIZIONE SPONTANEA E MISURA CON SPETTROMETRIA ALFA

**\*Paolo Battisti, Sandro Bazzarri, Lelia Andreocci, Isabella Giardina, Liliana Mancini, Giulio Morelli**

ENEA - BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR. Casaccia

\*ENEA - BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR. Bologna

### 1. Premessa

In seguito alla notizia diffusa dai mezzi di informazione della morte di Alexander Litvinenko per contaminazione da polonio-210 si è resa necessaria, da parte del Laboratorio di Radiotossicologia BAS ION-IRP dell'Enea Casaccia, la revisione della metodica di analisi per soddisfare più rapidamente le eventuali richieste di utenti esterni che in quel periodo avessero frequentato luoghi pubblici correlati al caso.

### 2. Descrizione del metodo e dell'apparato di misura

La metodica è stata messa a punto utilizzando una miscela di campioni di urina di persone non esposte a rischio di contaminazione interna con una quantità nota di polonio-209 (4,877 MeV) come indicatore di resa chimica.

Si mineralizza il campione su piastra riscaldante a 300°C con HNO<sub>3</sub> concentrato;

si manda a secchezza con cautela senza superare i 150°C per evitare la perdita di polonio;

si trasforma l'ambiente da nitrico a cloridrico mediante aggiunte successive di HCl concentrato;

infine si scioglie con HCl 0,5 M a caldo;

si filtra su carta Whatman 41 (filtrazione veloce);

si trasferisce la soluzione nell'apparato mostrato in fig.1 per la deposizione spontanea del polonio.

L'apparato è costituito da un becker, chiuso da un disco di plexiglass che ha la funzione di supportare sia la ghiera contenente il disco di argento che il termometro per tenere sotto controllo la temperatura della soluzione<sup>[1]</sup>. Il tutto è posto su una piastra riscaldante dotata di agitatore magnetico. Il polonio si deposita mantenendo la soluzione sotto agitazione, alla temperatura di 95°C per almeno 4 ore; si lava il disco d'argento con acqua e poi con alcool etilico; infine, si misura mediante spettrometria alfa (fig. 2)

Nella metodica tradizionale<sup>[2][3]</sup> di deposizione con disco di argento appeso tramite una bacchetta di vetro immersa nella soluzione si dovevano contare entrambe le superfici del disco; con questo sistema invece la deposizione del polonio avviene solo su una faccia dimezzando il tempo di conteggio.

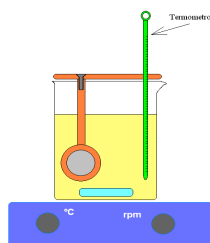


Fig. 1: Apparato di deposizione.

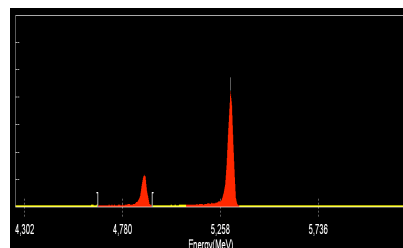


Fig. 2: Spettro alfa di un campione di urina

### 3. Conclusioni

Utilizzando questo metodo su campioni di urina abbiamo ottenuto una resa media di 66,8%. L'efficienza di conteggio è risultata essere del 30%. La minima attività rivelabile (MDA) è pari a 0,5 mBq/L. La scelta di aggiungere come standard interno il <sup>209</sup>Po (4,877 MeV) è stata fatta perché l'energia alfa emessa è molto distante da quella del <sup>210</sup>Po (5,30 MeV) (fig. 2), in alternativa si può utilizzare il <sup>208</sup>Po (5,10 MeV), ma la sua emissione è più vicina e potrebbe interferire con lo spettro del <sup>210</sup>Po ricercato.

Con questo metodo è possibile completare l'analisi ed avviare la misura in un solo giorno, in modo da avere rapidamente un'idea dell'eventuale contaminazione e agire di conseguenza.

[1] Azeredo F., Lipsztein J.L. <sup>210</sup>Po excretion in urine: a comparison of an occupational exposed group and control. Radiat. Prot. Dosim. 36(1), 51-54 (1991).

[2] Testa, C., Masi, G., Bazzarri, S., Marchionni, V., Santori, G. *Tecniche radiotossicologiche in uso presso il CNEN*. CNEN RT/PROT(71)9

[3] Strambi, E., Testa, C. *Su un caso di contaminazione interna da polonio-210*. CNEN RT/PROT(68)18

## ULTERIORI SVILUPPI DEL METODO DI MISURA DEL $^{226}\text{Ra}$ NELLE URINE MEDIANTE SPETTROMETRIA DI MASSA A PLASMA INDUTTIVAMENTE ACCOPPIATO (ICP-MS)

Giuseppina Vanga, Maria Letizia Cozzella, Paolo Battisti\*.

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Casaccia

\*ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Con l'obiettivo di validare una tecnica di misura del  $^{226}\text{Ra}$  più semplice e caratterizzata da un limite di rivelabilità inferiore a quello ottenibile con i metodi radiometrici attualmente in uso nei laboratori BAS ION IRP, nel corso del 2007 il metodo di misura del  $^{226}\text{Ra}$  mediante ICPMS già proposto lo scorso anno per campioni di acqua, è stato sperimentato su campioni di urina al fine di valutarne l'applicabilità anche a questa importanti matrice di interesse radioprotezionistico.

### 2. Materiali e metodi

Allo scopo sono stati analizzati campioni di urina di 200 ml appositamente marcati con  $^{226}\text{Ra}$  nel Laboratorio (Tabella 1), non essendo stato possibile impiegare urina standard certificata in quanto non disponibile sul mercato.

**Tabella 1** Misura ICPMS del  $^{226}\text{Ra}$  in campioni di urina: valutazione della resa chimica del metodo

Campione Urine (200 ml)	Quantità aggiunta di $^{226}\text{Ra}$ (g)	Valore misurato ( $\pm 1\sigma$ ) (g)	Resa Chimica (%)
1	8.09 E-12	5.4 E-12 $\pm$ 0.22E-12	67
2	8.09 E-12	5.5 E-12 $\pm$ 1.1E-12	68
3	8.09 E-12	6.2 E-12 $\pm$ 0.5E-12	77
4	8.09 E-12	6.1E-12 $\pm$ 0.87E-12	75
5	8.09 E-12	6.6 E-12 $\pm$ 0.65E-12	82
6	8.09 E-12	6.3 E-12 $\pm$ 0.76E-12	78
7	8.09 E-12	5.8 E-12 $\pm$ 0.94E-12	72
8	8.09 E-12	7.3 E-12 $\pm$ 0.80E-12	90
9	8.09 E-12	5.6 E-12 $\pm$ 0.22E-12	69
10	8.09 E-12	6.6 E-12 $\pm$ 0.47E-12	82

Dall'analisi dei dati si evince una buona resa chimica del metodo (valor medio 76%) ed una sua accettabile riproducibilità (SD% pari al 12 %). Analisi eseguite in parallelo sugli stessi campioni di urina non sottoposti a marcatura con  $^{226}\text{Ra}$  hanno peraltro permesso di valutare un limite di rivelabilità (Detection Limit)(1) pari a 0.02 mBq/Litro.

Conclusioni

### 3. Conclusioni

Il metodo sperimentato per la determinazione del  $^{226}\text{Ra}$  nelle acque si rivela sicuramente promettente anche applicato a campioni di urine: esso richiede infatti un tempo relativamente breve di preparazione chimica e misura del campione (circa 3 giorni), in specie se comparato con quelli richiesti dai tradizionali metodi radiometrici, mostra un buon livello di riproducibilità ed è caratterizzato da un limite di rivelabilità (Detection Limit) ampiamente idoneo al suo impiego in un programma di sorveglianza della contaminazione interna da  $^{226}\text{Ra}$ .

[1] G.L. Long, J.D. Winefordner, *Limit of detection. A closer look at the IUPAC definition*, Anal. Chem., 55 (1983) 713

## MODELLO NUMERICO DI FANTOCIO PLASTICO DI GINOCCHIO PER LA CALIBRAZIONE DI WBC PER STUDI DI CONTAMINAZIONE DA ATTINIDI

Paolo Ferrari, Gianfranco Gualdrini

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

L'utilizzo di modelli voxel e tecniche Monte Carlo per la calibrazione di sistemi per la misura in vivo della contaminazione sta diventando una tecnica sempre più frequentemente usata in radioprotezione. La misura di attinidi, particolarmente difficile, può essere eseguita ponendo i rivelatori a contatto della testa o del ginocchio. Supponendo, infatti, la contaminazione uniformemente distribuita all'interno del tessuto osseo, queste due posizioni risultano essere le più idonee per l'esecuzione di una misura non eccessivamente influenzata dalle caratteristiche proprie dell'individuo. La taratura di tali sistemi è quindi complicata dalla peculiarità di una simile sorgente e per tale motivo si utilizzano idonei modelli plastici riproducenti la testa e o la zona del ginocchio, opportunamente contaminati con sorgenti tarate. I metodi numerici possono offrire un valido contributo per questo tipo di valutazioni. Essi infatti consentono di riprodurre i modelli plastici e le condizioni di misura consentendo di parametrizzare la risposta del sistema in funzione delle caratteristiche proprie del modello impiegato e delle ipotesi fatte sulla distribuzione del contaminante.

### 2. Modellazione numerica

Il modello voxel del ginocchio di calibrazione è stato generato, con appositi programmi in C, sfruttando le immagini di scansione TC del fantoccio plastico (fornito dalla Università di Cincinnati, USA). Il modello è stato utilizzato come input del codice MCNPX per simulare il trasporto foto-elettronico della radiazione, considerando una sorgente di  $^{241}\text{Am}$  distribuita uniformemente nel tessuto osseo. Sono state valutate le fluenze di radiazione in alcune delle regioni generalmente utilizzate per la misura in vivo e che, sostanzialmente, circondano la zona della rotula e l'interno del ginocchio. Una coppia di rivelatori HPGe, è stata simulata in posizioni definite (analoga a quello presente nei laboratori IRP del centro della Casaccia). E' stata calcolata la distribuzione degli impulsi in energia nel cristallo, tenendo conto del Gaussian Broadening e del dead-layer tipico del rivelatore. In figura 1 alcune immagini del modello voxel impiegato.

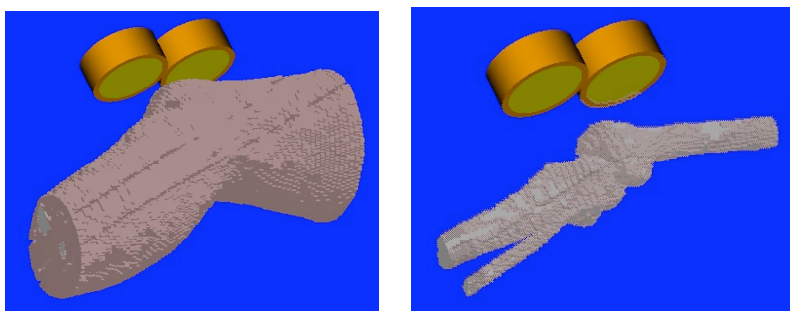


Figura 1: Il modello voxel con la coppia di rivelatori HPGe in posizione di misura e visualizzazione del tessuto osseo.

### 3. Conclusioni

Il modello voxel prodotto consente di riprodurre fedelmente le condizioni di misura. Accoppiato con una simulazione del sistema di rivelatori presenti in un WBC consente di ottenere una stima dell'efficienza di misura, altrimenti difficilmente ottenibile, data la peculiarità della sorgente (contaminante uniformemente distribuito nell'osso). La validità della metodologia applicata ci ha permesso di partecipare a un interconfronto su questo tipo di procedure Monte Carlo promosso dal CIEMAT (Spagna) a cui hanno partecipato oltre ad IRP e CIEMAT, Universitat Politecnica de Catalunya (Spagna), IRSN (Francia), CEA (Francia), GSF (Germania), Human monitoring Lab (Canada), Serco (UK), FKS (Germania), IRP (Brasile), Japan Atomic Energy Agency (Giappone), LARN-Univ. Namur (Belgio), AWE (UK), NRPI (Rep. Ceca), CIRP (CINA). La buona qualità dei risultati ottenuti nelle simulazioni è stata confermata dal confronto con gli altri laboratori evidenziando le buone capacità di simulazione di IRP e la possibilità di impiegare validamente simili tipi di strumenti nella calibrazione della strumentazione per radioprotezione. L'analisi dei dati è stata presentata al Workshop CONRAD di Bologna tenutosi a ottobre 2007.

## RICOSTRUZIONE DI SPETTRI PRIMARI DI RAGGI X CON TENSIONI DA 5 kV A 60 kV

Francesca Mariotti, Gianfranco Gualdrini, Elena Fantuzzi  
 ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Il risultato di una misura spettrometrica è dato dalla distribuzione dello spettro degli impulsi (Pulse High Distribution, PHD). I raggi gamma cedono la loro energia al rivelatore principalmente secondo i tre effetti: fotoelettrico, diffusione Compton e creazione di coppie. La prevalenza dell'uno e dell'altro dipende essenzialmente dall'energia dei quanti incidenti. Nel dominio energetico di interesse le correzioni da applicare al fine di ottenere lo spettro fotonico incidente sul rivelatore sono: le correzioni per il picco di fuga  $K_a$  e  $K_b$  del rivelatore (germanio iperpuro) e diffusione Compton.

### 2. Attività

Una buona conoscenza dello spettro a raggi X è indispensabile in diverse applicazioni nel campo della diagnostica radiologica e dosimetria. Uno spettro di fotoni incidenti su di un rivelatore è abbastanza complesso a causa dei processi di interazione degli stessi all'interno del cristallo. Inoltre, anche i dispositivi necessari alla rivelazione della radiazione, possono creare distorsioni ed alterazioni nella distribuzione spettrale degli impulsi, attribuibili al rumore elettronico, all'efficienza di rivelazione, allo spessore dello strato morto del cristallo. Per questo motivo le informazioni che vengono registrate sull'analizzatore multicanale non trovano una reale corrispondenza con la distribuzione energetica dello spettro primario. Per caratterizzare in modo realistico lo spettro primario a partire dal PHD è necessario tenere in considerazione tali effetti. Ad ogni spettro degli impulsi è stato applicato un filtro [1] che mantenesse la forma dello spettro ma eliminasse il rumore elettronico presente. Una procedura iterativa [2] che inizia dal canale di energia più alto fino a quello di energia più bassa, è molto comoda per spettri con un numero elevato di canali. Una volta ottenuta la frazione di conteggi persi per diffusione Compton e per i picchi di fuga  $K_{\alpha}$  e  $K_{\beta}$ , correggendo inoltre il numero dei conteggi ottenuti per l'efficienza di rivelazione, si ottiene il numero di fotoni incidenti nel canale di energia E. Questi step sono stati ripetuti per tutti i canali fino alle energie più basse (1 keV) (esempio in figura della ricostruzione dello spettro L35).

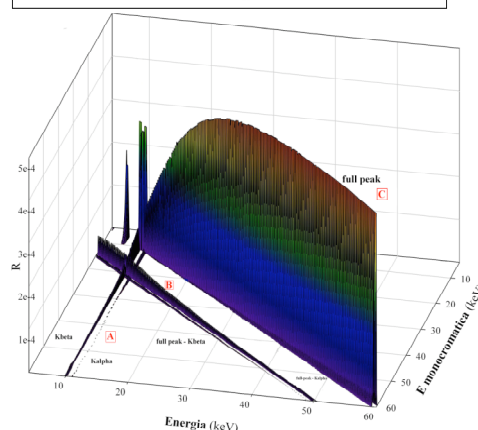
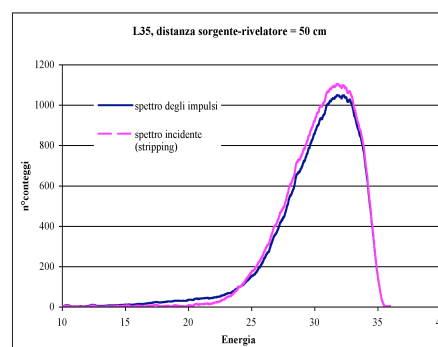
Una volta ricostruiti gli spettri sono stati determinati i parametri che li caratterizzano (energia media e massima, spessori emivalenti, coeff. di conversione) e confrontati con quelli (spessori emivalenti) misurati con la camera a ionizzazione. Una verifica indipendente del metodo consiste nell'applicazione al vettore spettro (ricostruito con funzione di stripping) della funzione risposta del rivelatore, composta dalla distribuzione degli impulsi prodotta da singoli calcoli MCNP per energie monocromatiche, al fine di riottenere la PHD. La corrispondenza tra lo spettro degli impulsi calcolato e misurato è una verifica della corretta ricostruzione dello spettro. In figura sono rappresentate, in un grafico 3D, tutte le distribuzioni ottenute dai 221 calcoli Monte Carlo da 5 keV a 60 keV, ogni 250 eV. La matrice è composta di tre parti: A – picchi di fuga  $K_a$  e  $K_b$  del germanio, B – picchi con energia pari a energia del full-peak meno l'energia del picco  $K_a$  e  $K_b$ , C – full peak.

### 3. Conclusioni

Il lavoro ha permesso la verifica della congruenza della matrice risposta calcolata ed è stata inoltre una verifica indipendente a validazione del metodo di stripping sviluppato per la ricostruzione degli spettri.

[1] Savitzky A., Golay M.J.E., Smoothing and Differentiation of data by simplified least squares procedures, Analytical Chemistry 36(8): 1627-1639, July 1964.

[2] Seelentag W.W., Panzer W., Stripping of X-ray bremsstrahlung spectra up to 300 kVp on a desk type computer, Phys. Med. Biol., 1979, vol. 24, No.4, 767-780.



## CONFRONTO TRA DUE DIVERSI TIPI DI RIVELATORI A TRACCE PER DOSIMERIA NEUTRONICA

**Francesca Mariotti, Giorgio Falangi, Elena Fantuzzi**  
ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

La tecnica che fa uso di rivelatori a tracce, basata sul danno prodotto da particelle cariche pesanti messe in moto in materiali solidi, evidenziato mediante attacco chimico, sviluppata a partire dagli anni '80 per applicazioni dosimetriche, è largamente impiegata nella dosimetria personale di routine per neutroni veloci in molti importanti Servizi Dosimetrici europei.

I rivelatori di tracce nucleari a stato solido trovano ampio impiego nella dosimetria dei neutroni veloci in virtù delle loro caratteristiche: in particolare sensibilità trascurabile ai raggi gamma, bassa soglia di rivelazione, "fading" trascurabile se conservati in condizioni opportune.

Grazie ad un contatto avvenuto con un laboratorio di dosimetria americano ([www.radetco.com](http://www.radetco.com)), è stato avviato uno studio preliminare con lo scopo di valutare e confrontare le caratteristiche dosimetriche del materiale da loro prodotto, TASTRAK, e quello da noi attualmente utilizzato in routine al Servizio di Dosimetria come rivelatore nella dosimetria personale per neutroni veloci, prodotto dalla ditta Intercast Europe S.p.A. di Parma (CR-39 addizionato con 0,1% DOP).

### 2. Attività

Entrambi i rivelatori hanno dimensioni pari a 2,5 x 3,6 cm<sup>2</sup> e spessore 1,4 mm e presentano un angolo smussato in alto a destra che permette di individuare la superficie migliore del materiale, ossia con minori impurità e difetti superficiali dovuti al processo di produzione oltre ad individuare la superficie di lettura in quanto lo spessore di materiale funge da convertitore per la radiazione incidente.

Sono stati valutati per entrambi i rivelatori la sensibilità (S), il segnale di fondo ( $B \pm \sigma_B$ ) e la minima dose rivelabile ( $L_c$ ). I valori dei parametri suddetti, ottenuti per un campione di materiale TASTRAK, sono stati confrontati con quelli di un campione di rivelatori prodotti dalla ditta Intercast Europe SpA.

La procedura seguita è stata la seguente:

- 1) sono stati selezionati casualmente 50 rivelatori da una lastra di CR-39 Intercast e 50 rivelatori da una lastra di materiale TASTRAK;
- 2) 10 rivelatori Intercast e 10 Tastrak sono stati irraggiati ad 1 mSv di <sup>241</sup>Am-Be;
- 3) sottoposti al medesimo attacco chimico consistente in un preattacco della durata di 30 minuti con una miscela al 60 % di alcol etilico ed al 40 % di una soluzione di KOH 6,25N a 70°C, seguita da un attacco di 12 ore in una soluzione di KOH 6,25 N alla temperatura di 70°C;
- 4) lettura di tutti i rivelatori mediante il sistema semi-automatico impiegato in routine dal Servizio di Dosimetria ENEA.

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella.

Campioni	Sensibilità (tr/cm <sup>2</sup> mSv)	N (tr/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_N$ (tr/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_N$ (%)	B (tr/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ (tr/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_B$ (%)	$L_c$ *
Intercast	373	404	29	7%	32	9	30%	0.13
Tastrak	203	227	19	8%	24	7	28%	0.16

$$*L_c = (B_0 + t(95\%n=40) \sigma_B)/S$$

A parità di irraggiamento e sottoposti al medesimo attacco chimico, questo studio preliminare permette di affermare che il materiale Tastrak presenta una minore sensibilità (45% inferiore) rispetto al materiale Intercast da noi utilizzato in routine.

Le tracce di fondo sono risultate confrontabili ed anche la soglia di rivelazione.

### 3. Conclusioni

Il materiale prodotto dalla ditta Intercast Europe SpA ed attualmente utilizzato presso il servizio di dosimetria dell'ENEA risulta nel complesso migliore e più adatto alla dosimetria per neutroni veloci.

## METROLOGIA DEI CAMPI DI RADIAZIONE DI BASSA ENERGIA

**Francesca Mariotti, Gianfranco Gualdrini, Fabio Monteverti, Elena Fantuzzi**  
 ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Lo scopo del lavoro consiste nella qualificazione metrologica dei campi di radiazioni (fotoni) di bassa energia [1,2,3,4]. Le problematiche sono state affrontate sia da un punto di vista sperimentale sia modellistico, mediante l'utilizzo di metodi computazionali Monte Carlo in grado di simulare le interazioni delle radiazioni con la materia.

### 2. Attività

La caratterizzazione di un tubo a raggi X Seifert ISOVOLT 160/0,4-0,5 di bassa energia ha permesso al Centro di Taratura di rispondere al crescente bisogno di tarature con raggi X di bassa energia ( $\leq 30$  kV), tipicamente associati ad applicazioni di ricerca (luce di sincrotrone, linea di luce di cristallografia e diffrazione di raggi X a piccolo angolo) e di medicina (mammografia, radioterapie superficiali). Relativamente alle tematiche sopra indicate il lavoro svolto si è suddiviso nelle seguenti attività.

- Allestimento e collaudo dell'impianto radiologico come sorgente standardizzata;
- caratterizzazione e taratura della camera di controllo ad aria libera, interamente impiegata per il controllo della stabilità di intensità dei fasci di raggi X;
- realizzazione ed accreditamento dei fasci X filtrati in base alle raccomandazioni ISO 4037 mediante il metodo dosimetrico;
- realizzazione di una camera cilindrica ad aria libera impiegata per le misure di spessori emivalenti;
- taratura dei campioni di misura presso l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti;
- taratura della camera di controllo anche come campione operativo per la taratura della strumentazione di radioprotezione e dei dosimetri personali.
- acquisizione degli spettri di raggi X, realizzazione di collimatori puntiformi (*pin-hole*) al fine di ridurre la fluenza fotonica;
- messa a punto della catena spettrometrica, caratterizzazione del rivelatore al Germanio iperpuro (HPGe) con sorgenti radioisotopiche;
- analisi della variazione degli spettri fotonici di bassa energia in funzione della distanza sorgente rivelatore (assorbimento dell'aria) con riferimento alle grandezze radioprotezionistiche;
- determinazione, mediante codice MCNP-4C, dei coefficienti di conversione da kerma,  $k_a$ , in aria ad equivalente di dose personale  $H_p(10, a^\circ)$ ,  $H_p(3, a^\circ)$  e  $H_p(0,07, a^\circ)$ , ambientale e direzionale per energie inferiori a 10 keV, non tabulati sull'ICRU Report 57 e sulla norma di riferimento ISO 4037;
- simulazioni Monte Carlo per la determinazione teorica della curva di efficienza al variare dell'energia del rivelatore impiegato;
- analisi parametrica in funzione della variazione dello spessore del *dead layer* del rivelatore per ottimizzare la curva di efficienza;
- calcolo Monte Carlo della funzione risposta del rivelatore contenente tutte le informazioni del processo di rivelazione;
- sviluppo di una procedura di stripping per la ricostruzione dello spettro incidente sul rivelatore;
- verifica della procedura di stripping con applicazione della funzione risposta del rivelatore;
- verifica dei parametri caratteristici degli spettri ottenuti con il metodo dosimetrico e dopo lo stripping;
- calcolo dei coefficienti di conversione  $H_p(10, R, \square^\circ)$ ,  $H_p(3, R, \square^\circ)$  e  $H_p(0,07, R, \square^\circ)$ ,  $H^*(10)$  e  $H'(0,07)$  da kerma,  $k_a$ , in aria alle grandezze operative e confronto con i valori di riferimento.
- I risultati ottenuti hanno dimostrato, laddove i coefficienti di conversione hanno una forte dipendenza dall'energia, la necessità del calcolo diretto sullo spettro degli stessi.

### 3. Conclusioni

I risultati ottenuti hanno dimostrato, laddove i coefficienti di conversione hanno una forte dipendenza dall'energia, la necessità del calcolo diretto sullo spettro degli stessi.

[1] ISO-4037-1. X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1 [1] Part 2 [2] Part 3 [3] Part 4 [4]

## CONFRONTO TRA DOSIMETRI TL PER FOTONI DI LiF:Mg,Cu,P ENEA E RADCARD

Chiara Pellegrini, Francesca Mariotti, Giancarlo Uleri, Elena Fantuzzi

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

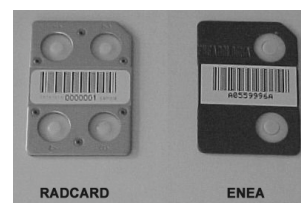
**1. Introduzione**

È stato effettuato un confronto sulle caratteristiche dosimetriche di due dosimetri TL per fotoni di LiF:Mg,Cu,P. Le card ENEA sono utilizzate dal Servizio Dosimetrico ENEA<sup>[1]</sup> dal 1995 e contengono due rivelatori di GR200A prodotti da Solid Dosimetric Detector and Method Laboratory (Cina), mentre le card RADCARD<sup>[2]</sup> sono commercialmente disponibili negli ultimi anni e contengono due rivelatori MCP-N (Polonia – [www.tld-poland.com](http://www.tld-poland.com)). Il confronto tra i due tipi di card è stato effettuato per: sensibilità a radiazione gamma, soglia di misura, linearità, segnale residuo, riproducibilità.

Inoltre sono stati eseguiti test per valutare la prestazione nel tempo delle card (simulati 5 anni di utilizzo) e la resistenza delle parti plastiche a temperature più alte di 240°C.

**2. Materiali e metodi**

La card ENEA è composta da un supporto in alluminio dove sono fissate i due rivelatori GR200 di LiF:Mg,Cu,P (Ø 4.6mm, spessore sensibile 0.8mm) con un nastro di Kapton e mantenute salde nella loro posizione con un anello in Teflon. La card RADCARD ([www.radcard.pl](http://www.radcard.pl)), invece, è costituita da un supporto in alluminio dove al suo interno sono inserite le pastiglie MCP-N di LiF:Mg,Cu,P (Ø 3.6mm, spessore sensibile 0.46mm) fissate entro due strati di Teflon (Figura 1).



**Figura 1.** Card RADCARD e card ENEA

I due tipi di card hanno le stesse dimensioni delle card Harshaw e sono lette con un lettore automatico Harshaw 6600 Automated TLD, impostando gli opportuni cicli termici forniti dai produttori. Il lettore è stato utilizzato mantenendo le caratteristiche usuali delle letture di routine del Servizio.

Gli irraggiamenti sono stati eseguiti presso il Centro di Taratura dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA di Bologna, con una sorgente <sup>60</sup>Co.

**3. Risultati**

Il confronto tra i due tipi di card è stato effettuato in accordo con lo standard IEC 1066<sup>[3]</sup>. La sensibilità del LiF:Mg,Cu,P delle card ENEA è 1365 nC·mSv<sup>-1</sup> e quella delle RADCARD è 330 nC·mSv<sup>-1</sup>.

Il minimo valore di dose misurabile non deve superare il valore limite di 0.1mSv e il test mostra che entrambe le card soddisfano il requisito richiesto ( ENEA = 0.02 mSv , RADCARD = 0.01 mSv).

I risultati per il test di linearità (risposta ±10% del valore vero di dose) hanno evidenziato che le card ENEA soddisfano tale requisito per un più ampio intervallo di dose (0.02 – 10000 mSv) rispetto alle RADCARD (0.02 – 1000 mSv). I risultati del test per il segnale residuo (non superiore del 10% del valore minimo di dose) evidenzia che per irraggiamenti a dosi superiori a 2mSv le card ENEA presentano un valore di residuo non soddisfacente del quale si tiene conto, infatti, durante l'utilizzo in routine, mentre le card RADCARD soddisfano il requisito fino a dosi pari a 10Sv.

Le card ENEA hanno superato il test di riproducibilità (coeff. di variazione non superiore a 7.5%) mentre le misure card RADCARD risultano meno riproducibili (coeff. di variazione fino a 12%).

**4. Conclusioni**

Le card ENEA mostrano una migliore prestazione in termini di riproducibilità e linearità rispetto alle RADCARD che, invece, presentano valori migliori di segnale residuo. Inoltre, le prove sulla resistenza alle alte temperature e la simulazione di utilizzo di 5 anni hanno evidenziato che l'assemblaggio con il Kapton delle card ENEA è più adeguato di quello con il Teflon delle RADCARD.

[1] Fantuzzi, E., Mariotti, F., Morelli, B., Uleri, G. *The implementation in routine of the ENEA new personal dosimeter*. Radiat. Prot. Dosim. 120, 278-282 (2006).

[2] Bilski, P., Budzanowski, M. *Dosimetric properties of the TLD European Cards with high sensitive MCP-7 (<sup>7</sup>LiF:Mg,Cu,P) thermoluminescence detectors for personal dosimetry*. Report n1964/D [www.ifj.edu.pl/reports/2005.html](http://www.ifj.edu.pl/reports/2005.html) (2005).

[3] IEC 1066 "Thermoluminescence Dosimetry Systems for Personal and Environmental Monitoring", (1991).

## ATTIVITA' DI STUDIO & RICERCA PROPEDEUTICA ALL'OTTIMIZZAZIONE DEL SERVIZIO RADON

Silvia Penzo, Massimo Calamosca

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Continua anche nel 2007 l'attività di studio e ricerca che affianca l'attività di servizio, con lo scopo di mantenere e migliorare lo standard qualitativo che il Servizio garantisce all'utenza nonché di ampliare la gamma delle misurazioni effettuate dal Servizio.

### 2. Le linee di ricerca del Servizio Radon

Nel 2007 è stata effettuata una ricalibrazione dell'intero sistema di lettura e analisi dei rivelatori esposti al radon in seguito ai risultati ottenuti negli interconfronti del 2006. Dopo aver studiato le cause del peggioramento della qualità, sono state effettuate modifiche ed ottimizzazioni sia sulla parte hardware che software del sistema di analisi, che hanno portato ad una nuova relazione che definisce la sensibilità del sistema. A tal fine sono stati utilizzati 480 rivelatori, che comprendono i rivelatori di taratura iniziale (NRPB-2002), i rivelatori esposti in tutti gli interconfronti effettuati dal 2003 al 2006 presso il centro di taratura HPA e nel 2006 presso l'APAT, più un set di rivelatori esposti in condizioni controllate nella camera radon del Servizio. E' stato integrato il programma software di analisi dei dati di lettura delle tracce al microscopio ottico, implementando l'algoritmo di correzione per la sovrapposizione delle tracce, ottimizzando l'intervallo d'integrazione delle tracce efficaci, inserendo una nuova relazione tra la sensibilità e il  $D_{95\%}$  (diametro efficace percentile 95%), ed aggiungendo la possibilità di intervenire manualmente per fissare l'intervallo di diametro per l'integrazione delle tracce efficaci, nel caso di basse esposizioni. E' stata inoltre rivalutata l'incertezza estesa sull'esposizione al radon (vedi Figura 1), secondo il formalismo indicato dalla "Guida all'espressione dell'incertezza di misura" (GUM) [1]. A tal fine sono state analizzate tutte le componenti d'incertezza, di categoria A e B, che contribuiscono a determinare l'incertezza composta sulla sensibilità e sulla densità superficiale di tracce. Tutte le azioni di rimedio effettuate e soprattutto la valutazione dell'incertezza di misura e delle sue componenti, hanno permesso di definire e migliorare la qualità della misura attraverso il completamento e l'ottimizzazione dei programmi di analisi dei rivelatori. Infine è stata verificata la robustezza del metodo di misurazione del radon rispetto ai principali parametri che intervengono nel processo di misurazione. Le azioni effettuate e i relativi risultati sono stati presentati al recente congresso AIRP di Vasto [2].

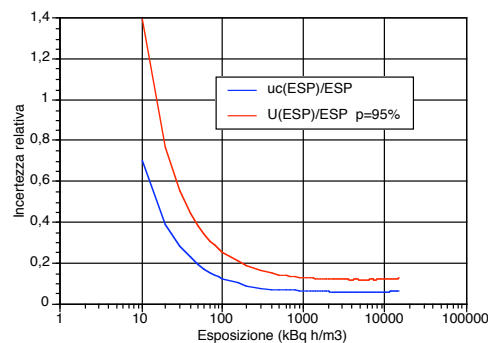
E' attualmente in corso uno studio per progettare e realizzare un nuovo dispositivo per la misurazione del toron, ed associare a tale misura una stima del rischio da esposizione ai suoi prodotti di decadimento. Allo scopo è stata implementata la camera radon del Servizio, aggiungendo un'ulteriore piccolo volume in cui è possibile ottenere una concentrazione di radon (o toron) costante dopo un breve transitorio; sono stati sviluppati altri dispositivi per spettrometria alfa geometricamente analoghi ai dispositivi per radon e toron gas; è stata studiata sperimentalmente la diffusione del radon e del toron nei due dispositivi ed è stato calcolato il tempo di diffusione. All'inizio del prossimo anno i nuovi dispositivi verranno calibrati presso la camera toron del PTB tedesco.

### 3. Conclusioni

L'attività di studio e ricerca permette non solo di migliorare continuamente la qualità della misurazione del radon, ma anche di ampliare la gamma dei servizi offerti all'utenza; mediante lo studio e la realizzazione di un nuovo dispositivo passivo a tracce per la misurazione del toron, sarà possibile mettere a punto una procedura per la valutazione del rischio dovuto all'esposizione al toron e ai suoi prodotti di decadimento, necessario in situazioni in cui sono presenti materiali da costruzione, come ad es. il tufo, che contengono alte quantità di radionuclidi naturali.

[1] UNI CEI ENV 13005 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura", Luglio 2000.

[2] Penzo S. and Calamosca, M., "La valutazione dell'incertezza nella misura dell'esposizione al radon del Servizio Radon ENEA", ISBN 88-88648-06-2 Convegno Nazionale di Radioprotezione, Vasto Marina, 1-3/10/2007.



**Figura 1** Andamento dell'incertezza composta relativa e dell'incertezza estesa relativa sull'esposizione in funzione dell'esposizione



**LABORATORIO NORM: ATTIVITA' DI STUDIO & RICERCA****Massimo Calamosca, Silvia Penzo**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

**1. Premessa**

Nel corso del 2007 il laboratorio NORM è stato messo in grado di assolvere agli obiettivi programmati, ovvero, dotare IRP di un laboratorio sperimentale indirizzato allo studio di strumentazione per la valutazione della dose da contaminazione interna per inalazione di aerosol, e in particolare di emettitori alfa (e, tra questi, i prodotti di decadimento del  $^{222}\text{Rn}$  e del  $^{220}\text{Rn}$ ). Il progetto della camera radon, portato avanti nella fase di verifica di fattibilità nel 2006, è risultato per il momento non ulteriormente percorribile mancando le necessarie garanzie in ordine alle risorse umane necessarie, in particolare, unità di tipo tecnico da utilizzare in attività di laboratorio (attualmente inesistenti presso il nostro centro). E' stata, pertanto, continuata la caratterizzazione del campionatore alfa spettrometrico, a bassa pressione, dei figli del radon e del toron e preparata una sorgente di  $^{220}\text{Rn}$ , per sperimentare un nuovo dispositivo passivo a tracce per la misurazione di tale gas (utilizzabile per una nuova commessa che il Min. delle Finanze si accinge ad attribuirci). Attualmente il laboratorio NORM si compone di 2 zone, una dedicata alla radiometria, e l'altra alla manipolazione di radioisotopi non sigillati e alla produzione e caratterizzazione di aerosol. La zona di radiometria è costituita da una sala di spettrometria gamma, con quattro catene a NaI(Tl) a cui si è aggiunta una nuova catena di spettrometria gamma con HPGe, raffreddato meccanicamente, e da una sala dedicata a misurazioni alfa/beta con scintillatore liquido ed a altre attività di supporto al laboratorio (Microscopia ottica, centrifughe di Stober, etc.). La parte calda, dove attualmente si svolgono pratiche con attività in esenzione, è costituita da due locali dove si eseguono esposizioni in una piccola camera da laboratorio a concentrazioni controllate di radioisotopi di origine naturale, produzione di aerosol di determinata granulometria in campo aerodinamico, insieme alle misurazioni di spettrometria alfa e di dimensione granulometriche.

**2. Campionatore alfa spettrometrico**

E' stata completata la prima fase di uno studio indirizzato a valutare la dipendenza dalla granulometria dell'efficienza di un campionatore a bassa pressione dei prodotti di decadimento a vita media breve del  $^{222}\text{Rn}$  e di quelli del  $^{220}\text{Rn}$ . La metodica utilizzata (produzione di aerosol monodisperso con dimensioni diverse, da impiegare come vettore per i prodotti di decadimento del radon, e verifica con procedure radiometriche delle perdite diffuse e puntuali lungo il dispositivo di campionamento) ed i suoi risultati sono state oggetto di un lavoro preliminare [1], presentato al 5° International Symposium on Naturally Occuring Radioactive Material (NORM V). Questi dati saranno rivisitati sulla base della nuova strumentazione nel frattempo acquisita, ed utilizzando nuove sorgenti di calibrazione, messe a punto dai colleghi del CR Casaccia; l'obiettivo consiste nell'effettuare un bilancio dell'efficienza del dispositivo anche in termini di analisi dell'incertezza secondo la GUM, per poi eventualmente studiare sistemi più efficaci, in particolare orientati all'analisi dei prodotti di decadimento del toron, valutazione obbligatoria per valutare in termini dosimetrici il rischio associato a tale noxa.

**3. Sorgente  $^{220}\text{Rn}$** 

In seguito alla acquisizione di un campione di minerale di Monazite, si è realizzata una sorgente di  $^{220}\text{Rn}$ , con una presenza di  $^{226}\text{Ra}$  molto bassa,  $< 0,6\%$  in attività. E' stata quindi prodotta tramite un processo fisico (frantumazione ad umido con turbola) una frazione fine di tale materiale, con dimensioni del grano tale da agevolare l'emanazione del  $^{220}\text{Rn}$ . La sospensione così ottenuta è stata raccolta su filtri ed utilizzata per la preparazione di una sorgente di  $^{220}\text{Rn}$ , attualmente utilizzata all'interno di un circuito, controllato, per le prove di caratterizzazione del nuovo dispositivo passivo a tracce per il toron.

**4. Conclusioni**

Il laboratorio NORM si sta attrezzando anche per effettuare esposizioni al toron. E' prevista infatti per il prossimo anno la realizzazione e brevettazione di un nuovo dispositivo passivo a tracce per la misurazione del toron; la possibilità di avere camere in cui effettuare un'esposizione al toron è indispensabile per operare in tale campo a causa delle difficoltà di reperire facilities di calibrazione.

[1] M. Calamosca, S. Penzo, A.O. Mustapha. *Development of a radon-aerosol system for testing radon and radon decay products measuring instruments*, V International Symposium on Naturally Occuring Radioactive Material (NORM V) (Siviglia, 19-22/03/2007).

## DOSIMETRIA PERSONALE DEGLI OPERATORI IN RADIOLOGIA INTERVENTISTICA: VALUTAZIONI SPERIMENTALI E MODELLISTICA MONTE CARLO

Giovanna Venturi\*, Gianfranco Gualdrini, Paolo Ferrari

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR-Bologna

\* laureanda in fisica specialistica dell'Università di Bologna

### 1. Premessa

La radiologia interventistica è una procedura che fa uso di un sistema fluoroscopico a Raggi X per localizzare una lesione, monitorare una procedura o controllare una terapia. L'incremento costante del numero di tali pratiche radiologiche, caratterizzata da livelli di dose più elevati rispetto a quelli riscontrati normalmente nelle pratiche di diagnostica RX, necessita un'attenta analisi dosimetrica dello staff e, in particolare, del primo operatore che esegue la procedura, che, lavorando a contatto del paziente, riceve il maggior contributo di radiazione diffusa dal paziente. Nel presente lavoro di ricerca si è ricostruita la dose efficace all'operatore e si sono fatte alcune valutazioni dosimetriche sul paziente nel caso di coronarografia (una delle pratiche più diffuse in tale campo) tramite modellazione Monte Carlo con il codice MCNP-4C.

### 2. Modellazione numerica e verifiche sperimentali

Sono stati eseguiti calcoli preliminari di KAP (prodotto del Kerma in Aria per l'area di irraggiamento), quantità abitualmente impiegata per monitorare la procedura diagnostica, Kerma in aria e fluena fotonica in 4 posizioni caratteristiche, sia in aria libera, che in presenza di operatore ( simulato con slab ISO 30x30x15 cm<sup>3</sup>). Le simulazioni relative sono state eseguite oltre che per irraggiamento PA del paziente, per ciascuna delle 9 rotazioni del braccio a C (figura 1) ritenute rappresentative per un esame su paziente standard (uomo, 174 cm, 75kg ). I risultati ottenuti sono stati validati con alcune misure sperimentali eseguite tramite camera a ionizzazione, dosimetri elettronici e a termoluminescenza. In un secondo tempo, modelli antropomorfi di tipo MIRD (figura 2) sono stati impiegati per il calcolo di dose all'organo e la ricostruzione della dose efficace all'operatore in presenza ed assenza di camice piombato. La dose efficace è stata confrontata con l'equivalente di dose a corpo intero Hp(10). I risultati sono riportati in tabella 1.

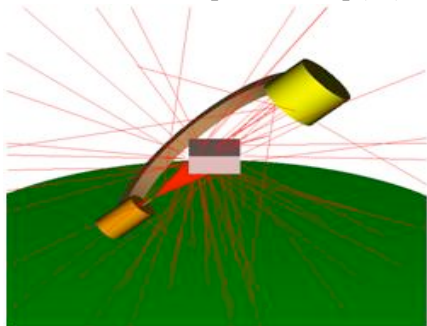


Figura 1: Esempio di simulazione del braccio a C.

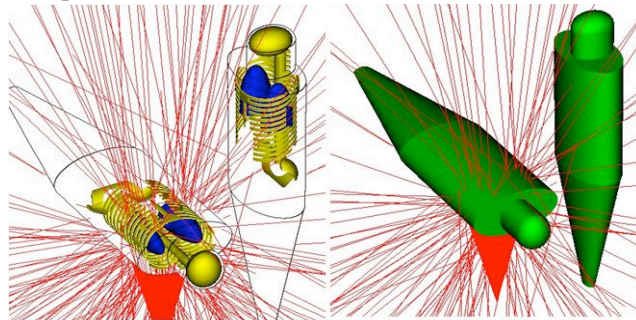


Figura 2: Irraggiamento di modello tipo MIRD

**Tabella 1:** Dose efficace all'operatore con e senza camice piombifero.

	Dose Efficace E (μSv)	Hp(10)/E
Senza camice	94 (8%)	14
Con camice	7 (5%)	≈8

### 3. Conclusioni

Le misure di H<sub>p</sub> effettuate sul fantoccio a slab rappresentano una larga sovrastima del valore di dose efficace, questo è dovuto alla stessa definizione di equivalente di dose che implica il calcolo ad 1 cm di profondità. In realtà a contribuire al calcolo della dose efficace vi sono organi più profondi e più lontani per i quali la legge dell'inverso del quadrato della distanza riduce il contributo in maniera considerevole. Da ciò risulta che in tutti quei casi per i quali sia necessario uno studio dosimetrico accurato è necessario passare dal modello a slab (in cui è definito Hp) al modello antropomorfo (per il calcolo della dose efficace).

[1] A Bozkurt, D Bor, *Simultaneous determination on equivalent dose to organ and tissue of the patient and the physician in interventional radiology using Monte Carlo method*, Phys. Med. Biol 52 (2007)

**STUDI RADIOANALITICI PER LA DETERMINAZIONE DELLA STABILITA' *IN-VIVO* DEL RADIOFARMACO OSTEOTROPO [<sup>153</sup>Sm]Sm-EDTMP**

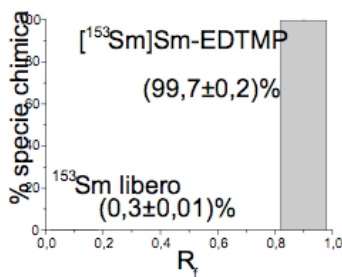
**Sandro Ridone, Dolores Arginelli, Sandro Bortoluzzi, Mario Montalto, Mauro Nocente**  
 ENEA-BAS-ION-Istituto di Radioprotezione, CR Saluggia

**1. Premessa**

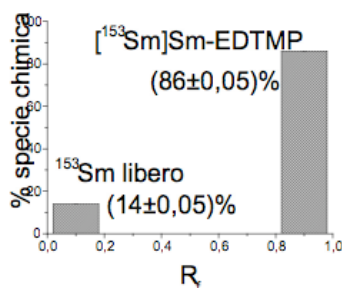
Il radiofarmaco [<sup>153</sup>Sm]Sm-EDTMP è impiegato da tempo nelle cure palliative delle metastasi ossee dolorose originate da mielomi e carcinomi (v. mammella e prostata). Dal momento che i maggiori effetti collaterali sono determinati dalla diminuzione delle piastrine e dei leucociti circolanti per irraggiamento del midollo osseo, occorre effettuare con un'opportuna valutazione dosimetrica l'entità della captazione ossea, responsabile principale di tale tossicità. E' importante quindi valutare la stabilità *in-vivo* del radiocomplesso, poiché la clearance del radionuclide dissociatosi dal sale disfosfonato, che costituisce la molecola carrier all'organo bersaglio, raggiunge l'osso solo con una frazione del 45%.

**2. Metodi e risultati**

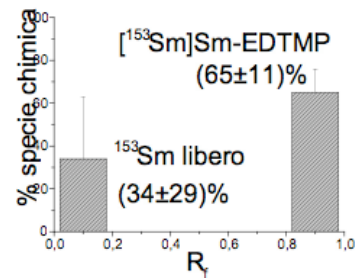
Sono stati effettuati prelievi seriali di sangue, a tempi prestabiliti dalla somministrazione del radiofarmaco (5, 15, 45, 120 min. e 22 h). Ogni campione è stato suddiviso in due aliquote, conservate in provette contenenti eparina, per prevenirne la coagulazione. Un'aliquota di ogni prelievo è stata sottoposta a centrifugazione a 3000 giri/min. per circa 15 min. allo scopo di favorire la separazione del plasma dalle cellule ematiche e avere una matrice biologica meno viscosa per l'analisi con cromatografia su strato sottile (TLC). Le restanti aliquote sono state sottoposte ad analisi tramite TLC senza un trattamento preliminare. L'eluizione con una miscela di H<sub>2</sub>O:CH<sub>3</sub>OH:NH<sub>4</sub>OH (4:2:0,2), proposta per i controlli di qualità della soluzione iniettabile, è stata condotta su un supporto di fibra di vetro, più idoneo della carta per la matrice biologica: in funzione dell'affinità con l'eluente il radiofarmaco indissociato è migrato con il fronte del solvente, mentre il samario libero è rimasto al punto di deposizione. Le strisce sono state tagliate in due porzioni uguali, la cui attività è misurata tramite scintillazione liquida. Il confronto tra le corrispondenti aliquote centrifugate e non pre-trattate ha posto in evidenza che il procedimento meccanico altera la stabilità del complesso, come emerge dal confronto delle figure sottostanti (valori medi ± SD indicati) . La percentuale del radiofarmaco stabile circolante nel tempo è riportata in tabella 1



**Fig. 1:** soluzione iniettabile



**Fig. 2:** prelievo ematico (7') non trattato



**Fig. 3:** prelievo ematico (5') centrifugato

**Tabella 1:** percentuale di radiofarmaco indissociato (valori medi ± SD indicati)

7 min.	16 min.	45 min.	120 min.	22 h
(86±0,05)%	(92±0,01)%	(60±0,07)%	(66±0,1)%	(62±0,001)%

**3. Conclusioni**

Gli studi finora condotti hanno indicato una metodica cromatografica che si prospetta adeguata per discriminare la percentuale di radiofarmaco complesso e libero *in-vivo*. Sono necessarie ulteriori prove per confermare questa ipotesi e disegnare la curva sperimentale della clearance ematica del radiofarmaco stabile, da cui calcolare i parametri farmacocinetici della percentuale di <sup>153</sup>Sm che raggiunge il bersaglio.

[1] Annals of ICRP, Publication 30, Part 3 including Addendum to Parts 1 and 2 (1981).  
 [2] H.T. Gasiglia et al., Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters, 1995, 199(4): 295-304.

## DETERMINAZIONE DELLE IMPUREZZE RADIOATTIVE NEL RADIOFARMACO [<sup>153</sup>Sm]Sm-EDTMP E NELL'URINA DI PAZIENTI SOTTOPOSTI AL TRATTAMENTO

**Sandro Ridone, Dolores Arginelli, Sandro Bortoluzzi, Mario Montalto, Mauro Nocente**  
 ENEA-BAS-ION-Istituto di Radioprotezione, CR Saluggia

### 1. Premessa

Nella stima dosimetrica dei trattamenti con radiofarmaci i controlli di qualità sulla preparazione farmaceutica possono rivestire notevole importanza, dal momento che impurezze radioattive non certificate possono contribuire a fornire una dose indebita al paziente. Ci siamo posti l'obiettivo di valutare la presenza di tali impurezze nella soluzione iniettabile di [<sup>153</sup>Sm]Sm-EDTMP, impiegato nelle cure palliative delle metastasi ossee dolorose, e nell'urina dei pazienti cui era somministrato con l'intento di comprenderne il destino metabolico e fornire informazioni per una più completa valutazione dosimetrica del trattamento.

### 2. Metodi e risultati

Sono stati prelevati 10 mL di soluzione iniettabile, poi depositi su un supporto di gel di silice e fibra di vetro, normalmente impiegato per le analisi cromatografiche, in modo da simulare una sorgente puntiforme. Il campione è stato misurato con spettrometria  $\gamma$  con germanio iper-puro a ridosso della somministrazione e circa un mese, affinché il decadimento del <sup>153</sup>Sm permettesse l'identificazioni di altri radionuclidi a concentrazione più bassa. Sono stati raccolti i campioni di urina ad ogni minzione dei pazienti nell'arco delle 24 ore dall'iniezione e da essi sono stati prelevati 2 mL, diluiti in HNO<sub>3</sub> 2M fino a raggiungere una concentrazione pari all'8% V/V. I campioni sono stati misurati a distanza di circa un mese dal trattamento. Sono state individuate tracce di: <sup>152</sup>Eu, <sup>154</sup>Eu, <sup>155</sup>Eu, <sup>156</sup>Eu e <sup>153</sup>Gd, sia nella preparazione radiofarmaceutica sia negli escreti. Sono stati analizzati 3 lotti di radiofarmaco e in Tabella 1 sono riportati i valori dei rapporti tra le impurezze e il <sup>153</sup>Sm.

**Tabella 1:** rapporto impurezze radioattive vs. <sup>153</sup>Sm

	<b>Lotto A</b>	<b>Lotto B</b>	<b>Lotto C</b>
<sup>152</sup> Eu/ <sup>153</sup> Sm	(9,30±0,22)E-05	(8,27±0,55)E-06	(8,35±0,65)E-06
<sup>153</sup> Gd/ <sup>153</sup> Sm	(1,30±0,10)E-05	(3,15±0,55)E-06	(7,19±0,61)E-07
<sup>154</sup> Eu/ <sup>153</sup> Sm	(1,80±0,03)E-04	(1,46±0,10)E-05	(1,34±0,10)E-05
<sup>155</sup> Eu/ <sup>153</sup> Sm	(3,65±0,12)E-05	(2,96±0,22)E-06	(2,67±0,21)E-06
<sup>156</sup> Eu/ <sup>153</sup> Sm	-	(3,21±0,22)E-05	(2,95±0,24)E-05

Le medesime impurezze sono state trovate nei campioni di urina delle 24 ore di 4 pazienti monitorati, cui era stato somministrato del radiofarmaco proveniente dai 3 lotti considerati precedentemente e da un lotto non analizzato. I rapporti delle attività rispetto al radionuclide principale sono confrontabili con quelli dei lotti B e C, mentre sono di un ordine di grandezza inferiore rispetto al lotto A.

L'analisi tramite spettrometria  $\gamma$  a distanza di circa 3 mesi dall'iniezione, della striscia cromatografica per il controllo della purezza radiochimica del radiofarmaco nella soluzione iniettabile ha mostrato una distribuzione delle impurezze simile a quella del <sup>153</sup>Sm.

### 3. Conclusioni

Dagli studi finora condotti è emersa la presenza di impurezze radioattive non certificate, a emivita lunga rispetto al <sup>153</sup>Sm (la più breve è quella dell'<sup>156</sup>Eu, con  $t_{1/2}=15.19$  giorni), nella soluzione iniettabile. Gli ordini di grandezza dei loro rapporti variano da  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$  e, in alcuni casi, tali impurezze sembrano essere trattenute maggiormente dall'organismo rispetto al samario. Le misure sulle strisce cromatografiche hanno mostrato che, per le affinità chimico-fisiche, gli isotopi dell'Eu e del Gd si legano in maniera analoga al sale disfosfonato così da indurci a supporre un destino metabolico affine a quello del [<sup>153</sup>Sm]Sm-EDTMP.

Ci proponiamo di approfondire il comportamento *in-vivo* delle impurezze per stimarne il contributo alla dose totale al paziente, nonché di valutare il loro impatto ambientale nello smaltimento dei rifiuti ospedalieri.

[1] H.T. Gasiglia et al., Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Letters, 1995, 199(4): 295-304.

## AUTOMAZIONE DELLE OPERAZIONI DI ESTRAZIONE CHIMICA DEI TRANSURANICI NEGLI ECRETI

**Sandro Bortoluzzi, Dolores Arginelli, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente,  
Sandro Ridone**

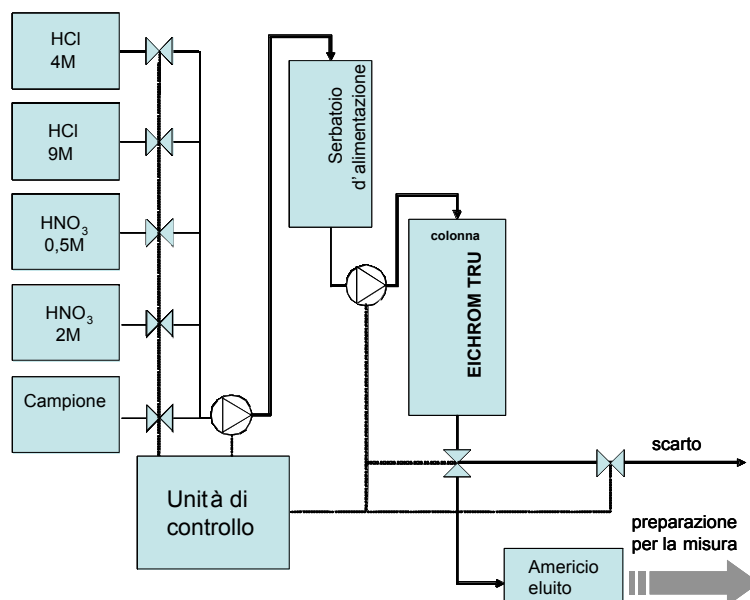
ENEA-BAS-ION-Istituto di Radioprotezione, CR Saluggia

### 1. Premessa

L'automazione dei trattamenti necessari per la separazione dalle matrici biologiche dell'americio e del plutonio, attualmente eseguite in maniera esclusivamente manuale, può comportare notevoli vantaggi sia in termini di affidabilità dei risultati analitici che in termini di riduzione dei costi.

### 2. Descrizione del sistema e del procedimento di estrazione

Dato che il procedimento analitico è molto complesso, per la verifica sperimentale del sistema automatico la sperimentazione è stata condotta suddividendo il lavoro complessivo in diverse fasi. Negli anni precedenti sono stati sperimentati, con esito positivo, la mineralizzazione del campione e la separazione del plutonio. Quest'anno la verifica è proseguita con la realizzazione di un dispositivo sperimentale per la separazione mediante colonna cromatografica dell'americio. L'apparecchiatura, schematizzata nella figura, è composta da un insieme di dosatori automatici collegati al serbatoio di alimentazione della resina selettiva. L'unità di controllo è stata opportunamente programmata per azionare le pompe ed aprire e chiudere le valvole d'intercettazione in modo da attuare l'intero ciclo di separazione.



**Figura 1:** Diagramma del sistema

### 3. Conclusioni

La resa chimica delle separazioni effettuate con il sistema automatico è risultata del tutto equivalente a quella ottenuta conducendo le operazioni di analisi manualmente. Il lavoro finora svolto ci ha consentito di acquisire tutti i parametri tecnici necessari per la progettazione e la realizzazione di un impianto pilota. La concretizzazione nella veste d'impianto prototipo di alcuni ritrovati tecnici potranno costituire oggetto di rivendicazione brevettuale.

- [1] Nevissi A.E., Strebin R.S. J.Rad. Nucl. Chem. Vol. 197,N°.2(1995) 211-218.
- [2] O. Egorov, J. W. Grate, J. Ruzicka, J. Rad. Nuclear Chemistry, Vol. 234, Nos 1-2 (1998) 231-235.
- [3] G. Kim, W.C. Burnett, E.P. Horowitz, Anal. Chem., 72 (2000) 4882.

## L'IMPIEGO DELLA MISURA IN SCINTILLAZIONE LIQUIDA PRESSO IL LABORATORIO DI RADIOTOSSICOLOGIA BAS ION IRP CASACCIA

**Paolo Battisti\*, Sandro Bazzarri, Lelia Andreocci, Isabella Giardina, Liliana Mancini, Giulio Morelli**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Casaccia

\*ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Casaccia

### 1. Premessa

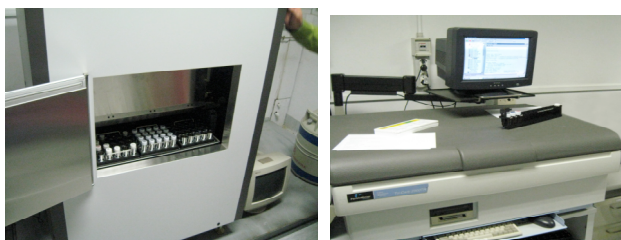
La tecnica della scintillazione liquida (LSC) è diventata sempre più di fondamentale importanza per le attività del Laboratorio di Radiotossicologia BAS ION IRP della Casaccia. Essa viene, infatti, impiegata per un'ampia tipologia di misure e sono in fase di studio altre applicazioni per la determinazione di contaminazione radioattiva in campioni sia biologici che ambientali.

### 2. Impiego attuale e prospettive della scintillazione liquida in attività di routine e straordinarie

Il Laboratorio dispone attualmente di due differenti modelli di contatore a scintillazione liquida: il TRICARB 2900 ed il QUANTULUS 1220.

Il TRICARB 2900 è uno strumento base di facile impiego, utilizzato, principalmente, per misure di sorveglianza della contaminazione interna da  $^3\text{H}$  e da  $^{14}\text{C}$  in campioni di urina; a tal proposito, il Laboratorio partecipa annualmente a prove di interconfronto internazionali (PROCORAD) eccellendo per la bontà della metodica e l'accuratezza dei risultati conseguiti. Un'altra rilevante tipologia di misura, effettuata col TRICARB 2900, è connessa all'individuazione di contaminazione da alfa e beta emettitori nel muco nasale, tecnica impiegata come primo controllo del personale esposto a rischio di contaminazione interna, in particolare da inalazione di radionuclidi transuranici. Poiché questo tipo di misura può essere utilizzato con successo anche per uno screening tempestivo e rapido della popolazione nel caso di incidente o attentato con dispersione di materiale radioattivo in ambiente[1], sono attualmente in corso prove per l'ottimizzazione della procedura di campionamento e di misura, in particolare per la scelta del materiale di raccolta del muco (tampone e soffiata di naso) e del cocktail di scintillazione più idoneo per ottenere nel contempo una buona trasparenza del materiale e una rapida dissoluzione del campione massimizzando, quindi, la sensibilità della misura stessa. Mediante il TRICARB vengono effettuate a richiesta anche misure di  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{35}\text{S}$  e  $^{241}\text{Pu}$  su altri tipi di matrice di varia origine (acqua, filtri, etc...).

Il QUANTULUS 1220, è uno strumento versatile e a basso fondo, più complesso del TRICARB, in termini di messa a punto. Attualmente, sono in fase di studio le sue potenzialità di utilizzo in misure che richiedono sensibilità più spinte, anche con applicazione di metodiche chimiche e radiochimiche di preparazione del campione. Ad oggi è in fase avanzata di messa a punto la metodica di determinazione dello  $^{90}\text{Sr}$  in campioni di urina mediante sua estrazione selettiva e conteggio della radiazione Cherenkov emessa da  $^{90}\text{Y}$  (prodotto di decadimento a breve tempo di dimezzamento dello  $^{90}\text{Sr}$ ).



**Figura 1:** QUANTULUS 1220 e TRICARB 2900

Dati i buoni risultati ottenuti, la tecnica è stata sperimentata anche su campioni di vegetali (lattuga, spinaci) ed applicata, pur necessitando di ulteriori prove per una sua ottimizzazione, nell'ambito della partecipazione del Laboratorio di Sorveglianza Ambientale ION IRP Casaccia alla prova di interconfronto ALMERA 2007 per la misura in tempi rapidi (1 settimana) di  $^{90}\text{Sr}$  in varie matrici ambientali.

### 3. Conclusioni

La messa a punto e l'integrazione di due sistemi di misura in scintillazione liquida, l'uno di più facile impiego, ma con minore sensibilità, il secondo più complesso nell'utilizzo, ma con elevatissima qualità delle prestazioni, permette al Laboratorio di ottimizzare l'impiego della tecnica a scintillazione liquida sia nell'effettuazione dei normali controlli di routine su campioni biologici, sia nella misura di campioni, anche ambientali, per i quali si riveli necessario valutare la presenza di radioattività a livelli estremamente bassi in tempi brevi.

[1] Battisti P., Bazzarri S., Giardina I., *Internal contamination by alpha and beta emitting radionuclides: use of scintillation counting measurement for a mass screening in nuclear emergencies*. Atti Meeting PROCORAD 2007, Villeneuve Lez Avignon, 13-15 giugno

## I DOSIMETRI PER ESTREMITÀ DEL SERVIZIO DI DOSIMETRIA PERSONALE: RISULTATI DI UN INTERCONFRONTO INTERNAZIONALE

Chiara Pellegrini, Francesca Mariotti, Bruna Morelli, Elena Fantuzzi  
 ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Il Servizio di Dosimetria Personale ENEA dispone di 15000 dosimetri per estremità per la misura l'equivalente di dose personale,  $H_p(0.07)$ . Circa 12000 contengono un rivelatore di LiF(Mg,Cu,P)-GR200, prodotto da SDDML (Cina), e 3000 un rivelatore di LiF(Mg,Cu,P) sottile di tipo MCP-Ns, prodotto da Newiadomski (Polonia). I rivelatori di GR200 sono usati per rilevare fotoni e beta di alta energia ( $^{90}\text{Sr}$  -  $E_{\text{media}} = 546 \text{ keV}$ ) mentre quelli di MCP-Ns sono usati per rilevare fotoni e beta di più basse energie fino a 280 keV ( $^{204}\text{Tl}$ )<sup>[1]</sup>.

### 2. Interconfronto EURADOS – Progetto CONRAD

Nell'ambito del progetto europeo CONRAD è stato organizzato un interconfronto, coordinato dal SCK-CEN (Belgio), allo scopo di verificare le prestazioni dei diversi servizi dosimetrici europei che forniscono dosimetri per estremità ad anello, in particolare utilizzati in campo medico. I dosimetri sono stati sottoposti ad irraggiamenti sia con fasci standard ISO di fotoni e beta raccomandati dalla norma ISO 12794<sup>[2]</sup>, sia con campi che riproducono casi realistici dalla radiologia interventistica alla medicina nucleare. Il Servizio Dosimetrico ENEA ha partecipato con i dosimetri per estremità per fotoni e beta con rivelatore sottile, di tipo MCP-Ns. I risultati definitivi dell'interconfronto saranno pubblicati in forma anonima su un Report conclusivo disponibile da gennaio 2008.

### 3. Risultati

L'analisi dei risultati effettuata dagli organizzatori è basata sui requisiti dosimetrici stabiliti dalle raccomandazioni ICRP 75 e rappresentati graficamente dalle curve "trumpet curves" (biblio). In Figura 1 sono riportati i risultati ottenuti in ciascuna condizione di irraggiamento. I risultati mostrano che le letture fornite dai dosimetri con rivelatore sottile MCP-Ns, rientrano nell'intervallo di accettabilità eccetto che per irraggiamenti con fasci misti effettuati con  $^{147}\text{Pm}$  (energia media 225keV). Questo risultato era atteso in base a precedenti studi<sup>[3]</sup>. Infatti lo spessore filtrante del dosimetro (bustina di plastica) non permette la rivelazione di radiazioni  $\gamma$  di bassa energia, comunque di relativo interesse dosimetrico.

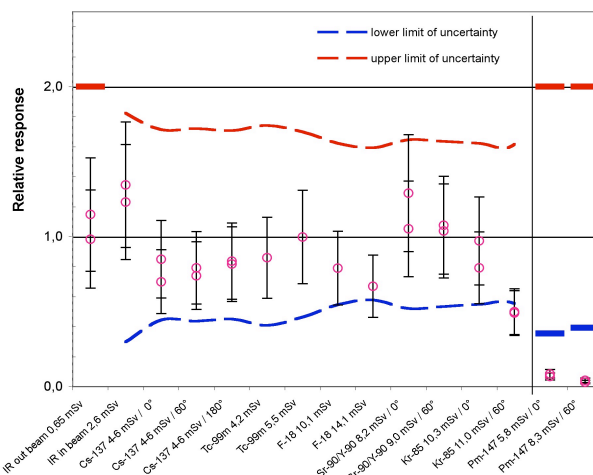


Figura 1 Grafico dei risultati riportati espressi come rapporto tra il valore di equivalente di dose misurato e il valore vero nell'intervallo di accettabilità definito dalle "trumpet curve".

### 4. Conclusioni

I risultati dell'interconfronto hanno riconfermato l'accuratezza della risposta del dosimetro per estremità con rivelatore sottile tipo MCP-Ns per campi fotonici e beta di energie inferiori a quelle dello  $^{90}\text{Sr}$ , ed hanno evidenziato inoltre la buona prestazione dosimetrica anche per i campi misti e in applicazioni realistiche.

- [1] Bedogni, R., Fantuzzi, E. and Monteventi, F. *ENEA personal dosimeters for assessing  $H_p(10)$  and  $H_p(0,07)$* . Radiat. Prot. Dosim. 96(1-3), 187-190 (2001).
- [2] Böhm J., Ambrosi P., *Mandatory type tests of solid state dosimetry systems as an appropriate aid to quality assurance in individual monitoring*. Radiat. Prot. Dosim. 34, 123-126 (1990).
- [3] Bedogni, R., Fantuzzi, E. *Dosimetria delle estremità in  $H_p(0,07, \_)$ : confronto di materiali termoluminescenti e qualificazioni del dosimetro ENEA*. ENEA – RT/AMB/2000/8

**INTERCONFRONTO DI MISURE RADIOTOSSICOLOGICHE “PROCORAD® 2007”:  
PARTECIPAZIONE DEI LABORATORI BAS ION IRP**

**Paolo Battisti**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

**1. Premessa**

La partecipazione ad attività di intercalibrazione ed interconfronto è da anni una prassi regolarmente adottata dai Laboratori dell’Istituto di Radioprotezione dell’ENEA, essendo pressoché unanimemente riconosciuta come una delle vie maestre per la qualificazione e la verifica nel tempo dell’affidabilità delle prestazioni fornite. Ciò è particolarmente vero per tipologie di misura, fra cui quelle effettuate ai fini di dosimetria interna, per le quali il disporre di idonei standard di calibrazione può risultare problematico, sia per gli elevati costi finanziari che ciò comporta, sia per la difficoltà stessa di reperire sul mercato campioni metrologicamente qualificati. Tali attività, in specie se a carattere internazionale, offrono peraltro l’opportunità di inserimento in un contesto tecnico scientifico più ampio, il che indubitabilmente favorisce lo scambio di informazioni, l’analisi critica e l’aggiornamento delle tecniche analitiche utilizzate e quindi la crescita delle competenze e delle capacità operative dei Laboratori stessi.

Nell’ambito delle misure del contenuto di radionuclidi in campioni biologici finalizzate alla sorveglianza radioprotezionistica della contaminazione interna, le cosiddette misure Radiotossicologiche, una delle iniziative più accreditate a livello internazionale è sicuramente costituita dalle campagne di interconfronto organizzate dalla PROCORAD®, società privata francese istituita allo scopo da alcuni dei maggiori esperti della materia. Gli interconfronti PROCORAD si svolgono con scadenza annuale fin dalla metà degli anni ’90 proponendo un set di prove che abbraccia le principali tipologie di misure utilizzate in radiotossicologia ed hanno registrato nel tempo una partecipazione sempre più ampia e qualificata da parte dei principali Laboratori europei ed extraeuropei operanti nel campo.

L’Istituto di Radioprotezione ENEA partecipa continuativamente a PROCORAD fin dal 1996, dapprima con il solo Laboratorio di Radiotossicologia IRP Casaccia e successivamente anche con i Laboratori IRP di Frascati (dal 2000), Saluggia (dal 2003) e Trisaia (dal 2005), ciascuno per le tipologie di misura di interesse.

**2. L’interconfronto PROCORAD 2007**

Come nelle passate edizioni, anche nel 2007 l’interconfronto PROCORAD ha proposto una serie di esercizi diversificati inerenti la misura del contenuto di varie tipologie di radionuclidi in campioni di urina e feci, consentendo l’applicazione delle principali metodologie di analisi comunemente utilizzate in radiotossicologia.

All’interconfronto hanno complessivamente aderito 70 laboratori di 21 Paesi, di cui 61 provenienti dall’Europa (6 dall’Italia, di cui 4 BAS ION IRP), 4 dall’America del Nord, 3 dall’America del Sud, 1 dall’Asia e 1 dall’Africa; in Tabella 1 vengono indicati per ogni esercizio proposto, descrizione della prova (tipologia e numero di campioni, determinazione prevista), numero complessivo di partecipanti e partecipanti BAS ION IRP.

**Tabella 1 :** Interconfronto PROCORAD 2007: descrizione sintetica degli esercizi proposti e partecipazione.

Ex.	Tipologia campione	N° campioni	Radionuclide/i di cui determinare il contenuto	Totale partecipanti		Laboratori BAS ION IRP partecipanti
				adesione	risposte	
1	urina	5 1	trizio inorganico	52	49	Casaccia, Frascati
			trizio organico	27	18	Casaccia, Frascati
2	urina	4	carbonio ( <sup>14</sup> C)	32	27	Casaccia
3	urina	3	gamma-emettitori	50	48	Casaccia, Saluggia, Trisaia
			stronzio ( <sup>90</sup> Sr)	42	34	Casaccia, Trisaia
4	urina	3	uranio	40	33	Casaccia
5	urina	3	attinidi	41	39	Casaccia, Saluggia
6	feci	3	Plutonio	31	28	Casaccia, Saluggia
			Americio e Curio	31	28	Casaccia, Saluggia
7	urina	1	non specificati (“surprise”)	29	26	nessuno



### 3. Risultati ottenuti dai Laboratori dell'Istituto di Radioprotezione ENEA

In Tabelle 2 -5 sono riportati in termini di BIAS (scarto relativo fra valore misurato e valore certificato) gli esiti forniti dai 4 Laboratori BAS ION IRP agli esercizi PROCORAD 2007 cui hanno partecipato.

**Tabella 2.** Esercizio 1 e 2 (determinazione contenuto di  $^3\text{H}$  e  $^{14}\text{C}$  rispettivamente in 5 e 4 campioni di urina): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti.

Laboratorio BAS ION IRP	$^3\text{H}$ camp.A Blank <sup>(*)</sup>	$^3\text{H}$ camp.B BIAS (%)	$^3\text{H}$ camp.C BIAS (%)	$^3\text{H}$ camp.D BIAS (%)	$^3\text{H}$ camp.Fo BIAS (%)	$^3\text{H}$ camp.Fi BIAS (%)	$^{14}\text{C}$ camp.A Blank <sup>(*)</sup>	$^{14}\text{C}$ camp.B BIAS (%)	$^{14}\text{C}$ camp.C BIAS (%)	$^{14}\text{C}$ camp.D BIAS (%)
Casaccia	NR	8,7	3,0	0,2	-5,6	1,5	NR	2,4	2,5	3,1

NR = nessun radionuclide rivelato

**Tabella 3.** Esercizio 3 (determinazione contenuto di radionuclidi  $\alpha$ -emettitori e  $^{90}\text{Sr}$  in 3 campioni di urina): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti.

Laboratorio BAS ION IRP	campione A BIAS (%)	campione B BIAS (%)					campione C BIAS (%)			
		$^{40}\text{K}$	$^{129}\text{I}$	$^{133}\text{Ba}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{133}\text{Ba}$	$^{152}\text{Eu}$	$^{154}\text{Mn}$
Casaccia	-9,2	21,4	-0,8	-8,8	-0,4	-9,5	-4,2	-10,6	-1,6	-9,5
Saluggia	-1,6	12,8	1,8	1,5	6,4	NE	1,7	-3,6	3,3	NE
Trisaia	3,9	7,7	2,4	-5,0	9,8	-4,2	3,9	-4,2	3,4	5,6

NE = determinazione non effettuata

**Tabella 4.** Esercizio 4 (determinazione contenuto di Uranio in 3 campioni di urina): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti.

Laboratorio BAS ION IRP	campione A BIAS (%)				campione B BIAS (%)				campione C BIAS (%)
	$^{234}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{238}\text{U}$	$\text{U}_{\text{totale}}$	$^{234}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{238}\text{U}$	$\text{U}_{\text{totale}}$	Blank <sup>(*)</sup>
Casaccia	-14,5	-10,6	-10,6	-10,6	-10,7	-18,8	-15,9	-14,6	NR

NR = nessun radionuclide rivelato

**Tabella 5.** Esercizi 5 e 6 (determinazione attinidi in 3 campioni di urina e feci e in soluzione standard di  $^{238}\text{Pu}$ ): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti

Laboratorio BAS ION IRP	Urine A BIAS (%)			Urine C BIAS (%)			Urine B	Feci B BIAS (%)		Feci C BIAS (%)		Feci A	Sol. Std.
	$^{238}\text{Pu}$	$^{238}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$	$^{238}\text{Pu}$	$^{238}\text{Pu}$	$^{244}\text{Cm}$	blank <sup>(*)</sup>	$^{241}\text{Am}$	$^{244}\text{Cm}$	$^{239}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$	blank <sup>(*)</sup>	$^{238}\text{Pu}$
Casaccia	21,3	19,1	8,2	-1,6	7,9	6,3	NR	4,9	18,1 <sup>(**)</sup>	-2,1	1,8	NR	0,2
Saluggia	-4,0	-22,2	4,1	-10,4	2,5	4,3	NR	-29,6	-56,8	22,4	-41,8	NR	0,7

NR = nessun radionuclide rivelato

Da un'analisi sintetica dei risultati effettuata sulla base del criterio di accettabilità del dato di misura proposto dall'ISO (BIAS compreso nell'intervallo [-25%,+50%]), si rilevano come unici dati non conformi 3 delle 4 determinazione degli attinidi nelle feci effettuate dal Laboratorio di Saluggia, mentre sono da segnalare le ottime performance dimostrate dai Laboratori IRP nella misura di spettrometria gamma e nella determinazione dello stronzio nelle urine, degli attinidi nelle urine e nella misura di trizio e di carbonio ( $^{14}\text{C}$ ) nelle urine e degli attinidi nelle feci da parte del Laboratorio Casaccia. Di converso si rileva, pur in un quadro di ampia accettabilità dei risultati, la necessità di affinamento dei metodi per la determinazione dell'Uranio, in particolare per l'individuazione di un probabile errore sistematico presente nella procedura.

### 4. Conclusioni

I risultati ottenuti in questo interconfronto PROCORAD 2007 dai Laboratori BAS ION IRP sono da considerare nel complesso ampiamente soddisfacenti. A testimonianza di ciò si sottolineano per altro le menzioni di merito, con richiesta di pubblicazione delle metodologie adottate, inviate da PROCORAD al Laboratorio di Casaccia per le determinazioni degli attinidi nelle feci, del trizio nelle urine e di plutonio nella soluzione standard, al Laboratorio di Trisaia per la determinazione dei radionuclidi gamma emettitori nelle urine ed a quello Saluggia per la determinazione del plutonio nella soluzione standard.

(\*) Blank = campione non tracciato con radionuclidi.

(\*\*) dato inficiato dall'uso, suggerito da PROCORAD, di un fattore correttivo del dato pari a 1,2. e risultato poi conforme per l'analisi del Curio nelle urine, ma non nelle feci. La non applicazione di tale fattore avrebbe dato un esito dell'analisi con BIAS pari al 2.2%.



**SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE  
E VALUTAZIONI DI SICUREZZA RADIOLOGICA**



# IL COORDINAMENTO DELLA SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE IN ENEA

**Elena Fantuzzi**

ENEA – BAS ION - Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

## 1. Premessa

La sorveglianza fisica di radioprotezione consiste nell'insieme di azioni che il Datore di Lavoro di attività che comporta l'impiego di radiazioni ionizzanti deve mettere in atto *ex D.Lgs.230/95 s.m.i.* per la protezione dei lavoratori esposti, dell'ambiente e della popolazione. Il Datore di Lavoro deve avvalersi dell'Esperto Qualificato (EQ). Le funzioni di EQ non possono essere assolte dalla persona fisica del datore di lavoro né dai dirigenti che esercitano e dirigono l'attività, né dai preposti che ad essa sovrintendono, né dagli addetti alla vigilanza. L'EQ è un esperto in radioprotezione abilitato *ex art.78* del medesimo decreto che assumendo l'incarico assume a sua volta specifici obblighi e responsabilità di legge.

In ENEA sono attualmente 9 gli EQ con incarico per attività svolte in oltre 50 impianti e laboratori afferenti a 4 Dipartimenti (ACS, BAS, FIM, FPN) nei centri di Bologna, Brasimone, Brindisi, Casaccia, Frascati, Portici, Saluggia, S. Teresa e Trisaia.

Per definizione l'EQ effettua i suoi compiti e valutazioni di legge in autonomia e sulla base della propria abilitazione che lo vede iscritto in un elenco nazionale del Ministero del Lavoro. Nel rispetto di ciò, l'Istituto di Radioprotezione, da molti anni effettua una azione di coordinamento dell'attività degli EQ attraverso la condivisione di procedure comuni per le comunicazioni, le valutazioni, il formato dei documenti previsti dalla legge.

## 2. Azioni di Coordinamento nell'anno 2007

Attraverso riunioni ed incontri specifici, a cadenza circa trimestrale, sono discusse e condivisi vari aspetti della sorveglianza fisica di radioprotezione in atto in ENEA ed anche aspetti generali della radioprotezione ed obblighi di legge. Per ogni riunione è redatto specifico "o.d.g." e verbale.

Alle riunioni partecipano se necessario anche esperti di dosimetria, esperti informatici e/o altro che riferiscono per argomenti specifici di propria competenza.

Nel corso del 2007 sono stati presi in esame i seguenti argomenti:

- applicazione del D.Lgs.52/07 sulla gestione delle sorgenti orfane e di alta attività
- utilizzo del database dei lavoratori esposti ed archivio dei dati dosimetrici realizzato presso IRP a Frascati con accesso informatico via web
- scheda posto lavoro di lavoro elettronico: modifiche e verifiche necessarie per corretto utilizzo
- sorveglianza fisica per lavoratori esposti dipendenti da terzi
- formazione in radioprotezione per lavoratori esposti
- software utilizzabili per valutazioni di dose da rilascio radioattivo in ambiente
- classificazione personale inserito in squadre di reperibilità
- istruzioni di radioprotezione per lavori con rischio di esposizione esterna ed interna
- censimento aree con rischio da radiazioni ionizzanti nel CR Casaccia
- regolamento di esercizio per pratiche di cat.A
- richieste di Nulla Osta in via di autorizzazione per il CR Casaccia
- stato dell'arte e utilizzo dei dosimetri personali elettronici

## 3. Conclusioni

La radioprotezione è basata su procedure, misure di radioattività per rivelare contaminazioni ambientali e/o individuali, misure di dosimetria individuale per esposizione esterna, valutazione di risultati dosimetrici, sopralluoghi periodici di monitoraggio in ambienti di lavoro, valutazioni di rischio ai fini della classificazione degli ambienti di lavoro e dei lavoratori. Tutto deve essere regolato e registrato su documentazione di radioprotezione prevista dalla legge (i.e. registro di radioprotezione per ciascuna pratica con impiego di radiazioni ionizzanti, schede dosimetriche individuali, comunicazioni di dose periodiche, relazioni tecniche di prima verifica e periodiche, etc.).

Il coordinamento di questa attività e la condivisione di tutti questi aspetti da parte di tutti gli EQ insieme agli esperti di dosimetria e di radioprotezione in organico all'Istituto di Radioprotezione sono fondamentale per garantire l'ottimizzazione, l'armonizzazione e la omogeneità di attuazione della sorveglianza fisica *ex lege* in tutti i centri ENEA.

# VALUTAZIONI DI SICUREZZA RADIOLOGICA: ROGETTO TECNOLOGIE PER LA SALUTE: RADIOPROTEZIONE IN PROTONTERAPIA NELL'AMBITO DEL PROGETTO "TECNOLOGIE PER LA SALUTE"

**Sandro Sandri, Giuseppe Ottaviano**  
ENEA-BAS-ION-Istituto di Radioprotezione, CR Frascati

## 1. Premessa

ENEA è da tempo coinvolto nelle attività relative all'impiego degli acceleratori per protoni nel settore medico. Nell'ambito del progetto interdipartimentale ENEA "Tecnologie per la salute" l'Istituto di Radioprotezione è stato chiamato a curare gli aspetti progettuali e di sviluppo relativi ai necessari presidi di radioprotezione. Attualmente una parte di questa attività è dedicata agli sviluppi progettuali relativi all'installazione IMPLART che dovrebbe essere realizzata presso la struttura ospedaliera IFO di Roma. Il momento è particolarmente importante per questo settore applicativo che è valutato in fase di forte sviluppo. Ad esempio la Varian, importante società di produzione di sistemi acceleranti per il settore medico, ha acquisito nuove strutture per affrontare la sfida dell'adronterapia e prevede 70 nuove installazioni di questo tipo nel mondo nei prossimi 10 anni. Anche in Italia ci sono i sintomi di questa agitazione, tra 5 anni saranno infatti operative al nord 3 strutture di adronterapia: CNAO a Pavia, per il quale a breve dovrebbe partire la fase autorizzativa e che dovrebbe essere operativo già nel giro di uno o due anni, AtrE a Trento, per il quale è iniziata la procedura di appalto, e una terza impianto che dovrebbe trovare posto nella regione Veneto. A Catania, dove da tempo è in funzione presso l'INFN un impianto per il trattamento di alcuni tumori con tecniche di protonterapia, sembra ci sia l'intenzione di potenziare i sistemi per ampliare la gamma dei possibili trattamenti. Nell'Italia centrale attualmente l'unica prospettiva è rappresentata appunto da IMPLART. IRP è coinvolto nella fase progettuale ed ha partecipato alle prime valutazioni collaborando principalmente con il gruppo di Fisica Sanitaria dell'IFO.

## 2. Studi e valutazioni

IRP ha partecipato ai primi incontri tecnici finalizzati all'impostazione del progetto IMPLART ed alla preparazione del documento tecnico per la richiesta del necessario nulla osta all'impiego (di cat. A). La struttura presenta problematiche di radioprotezione abbastanza avanzate e per certi versi anche complesse. Saranno previste due stazioni sperimentali, una di bassa energia per analisi di fasci di protoni ad alto LET ed una dedicata ad esperimenti di radiobiologia con energie medio basse ottenute degradando il fascio da 140 MeV. L'impiego principale sarà comunque quello offerto da due uscite di fascio ad energia elevata, una a 140 MeV (per i tumori testa-collo) con possibilità di variazione tra 100 e 140 MeV e l'altra a 230 MeV per i tumori profondi con possibilità di variazione dell'energia tra 140 e 230 MeV. Per il trattamento del melanoma oculare (che necessita di energie intorno a 65 MeV) non saranno previsti un fascio e una sala a parte ma si useranno dei degradatori di energia per effettuare questi interventi nella stessa sala in cui è convogliato il fascio principale. L'acceleratore non sarà predisposto per la produzione di radioisotopi a breve vita. Saranno pertanto presenti problematiche legate alle emissioni pronte durante il funzionamento nonché quelle dovute all'attivazione di parti solide, liquide e gassose.

## 3. Conclusioni

Il gruppo di studio dedicato all'analisi delle componenti di fascio e delle radiazioni prodotte, del quale fa parte anche il dr. S. Sandri di IRO, ha iniziato a valutare in via generale gli aspetti peculiari di radioprotezione propri di queste installazioni ed ha emesso un primo lavoro in via di pubblicazione su una rivista nazionale del settore[1]. Le prime considerazioni, scaturite essenzialmente dall'analisi dei dati di letteratura, riguardano la possibilità di rispettare in fase autorizzativa le richieste di legge e quelle solitamente avanzate dagli organi di controllo italiani in merito alla produzione per attivazione di sostanze radioattive, alla loro concentrazione negli ambienti di lavoro ed al loro rilascio nell'ambiente esterno.

[1] M. Benassi, L. Strigari, S. Sandri e C. Algranati. *Aspetti di radioprotezione connessi al progetto di protonterapia di Trento*. Rivista Medica, in via di pubblicazione.

## **CENSIMENTO DELLE AREE CON RISCHIO RADIAZIONI IONIZZANTI PRESENTI NEL CENTRO RICERCA ENEA CASACCIA**

**Giorgia Iurlaro, Angelo Baiano, Daniele Baiano, Giuliano Cicoli, Roberto Napoleone,  
Aldo Pelleccia, Elia Rossi\*, Elena Fantuzzi\*\***

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione Casaccia

\*ENEA – FPN FIS ING Bologna

\*\*ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione Bologna

### **1. Premessa**

Il *Censimento delle aree con rischio radiazioni ionizzanti presenti nel Centro Ricerca ENEA Casaccia* è stato effettuato con lo scopo di creare un modello di documento in grado di raccogliere, in brevi quadri sinottici e planimetrie allegate, tutte le informazioni disponibili in merito ai laboratori e alle attività che comportano l'impiego di radiazioni ionizzanti.

L'obiettivo primario è stato omogeneizzare le informazioni inerenti alla radioprotezione per tutte le attività svolte nell'ambito del programma di ricerca di base e applicata del centro multidisciplinare ENEA. I Dipartimenti dell'Ente coinvolti sono BAS (Bioteologie, Agroindustria e Protezione della Salute), FPN (Fusione Tecnologie e Presidio Nucleare), FIM (Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali) e ACS (Ambiente, Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile).

Il contenuto del documento è stato aggiornato con il contributo dei direttori di dipartimento, dei responsabili di laboratorio, del personale della radioprotezione operativa e degli esperti qualificati incaricati.

### **2. Censimento delle aree con rischio di radiazione**

Tutte le pratiche che comportano un'esposizione alle radiazioni ionizzanti devono essere giustificate, anteriormente alla loro prima adozione o approvazione, considerando i vantaggi economici, sociali o di altro tipo rispetto al detrimento sanitario che ne può derivare. Inoltre, le pratiche esistenti devono essere sottoposte a verifica per quanto concerne tali aspetti di giustificazione ogni volta che emergono nuove ed importanti prove della loro efficacia e delle loro conseguenze [1]. Per queste ragioni, l'attuazione della normativa di radioprotezione richiede anche la revisione periodica delle modalità di svolgimento delle varie attività di ricerca, al fine di ottimizzare le pratiche e le azioni messe in atto per il rispetto della protezione dei lavoratori e della popolazione.

Il Decreto Legislativo 230 del 17 marzo 1995 [2] e la Legge 31-12-1962, n. 1860 [3], modificati ed integrati, costituiscono il testo che regola l'esercizio di attività con rischio da radiazioni ionizzanti e l'impiego pacifico dell'energia nucleare. Sono il riferimento per l'identificazione delle figure professionali coinvolte nella gestione delle pratiche, quali l'esercente, il richiedente, il datore di lavoro, i dirigenti, i preposti e gli esperti qualificati.

Il Centro Ricerca ENEA Casaccia (comune di Roma) comprende un elevato numero di locali e impianti con rischio radiazioni ionizzanti: 30 Laboratori distribuiti in 20 Edifici, oltre ai due impianti nucleari TRIGA e TAPIRO.

Il documento redatto contiene: una parte introduttiva riguardo alla normativa in radioprotezione; la mappa del centro con la localizzazione degli edifici; un elenco dei laboratori con la specifica dell'unità organizzativa preposta (vedi Tabella 1); i quadri sinottici per ciascuna attività/pratica/edificio e le planimetrie dettagliate per ciascuno stabile.

A titolo di esempio si riporta di seguito nella Tabella 2 il quadro sinottico per l'attività di ricerca sugli effetti delle radiazioni ionizzanti su animali da esperimento.

Nel *Censimento* tutte le planimetrie sono state opportunamente revisionate allo scopo di evidenziare le aree classificate [3] (Zone Controllate e Zone Sorvegliate) e il rischio a cui è sottoposto il lavoratore nelle normali condizioni di lavoro (Rischio di Contaminazione o Rischio da Irraggiamento), come mostrato in Figura 1 per l'edificio T-II-08.

Una copia dei documenti citati sarà custodita in un unico archivio presso l'Istituto di Radioprotezione, fruibile da parte di tutti i Dipartimenti, dalla Direzione di centro e dalla Unità Sicurezza del Centro.

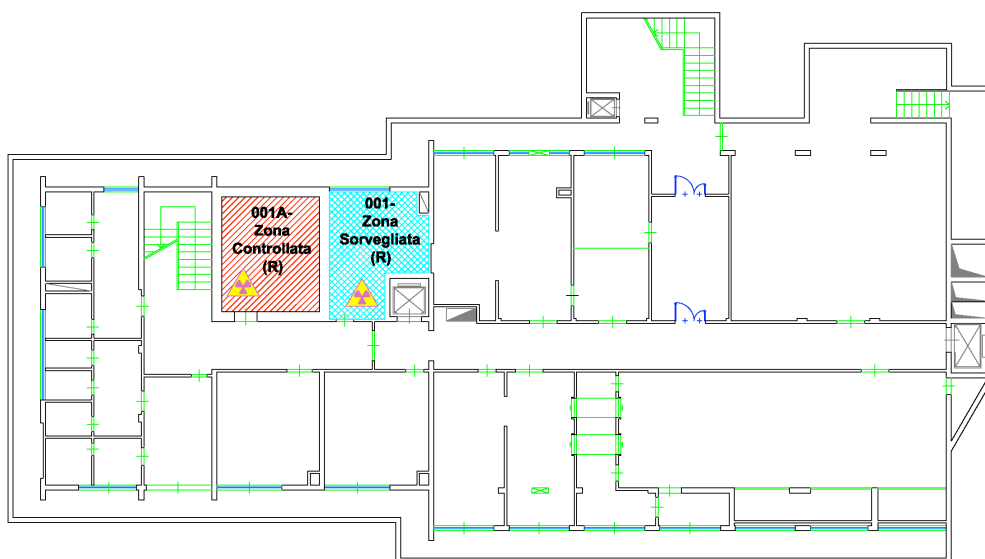
**Tabella 1:** Elenco degli edifici con rischio da radiazioni ionizzanti presenti nel Centro Ricerca ENEA Casaccia e dettagli sulle attività svolte dalle diverse Unità e Sezioni coinvolte.

Edificio	Attività	Dipartimenti & Sezione
C-III-2	Reattore Triga	FPN FIS-ION
C-III-6	Macchina Radiogena	FIM MAT-QUAL
C-III-25	Studio di materiali irraggiati	FPN RAD-CAT
C-III-27 (1)	Laboratorio Cicli Biogeochimici	BAS BIOTEC-AMB
C-III-27 (2)	Laboratorio Sedimentologia	ACS-PROTCHIM
C-III-37	Reattore Tapiro	FPN FIS-ION
C-III-43	Laboratorio Radiochimico	FPN RAD-CAT
C-III-45 (1)	Fluorescenza e trattamento campioni	BAS BIOTEC-SIC
C-III-45 (2)	Chimica Analitica	BAS BIOTEC-SIC
C-III-45 (3)	Fluorescenza e trattamento di campioni	FIM MAT COMP
C-III-58 (1)	Studio di Materiali	FIM MAT COMP/TEC
C-III-58 (2)	Salvaguardia patrimonio artistico	FIM MAT-QUAL
F-I-24	Laboratorio di radiochimica	FIM MAT-QUAL
F-I-65	Laboratorio di imaging a scintillazione	FIM MAT-NANO
T-II-1	Laboratorio di Radiochimica	BAS ION-IRP
T-II-2 bis	Radon	BAS ION-METR
T-II-3	WBC	BAS ION-IRP
T-II-4 (1)	Laboratorio di Biochimica	BAS BIOTEC-MED
T-II-4 (2)	Laboratorio IRP Deposito Sorgenti	BAS ION-IRP
T-II-5 (1)	Laboratori di Radiotossicologia	BAS ION-IRP
T-II-5 (2)	Laboratori di Metrologia	BAS ION-METR
T-II-6	Camera Calda -Cella Cobalto	BAS BIOTEC-GEN
T-II-7 (1)	Irraggiatore Gamma	BAS BIOTEC-MED
T-II-7 (2)	Spettrometria alfa	BAS BIOTEC-MED
T-II-7 (3)	Laboratorio Radiochimica e Traccianti	BAS BIOTEC-MED
T-II-7 (4)	Laboratorio di Radiobiologia	BAS BIOTEC-MED
T-II-8	Macchine radiogene per animali da laboratorio	BAS BIOTEC-MED
T-II-11	Microtrone – Dosimetria ad alte dosi	BAS ION-METR
T-II-16	Impianto Calliope	FIM FIS-ION
T-II-17 (1)	Laboratorio di Metrologia dei Neutroni	BAS ION-METR
T-II-17 (2)	Laboratorio Radiochimico	BAS ION-IRP
T-II-18	Ex stabulario caldo	BAS BIOTEC-MED

**Tabella 2:** Esempio di quadro sinottico compilato per l'attività di ricerca sugli effetti delle radiazioni ionizzanti su animali da esperimento che si svolgono nell'edificio T-II-08.

Edificio: T-II-08																
Dipartimento & Sezione	BAS BIOTEC-MED	Attività	Macchine radiogene per animali da laboratorio	Tipo di Pratica	Nulla Osta di Categoria B											
Datore di Lavoro	Direttore di Centro: Ing. P. Giampietro	Esercente/ Richiedente	Direttore Dipartimento : Dr. L. Rossi	Responsabile di Area	Dr.ssa S. Rebessi											
Esperto Qualificato	Ing. G. Liccione, 25/11/2004	Relazione (ex art. 61, D.Lgs 230/95 e s.m.i.)	EQ: dr. G. Fraschetti del dicembre 2002	Precedente Esperto Qualificato	Dr.ssa D. Arginelli Dr. R. Falcone Dr. G. Fraschetti											
Vecchi Documenti		Documenti Intermedi ed integrativi		Autorizzazioni Vigenti												
<ul style="list-style-type: none"> <li>16/07/1968: Descrizione dei luoghi di deposito e di uso dei radionuclidi e degli apparecchi generatori di radiazioni ionizzanti per i laboratori del C.S.N. Casaccia ( art.149 del DPR 13/02/1964 n°185) inviata al Ministero della Sanità e al Prefetto della Provincia di Roma</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>24/05/2007: Relazione di radioprotezione integrativa Prot.ENEAL/2007/30015/BAS</li> <li>16/07/2004: Richiesta Ministero del Lavoro: verbale prot. N° IV/06/305/55</li> <li>20/12/2002: Istanza per rilascio di Nulla Osta di categoria B prot. Biotec/2002/2217</li> </ul>														
<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <thead> <tr> <th>Piano</th> <th>Locale</th> <th>Classificazione Area</th> <th>Rischio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Interrato</td> <td>001- Sala Comando</td> <td>Zona Sorvegliata</td> <td>R</td> </tr> <tr> <td>001/A</td> <td>Zona Controllata</td> <td>R</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align:center;">Irradiazione Esterna: R      Contaminazione: C</p>						Piano	Locale	Classificazione Area	Rischio	Interrato	001- Sala Comando	Zona Sorvegliata	R	001/A	Zona Controllata	R
Piano	Locale	Classificazione Area	Rischio													
Interrato	001- Sala Comando	Zona Sorvegliata	R													
	001/A	Zona Controllata	R													





**Figura 1:** Planimetria dell'edificio T-II-08, piano interrato; sono evidenziati i locali in cui si svolge la pratica, la classificazione delle aree e il rischio radiologico (con R è indicato il rischio per irradiazione esterna).

### 3. Conclusioni

Il *Censimento delle aree con rischio radiazioni ionizzanti presenti nel Centro Ricerca ENEA Casaccia* è stato avviato al fine di raccogliere una sintesi di tutte le informazioni necessarie alla verifica dell'attuazione degli obblighi di radioprotezione e può essere utile al Datore di Lavoro per l'integrazione del documento di valutazione dei rischi (DVR) che contenga le misure di prevenzione e il programma di attuazione di tali misure per la sicurezza e la salute durante il lavoro, in conformità a quanto previsto dall'art. 4 comma 2 del D.Lgs.626/94 e s.m.i. [4], correlato per i rischi da radiazioni ionizzanti con art. 61 comma 1 del D.Lgs.230/95 e s.m.i.

Un simile *Censimento*, di estrema utilità per le figure di responsabilità individuate dalla normativa vigente, sarà redatto per tutte le altre sedi ENEA ove si svolgono attività con rischi da radiazioni ionizzanti: Bologna, Brasimone, Brindisi, Faenza, Frascati, Portici, Saluggia, S. Teresa e Trisaia.

- [1] International Commission for Radiation Protection. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP publication 60. Pergamon Press, Oxford (1990)
- [2] Decreto Legislativo 17 marzo 1995 n.230: *Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 74 (13-06-1995) e s.m.i.
- [3] Legge 31-12-1962, n.1860, *Impiego pacifico dell'energia nucleare* (G.U. 30-01-1963, n.27, Serie Generale)
- [4] D.Lgs.626/94 "Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269 /CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 97/42/CEE e 1999/38/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro". Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 265 (12-11-1994) – Supplemento ordinario n°141 e s.m.i.

## D.LGS.52/07: CONTROLLO DELLE SORGENTI RADIOATTIVE SIGILLATE AD ALTA ATTIVITÀ E DELLE SORGENTI ORFANE IN ENEA

**Giorgia Iurlaro, Mario Basta\*, Enrico Borra, Carlo Maria Castellani\*\*, Lorenzo Florita, Giuseppe Liccione<sup>^</sup>, Elia Rossi<sup>o</sup>, Sandro Sandri<sup>#</sup>, Elena Fantuzzi\*\***

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione Casaccia, \*Istituto di Radioprotezione Saluggia

\*\*Istituto di Radioprotezione Bologna, <sup>^</sup>ENEA – ACS PROT STP- Trisaia, <sup>o</sup> ENEA – FPN FIS ING Bologna

<sup>#</sup>Istituto di Radioprotezione Frascati

### 1. Premessa

Il Decreto Legislativo 6 febbraio 2007 n.52 “Attuazione della direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane” (G.U. n. 95 del 24-04-2007) è entrato in vigore il 10/5/2007 ed integra la normativa vigente nel settore delle radiazioni ionizzanti (D.lgs.230/95 e s.m.i.). In particolare ha lo scopo di rafforzare il controllo sulle *sorgenti radioattive sigillate ad alta attività*, per tutto il periodo di utilizzo sino al termine del loro impiego, e sulle *sorgenti “orfane”* (ad es. abbandonate, collocate in luogo errato, trasferite), prevenendo così l’esposizione dei lavoratori e della popolazione a radiazioni ionizzanti derivanti da una cattiva gestione di tali sorgenti. Il decreto ha stabilito un periodo di 180 giorni entro il quale il detentore ha dovuto integrare le informazioni fornite alle autorità vigilanti sulle sorgenti ad alta attività e ha potuto, a fronte del pagamento di una simbolica somma di 100 euro, regolarizzare eventuali sorgenti non correttamente autorizzate o dichiarate.

### 2. Obblighi per l’ENEA

Il decreto ha previsto gli obblighi per l’Ente su due piani differenti, ENEA “*detentore di sorgenti radioattive*” ed ENEA *ente nazionale* chiamato a svolgere una parte attiva nelle azioni previste per le modalità di gestione delle sorgenti orfane che emergeranno sul territorio nazionale. I compiti dell’ENEA in quest’ultima veste, per i quali saranno necessari rafforzamenti organizzativi nell’Ente stesso, sono prevalentemente legati alla sensibilizzazione ed alla pianificazione delle azioni connesse alla gestione delle sorgenti orfane. E’ opportuno precisare che l’ENEA non ha compiti di intervento sul territorio, che restano di competenza degli organi di vigilanza, quali Prefetto e Ministero degli Interni-Dipartimento Vigili del Fuoco, del soccorso pubblico e della difesa civile.

### 3. Azioni svolte per ottemperare agli obblighi di ENEA “detentore” di sorgenti entro il campo di applicazione del D.Lgs. 52/07

L’Istituto di Radioprotezione ha effettuato una ricognizione delle sorgenti sigillate attualmente detenute nei laboratori presenti in tutte le sedi distribuite sul territorio nazionale attraverso le Direzioni di Dipartimento, verificando anche la presenza di eventuali sorgenti orfane. Successivamente, sulla base delle informazioni raccolte, gli Esperti Qualificati hanno predisposto le necessarie comunicazioni ai sensi di legge che sono state inoltrate alle autorità vigilanti attraverso la Direzione dei Dipartimenti interessati:

- in ottemperanza agli art. 3 e 24 del D.Lgs.52/07, per le n. 68 *sorgenti ad alta attività* detenute in ENEA sono state inviate n. 5 comunicazioni (1 ACS per CR Trisaia , 11 BAS per CR Bologna, 5 BAS per CR Casaccia, 48 FIM per CR Casaccia, 3 FPN per CR Frascati);
- in applicazione all’art. 13 commi 1, 3 del D.Lgs.52/07, è stato regolarizzato l’impiego di n. 19 piccole sorgenti radioattive con n. 5 comunicazioni di pratiche con sorgenti radioattive alle autorità vigilanti (tutte BAS per CR Casaccia e Saluggia);

Inoltre, sono emerse presso il CR Casaccia n.2 sorgenti "orfane" contenute in vecchi irraggiatori da tempo inutilizzati, per le quali si è provveduto a comunicare al Prefetto la loro presenza, assicurandosi contemporaneamente della loro messa in sicurezza e dell’avvio della procedura di smaltimento.

### 4. Conclusioni

L’ENEA, in qualità di *detentore di sorgenti*, ha ottemperato agli obblighi di legge ex D.Lgs.52/07 entro la scadenza prevista del 5/11/07. Inoltre, si è approfittato per regolarizzare la detenzione e l’impiego di piccole sorgenti radioattive, la cui attività fa ricadere il detentore negli obblighi di comunicazione preventiva di pratica (art.22 D.Lsg.230/95 s.m.i.). E’ necessario ora attuare specifiche procedure gestionali per le sorgenti di alta attività per le quali sono individuati rispettivi responsabili di sorgente come richiesto dalla legge.

## DIRETTIVA EUROPEA 2003/122/EURATOM E RECEPIMENTO NEL DECRETO LEGISLATIVO 06/02/2007 N° 52 - ANALISI E BREVI OSSERVAZIONI

**Giorgia Iurlaro, Mario Basta\*, Enrico Borra, Carlo Maria Castellani\*\*, Lorenzo Florita, Giuseppe Liccione<sup>^</sup>, Elia Rossi<sup>o</sup>, Sandro Sandri<sup>#</sup>, Elena Fantuzzi\*\***

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione Casaccia, \*Istituto di Radioprotezione Saluggia

\*\*Istituto di Radioprotezione Bologna, <sup>^</sup>ENEA – ACS STP- Trisaia, <sup>o</sup> ENEA – FPN FIS ING Bologna (2)

<sup>#</sup>Istituto di Radioprotezione Frascati

### 1. Introduzione

Il gruppo di esperti qualificati IRP ha analizzato il nuovo *Decreto Legislativo 6 febbraio 2007, n. 52*, studiando nel dettaglio il testo a confronto con la Direttiva europea cui fa riferimento e il D.Lgs. 230/1995 [1] che attualmente è la base del sistema normativo per l'impiego di sorgenti di radiazione. Una buona opportunità di confronto in ambito nazionale è stata la giornata studio, organizzata dall'ANPEQ in settembre a Lido di Camaiore, con oggetto il *D.Lgs. 52/2007* che ha visto alcuni esperti qualificati ENEA in veste di relatori e uditori.

### 2. Direttiva 2003/122/ Euratom

Dall'analisi dei dati forniti dall'Agenzia Internazionale dell'Energia Atomica [2] possiamo osservare che nel periodo compreso tra il 1944 e il 2001 sono stati registrati 420 incidenti che hanno comportato una significativa sovraesposizione di almeno una persona; quasi la metà sono avvenuti in ambito industriale e un'importante frazione di incidenti con sorgenti sigillate è stata originata proprio da sorgenti "orfane". Il dato non è trascurabile se si considerano i 3000 casi di sovraesposizione e i 133 decessi. Dobbiamo sottolineare che alla data attuale le persone coinvolte in simili incidenti non sono state vittime di alcun atto terroristico ma della cattiva gestione delle sorgenti radioattive e dell'assenza di opportuni controlli, soprattutto nelle installazioni ove si esercitano attività con rottami metallici o nei principali nodi di transito.

Nel dicembre 2003 è stata emanata la *Direttiva 2003/122/Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane* con lo scopo di aumentare le norme per la protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti. Si impone così un controllo rigoroso delle sorgenti dal momento in cui vengono fabbricate fino a quando non siano collocate in un impianto riconosciuto per lo stoccaggio a lungo termine o lo smaltimento; e si rammenta che in nessuna circostanza ragionevolmente prevedibile ostacoli di ordine fisico o finanziario dovrebbero impedire il corretto riutilizzo, riciclaggio o smaltimento delle sorgenti dismesse. Inoltre negli stati membri dell'Unione Europea è nata la necessità di armonizzare i controlli e le informazioni sulle sorgenti, e di cooperare anche con paesi terzi interessati allo smarrimento, allo spostamento, al furto e al ritrovamento di sorgenti.

### 3. D.Lgs. n°52/2007

In la *Direttiva 2003/122/ Euratom* è stata recepita in Italia dal *D.Lgs.52/2007* e le nuove disposizioni sono coerenti col sistema normativo nazionale che già prevedeva l'autorizzazione preventiva per l'impiego di sorgenti di radiazione. Non essendoci nella legge Comunitaria nessun criterio specifico di delega i legislatori hanno dovuto mantenere il testo il più vicino possibile alla direttiva [3]. Il decreto integra le misure previste dalle norme già emanate [1] e introduce un meccanismo efficace per la gestione delle sorgenti orfane rispecchiando la situazione italiana. Il primo schema di decreto proposto è stato armonizzato con gli adempimenti previsti dal *Code of conduct on the safety and security of Radioactive Sources* dell'IAEA [4] al quale l'Italia ha aderito.

Il D. Lgs. 52/2007 si articola in due parti: *Capo I - Pratiche con Sorgenti ad Alta Attività* e *Capo II - Disposizioni sulle Sorgenti Orfane*; e stabilisce una procedura per l'impiego delle sorgenti che comprende tre fasi principali: il controllo dal momento della fabbricazione e dell'immissione sul mercato; la gestione della sorgente negli ambienti di utilizzo; e la previsione di operazioni di stoccaggio e smaltimento.

Il *Campo di Applicazione* è definito nell'articolo *articolo 1*, specificando che il decreto disciplina:

- le Sorgenti ad Alta Attività – sorgenti sigillate contenenti radionuclidi le cui attività, al momento della fabbricazione o al momento della prima immissione sul mercato, siano uguali o superiori a quelle indicate nell'Allegato I del decreto stesso;
- le Sorgenti Orfane - sorgenti sigillate le cui attività (al momento della loro scoperta) siano superiori alle soglie stabilite nella tabella VII-I dell'allegato VII del D.Lgs. 230/95 [1] e che non sono sottoposte a controlli da parte delle autorità o perché non lo sono mai state o perché sono state abbandonate,

smarrite, collocate in un luogo errato, sottratte illecitamente al detentore o trasferite ad un nuovo detentore non autorizzato o senza che il destinatario sia stato informato.

#### 4. Limiti per Sorgenti di Alta Attività

Il confronto eseguito tra i limiti di attività stabiliti nel D.Lgs. 52/2007 con la tabella dei Livelli di Attività della Direttiva 2003/122/ Euratom in Allegato I e con i limiti definiti dal D.Lgs. 230/1995 per il Nulla Osta di categoria B ci consente di concludere quanto segue:

- L'applicazione del decreto è strettamente correlata all'attività delle singole sorgenti sigillate e non fa riferimento al totale delle sorgenti detenute nel laboratorio.
- Nell'Allegato I del D.Lgs. 52/2007 sono elencati solo alcuni radionuclidi, quelli mancanti non sono soggetti all'applicazione del decreto.
- Per quasi tutti i radionuclidi non figuranti nella tabella della direttiva il livello di attività è pari ad un centesimo del corrispondente valore  $A_1$  indicato nelle norme AIEA per la sicurezza del trasporto di materiali radioattivi [5].
- I valori di attività della Tabella I-1 del D.Lgs. 52/2007 non sono tutti superiori ai valori previsti per il Nulla Osta di categoria B; il detentore deve confrontare ogni valore delle sorgenti - dichiarate al momento della fabbricazione o al momento della prima immissione sul mercato - con i limiti per le sorgenti di alta attività.

Riportiamo in Tabella 1 tutti i radionuclidi in regime di comunicazione preventiva di pratica per cui è necessario verificare che i valori di attività, al momento della fabbricazione, siano inferiori ai limiti di alta attività, e in caso contrario bisogna richiedere il Nulla Osta di categoria B (ex. art. 29 del D.Lgs. 230/1995 e art. 24 del D.Lgs. 52/2007). E' presente anche il caso anomalo per il radionuclide  $Kr^{83m}$  in cui un detentore/richiedente pur essendo in regime di "esenzione di comunicazione" deve applicare il nuovo D.Lgs. 52/2007: il caso non è contemplato nelle norme transitorie.

**Tabella 3:** Radionuclidi con limiti per Sorgenti di Alta Attività inferiore a quelli previsti in regime di Nulla Osta di Categoria B.

Esenzione	Comunicazione Preventiva di Pratica
$Kr^{83m}$	$H^3, O^{15}, Ar^{41}, Kr^{74}, Kr^{76}, Kr^{77}, Kr^{85m}, Kr^{87}, Kr^{88}, Tc^{96m}, Te^{132}, Xe^{135}, Rn^{220}, Rn^{222}, Th^{226}, U^{231}, Pu^{234}, Pu^{235}, Pu^{243}$

#### 5. Conclusioni

Dal 5 Novembre 2007 i soggetti che intendono utilizzare Sorgenti di Alta Attività devono presentare istanza di Nulla Osta allegando anche la documentazione prevista dall'art. 3 del D.Lgs.52/2007. Il nuovo decreto impone al *richiedente l'autorizzazione* di nominare un responsabile della gestione della sorgente, di organizzare iniziative di formazione e informazione, e di disporre di specifiche procedure per la manutenzione e la gestione delle sorgenti e per l'intervento nel caso di eventuali emergenze radiologiche.

I detentori devono inoltre verificare le condizioni delle sorgenti [6]-[8] e provvedere affinché i loro contrassegni di identificazione siano sempre leggibili. E' infine prevista l'istituzione di un libretto e di un registro sorgenti in cui si devono annotare, oltre ai dati relativi alla sorgente, i risultati delle prove di manutenzione, degli eventi anomali e i malfunzionamenti.

L'Istituto di Radioprotezione, attraverso gli Esperti Qualificati, fornirà le indicazioni ed il supporto necessario per l'assolvimento di tali obblighi.

- [1] Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n.230: Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 74 (13/06/1995) e s.m.i.
- [2] [www-pub.iaea.org/MTCDD/publications/PDF/eprmedt/Day\\_1/Day\\_1-1.pps](http://www-pub.iaea.org/MTCDD/publications/PDF/eprmedt/Day_1/Day_1-1.pps).
- [3] A. Vioto "Il Decreto Legislativo n. 52 del 06.02.2007 – Finalità e criteri di stesura del decreto", atti della Giornata di Studio - D.Lgs. n° 52 del 6 febbraio 2007, 11 settembre 2007, LIDO DI CAMAIORE (LU).
- [4] IAEA, Code of conduct on the safety and security of radioactive sources, CODEOC 2004.
- [5] Regulations for the safe transport of radioactive materials, no TS-R-1, ST-1, Revised, IAEA, Vienna 2000.
- [6] Safety of radiation generators and sealed radioactive sources, IAEA Safety Guides N° RS-G-1.10, 2006.
- [7] Norme Uni 7264, 1988 Sorgenti radioattive sigillate. Requisiti generali e controlli di tenuta con metodi radiometrici.
- [8] Norma ISO 2919 Radiation protection -Sealed radioactive sources - General requirements and classification, 1999.

## LABORATORIO PER LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE DEL CENTRO RICERCHE ENEA DELLA CASACCIA

**Roberto Stefanoni, Giovanni Gianquitto, Nadia di Marco, Elvio Soldano, Paolo Battisti\***

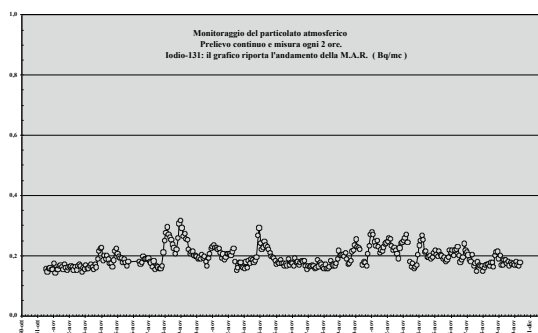
ENEA – BAS-ION Istituto di Radioprotezione, CR Casaccia

\*ENEA – BAS-ION Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Presso il C.R. Casaccia l'Istituto di Radioprotezione svolge l'attività di sorveglianza ambientale in attuazione agli obblighi di legge formulati nel D.Lgs 230/95 e successive integrazioni. I risultati del programma sono raccolti ogni anno a cura dell'Istituto di Radioprotezione e pubblicati nel Rapporto Annuale di Radioattività Ambientale[1]. Il programma di campionamento delle diverse matrici ambientali per l'anno in corso sarà regolarmente completato il 31 Dicembre, mentre le determinazioni radiometriche saranno completate entro il 1° trimestre 2008.

Dal 1991, allo scopo di far fronte con tempestività ad eventuali situazioni anomale di contaminazione ambientale anche di origine transfrontaliera, il laboratorio effettua il monitoraggio continuo della radiazione da gamma emettitori nel particolato atmosferico [2]. Nella figura a lato è riportato il particolare dell'andamento della concentrazione dello Iodio 131 del Novembre u.s.; tutti i valori sono sempre inferiori alla minima attività rivelabile. (M.A.R.)



### 2. Attività del Laboratorio nel corso dell'anno 2007

Il monitoraggio della radioattività ambientale comporta il campionamento sistematico di dati e matrici ambientali ed alimentari in 34 punti di controllo previsti all'interno ed all'esterno del C.R. Casaccia. I campioni raccolti nel corso dell'anno, alla data del 15 Dicembre 2007 si riassumono in tabella 1.

**Tabella 1** : Riepilogo dei campioni registrati e catalogati al 15 Dicembre 2006

Matrici ambientali: aria, acqua, latte vaccino fresco, terreno, sedimento, foraggio, ortaggio, cereale	1065
Campioni da Impianti e da utenti esterni	6
Servizio di monitoraggio per il Centro Casaccia: acqua del Fossetto e acqua reflua	378

I campioni sopra descritti sono sottoposti alle diverse misure previste per la determinazione di radionuclidi alfa, beta e beta-gamma emettitori per tutti i prelievi, oltre che all'estrazione specifica degli isotopi del Plutonio e dello Stronzio per alcuni di essi. Inoltre nel corso dell'anno:

- Partecipazione al "proficiency test of laboratories on the determination of radionuclides in soil, spinach and water" IAEA, progetto ALMERA-CU-2007-04.
- Preparazione di standard radioattivi multigamma ( figura al lato), in forma di gel di acrilammide, per taratura e intercomparazione dei rivelatori a stato solido di tipo HpGe per i diversi laboratori dell'Istituto di Radioprotezione dei Centri ENEA di Saluggia, Frascati e Trisaia.
- Misure radiometriche di campioni di tabacco di sigaretta di differenti marche di importazione.



### 3. Conclusioni

L'attività di sorveglianza ambientale svolta da oltre 30 anni intorno al sito del CR Casaccia comporta una routine di campionamento e di misure di laboratorio intensa e costante. I dati del monitoraggio costituiscono la documentazione sperimentale dell'impatto dell'esercizio degli impianti e delle installazioni/laboratori del C.R. ENEA sul territorio circostante.

[1] E.Borra, R.Stefanoni: *Rapporto annuale sulla radioattività ambientale del Centro ricerche della Casaccia. Anno di riferimento 2006; ENEA RTI/BAS-ION\_IRP(2007) 9;*

[2] R. Stefanoni, N. di Marco, E. Fantuzzi: *Annuario dei dati radiometrici ambientali per il sito C.R. Casaccia. Criteri e funzioni accessorie al programma di sorveglianza ambientale. Anno di riferimento 2006; ENEA RTI/BAS-ION\_IRP(2007) 1*

## SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE AL CENTRO ENEA DI FRASCATI

**Sandro Sandri, Sandro Merolli**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Frascati

### 1- Le sorgenti di alta attività

Il Decreto Legislativo 6 febbraio 2007, n.52 di attuazione della direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane, ha introdotto un certo numero di nuovi adempimenti in materia di radioprotezione, relativi soprattutto alle cosiddette sorgenti di *alta attività*.

IONIRP è stato coinvolto in modo importante nell'applicazione del nuovo decreto e in particolare la sorveglianza fisica condotta nei centri di Frascati e Casaccia ha richiesto specifici interventi da parte del gruppo IONIRP di Frascati a causa degli incarichi del dr. S. Sandri presso questi Centri.

L'intervento è avvenuto nell'ambito della funzione di detentore di sorgenti di alta attività da parte dell'ENEA.

IONIRP ha svolto le seguenti funzioni:

- Collaborazione con le direzioni di dipartimento e con le unità per l'individuazione delle sorgenti sigillate rientranti nelle disposizioni della nuova norma,
- Predisposizione della documentazione necessaria alla trasmissione delle comunicazioni integrative agli organi di controllo,
- Collaborazione per la definizione e la gestione dei nuovi adempimenti previsti

Nell'ambito degli incarichi facenti capo a IONIRP Frascati sono state individuate 3 sorgenti sigillate detenute a Frascati e 5 sorgenti sigillate detenute a Casaccia che ricadono nell'ambito di applicazione del nuovo decreto. Le comunicazioni integrative rispetto ai relative decreti autorizzativi sono state predisposte ed hanno fatto riferimento a Frascati a nulla osta di cat. A in via di conversione e a Casaccia a nulla osta di cat. B già ottenuti.

### 2. La sorveglianza fisica per acceleratori e macchine sperimentali per fusione nucleare

Presso il Centro ENEA di Frascati sono impiegati acceleratori di deutoni, protoni ed elettroni oltre ad un dispositivo sperimentale per fusione nucleare. La situazione è più o meno la stessa da almeno quindici anni, il che ha permesso un buon livello di specializzazione nelle metodiche di sorveglianza fisica in questi ambiti. Dei tre impianti principali, eserciti nell'ambito della norma prevista dall'art. 28 del D.Lgs. 230/95 e successive modifiche ed integrazioni, uno è costituito da più installazioni (edificio n. 30 con 3 acceleratori di elettroni ed un acceleratore di protoni), mentre gli altri due (FNG e FTU) sono costituiti da una macchina ciascuno.

Per tali impianti anche nel 2007 sono state svolte le seguenti attività di servizio:

- La funzione di Esperto Qualificato è stata condotta in modo ordinario per gli impianti FNG e FTU, mentre per gli acceleratori dell'edificio n. 30 sono proseguite le attività di messa a punto della macchina TOP per protoni da 7 MeV. In prospettiva questo acceleratore dovrebbe essere portato ad un'energia di 13 MeV per la produzione sperimentale di radioisotopi di impiego medico.
- Le funzioni del gruppo di Radioprotezione Operativa sono state di carattere prevalentemente ordinario, ma hanno riguardato anche l'assistenza straordinaria nelle fasi di collaudo della macchina TOP dell'edificio n. 30 e dei generatori di radiofrequenza dell'impianto FTU, nonché la manutenzione e l'aggiornamento del sistema. La tipologia delle attività sperimentali svolte nel Centro non richiede la presenza continuativa di personale IRP sugli impianti, se non in occasione di operazioni particolari. Sono in particolare inesistenti le problematiche di contaminazione radioattiva, con l'unica eccezione del generatore di neutroni FNG. Di contro il carattere non routinario delle attività di sviluppo degli acceleratori e le modalità temporali di funzionamento di numerosi impianti e macchine radiogene (ad impulso singolo o a treni di impulsi), impongono attività di sorveglianza operativa sostanzialmente diverse, quanto a modalità di espletamento, da quelle tradizionalmente adottate presso gli impianti nucleari propriamente detti e assai meno di queste quantificabili in termini di numero di misure. La sorveglianza è infatti basata principalmente su sopralluoghi, effettuati di norma con frequenza settimanale presso ogni impianto, aventi lo scopo di accertare lo stato di funzionamento delle macchine e dei relativi sistemi di sicurezza, monitoraggio e segnalazione, il rispetto delle prescrizioni degli

Esperti Qualificati ed eventuali situazioni anomale o malfunzionamenti che si dovessero verificare. Con una periodicità media di tre settimane sono inoltre eseguite misure di dose integrata mediante TLD letti localmente, che vanno ad aggiungersi alle misure su tempi più lunghi ottenute con i film-badge ambientali ed infine, per le macchine a funzionamento continuo o semicontinuo, a mappature eseguite con monitor portatili.

- Nell'ambito delle attività di Dosimetria Esterna personale sono stati gestiti e distribuiti i dosimetri passivi forniti dal servizio IONIRP di Montecuccolino. Il controllo è stato effettuato per radiazioni X,  $\beta$  e neutroni veloci per tutto il personale classificato come esposto.
- Per la Sorveglianza Ambientale sono stati gestiti la rete attiva di monitoraggio continuo per radiazione X/ $\beta$  e neutroni veloci e il sistema di dosimetria passiva mediante film-badge. La rete attiva ha servito tutti e tre gli impianti con un totale di 43 unità di misura tra camere per radiazioni  $\beta$  (4 per FNG, 11 per FTU e 8 per ed. 30) e contatori per neutroni (3 per FNG, 12 per FTU e 5 per ed. 30). I livelli di radiazione  $\beta$  ai confini del Centro sono controllati con una rete di dosimetri TLD comprendente 15 punti di misura, con lettura trimestrale.

Nell'attività di Archivio Dosimetrico sono stati gestiti dati per un totale di 123 esposti.

### **3. Conclusioni**

Nel corso del 2007, gli EQ incaricati sugli impianti del Centro Ricerche di Frascati avvalendosi delle risorse dell'Istituto di Radioprotezione hanno garantito tutte le funzioni sopra elencate a garanzia della sorveglianza fisica di radioprotezione del centro.

## **ULTERIORI SVILUPPI DELLA PROCEDURA WEB PER L'INFORMATIZZAZIONE DELL'ARCHIVIO DOSIMETRICO ENEA.**

**Sandro Merolli, Stefano Polenta**

ENEA-BAS-ION-Istituto di Radioprotezione, CR-Casaccia

### **1. Premessa**

I test di prova della funzionalità della procedura informatica per la gestione dell'archivio dosimetrico ENEA, realizzati nel corso del 2007, e la necessità di soddisfare i dettati della normativa sulla protezione dei dati sensibili (Dlgs 196/2003), hanno comportato la necessità di modificare alcuni aspetti del software di acquisizione dati, nonché di prevedere l'implementazione delle caratteristiche del sistema informatico idonee a garantire la sicurezza dei dati personali e sensibili e l'istituzione di adeguate procedure nella gestione dei medesimi.

### **2. Modifiche del sistema di acquisizione dati**

I risultati dei test iniziali di funzionamento della procedura informatica messa a punto nel corso del 2006, hanno suggerito la ridefinizione delle procedure di interfaccia tra il data base File Maker contenente i risultati delle analisi WBC e RTX, il data base Lotus contenente i dati relativi alla scheda posto di lavoro, il data base Xbase contenente i dati dei dosimetri ed anagrafici del servizio dosimetria IRP di Bologna e l'archivio MySql centralizzato presso il C.R. Frascati, contenente tutte le informazioni relative al personale controllato ENEA.

In particolare si è provveduto a realizzare maschere web per il trasferimento dei dati, tali da comportare la semplificazione della loro gestione da parte del personale preposto, nonché la minimizzazione delle possibilità di errore da parte del medesimo personale.

In particolare i dati relativi alle analisi WBC e RTX vengono acquisiti previa conversione in formato dbf mediante script di File Maker e successiva immissione automatica in archivio.

I dati relativi alle schede posto di lavoro vengono acquisiti previa conversione in formato testo mediante script in ambiente Lotus.

### **3. Procedure per la protezione dei dati sensibili e personali.**

La stesura del documento programmatico di sicurezza ION IRP, comprendente l'archivio centralizzato presso il C.R. Frascati, il data base RTX e WBC ed il data base del Servizio dosimetrico IRP di Bologna, ha evidenziato la necessità di apportare le seguenti modifiche procedurali ed informatiche studiate di concerto con il gruppo di lavoro "Privacy" ENEA:

- a) sistema di backup automatico su unità periferica esterna;
- b) implementazione del protocollo di crittografia web HTTPS nel web server di Frascati;
- c) gestione automatica di scadenza delle password;
- d) implementazione delle misure di sicurezza software sui computers "clients".

### **4. Conclusioni**

Allo stato attuale sono già operative le funzioni di acquisizione dati modificate secondo quanto esposto nel punto 2, mentre sono in corso di realizzazione le modifiche descritte nel punto 3. Nel corso del 2008 è previsto l'avvio dell'esercizio del sistema.



## MISURE DI CONTAMINAZIONE INTERNA AL CENTRO RICERCHE DI SALUGGIA: ATTIVITA' DI ROUTINE

**Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto,  
Mauro Nocente, Sandro Ridone**

ENEA BAS-ION- Istituto di Radioprotezione, CR Saluggia

### 1. Dosimetria interna indiretta tramite misure su escreti

I controlli analitici sono stati effettuati nei confronti dei lavoratori professionalmente esposti al rischio di contaminazione interna, in gran parte dipendenti ENEA ed in misura per esterni. In tabella 1 è riportato il numero di determinazioni effettuate nel 2007 sugli escreti per la determinazione del plutonio e dell'americio.

Per la verifica e la messa punto della strumentazione di analisi del laboratorio sono state effettuate, all'inizio delle campagne semestrali, le verifiche delle calibrazioni in efficienza ed in energia dello spettrometro alfa. Particolare cura è stata posta nel controllo dei livelli di fondo di ciascuna cella: sempre all'inizio delle campagne di misura sono state effettuate le misure di fondo delle camerette, in aggiunta gli spettri di fondo sono stati rifatti qualora siano state rilevate situazioni anomale di contaminazione.

Il laboratorio ha partecipato all'interconfronto internazionale PROCORAD per la determinazione di emettitori gamma nelle urine e per gli attinidi in urine e feci.

**Tabella 1:** Analisi effettuate nel 2007 per transuranici su escreti

Escreto	Plutonio	Americio	Totale analisi
Urine	18	3	21
Feci	20	16	36

### 2. Dosimetria interna diretta tramite WBC

Nel 2007 sono state effettuate, per il controllo di dipendenti ENEA, 37 misure.

Per la calibrazione mediante fantoccio e la verifica del corretto funzionamento dell'apparecchiatura sono state effettuate 315 misure di cui 105 con sorgenti di calibrazione e 210 misure di fondo.

### 3. Determinazioni radiometriche su campioni commerciali

Il laboratorio ha effettuato il servizio analitico per esterni su campioni commerciali di tipo alimentare ed industriale. Questa attività è stata effettuata (a tariffa) nei confronti di alcune aziende locali, che per l'esportazione dei loro prodotti devono corredarsi di una certificazione sul contenuto di radioattività.

## CONTROLLI STRAORDINARI DI RADIOPROTEZIONE ALL'INTERNO DEL CENTRO RICERCHE ENEA DI SALUGGIA

**Sandro Bortoluzzi, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone**  
ENEA – BAS-ION-IRP – CR Saluggia

### 1. Premessa

In concomitanza con i trasporti degli elementi di combustibile nucleare, effettuati nel periodo maggio ÷ luglio 2007 dalla SOGIN SpA, è stato effettuato un monitoraggio radiometrico particolareggiato. Lo spostamento, di 52 elementi utilizzati nella centrale elettronucleare di Trino, di 48 semibarrette irraggiati nella centrale termoelettrica del Garigliano e di 10 lamine di combustibile del reattore sperimentale di Petten (Olanda), dalla piscina dell'impianto EUREX al Deposito Avogadro, collocati entrambi nel territorio comunale di Saluggia (VC), è stato necessario in conseguenza della sospettata perdita di contenimento della piscina di stoccaggio dell'EUREX.

### 2. Metodi e risultati

Dal momento che ARPA Piemonte nel 2006 ha rilevato la presenza di tracce di  $^{90}\text{Sr}$  nell'acqua di falda superficiale prelevata da alcuni pozzi situati nelle immediate vicinanze della piscina dell'EUREX, le misure sono state orientate alla ricerca dello  $^{90}\text{Sr}$  nella falda superficiale e nell'acqua potabile, che viene prelevata nella falda profonda, nel comprensorio di competenza ENEA. Inoltre è stata monitorata la dose ambientale esterna (con dosimetri TLD) ed è stato controllato il terreno (con misure di spettrometria gamma) lungo il percorso effettuato all'interno del C.R. ENEA dagli automezzi adibiti al trasporto nucleare. In fine, sono stati accuratamente controllati (mediante smear test e ricerca di radionuclidi alfa, beta e gamma emettitori) gli edifici frequentati quotidianamente da tutti i lavoratori, ovvero l'atrio dell'ingresso principale e la mensa. Le misure sono state effettuate cercando di minimizzare il valore della MAR (minima attività rivelabile) per consentire l'individuazione della presenza a livello di tracce di eventuali radionuclidi artificiali.

**Tabella 1:** schema dei controlli e relativi risultati.

Tipo di matrice o misura	Punto di prelievo	Tipo di misura	Risultati
1. Acqua di falda	Pozzo interno 19	Sr-90	< 5 mBq/L
2. Acqua potabile	Edificio 2800	Sr-90	< 6 mBq/L
3. Terreno	T1 Guardiola passo carraio	Spettrometria gamma $^{134}\text{Cs}$   $^{137}\text{Cs}$   $^{60}\text{Co}$	Bq/kg
	T2 Davanti Edificio 1500		<0,33   32±1   <0,28
4. Dose ambientale esterna	101 Guardiola passo carraio	Dosimetri TLD	<0,29   34±1   <0,25
	102 Guardiola passo carraio		H*[10] – □Sv/h
	103 Davanti Edificio 1500		0,12
	104 Davanti Edificio 1100		
5. Controlli radiometrici interni	Pavimento ingresso Mensa	Spettrometria gamma $^{131}\text{I}$   $^{137}\text{Cs}$   $^{60}\text{Co}$	Bq/m <sup>2</sup>
	Pareti ingresso Mensa	Attività alfa totale	<0,4-<0,3-<0,2
	Pavimento Guardiola principale	Attività beta totale	<0,01 mBq/cm <sup>2</sup> <0,1 mBq/cm <sup>2</sup>

Nella tabella i risultati sono stati sintetizzati riportando i valori massimi ottenuti.

### 3. Conclusioni

Dall'analisi completa dei dati raccolti risulta tutto secondo la norma. Tutti i radionuclidi artificiali ricercati sono risultati assenti ad eccezione del  $^{137}\text{Cs}$  che è presente nel terreno in conseguenza della contaminazione ambientale proveniente da Chernobyl.

- [1] ARPA Piemonte Relazione tecnica n. 16/SS21.02/2006 – Misure di contaminazione ambientale presso l'impianto EUREX correlate alla presenza di acqua contaminata nell'intercapedine della piscina di stoccaggio del combustibile irraggiato. Aggiornamento II trimestre 2006.
- [2] APAT Annuario dati ambientali edizione 2004.
- [3] Bortoluzzi S., Montalto M., Nocente M. Rapporto di radioattività ambientale 2006, RTI BAS-ION-IRP (2007) 8

# STUDIO E MONITORAGGIO RADIOLOGICO DELL'AMBIENTE CIRCOSTANTE IL CENTRO RICERCHE ENEA DI SALUGGIA PER LA TUTELA DELLA SALUTE DELLA POPOLAZIONE

Sandro Ridone, Sandro Bortoluzzi, Mauro Nocente, Mario Montalto  
ENEA – BAS-IONIRP – CR Saluggia

## 1. Premessa

A causa della circolazione del materiale radioattivo, anche in un paese a non elevata attività nucleare, abbiamo monitorato i principali radionuclidi naturali e antropogenici ( $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ) nell'area circostante il nostro Centro Ricerche. Abbiamo cercato di mettere a punto tecniche con *MDA* basse e valutare la dose associata alle attività misurate in riferimento ai gruppi critici.

## 2. Metodi e risultati

Le misure di spettrometria  $\gamma$  sono state effettuate presso i nostri laboratori con rivelatori al germanio iperpuro e i campioni sono stati misurati con contenitori di geometria standard. Invece le analisi di spettrometria  $\alpha$  per il plutonio sono state condotte distruggendo dapprima la matrice organica mediante calcinazione e mineralizzazione umida e, successivamente, isolando chimicamente l'elemento con resina a scambio ionico; infine il radionuclide è stato elettrodeposto per riduzione sotto forma di metallo su un piattello di acciaio inox, la cui attività è stata misurata con spettrometria  $\alpha$  ad alta risoluzione. Lo  $^{90}\text{Sr}$  è stato isolato tramite una resina cromatografica selettiva e, dopo il raggiungimento dell'equilibrio con il figlio  $^{90}\text{Y}$ , questo è stato separato e misurato con un contatore proporzionale a multi-celle a flusso di gas  $\text{Ar-CH}_4$ . Dalla curva di interpolazione è stata calcolata la costante di decadimento, a verifica della reale presenza di  $^{90}\text{Y}$ , e dal rateo di conteggio alla data della separazione Sr/Y siamo risaliti all'attività di  $^{90}\text{Sr}$  nel campione. La valutazione del Fall-out è avvenuta con campioni mensili, mentre quella del particolato atmosferico, raccolto in continuo su filtri di carta, con campioni trimestrali. Sono stati effettuati campionamenti dello strato superficiale del suolo, delle acque superficiali e sotterranee (secondo la normativa ISO) e del sedimento fluviale. I campioni rappresentativi dell'alimentazione umana sono costituiti da acqua potabile dell'acquedotto del Monferrato e vegetali e latte vaccino prelevati da produttori locali. I campioni sono stati trattati con le modalità appropriate in base alle caratteristiche chimico-fisiche e del tipo di radionuclide da ricercare. Ci siamo concentrati in particolare sullo  $^{90}\text{Sr}$  nel latte per valutare la dose associata al livello di *MDA*, non avendo riscontrato valori di attività più alti. I calcoli hanno tenuto conto sia dei consumi annuali sia dei metabolismi specifici nelle diverse fasce di età per l'uptake osseo (Fig. 1) e la dose totale (Fig. 2)

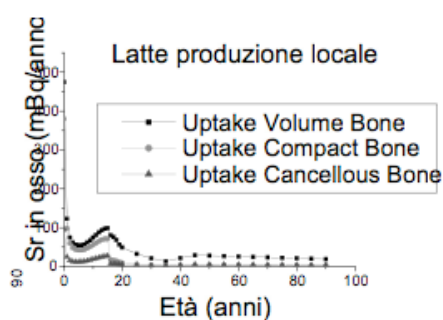


Figura 1

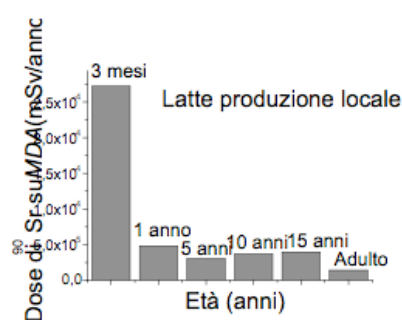


Figura 2

## 3. Conclusioni

I dati dosimetrici di riferimento, calcolati in base alle *MDA*, dovuti all'ingestione degli alimenti in esame (v. latte), sono nettamente inferiori non solo al limite di dose efficace di 1 mSv/anno anche alla soglia di non rilevanza radiologica (10  $\mu\text{Sv}/\text{anno}$ ) nel gruppo critico degli infanti di 3 mesi. Così come risulta trascurabile in generale il contributo alla dose alla popolazione dei radionuclidi da attività antropiche, tra cui l'uso medico, gli esperimenti nucleari in atmosfera degli anni '50-'60, e l'incidente al reattore di Chernobyl.

[1] R.W. Leggett et al., "Strontium-90 in bone: a case study in age-dependent dosimetric modeling", Health Physics, 1982, 43(3): 307-322.

## LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI TRISAIA

Nicola Silvestri, Salvatore Zicari, Eustachio Montemurro, Rosetta Pentivolpe, Giuseppe Santarcangelo  
ENEA – BAS – ION – Istituto di Radioprotezione Trisaia

### 1. Premesa

L'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA ha gestito la rete di sorveglianza radiometrica ambientale nell'area circostante al sito della Trisaia dal 1973 fino al 2004 per conto degli Esercenti dell'Impianto ITREC, redigendo annualmente un Rapporto sulla Rete di sorveglianza ambientale. A partire dall'anno 2003 l'Impianto ITREC è in fase di decommissioning per opera della SO.G.I.N. SpA, la quale, dal gennaio 2005, ha assunto in proprio l'attuazione della rete necessaria per la valutazione dell'impatto ambientale degli scarichi dell'impianto nucleare. Pertanto, dal 2005 i criteri guida di attuazione del monitoraggio radioattivo adottati dall'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA nel territorio circostante al Centro Ricerche ENEA della Trisaia sono stati modificati, al fine di consentire la produzione di dati sperimentali utili per approfondire la conoscenza e la caratterizzazione dal punto di vista radiologico in senso generale e non più strettamente legato ai rilasci locali provenienti dal sito nucleare.

### 2. I risultati delle analisi della sorveglianza della radioattività ambientale presso il Centro Ricerche Trisaia effettuate durante l'anno 2006.

Il piano di monitoraggio ambientale messo in atto prevede circa 60 punti di prelievo, all'interno ed all'esterno del centro, per un totale annuo di oltre 400 campioni ambientali e/o alimentari sui quali sono effettuate circa 900 misure per stabilirne il contenuto di radioattività. I risultati ottenuti dalle analisi effettuate sulle matrici ambientali sono riassunte nella seguente tabella 1: in tale tabella sono riportati i **valori medi annuali** dei risultati delle analisi effettuate durante l'anno 2006.

Tabella 1: Valori medi annuali di alcune matrici che fanno parte della rete di sorveglianza ambientale analizzate durante l'anno 2006.

	<sup>40</sup> K	<sup>60</sup> Co	<sup>90</sup> Sr	<sup>131</sup> I	<sup>137</sup> Cs
Particolato atmosferico (Bq/m <sup>3</sup> )	-----	≤ 5.6E-06	-----	-----	5.9E-06
Latte (Bq/L)	6.0E+01	≤ 1.2E-01	≤ 2.7E-01	≤ 9.3E-02	≤ 1.1E-01
Acqua Potabile (Bq/L)	1.3E+00	≤ 9.5E-03	≤ 1.9E-01	-----	≤ 8.6E-03
Vegetali (Bq/Kg)	1.0E+02	≤ 6.3E-02	≤ 1.6E-01	-----	≤ 5.1E-02
Cereali (Bq/Kg)	8.7E+01	≤ 1.4E-01	1.4E-01	-----	≤ 1.1E-01

A partire dall'anno 2005 il Rapporto sul Monitoraggio della Radioattività Ambientale del Sito C.R. TRISAIA, viene redatto non più per conto dell'Esercente dell'impianto ITREC e quindi in una forma più divulgativa, utile a descrivere le attività svolte sul territorio al fine di migliorare la consapevolezza di tutela che ENEA svolge per il sito, la popolazione ed il territorio circostante. Esso è formulato in modo tale da:

- permettere l'acquisizione di dati sperimentali per l'effettuazione di studi scientifici che consentano una migliore conoscenza del trasferimento dei radionuclidi nell'ambiente;
- rispondere alle indicazioni della Comunità Europea per le reti nazionali di monitoraggio della radioattività ambientale.
- fornire dettagli descrittivi e considerazioni di radioprotezione finali

### 3. Conclusioni

L'analisi conclusiva dei dati radiometrici rilevati permette di affermare che lo stato radiologico nell'intorno del CR Trisaia rientra nella norma in quanto i valori di attività dei radionuclidi derivanti da attività antropiche sono nulli o trascurabili e quelli dei radionuclidi naturali sono confrontabili con i valori medi nazionali. Il Laboratorio svolge da oltre trent'anni attività radioprotezionistica nel campo della Sorveglianza Ambientale e costituisce un riferimento consolidato per l'intera Italia Meridionale. Il rapporto annuale prodotto è divulgato alle autorità locali, d'intesa con la Direzione del Centro, a testimonianza del contributo ENEA di tutela sulla popolazione ed il territorio circostanti.

- [1] Doc. ITREC (86) 207 "Rapporto di Sicurezza dell'Impianto ITREC".
- [2] ENEA RTI ION-IRP — Rapporti Annuali sulla radioattività ambientale Sito C.R. Trisaia anni: 1987 – 2006.
- [3] IAEA Safety Guide RS-G-1.8 Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection.
- [4] Zicari S., Fantuzzi E., Silvestri N. et al. "Manuale Operativo per la sorveglianza della Radioattività Ambientale del C.R. ENEA di Trisaia" (in corso di aggiornamento)

## VALUTAZIONE DI DOSE AL GRUPPO CRITICO DELLA POPOLAZIONE DEL SITO DEL CENTRO RICERCHE ENEA DI TRISAIA

**Salvatore Zicari, Nicola Silvestri, Giuseppe Liccione\***  
 ENEA – BAS – ION – Istituto di Radioprotezione, CR Trisaia  
 \*ENEA – ACS PROT STP, CR Trisaia

### 1. Premesa

Dai risultati delle misure di radioattività su campioni ambientali ed alimentari è possibile effettuare una stima della dose efficace di un individuo della popolazione che vive e consuma prodotti nell'intorno del sito.

### 2. La valutazione di dose alla popolazione

La Legislazione Italiana pone dei valori limite sul valore di *Dose efficace* ( $E$ ), costituita dalla somma dei termini derivanti dall'*esposizione* esterna alle radiazioni e dall'*introduzione* di radionuclidi nel corpo umano (inalazione e ingestione). I limiti fanno riferimento ai valori di *Dose efficace* accumulati a seguito di attività antropiche e non, derivanti dalla radioattività naturale (radionuclidi presenti nel corpo umano, nella crosta terrestre, radiazione cosmica) e dall'*esposizione* derivante da scopi medici. Il limite di *Dose efficace* per gli individui della popolazione è fissato a 1 mSv per anno solare, mentre si considera come valore di non rilevanza radiologica, cioè del tutto trascurabile in termini di rischio, un valore pari a 10  $\mu$ Sv per anno solare (1% del limite di dose annuale per la popolazione).

Poiché i valori, o i limiti di sensibilità, delle misure di attività eseguite sulle principali *vie critiche* non sono direttamente confrontabili con i valori di soglia di *Dose efficace*, è necessario fare una valutazione particolare per ciascuna *via critica* sulla base delle considerazioni di seguito riportate.

Per l'*inalazione diretta* si considerano i valori di riferimento dei volumi di aria inspirata giornalmente dalla popolazione, suddivisa per classi di età. I valori presenti in Tabella 2 sono quelli forniti dall'ICRP [1].

Per l'*ingestione* di alimenti da parte della popolazione, analogamente, si dovrà partire dai valori medi dei consumi alimentari della popolazione, sempre suddivisa per classi di età. I dati, estrapolati dal documento in bibliografia [2], sono riportati nella stessa Tabella 2; per le classi di età non citate dal documento in bibliografia, i valori sono ricavati come valore mediano tra le due classi di età adiacenti. Questi sono i valori che assume il termine  $Q_k$ , nell'equazione sottoriportata.

$$A_{i,k} = \frac{E_L}{e_{i,k} \cdot Q_k}$$

I valori di concentrazione d'attività nelle varie matrici, che determinano uno specifico valore di *Dose efficace*, sono quindi calcolati partendo dai coefficienti di *Dose efficace per unità di attività*, ( $e_{bk}$ ), riportati nel D.Lsg. 241/2000 [3], scelti per ciascun radionuclide e per ciascuna classe di età, in maniera conservativa, che tengono conto della natura del radionuclide. In questo modo sono stati calcolati i valori di soglia, cioè i valori delle Attività di non rilevanza radiologica in termini di attività specifica.

Tabella 2: Valori medi dei consumi per classi di età della popolazione italiana ( $Q_k$ )

	< 1 anno	1-2 anni	2-7 anni	7-12 anni	12-17 anni	> 17 anni
<b>Aria inspirata</b> (m <sup>3</sup> /giorno)	2.8	5.1	8.8	15.2	20.1	22
<b>Latte Vaccino</b> (Litri/anno)	180	120	115	110	100	90
<b>Cereali</b> (kg/anno)	6	34	51	67	84	100
<b>Vegetali</b> (kg/anno)	4	50	75	100	125	150
<b>Acqua Potabile</b> (Litri/anno)	100	150	250	350	425	500

Sostituendo nell'equazione soprariportata il valore di 10  $\mu$ Sv al termine  $E_L$ , il valore riportato dal D.Lsg. 241/2000 al termine  $e_{bk}$ , il valore riportato nella tabella 2 al termine  $Q_k$ , si ottengono per ciascuna matrice e per ciascuna classe di età i valori di  $A_{i,k}$ , cioè i valori delle Attività corrispondenti al valore di soglia di non rilevanza radiologica (10  $\mu$ Sv) per inalazione o ingestione dei singoli radionuclidi.

Tali valori sono riportati in Tabella 3 per ciascuna *matrice* e per ciascuna classe di età: essi rappresentano i valori di attività che se incorporate, comportano un valore di dose annuo pari al valore di soglia di non rilevanza radiologica ( $E_L$ ) alla popolazione (10  $\mu$ Sv).

Tabella 3: Attività corrispondenti al valore di soglia di non rilevanza radiologica ( $10^{-3}$ Sv) per inalazione o ingestione dei singoli radionuclidi per classi di età (*Aik*) confrontate con i valori medi riscontrati nell'anno 2006 nelle matrici riportate.

Matrice	Radionuclide	<1 anno	1-2 anni	2-7 anni	7-12 anni	12-17 anni	> 17 anni	Attività media 2006
ARIA (Bq/m <sup>3</sup> )	<sup>60</sup> Co	1.1E-01	6.2E-02	5.3E-02	4.5E-02	4.0E-02	4.0E-02	≤ 5.6E-06
	<sup>137</sup> Cs	8.9E-02	5.4E-02	4.4E-02	3.8E-02	3.2E-02	3.2E-02	≤ 5.9E-06
LATTE (Bq/L)	<sup>60</sup> Co	1.0E+00	3.1E+00	5.1E+00	8.3E+00	1.3E+01	3.3E+01	≤ 1.2E-01
	<sup>90</sup> Sr	2.4E-01	1.1E+00	1.9E+00	1.5E+00	1.3E+00	4.0E+00	≤ 2.7E-01
	<sup>131</sup> I	3.1E-01	4.6E-01	8.7E-01	1.7E+00	2.9E+00	5.1E+00	≤ 9.3E-02
	<sup>137</sup> Cs	2.6E+00	6.9E+00	9.1E+00	9.1E+00	7.7E+00	8.5E+00	≤ 1.1E-01
CEREALI (Bq/kg)	<sup>60</sup> Co	3.1E+01	1.1E+01	1.2E+01	1.4E+01	1.5E+01	2.9E+01	≤ 1.4E-01
	<sup>90</sup> Sr	7.2E+00	4.0E+00	4.2E+00	2.5E+00	1.5E+00	3.6E+00	1.4E-01
	<sup>137</sup> Cs	7.9E+01	2.5E+01	2.0E+01	1.5E+01	9.2E+00	7.7E+00	≤ 1.1E-01
VEGETALI (Bq/kg)	<sup>60</sup> Co	4.6E+01	7.4E+00	7.8E+00	9.1E+00	1.0E+01	2.0E+01	≤ 6.3E-02
	<sup>90</sup> Sr	1.1E+01	2.7E+00	2.8E+00	1.7E+00	1.0E+00	2.4E+00	≤ 1.6E-01
	<sup>137</sup> Cs	1.2E+02	1.7E+01	1.4E+01	1.0E+01	6.2E+00	5.1E+00	≤ 5.1E-02
ACQUA POTABILE (Bq/L)	<sup>60</sup> Co	1.9E+00	2.5E+00	2.4E+00	2.6E+00	3.0E+00	5.9E+00	≤ 9.5E-03
	<sup>90</sup> Sr	4.3E-01	9.1E-01	8.5E-01	4.8E-01	2.9E-01	7.1E-01	≤ 1.9E-01
	<sup>137</sup> Cs	4.8E+00	5.6E+00	4.2E+00	2.9E+00	1.8E+00	1.5E+00	≤ 8.6E-03

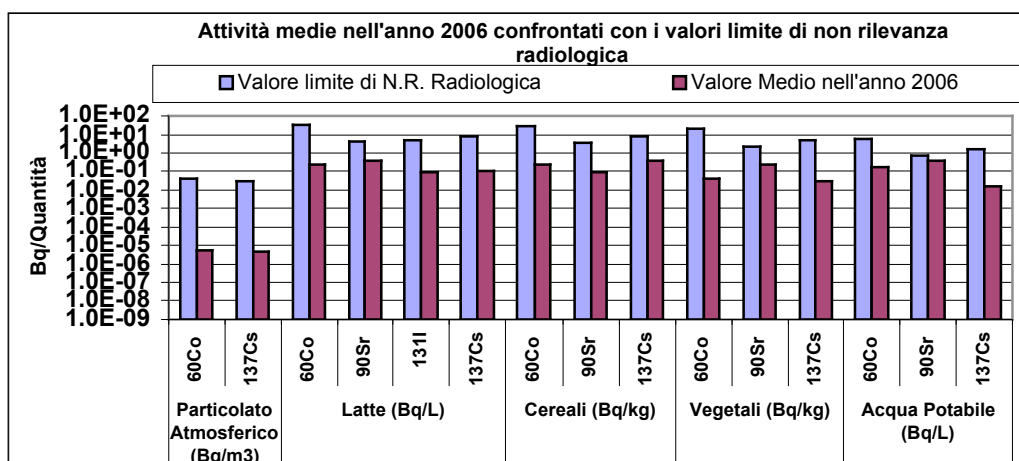


Figura 1: Attività relative ai valori di soglia di non rilevanza radiologica ( $10^{-3}$ Sv) confrontate con i valori medi riscontrati nell'anno 2006 nelle matrici previste dalla Rete di Sorveglianza Radiologica (adulti > 17 anni)

### 3. Conclusioni

La valutazione della dose di un individuo medio della popolazione, nelle immediate vicinanze del sito, che consuma cibo di produzione locale, si può effettuare con i dati delle Tabelle 2 e 3 e della Figura 1, e risulta per tutti i radionuclidi di valore trascurabile.

- [1] ICRP 89 Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values.
- [2] UNSCEAR Report 2000 vol. I (annex B).
- [3] D.Lgs. 26 Maggio 2000, n. 241. – “Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti”.
- [4] G. Fraschetti, E. Petagna, “Appunti di Radioattività Ambientale, Misure di Radioattività e Dosimetria”; ENEA C.R. Trisaia – Università degli Studi Bari (Corso di Perfezionamento in Radioprotezione).
- [5] Norma Italiana, “Determinazione dei principali radionuclidi nel latte” UNI 9882.

## ATTIVITÀ DI ESPERTO QUALIFICATO NEI CENTRI ENEA DI BOLOGNA E FAENZA

**Carlo Maria Castellani**

ENEA – BAS ION - Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Attività di routine

Le attività di Esperto Qualificato sono relative alla sorveglianza fisica in radioprotezione e sono caratterizzate da attività formali e sostanziali che l'EQ incaricato è tenuto ad effettuare in relazione alle attività con utilizzo di radiazioni ionizzanti a lui affidate.

Le attività in condizioni di routine sono relative a:

- Sorveglianza ambientale delle zone classificate
- Verifica della efficienza dei dispositivi di protezione
- Verifica della corretta operatività degli strumenti radioprotezionistici di misura
- Valutazione della dosimetria personale dei lavoratori esposti
- Trasmissione delle dosi assorbite dal personale esposto al DdL e al MA
- Interazione con RSPP, MA e DdL per questioni inerenti la sicurezza radiologica e partecipazione alla riunione annuale ex D.Lgs. 626/94 sui rischi convenzionali.

Queste attività sono state effettuate dall'EQ incaricato per il Centro di Taratura BAS-ION-IRP di Montecuccolino, per il Centro di Faenza, per il Laboratorio Lifetime e Doppler del centro di Bologna Via Don Fiammelli fino al 15/10/2007, e dal 1/11/2007 per il reattore RB-3.

### 2. Attività non routinarie

Nel corso del 2007 sono state altresì effettuate altre attività che non hanno carattere di routine ma che fanno comunque parte delle attività supportate dall'EQ. Esse riguardano aspetti diversi: applicazione di normativa di legge in particolare per sorgenti alta attività, smaltimento sorgenti e rifiuti radioattivi, supervisione di tirocini. Si possono perciò ricordare nel 2007:

- Partecipazione alla elaborazione di documenti da inviare a enti internazionali, relativi alla applicazione del Protocollo Aggiuntivo all'Accordo di Verifica, e del Regolamento Euratom dell'8.2.2005 concernente l'applicazione del controllo di sicurezza Euratom.
- Progettazione e redazione della Relazione di Radioprotezione per il nuovo Laboratorio di Spettroscopia Positronica presso il centro ENEA di Faenza (RA).
- Rinvenimento, caratterizzazione e condizionamento di rifiuti radioattivi presso la sede di Via Don Fiammelli e loro successivo smaltimento. Trasferimento sorgenti da Via Don Fiammelli e loro invio in altri centri ENEA per la liberazione della sede.
- Valutazione contaminazione superficiale di Via Don Fiammelli per rilascio delle sale che hanno ospitato zone classificate.
- Smontaggio di sorgenti BAS-ION-IRP dalle capsule di utilizzo in quanto decadute o non più utilizzabili e redazione di documentazione per la cessione definitiva a NUCLECO assieme a rivelatori di fumo contenenti <sup>241</sup>Am.
- Controllo iniziale in reattore RB-3 e verifiche su contenitori di trasporto sorgenti ivi rimasti.
- Partecipazione a riunioni di coordinamento degli EQ ENEA su problematiche di applicazione del D.Lgs. 52/2007 e approntamento lista sorgenti di alta attività comunicato nel Novembre 2007 (11 sorgenti presso Montecuccolino)
- Supporto a RSPP nel sopralluogo dei VVF per la conversione da NullaOsta ex art. 102 a N.O. di Cat. A.

### 3. Conclusioni

Nel corso del 2007, l'EQ avvalendosi delle risorse dell'Istituto di Radioprotezione ha garantito tutte le funzioni sopra elencate a garanzia della sorveglianza fisica di radioprotezione del CR ENEA di Bologna e di Faenza.

## ATTIVITÀ DI ESPERTO QUALIFICATO DEL CENTRO ENEA DELLA CASACCIA

**Enrico M. Borra**

ENEA – BAS ION - Istituto di Radioprotezione, CR Casaccia

### 1. Premessa

L'Esperto Qualificato di Centro svolge funzioni di supporto per le problematiche di radioprotezione proprie del CR Casaccia, in accordo e ricevendo informazioni dagli Esperti Qualificati incaricati su specifiche attività svolte in determinati edifici. In questo ambito, in accordo con il Responsabile dell'Istituto di Radioprotezione è la persona di riferimento per il Direttore di Centro, il Servizio di Prevenzione e Protezione, il Servizio Medicina per problematiche relative alle attività del CR Casaccia. Infatti, per gli aspetti inerenti la sicurezza radiologica è prevista un'attività di coordinamento e cooperazione con le figure preposte all'attuazione delle misure di sicurezza aziendali (i.e. RSPP, Medico Autorizzato e Competente, datore di Lavoro e Rappresentate dei Lavoratori per la Sicurezza) e la partecipazione alla riunione annuale del servizio di prevenzione e protezione.

### 2. Elenco delle attività svolte nel corso dell'anno:

#### *Direzione dell'esercitazione di emergenza nucleare del centro*

In accordo a quanto previsto dai regolamenti di esercizio degli impianti nucleari presenti nel Centro e dal Piano di Emergenza, l'EQ di Centro ha svolto la funzione di Direttore dell'Emergenza Esterna con attività di organizzazione, gestione e attuazione di quanto previsto dalla specifico scenario di emergenza. La simulazione è stata verificata e valutata dagli organi di vigilanza preposti (APAT).

#### *Coordinamento delle attività di radioprotezione operativa (RPO)*

L'EQ di Centro coordina e supervisiona le attività di RPO, svolte presso le zone classificate del Centro che prevedono le misure ed i controlli di tipo routinario presso gli impianti, la gestione della dosimetria del personale esposto e della dosimetria ambientale, la verifica della strumentazione di radioprotezione, oltreché interventi *ad hoc* nel caso di particolari operazioni.

#### *Valutazione del monitoraggio ambientale*

La sintesi delle indagini radiometriche ambientali svolte durante l'anno intorno al sito della Casaccia è pubblicata attraverso il "Rapporto annuale di Sorveglianza Ambientale". In tale documento oltre allo specifico programma di monitoraggio, l'EQ di Centro valuta l'impatto radiologico che le attività del Centro hanno sulla popolazione limitrofa.

#### *Gestione dei lavoratori esterni*

Tale attività riguarda la gestione "radioprotezionistica" dei lavoratori autonomi e/o dipendenti da terzi che operano nelle zone con rischio radiologico del Centro. Sono compresi in questa tipologia di lavoratori i dipendenti ENEA che prestano servizio presso gli impianti della Casaccia gestiti dalla Società SOGIN S.p.A.

#### *Coordinamento dell'archivio dosimetrico*

La documentazione di radioprotezione istituita ed aggiornata dagli Esperti Qualificati ai sensi della vigente normativa è conservata presso l'Archivio Dosimetrico. Gli addetti all'archivio, coordinati dall'EQ di centro, evadono le pratiche di gestione dei lavoratori in forza presso l'ENEA (attualmente o precedentemente esposti) e di quelli che hanno cessato il servizio.

#### *Programma di radioprotezione per le attività di trasporto*

E' stato redatto il programma di radioprotezione per le attività di trasporto a seguito della richiesta di rinnovo dell'autorizzazione ENEA alle attività di trasporto di materiale radioattivo. In esso è descritta l'organizzazione di radioprotezione sia nelle condizioni normali che nelle eventuali situazioni incidentali.

#### *Radioprotezione dei dipendenti Casaccia*

La sorveglianza fisica di radioprotezione per i lavoratori del Centro che, pur non operando direttamente su nessuna pratica radiologica, svolgono attività che possono comportare rischi da radiazioni ionizzanti (pronto intervento, medicina, ispezioni e controlli, autisti, eccetera) è garantita dall'EQ di Centro che effettua le valutazioni periodiche sui risultati dei controlli dosimetrici.

### 3. Conclusioni

Nel corso del 2007, l'EQ di Centro avvalendosi delle risorse dell'Istituto di Radioprotezione ha garantito tutte le funzioni sopra elencate a garanzia della sorveglianza fisica di radioprotezione del CR ENEA della Casaccia.



## **ATTIVITA' DI SERVIZIO**



## ATTIVITA' DI SERVIZIO

Elena Fantuzzi

ENEA – BAS- ION- IRP C.R. Bologna

### 1. Laboratori, strumentazione e potenzialità di misura

Le dotazioni strumentali e le competenze di IRP nei diversi centri (Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia) sono differenti e con diverse potenzialità.

Nella sede di *Bologna* sono dislocati: un centro di tarature per radiazioni ionizzanti con laboratori di irraggiamento dotati di strumentazione per fasci di radiazione (standard ISO) beta, X, gamma e neutroni; un laboratorio Whole Body Counter (WBC) per misure di contaminazione *in vivo*; un laboratorio NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) per lo sviluppo di tecniche di misura per la valutazione della dose da inalazione di aerosol radioattivi ed uno per misure di radioattività su campioni ambientali e/o biologici. A Bologna hanno, inoltre, sede il servizio di dosimetria, che fornisce di dosimetri personali e ambientali per fotoni, neutroni e beta, ed il servizio Radon, che fornisce dosimetri per misure di concentrazione di radon in aria e valutazioni dosimetriche a riguardo.

Nella sede di *Casaccia, Saluggia e Trisaia* vi sono laboratori per misure di radioattività in campioni ambientali, alimentari e/o biologici per scopi di valutazioni di contaminazioni ambientali o individuali. Tutte le sedi sono anche dotate di un laboratorio Whole Body Counter (WBC) per misure *in vivo* di contaminazione interna. Considerata la maggiore utenza, la sede di *Casaccia* è dotata di un numero maggiore di laboratori con dotazioni strumentali potenziate; i laboratori per misure di contaminazione individuale e di sorveglianza ambientale sono pertanto “divisi”, mentre nelle sedi di *Saluggia e Trisaia* tutto il personale addetto ed i laboratori esistenti sono dedicati ad entrambe le attività. In *Casaccia*, ad esempio, il laboratorio WBC, oltre alla cella per misure gamma (fotoni di alta energia), è dotato di una cella per rivelare radiazione sotto i 100 keV utilizzata per misure *in vivo* su organi specifici (i.e. polmoni, tiroide) e per radionuclidi specifici considerati “spia” per contaminazioni da transuranici (e.g. Americio-241). In forza della competenza e della pluri-decennale esperienza nel campo, nonché della completa dotazione strumentale, i laboratori di radiotossicologia possono effettuare tutti i tipi di analisi e misure: spettrometria alfa per transuranici, spettrometria gamma, conteggi beta ed alfa totale, misure in scintillazione liquida, misure di Stronzio, misure di Uranio, Torio, Radio ed altri radionuclidi con tecniche di spettrometria di massa (ICPMS), così come ogni altro tipo di misura (es: Po-210 e Ni-63) anche non previsto dalla normale attività di routine. Le sedi di Saluggia e Trisaia, in condizioni di routine, svolgono tutte le misure necessarie di radiotossicologia e di sorveglianza ambientale richieste sia per il personale esposto in loco, sia per la rete di monitoraggio del sito; in entrambe le sedi i laboratori sono poi “specializzati” in misure specifiche: per esempio, i laboratori di *Saluggia* nelle misure di radiotossicologia per transuranici ed i laboratori di *Trisaria* nella determinazione di Sr-90 in campioni ambientali.

Nella sede di *Frascati*, invece, è possibile effettuare misure per la determinazione di trizio, radon in campioni liquidi oltre che misure di esposizione esterna con dosimetri a termolumiscenza, in particolare per campi misti neutroni e gamma.

### 2. Potenzialità di misure radiometriche , ambientali ed individuali

In tabella 1 sono riportate le tipologie di misura su campioni ambientali, alimentari o assimilabili a rifiuto radioattivo, così come quella della concentrazione del Radon in aria, che IRP è in grado di eseguire; in tabella 2 quelle per scopi di dosimetria individuale, sia per contaminazione interna (i.e. misure *in vivo* o su campioni biologici) che per esposizione esterna (i.e. fornitura dosimetri personali e/o ambientali), mentre in tabella 3 l'elenco degli irraggiamenti che è possibile effettuare presso il Centro di taratura della sede di Bologna.

### 3. Conclusioni

Il complesso delle misure elencate per il monitoraggio della radioattività ambientale, il monitoraggio individuale per esposizione esterna e contaminazione interna, nonché per la determinazione di contenuto radioattivo in campioni assimilabili a rifiuti radioattivi, rendono IRP un istituto unico in Italia per tipologia dei servizi offerti e completezza della fornitura. Inoltre le attività di verifica a cui IRP si sottopone attraverso la partecipazione ad interconfronti nazionali ed internazionali, insieme alle attività di ricerca svolte per la ottimizzazione delle tecniche di misura, garantiscono un elevato livello della qualità dei servizi forniti.

**Tabella 1. Misure radiometriche su campioni ambientali o assimilabili e su campioni vari**

N.	MISURE
1	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
2	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
3	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
4	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
5	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore su campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo
6	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
7	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
8	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile
9	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
10	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
11	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo
12	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
13	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
14	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile
15	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
16	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
17	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo
18	Spettrometria gamma tal quale su matrice ambientale o campione assimilabile
19	Spettrometria gamma tal quale su campione assimilabile a rifiuto radioattivo
20	Spettrometria gamma tal quale su campione assimilabile a rifiuto radioattivo
21	Spettrometria gamma con trattamento chimico-fisico, su campione assimilabile a rifiuto radioattivo
22	Spettrometria gamma per elementi in traccia
23	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione liquido senza pretrattamento
24	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione liquido con pretrattamento chimico-fisico
25	Determinazione dell'attività di Sr-90 in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
26	Determinazione dell'attività di Sr-90 in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
27	Determinazione dell'attività di Sr-90 in un campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
28	Determinazione dell'attività di Sr-90 in un campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
29	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione ambientale liquido
30	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232), in un campione ambientale solido
31	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro
32	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ambientale liquido
33	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ambientale solido
34	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro
35	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione ambientale
36	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione assimilabile a rifiuto radioattivo
37	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione ambientale
38	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione assimilabile a rifiuto radioattivo
39	Determinazione mediante scintillazione liquida senza pretrattamento del contenuto di Radon (Rn-222) in un campione di acqua
40	Noleggio e lettura dosimetro per la determinazione del Radon in aria

**Tabella 2. Misure di dosimetria individuale**

N.	MISURE
	<i>Misure per rivelazione di contaminazione interna</i>
1	Misura in vivo al polmone (o altro organo) di radionuclidi con emissione fotonica da 10 keV a 100 keV
2	Misura in vivo al corpo intero (WBC) o ad un organo di radionuclidi con emissione fotonica da 100 keV a 2 MeV
3	Misura in vivo di I-125 in tiroide
4	Misura in vivo dell'attività di I-131/Tc-99m in tiroide
5	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di urina
6	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di feci
7	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di muco nasale
8	Determinazione dell'attività del Po210 in un campione di urine
9	Determinazione mediante spettrometria gamma dell'attività dei radionuclidi gamma emettitori in un campione di urina
10	Determinazione mediante spettrometria gamma dell'attività dei radionuclidi gamma emettitori in un campione di urina
11	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione di urina senza pretrattamento
12	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione di urina con pretrattamento chimico
13	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività alfa totale o beta totale in un campione di muco nasale
14	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività alfa totale e beta totale in un campione di muco nasale
15	Determinazione dell'attività beta totale in un campione di urina
16	Determinazione dell'attività di Sr-90 in un campione di urina
17	Determinazione dell'attività di Radio (totale) in un campione di urina
18	Determinazione mediante metodo fluorimetrico della massa di Uranio totale in un campione di urina
19	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione di liquidi biologici
20	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione di feci
21	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione di liquidi biologici
22	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione di feci
23	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione biologico
24	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione biologico
	<i>Misure per rivelazione di esposizione esterna</i>
25	Noleggio e lettura dosimetro individuale per corpo intero per radiazioni x e gamma
26	Noleggio e lettura dosimetro individuale CR-39 per corpo intero per neutroni veloci
27	Noleggio e lettura dosimetro individuale per corpo intero per neutroni termici e gamma
28	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta di alta energia
29	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta con rivelatore sottile
30	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta di alta energia, sterilizzabile
31	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta con rivelatore sottile, sterilizzabile
32	Noleggio e lettura dosimetro individuale per incidente di criticità
33	Noleggio e lettura dosimetro ambientale per incidente di criticità

**Tabella 3. Tipologia irraggiamenti per taratura strumentazione e/o dosimetri**

N.	TIPO IRRAGGIAMENTI
1	Taratura di complessi di misura con ratei di dose medi e alti dovuti a radiazioni X o gamma
2	Taratura di complessi di misura per radioprotezione ambientale od individuale <ul style="list-style-type: none"> <li>- con radiazione X o gamma</li> <li>- con radiazione beta</li> <li>- con sorgenti di neutroni</li> </ul>
3	Irraggiamenti in aria a valori di dose prefissati <ul style="list-style-type: none"> <li>- con radiazione X o gamma</li> <li>- con radiazione beta</li> <li>- con sorgenti di neutroni</li> </ul>
4	Irraggiamenti su fantoccio a valori di dose prefissati <ul style="list-style-type: none"> <li>- con radiazione X o gamma</li> <li>- con radiazione beta</li> <li>- con sorgenti di neutroni</li> </ul>
5	Irraggiamenti a tempo con operatore <ul style="list-style-type: none"> <li>- con radiazione X o gamma</li> <li>- con radiazione beta</li> <li>- con sorgenti di neutroni</li> </ul>
6	Verifica della risposta in tensione di kilovoltmetri con fasci di radiazione X

## IL SERVIZIO DI DOSIMETRIA ESTERNA DELL'ENEA-IRP DI BOLOGNA

**Bruna Morelli, Francesca Mariotti, Chiara Pellegrini,  
Giovanni Baldassarre, Giorgio Falangi, Giancarlo Uleri**  
ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

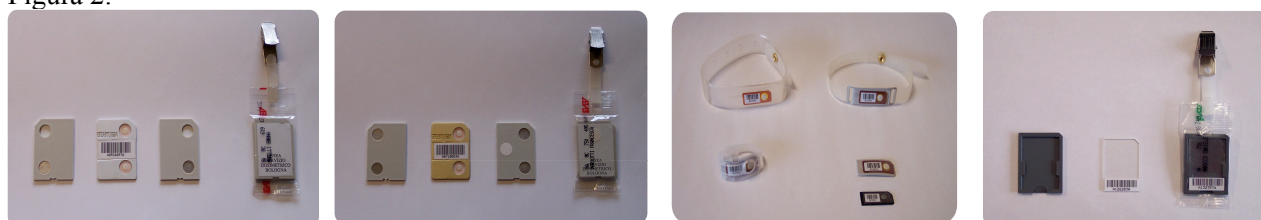
### 1. Premessa

L'attività del Servizio di Dosimetria ENEA, consiste nel noleggio e lettura di dosimetri personali ed ambientali per il monitoraggio della radiazione esterna. Attualmente il Servizio di Dosimetria dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA di Bologna fornisce circa 80.000 dosimetri all'anno, sia personali che ambientali per tutti i tipi di radiazione, a circa 200 clienti esterni, (aziende ospedaliere, istituti di ricerca, industrie, studi privati ecc.) e dosimetri di criticità ambientali e personali forniti solo a clienti interni [1].

I dosimetri, idonei alla misura di  $H_p(d)$  e  $H^*(d)$  Equivalente di Dose Personale ed Ambiente, come richiesto dalla normativa vigente (D. Lgs.230/95 e succ. mod. ed integrazioni), sono il risultato di studi e ricerche sia sperimentali che computazionali che sono state effettuate presso il Centro di Taratura dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA-IRP di Bologna.

### 2. Specifiche tecniche dei dosimetri ENEA

Il Servizio di Dosimetria dispone di 5 tipi di dosimetri basati su rivelatori a termoluminescenza e rivelatori a stato solido a tracce[2,3,4], 3 tipi a corpo intero per radiazione fotonica e neutronica, e due tipi di dosimetri per estremità per radiazione fotonica e beta. I dosimetri, le schede tecniche sono mostrate in Figura 1, la legenda di codifica dei dosimetri per corpo intero e i riferimenti per eventuali contatti sono mostrati in Figura 2.



Dosimetro per fotoni

Dosimetro per neutroni termici

Dosimetro per estremità

Dosimetro per neutroni veloci

Grandezze Misurate Hp(10) e Hp(0,07) o H*(10)	Grandezza Misurata Hp(10) o H*(10)	Grandezza Misurata Hp(0,07)	Grandezza Misurata Hp(10) o H*(10)
<b>Rivelatore TLD</b> GR200A 2 pastiglie di LiF(Mg, Cu, P)	<b>Rivelatore TLD</b> GR200A e GR2007A 1 pastiglia di LiF(Mg, Cu, P) 1 pastiglia di <sup>7</sup> LiF(Mg, Cu, P)	<b>Rivelatore TLD</b> GR200A o MCP-Ns 1 pastiglia di LiF(Mg, Cu, P)	<b>Rivelatore CR39</b> 1 lastrina di PADC (Poly Allyl Diglicol Carbonate)
<b>Filtrazione</b> plastica (20 mg cm <sup>-2</sup> ), pastiglia A 1 mm di Al + plastica, pastiglia B	<b>Filtrazione</b> anteriore 1 mm di Al posteriore 1mm di Cd	<b>Filtrazione</b> Bustina di polietilene 12 mg cm <sup>-2</sup>	<b>Dimensioni lastrina</b> 25 mm x 36 x 1,4 mm <b>Intervallo di dose di utilizzo</b> (0,1÷20) mSv
<b>Intervallo di risposta in energia</b> fotoni da 13 keV a 1,25 MeV	<b>Intervallo di risposta in energia</b> neutroni termici fino a 0,4 eV fotoni: 1,25 MeV – qualche MeV	<b>Intervallo di risposta in energia</b> Fotoni da 20 keV a 202 keV GR200A=>□ <sup>90</sup> Sr (E <sub>m</sub> =0.8 MeV) MCP-Ns =>□ <sup>90</sup> Sr (E <sub>m</sub> =0.8 MeV) e del <sup>204</sup> Tl (E <sub>m</sub> =0.240 MeV)	<b>Intervallo di risposta in energia</b> 200 keV -14 MeV
<b>Dipendenza energetica della risposta</b> In termini di Hp(10) ± 16 % In termini di Hp(0,07) ± 4 %	<b>Incertezza totale associata a valori di dose</b> <b>Hp(10) -N</b> 25% <b>Hp(10) -N</b> 30%	<b>Dipendenza energetica</b> ± 23 % <b>Dipendenza angolare</b> ± 14 %	<b>Dipendenza energetica della risposta nell'intervallo di energia di utilizzo</b> ± 50 %
<b>Dipendenza angolare della risposta</b> In termini di Hp(10) ± 10 % In termini di Hp(0,07) ± 5 %	<b>Intervallo di dose di utilizzo</b> n (0,02÷50) mSv □(0,05÷200) mSv	<b>Dipendenza energetica</b> ± 23 % <b>Dipendenza angolare</b> ± 14 %	<b>Dipendenza angolare della risposta</b> ± 15 %
<b>Soglia di misura</b> 0,05 mSv	<b>Soglia di misura</b> della dose neutronica 0.02 mSv della dose fotonica 0.05 mSv	<b>Soglia di misura</b> 0,05 mSv	<b>Soglia di misura</b> 0,10 mSv
<b>Periodicità</b> 45 g	<b>Periodicità</b> 45 g	<b>Periodicità</b> 90 gg	<b>Periodicità</b> 90 gg

**Figura 1:** Schede tecniche dei dosimetri per tutti i tipi di radiazione disponibili al Servizio di Dosimetria ENEA.

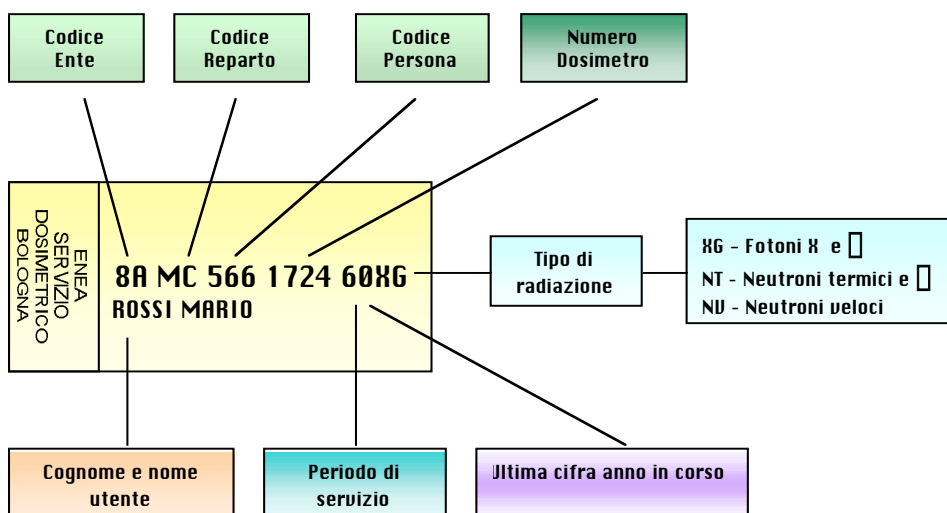


Figura 2: Legenda della codifica di identificazione dei dosimetri per corpo intero.

### 3. Conclusioni

Il Servizio di Dosimetria Personale nell'esercizio della sua attività ha sempre sviluppato e costantemente implementato nella routine, metodologie e procedure di assicurazione della qualità per garantire un servizio qualificato ed affidabile. Inoltre la partecipazione periodica ad interconfronti internazionali, ottenendo buoni risultati, ha permesso di verificare ulteriormente la prestazione complessiva del Servizio in termini di accuratezza e precisione del risultato dosimetrico fornito.

Recentemente il Servizio ha ultimato un'analisi di revisione delle procedure gestionali, e sta predisponendo azioni di miglioramento allo scopo di incrementare l'affidabilità, l'efficienza e la soddisfazione del cliente.

- [1] Gualdrini G., Bedogni R., Fantuzzi E., Mariotti F. *Dosimetri di criticità. Aggiornamento delle metodiche in uso presso l'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA*. RT/2004/26/ION.
- [2] Fantuzzi, E., Mariotti, F., B. Morelli, Uleri G.C. *The implementation in routine of the ENEA new personal photon dosemeter*. 14st Intenational Conference on Solid State Dosimetry , Yale University, New Haven, CT, USA June 27- July 2 (2004).
- [3] Morelli, B., Mariotti, F., Fantuzzi, E. *The ENEA neutron personal dosimetry service*. 14st Intenational Conference on Solid State Dosimetry Yale University, New Haven, CT, USA June 27- July 2 (2004).
- [4] Mariotti, F., Uleri, G.C., Fantuzzi, E., *Batch homogeneity of LiF(Mg,Cu,P)-GR200 and LiF(Mg,Cu,P)-MCP-Ns TL detectors for use as extremity dosimetry at ENEA personal dosimetry service*. 14<sup>th</sup> SSD Yale University, New Haven, CT, USA, June 27-July 2 (2004).

# SERVIZIO MISURE DELLA CONTAMINAZIONE INTERNA: ATTIVITA' DI ROUTINE

Paolo Battisti

ENEA – BAS ION - Istituto di Radioprotezione, CRBologna

## 1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA (ENEA BAS ION IRP) opera da anni nel campo delle misure di dosimetria interna, fornendo prestazioni sia per utenti interni all'Ente che esterni. Recentemente è stato avviato un progetto di riorganizzazione delle attività incorporando in un unico sistema i laboratori dell'Istituto operanti nel campo e dislocati nei diversi centri ENEA; specificatamente:

- Laboratorio misure in vivo (WBC) di Casaccia, Saluggia, Trisaia e Bologna
- Laboratorio misure radiotossicologiche di Casaccia, Saluggia, Trisaia

Tenuto conto delle potenziali sinergie e della opportunità offerta dalla integrazione delle competenze e delle specializzazioni, anche in vista dell'eventuale necessità di affrontare situazioni complesse, a tale sistema afferiscono per altro, nella specificità dei compiti e delle attività, anche i laboratori BAS ION IRP di misura della radioattività ambientale (Casaccia, Saluggia e Trisaia), nonché il Laboratorio misure di Spettrometria di Massa con ICP-MS (Casaccia).

Al fine di realizzare il progetto, e quindi integrare entità per lungo tempo fra loro indipendenti, la riorganizzazione è stata volta da un lato ad uniformare metodiche e procedure operative comuni, dall'altro a razionalizzare dotazione strumentale, competenze e specializzazioni, con l'obiettivo di un potenziamento delle capacità di intervento e una sempre maggiore qualità del dato fornito. A tale proposito particolare attenzione è stata posta alle attività di qualificazione, sia mediante l'organizzazione di campagne interne di intercalibrazione, sia attraverso la partecipazione sistematica alle più significative e prestigiose iniziative nazionali ed internazionali di interconfronto.

L'incarico di organizzare, distribuire ed uniformare, anche dal punto di vista formale, le attività dei diversi Laboratori, è stata affidato ad un'apposita "Unità di coordinamento dei Laboratori dell'Istituto di Radioprotezione", con sede in Casaccia. Fra i suoi diversi compiti, tale Unità ha in particolare quello di gestire il rapporto con l'utenza, interna ed esterna, per gli aspetti anche non strettamente tecnici, ivi compresa compilazione, invio e archiviazione dei referti di misura.

## 2. Prestazioni fornite dal servizio misure della contaminazione interna

Nelle due tabelle che seguono sono indicate le prestazioni fornite dai Laboratori BAS ION IRP di misura di dosimetria interna, rispettivamente nell'ambito delle misure in vivo e di quelle radiotossicologiche, indicando per ciascun laboratorio le specifiche specializzazioni

**Tabella 1.** Tipologie di misura in vivo (WBC) effettuate dal servizio misure della contaminazione interna ION IRP

Laboratorio	Tipologia di misura	Range energia o radionuclide	Sistema di rivelazione	Geometria di misura	Schermatura
Casaccia	corpo intero	100 keV – 2 MeV I-131	1 riv. HPGe coassiale	sedia di Marinelli	totale (bunker)
	tiroidea		1 riv. HPGe coassiale	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	organo specifico	100 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coassiale	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	polmonare	10 keV 100 keV	4 riv. HPGe planari	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
Saluggia	tiroidea	I-125	1 riv. HPGe planare	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	ossea	Am-241	4 riv. HPGe planari	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	corpo intero	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl)	lettino	parziale
Trisaia	tiroidea	I-131	1 riv. NaI(Tl)	in funzione di posizione organo	parziale
	corpo intero	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl)	lettino	parziale
Bologna	tiroidea	I-131	1 riv. NaI(Tl)	in funzione di posizione organo	parziale
	corpo intero	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl) 9"x4"	sedia di Marinelli	totale (bunker)
	organo specifico	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl) 9"x4"	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	tiroidea	I-131, I-125	1 riv. NaI(Tl) 3"x3"	in funzione di posizione organo	solo rivelatore



**Tabella 2.** Tipologie di misure radiotossicologiche effettuate dal servizio misure della contaminazione interna ION IRP

Laboratorio	Tipologia di misura	Range energia o radionuclide	Sistema di rivelazione	Geometria di misura
Casaccia	spettrometria gamma urine spettrometria alfa urine e feci determinazione Radio urine conteggio beta urine conteggio beta totale urine spettrometria di massa urine conteggio muco nasale	50 keV – 2 MeV Pu-239, Pu-238, Am-241 Ra-226 H-3, C-14, Ni, Pu-241 Sr-90, Ph-32 U-238, U-235, Th-232 alfa e beta emettitori	1 riv. HPGe coassiale 1 riv. PIPS in vuoto conteggio alfa scintillazione liquida 1 riv. Argon-metano ICP-MS scintillazione liquida	beker di Marinelli piattello elettrodeposto piana su piattello metallico vials da 20 ml piana su piattello metallico ----- vial da 20 ml
Saluggia	spettrometria gamma urine spettrometria alfa urine e feci	50 keV – 2 MeV Pu-239, Pu-238, Am-241	1 riv. HPGe coassiale 1 riv. PIPS in vuoto	beker di Marinelli piattello elettrodeposto
Trisaia	spettrometria gamma urine	50 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coassiale	beker di Marinelli

### Attività di servizio 2007

Nelle due tabelle che seguono sono indicate le misure di monitoraggio effettuate nel corso del 2007 dai Laboratori ION IRP di misura in vivo e di misure radiotossicologiche per utenti interni ENEA ed Esterni.

**Tabella 2.** Misure in vivo di monitoraggio effettuate dal servizio misure della contaminazione interna BAS ION IRP nel corso del 2007

Laboratorio	Tipologia di misura	Utenti interni ENEA	Utenti esterni	Totale
Casaccia	corpo intero alta energia	281	291	572
	polmonare bassa energia	50	190	240
	tiroidea I-125	28	58	86
Saluggia	corpo intero alta energia	37	--	37
Trisaia	corpo intero alta energia	11	4	33

**Tabella 2.** Misure radiotossicologiche di monitoraggio effettuate dal servizio misure della contaminazione interna BAS ION IRP nel corso del 2007

Laboratorio	Tipologia di misura	Utenti interni ENEA	Utenti esterni	Totale
Casaccia	spettrometria gamma urine	206	1	207
	spettrometria alfa urine	38	4	42
	spettrometria alfa feci	19	4	23
	determinazione Ra-226 nelle urine	10	1	11
	scintillazione liquida urine (H-3, C-14)	84	456	540
	conteggio beta urine	154	188	342
	spettrometria di massa urine (U, Th)	190	145	335
	misure muco nasale	--	162	162
Saluggia	spettrometria alfa urine	21	--	21
	spettrometria alfa feci	20	16	36
Trisaia	spettrometria gamma urine	19	1	56

### 3. Conclusioni

L'insieme dei Laboratori di misura della contaminazione interna dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA costituisce ad oggi un *unicum* in Italia sia per varietà che per qualità delle prestazioni fornite. Il notevole sforzo effettuato nel corso degli ultimi anni per mantenere viva un'eredità di decenni di studi e sperimentazioni e nel contempo aggiornare le metodiche ed ampliare le potenzialità di misura, anche attraverso una azione sinergica dei Laboratori BAS ION IRP dislocati nei diversi centri ENEA, permette al Paese non solo di avere ancora a disposizione un sistema capace di affrontare qualsiasi caso di contaminazione da introduzione di materiale radioattivo, ma anche di mantenere un prezioso patrimonio di competenze effettive che, stante la situazione oggettivamente creatasi con l'abbandono del "nucleare", sarebbero oggi in buona parte inevitabilmente perdute.

## SERVIZIO RADON: ATTIVITA' DI ROUTINE

**Massimo Calamosca, Silvia Penzo.**

ENEA BAS-ION-Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### 1. Premessa

Nel suo sesto anno di attività il Servizio Radon ha iniziato la distribuzione del nuovo dispositivo passivo a tracce per la misurazione del radon (brevetto N. MI2006A000703), sulla base economica del nuovo tariffario ENEA, disponibile dall'inizio dell'anno. In parallelo, il servizio ha continuato gli studi per migliorare la qualità della misura, in particolare portando a termine la definizione dell'incertezza della misurazione del nostro sistema in coerenza con il formalismo indicato dalla GUM 2000.

A questa attività di base del servizio si accompagnano le azioni previste dalle commesse in corso, che prevedono accanto alle misurazioni di routine della concentrazione di radon, le valutazioni di dose ed altre azioni, che forniscono ulteriori spunti di sviluppo e ricerca.

### 2. Descrizione sintetica delle attività del Servizio ENEA Radon

Le attività del Servizio si dividono tra attività di routine, attività finalizzate al mantenimento di un alto livello di qualità della misura, ed attività legate alle commesse in corso (tabella 1).

**Tabella 1:** Dimensionamento dell'attività di servizio per il 2007 e confronto con il 2005 e 2006

Periodo	N° ordini	N° dosimetri	N° rivelatori
2005	46	337	1272
2006	42	489	1533
2007	32	412	1402

Complessivamente nei cinque anni di attività commerciale il Servizio ha redatto N. 688 rapporti di misurazione verso utenti esterni. Riguardo la commessa del Ministero delle Finanze, sono state portate a termine tutte le fasi previste dall'incarico, completando la ripetizione delle misurazioni dove previsto dalla norma in vigore, eseguendo le valutazioni dosimetriche tenendo in considerazione tutte le sorgenti di esposizione alle radiazioni ionizzanti, definendo le azioni di rimedio nei locali da risanare, ed infine redigendo la relazione tecnica finale sull'esame di screening dei piani superiori. Quest'ultima azione ha permesso al Ministero di giustificare l'estensione dell'azione di monitoraggio ai piani superiori, a cui è seguita la richiesta di offerta al nostro Istituto per tale intervento. Al momento il Ministero delle Finanze sta esaminando la ns. offerta basata sulla relazione tecnica con oggetto l'intervento di monitoraggio del radon e del toron nei locali di lavoro dei piani non interrati. La commessa in corso verrà terminata non appena sarà possibile certificare il risanamento dei locali, fattibile con l'esecuzione dei lavori previsti, ma a tutt'oggi non ancora iniziati. Sulla base delle esigenze venutesi a prospettare durante l'esecuzione di tale commessa, il servizio sta mettendo a punto una serie di strumentazione innovativa, che verrà descritta più in dettaglio nell'ambito delle attività del laboratorio NORM. Nell'ambito delle azioni previste dal PGQ, il Servizio ha partecipato all'annuale Interconfronto internazionale sui rivelatori passivi a tracce c/o l'HPA, ed ha eseguito uno studio sul bilancio delle incertezze di misura che caratterizza il nostro sistema di misurazione del radon. Quest'approccio, risultato necessario per potere definire in modo formalmente corretto l'incertezza di misura, ha permesso di individuare e migliorare i punti che maggiormente penalizzano il nostro sistema di misurazione. Il dettaglio di questo lavoro[1], viene presentato in un ulteriore contributo del Servizio presente in questa pubblicazione.

### 3. Conclusioni

Nel 2007 il Servizio Radon continua la sua attività nazionale con l'utilizzo del nuovo dispositivo (brevetto N. MI2006A000703) con costi inferiori a quelli previsti dalla vecchia tariffa, anche se il numero di ordini è lievemente diminuito rispetto agli anni precedenti. Accanto al monitoraggio del radon, il Servizio ha in programma di offrire all'utenza anche la possibilità del monitoraggio del toron, mediante la realizzazione di un nuovo dispositivo.

[1] Penzo S. Calamosca M. La valutazione dell'incertezza nella misura dell'esposizione al radon del Servizio Radon Enea. ISBN 88-88648-06-2 Atti Convegno Nazionale AIRP "Sicurezza e qualità in Radioprotezione" Vasto1-3-Ottobre 2007.

[2] Calamosca M. Attività di misurazione del  $^{222}\text{Rn}$  e del  $^{220}\text{Rn}$  nei locali dell'immobile di V. XX settembre, 97, Roma sede del Ministero dell'Economia e delle Finanze: Specifiche tecniche. Bologna, 30/10/2007.

[3] Calamosca M. Azioni di rimedio per il risanamento dal radon e dal toron dei locali ubicati al piano sostruzioni dell'immobile di v. XX Settembre, 97 Roma, sede centrale del Ministero dell'Economia e delle Finanze. Prot. ENEA/2007/28042/BAS-ION-IRP, 15/5/2007

# **ATTIVITA' DI FORMAZIONE PROFESSIONALE**



## **CORSO DI DOSIMETRIA INTERNA ORGANIZZATO DA ENEA IN COLLABORAZIONE CON AIRP**

**Paolo Battisti, Carlo M. Castellani, Andrea Luciani, Gianfranco Gualdrini**  
ENEA – BAS ION - Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

### **1. Introduzione**

Dal 5 al 9 Novembre 2007 presso il Centro di Ricerca ENEA Casaccia si è tenuto il corso dal titolo “La contaminazione interna: misura, valutazione di dose, interventi di rimedio” organizzato dall’Istituto di Radioprotezione del Dipartimento Biotecnologie, Agroindustria e Protezione della Salute dell’ENEA in collaborazione con l’Associazione Italiana di Radioprotezione (AIRP) nell’ambito delle attività della Scuola Superiore di Radioprotezione “Carlo Polvani” (42° Corso).

### **2. Finalità**

Lo scopo del corso era quello di fornire strumenti aggiornati e metodologie per la definizione dei programmi di sorveglianza radioprotezionistica e la valutazione di dose da contaminazione interna, anche attraverso una panoramica sulle tecniche di misura adottabili nelle diverse situazioni. Esercitazioni pratiche sono state effettuate utilizzando i Laboratori dell’Istituto di Radioprotezione dell’ENEA del Centro Casaccia, a cui sono seguiti esercizi di valutazione di dose su casi di contaminazione interna da sostanze radioattive.

### **3. Seminario introduttivo**

Il corso è stato aperto da un seminario tenuto dal Dr. Bernard Le Guen, (Laboratorio Centrale Analisi Mediche e Radiotossicologiche di Electricité de France, EDF) dal titolo “Trattamento medico delle contaminazioni interne da materiale radioattivo”. Al seminario, aperto al pubblico, hanno aderito oltre 120 persone provenienti da tutti i soggetti nazionali competenti a vario titolo nel campo della radioprotezione, fra cui diversi medici autorizzati e l’intero direttivo della Associazione Italiana di Radiologia Medica.

Nel corso della sua presentazione il Dr. Le Guen ha fatto il punto sulle tecniche di decorporazione di radionuclidi in caso incidentale, dettagliando per alcuni specifici radioisotopi quali trizio, radiocesio e transuranici, i più aggiornati metodi di trattamento applicati in ambito lavorativo. Il dibattito ha permesso un ampio confronto su alcuni temi specifici quali il trattamento di ferite contaminate e le modalità di somministrazione di agenti chelanti per la decorporazione.

### **4. Svolgimento e partecipazione**

Il corso, a numero chiuso, ha visto la partecipazione di 36 discenti provenienti da diverse istituzioni ed enti nazionali incaricati di compiti di radioprotezione (APAT, ISS, ISPESL, Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Scuola Interforza Difesa NBC, ARPA, Servizi di Fisica Sanitaria Ospedaliera, Enti di ricerca), ed è stato interamente tenuto da docenti appartenenti all’Istituto di Radioprotezione.

Per l’occasione l’Istituto ha potuto mettere a disposizione un insieme di competenze nel campo uniche nel Paese e che spaziano dall’applicazione delle diverse metodologie di misura, sia dirette sull’uomo che su campioni biologici, alla misura e valutazione del rischio associato al radon e ai suoi prodotti di decadimento, nonché alla modellistica biocinetica finalizzata alla valutazione di dose interna.

Ampio rilievo è stato dato, mediante l’analisi di “case studies”, all’illustrazione e all’applicazione pratica delle linee guida IDEAS, recentemente proposte a livello europeo per la valutazione della dose interna. Durante il corso è stato anche trattato il tema del monitoraggio della contaminazione interna in caso di emergenze radiologiche, con particolare riferimento alla possibilità di effettuare uno screening di massa per le diverse tipologie di contaminanti radioattivi.

### **5. Feedback dei partecipanti e conclusioni**

L’attenta e attiva partecipazione manifestata dai discenti sia nelle lezioni teoriche che nelle esercitazioni di laboratorio e le numerose attestazioni di gradimento da più parti rivolte al Comitato Organizzatore, costituiscono una prova del successo ottenuto dall’intera iniziativa, testimoniato per altro dalle numerose richieste di una maggiore frequenza di corsi di questo tipo.

## TIROCINIO PER ASPIRANTI ESPERTI QUALIFICATI NEI CENTRI ENEA

**Carlo Maria Castellani, Sandro Sandri\***

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Bologna

\*ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, CR Frascati

### 1. Premessa

L'allegato V al Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241, richiede uno specifico tirocinio per l'accesso all'abilitazione da Esperto Qualificato. Il periodo di tirocinio necessario è di almeno 120 giorni lavorativi per ognuno dei tre gradi di abilitazione, sotto la guida degli esperti qualificati incaricati della sorveglianza fisica, e deve essere notificato alla Direzione Provinciale del lavoro in modo preventivo.

I tirocini devono essere svolti:

- per l'abilitazione di 1° grado presso strutture che utilizzano apparecchi radiologici che accelerano elettroni con tensione massima, applicata al tubo, inferiore a 400 kV;
- per l'abilitazione di 2° grado presso strutture che utilizzano sorgenti costituite da macchine radiogene con energia degli elettroni accelerati compresa tra 400 keV e 10 MeV, o da materie radioattive, incluse le sorgenti di neutroni la cui produzione media nel tempo, su tutto l'angolo solido, sia non superiore a  $10^7$  neutroni al secondo;
- per l'abilitazione di 3° grado presso strutture che utilizzano acceleratori di elettroni di energia superiore a 10 MeV o acceleratori di particelle diverse dagli elettroni, o presso impianti di cui al Capo VII del D.Lgs 230/95 e s.m.i.

Il tirocinio deve essere accordato all'aspirante EQ dall'*Esercente* degli impianti e delle pratiche con rischi da radiazioni ionizzanti e dall'EQ che si occupa del tirocinio formativo '*on the job*'. I Centri ENEA di Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia offrono globalmente la possibilità di svolgere i suddetti tirocini nell'ambito delle attività di sorveglianza fisica di radioprotezione che l'Istituto stesso svolge attraverso gli EQ e gli addetti di radioprotezione operativa.

### 2. Attività di tirocinio presso CR Frascati

Presso il CR ENEA di Frascati è possibile svolgere il tirocinio richiesto dall'allegato V del D.Lgs. 241/00, per l'accesso alle prove di esame relative all'inserimento negli elenchi nazionali degli esperti qualificati di I, II e III grado.

Il suddetto tirocinio prevede la disponibilità di sistemi radiogeni e di radioisotopi adeguati in ragione del grado di abilitazione perseguita presso la struttura ospitante.

Tutta la fase di addestramento deve essere seguita da un esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica il quale deve dare la sua completa disponibilità a seguire i tirocinanti e deve certificare l'avvenuto completamento del necessario periodo di tirocinio.

Da alcuni anni presso il CR Frascati si stanno svolgendo periodi di tirocinio rivolti sia a personale interno che a ospiti esterni.

Nel 2007 sono stati svolti cinque periodi di tirocinio di cui tre per il I grado di abilitazione e due per il III.

I tirocini sono stati svolti sotto la guida dell'Esperto Qualificato Dr. S. Sandri.

Gli argomenti trattati nei periodi di tirocinio hanno riguardato la sorveglianza fisica per le seguenti sorgenti di radiazioni impiegate nel Centro ENEA di Frascati:

per il I grado di abilitazione

- 2 diffrattometri con produzione RX da 80 kV
- dispositivo con tubo RX da 100 kV
- 2 dispositivi RX da 35 kV
- generatori RF con tensioni fino a 200 kV (generazione di RX parassiti).

per il III grado di abilitazione

- sorgenti sigillate del tipo AmBe e  $^{252}\text{Cf}$  emittenti neutroni con intensità superiore a  $10^4$  neutroni al secondo;
- generatore di Neutroni FNG basato su un acceleratore di deutoni con reazione D-D o D-T con produzione di almeno  $10^9$  neutroni al secondo
- macchina sperimentale per fusione nucleare, FTU, con emissione di almeno  $10^{10}$  neutroni al secondo

### **3. Attività di tirocinio presso CR Bologna**

Nel centro di Bologna-Montecuccolino, invece l'EQ C.M. Castellani ha tenuto a tirocinio per l'acquisizione del 1° grado di abilitazione EQ con effettuazione di attività teoriche (NCRP 147) e pratiche (verifica barriere con utilizzo di diversi tipi di strumentazione attiva) e fornito formazione teorica sulla normativa vigente, sui compiti specifici dell'EQ, su tematiche di dosimetria esterna ed un addestramento pratico relativamente alla sorveglianza fisica di radioprotezione nelle zone classificate intorno ai tubi radiogeni, attraverso misure sperimentali con diverse tipologie di strumenti disponibili presso l'Istituto. Nello stesso periodo è stata seguita la supervisione di una tirocinante per secondo grado di abilitazione EQ che particolare riguardo per la formazione tecnico pratica sui criteri di progettazione di laboratori con sorgenti radioattive e sulle misure da effettuarsi in tali ambiti.

### **4. Conclusioni**

Le dotazioni strumentali e le competenze dell'Istituto di Radioprotezione in diversi Centri ENEA sono complete e danno la possibilità di svolgere tutti e tre i gradi di abilitazione da Esperto Qualificato. Questa opportunità è già stata offerta con pieno successo presso i Centri di Bologna, Casaccia e Frascati.

L'attività di formazione in radioprotezione è uno dei compiti che l'organizzazione dell'ENEA prevede per l'Istituto di Radioprotezione. Tuttavia, l'attività di addestramento professionale per aspiranti Esperti Qualificati è piuttosto specifica e richiede un addestramento pratico che va oltre al compito generico di formazione, nel senso di fornitura di nozioni teoriche.

Tale attività costituisce quindi una potenzialità di offerta sul mercato professionale che l'ENEA, attraverso IRP, può fornire a livello nazionale essendo una delle poche "strutture ospitanti" complete per questo tipo di tirocinio.

# FORMAZIONE IN RADIOPROTEZIONE

**Sandro Sandri**

ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, C.R. Frascati

## 1. Formazione in Radioprotezione presso il Centro di Frascati

Impegno e competenza dell'ENEA e di ION IRP in particolare, nel campo dell'informazione e della formazione in radioprotezione, sono riconosciute a livello nazionale e sono rese evidenti dalle iniziative dell'Ente nel settore. Alla fine del 2007 [1] l'Istituto di Radioprotezione è stato chiamato a relazionare proprio su questo tema in occasione della giornata di studio dal titolo "Scorie di casa nostra. La gestione dei rifiuti radioattivi in Italia", organizzata da AIRP e tenuta a Roma il 3 dicembre 2007.

La formazione del personale interno è attiva da diverso tempo, legata anche a specifici obblighi di legge (decreti legislativi 626/94 e 230/95) e si esplica in varie forme. In questo ambito la formazione e l'informazione avvengono con le seguenti modalità:

- Formazione iniziale, tramite incontri con l'esperto qualificato incaricato
- Distribuzione di opuscoli preparati in ambito IONIRP
- Conferenze interne periodiche
- Corsi di formazione differenziata per tipologia di personale (esposti o non esposti)

Attività innovative di formazione esterna sono in corso attraverso le seguenti proposte:

- Iniziative ENEA per corsi e conferenze sul territorio o per componenti cittadinanza
- Patrocinio alle associazioni per eventi divulgativi
- Supporto all'AIRP e ad altre associazioni del settore

## 2. Opuscolo informativo di Radioprotezione

Insieme agli esperti qualificati afferenti all'Istituto, nel corso del 2007 è stato elaborato un opuscolo di informazione sui rischi di radioprotezione che sarà distribuito a tutti i dipendenti e gli ospiti esposti alle radiazioni ionizzanti. Il volume dal titolo "La Radioprotezione. Opuscolo per la formazione del personale esposto a radiazioni ionizzanti per ragioni professionali" è stato realizzato sulla base delle competenze e dell'esperienza del personale ENEA impegnato da anni (in qualche caso da decenni) nel settore della radioprotezione. Gli argomenti trattati sono esaustivi rispetto alle attività con impiego di radiazioni ionizzanti scolte presso i Centri ENEA e, data l'estensione di tali impieghi, coprono praticamente tutti gli aspetti inerenti le attività di ricerca e non solo. Molti dei temi trattati sono di interesse anche nei settori industriale e sanitario.



L'opuscolo, che si rivolge ad un pubblico non particolarmente competente nel settore, ma con esigenze specifiche di formazione, potrebbe quindi avere una diffusione anche molto più ampia di quella inizialmente programmata. L'indice del volume, riportato nel seguito, fornisce una sintesi degli argomenti trattati:

- i principi e la normativa di radioprotezione ( introduzione storica, principi della radioprotezione, livelli di esposizione, quadro normativo)
- le radiazioni ionizzanti (sorgenti di radiazioni ionizzanti, i principali tipi di radiazioni ionizzanti, modalità di esposizione, effetti biologici delle radiazioni, grandezze fisiche , grandezze radioprotezionistiche e unità di misura, misura delle radiazioni)
- la radioprotezione negli ambienti di lavoro( le figure e i ruoli nel sistema di radioprotezione, limiti di dose, classificazione delle aree e dei lavoratori, segnaletica di sicurezza, obblighi del datore di lavoro, del dirigente e del preposto, obblighi dell'esperto qualificato, obblighi del medico competente o autorizzato, obblighi del lavoratore, mezzi dosimetrici e loro impiego, dispositivi di protezione individuale, norme interne di radioprotezione)
- glossario su grandezze e unità di misura

## 3. Conclusioni

L'attività di formazione in Radioprotezione è svolta in modo "parallelo" alle attività programmatiche in modo continuo dalla maggior parte dei ricercatori e degli addetti alla radioprotezione operativa in IRP. Tale attività istituzionale è di fondamentale importanza per contribuire alla crescita della consapevolezza e delle conoscenze di radioprotezione degli addetti ai lavori e di coloro che, pur non essendo "esperti", impiegano le radiazioni ionizzanti nelle proprie attività lavorative e nei confronti della popolazione in genere.

[1] E. Fantuzzi, S. Sandri. L'impegno dell'ENEA per la formazione nella radioprotezione. Presentato alla Giornata di Studio AIRP "Scorie di casa nostra. La gestione dei rifiuti radioattivi in Italia", tenuta a Roma il 3 dicembre 2007.



## **APPENDICI**



## ELENCO DEGLI AUTORI

Andreocci	Lelia	CR - Casaccia	lelia.andreocci@casaccia.enea.it	p.	25, 38
Arginelli	Dolores	CR - Saluggia	dolores.arginelli@saluggia.enea.it	p.	35, 36, 37
Baiano	Angelo	CR - Casaccia	angelo.baiano@casaccia.enea.it	p.	47
Baiano	Daniele	CR - Casaccia	daniele.baiano@casaccia.enea.it	p.	47
Baldassarre	Giovanni	CR - Bologna	giovanni.baldassarre@bologna.enea.it	p.	70
Battisti	Paolo	CR - Bologna	paolo.battisti@bologna.enea.it	p.	25, 26, 38, 40, 53, 72, 77
Basta	Mario	CR - Casaccia	mario.basta@casaccia.enea.it	p.	50, 51
Bazzarri	Sandro	CR - Casaccia	sandro.bazzarri@casaccia.enea.it	p.	25, 38
Berton	Gianfranco	CR - Saluggia	gianfranco.berton@saluggia.enea.it	p.	57
Bortoluzzi	Sandro	CR - Saluggia	sandro.bortoluzzi@saluggia.enea.it	p.	35, 36, 37, 57, 58, 59
Borra	Enrico	CR - Casaccia	enrico.borra@casaccia.enea.it	p.	50, 51, 64
Calamosca	Massimo	CR - Bologna	massimo.calamosca@bologna.enea.it	p.	32, 33, 74
Canuto	Giuseppe	CR - Saluggia	giuseppe.canuto@saluggia.enea.it	p.	37, 57
Castellani	Carlo Maria	CR - Bologna	carlomaria.castellani@bologna.enea.it	p.	7, 50, 51, 63, 77, 78, 89
Cicoli	Giuliano	CR - Casaccia	giuliano.cicoli@casaccia.enea.it	p.	47
Cozzella	Maria Letizia	CR - Casaccia	letizia.cozzella@casaccia.enea.it	p.	22, 26
Di Marco	Nadia	CR - Casaccia	nadia.dimarco@casaccia.enea.it	p.	53
Falangi	Giorgio	CR - Bologna	giorgio.falangi@bologna.enea.it	p.	29, 70
Fantuzzi	Elena	CR - Bologna	elena.fantuzzi@bologna.enea.it	p.	XI, XIII, 3, 5, 12, 14, 28, 29, 30, 31, 39, 45, 47, 50, 51, 67, 10
Ferrari	Paolo	CR - Bologna	paolo.ferrari@bologna.enea.it	p.	27, 34, 10
Florita	Lorenzo	CR - Casaccia	lorenzo.florita@casaccia.enea.it	p.	50, 51
Gianquitto	Giovanni	CR - Casaccia	giovanni.gianquitto@casaccia.enea.it	p.	53
Giardina	Isabella	CR - Casaccia	isabella.giardina@casaccia.enea.it	p.	25, 38
Giovanetti	Anna	CR - Casaccia	anna.giovanetti@casaccia.enea.it	p.	21, 22
Gualdrini	Gianfranco	CR - Bologna	gianfranco.gualdrini@bologna.enea.it	p.	6, 10, 27, 28, 30, 34, 77
Iurlaro	Giorgia	CR - Casaccia	giorgia.iurlaro@casaccia.enea.it	p.	47, 50, 51
Liccione	Giuseppe	CR - Trisaia	giuseppe.liccione@trisaia.enea.it	p.	50, 51, 61
Luciani	Andrea	CR - Bologna	andrea.luciani@bologna.enea.it	p.	7, 9, 15, 16, 23, 24, 77
Mancini	Liliana	CR - Casaccia	liliana.mancini@casaccia.enea.it	p.	25, 38
Mariotti	Francesca	CR - Bologna	francesca.mariotti@bologna.enea.it	p.	28, 29, 30, 31, 39, 70, 10
Merolli	Sandro	CR - Frascati	sandro.merolli@frascati.enea.it	p.	54, 56
Montalto	Mario	CR - Saluggia	mario.montalto@saluggia.enea.it	p.	35, 36, 37, 57, 58, 59
Montemurro	Eustachio	CR - Trisaia	eustachio.montemurro@trisaia.enea.it	p.	60
Monteventi	Fabio	CR - Bologna	fabio.monteventi@bologna.enea.it	p.	30, 10
Morelli	Bruna	CR - Bologna	bruna.morelli@bologna.enea.it	p.	39, 70
Morelli	Giulio	CR - Casaccia	giulio.morelli@casaccia.enea.it	p.	25, 38
Morgia	Antonella	CR - Frascati	antonella.morgia@frascati.enea.it	p.	XVI
Napoleone	Roberto	CR - Casaccia	roberto.napoleone@casaccia.enea.it	p.	47
Nocente	Mauro	CR - Saluggia	mauro.nocente@saluggia.enea.it	p.	35, 36, 37, 57, 58, 59
Ottaviano	Giuseppe	CR - Frascati	giuseppe.ottaviano@frascati.enea.it	p.	46
Pelleccia	Aldo	CR - Casaccia	aldo.pelleccia@casaccia.enea.it	p.	47
Pellegrini	Chiara	CR - Bologna	chiara.pellegrini@bologna.enea.it	p.	31, 39, 70
Pentivolpe	Rosetta	CR - Trisaia	rosetta.pentivolpe@trisaia.enea.it	p.	60
Penzo	Silvia	CR - Bologna	silvia.penzo@bologna.enea.it	p.	32, 33, 74
Polenta	Stefano	CR - Frascati	stefano.polenta@frascati.enea.it	p.	56
Ridone	Sandro	CR - Saluggia	sandro.ridone@saluggia.enea.it	p.	22, 35, 36, 37, 57, 58, 59
Rossi	Elia	CR - Bologna	elia.rossi@bologna.enea.it	p.	47, 50, 51
Sandri	Sandro	CR - Frascati	sandro.sandri@frascati.enea.it	p.	XVI, 8, 17, 46, 50, 51, 78, 80, 54
Santarcangelo	Giuseppe	CR - Trisaia	giuseppe.santarcangelo@trisaia.enea.it	p.	60
Silvestri	Nicola	CR - Trisaia	nicola.silvestri@trisaia.enea.it	p.	60, 61
Soldano	Elvio	CR - Casaccia	elvio.soldano@casaccia.enea.it	p.	53
Stefanoni	Roberto	CR - Casaccia	roberto.stefanoni@casaccia.enea.it	p.	53
Uleri	Giancarlo	CR - Bologna	giancarlo.uleri@bologna.enea.it	p.	31, 70
Vanga	Giuseppina	CR - Casaccia	giuseppina.vanga@casaccia.enea.it	p.	22, 26
Zicari	Salvatore	CR - Trisaia	salvatore.zicari@trisaia.enea.it	p.	60, 61

## PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI LAVORO E/O A COMITATI NAZIONALI E INTERNAZIONALI

### Dolores Arginelli

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).
- Membro Permanente del Gruppo di lavoro 24: Metodi di misura della contaminazione interna da radionuclidi **UNI/CEN/SC2** (Radiation Protection).
- Tutor per una tesi di Laurea in Fisica dell'Università degli Studi di Torino dal titolo "Controllo di qualità e studi biocinetici sul radiofarmaco osteotropo [<sup>153</sup>Sm]Sm-EDTMP"
- Membro di WG3: dosimetry and radiobiology, nell'ambito di COST Action BM0607 "Targeted Radionuclide Therapy (TRNT)".
- Membro permanente della Sottocommissione 4 "*Radioecologia e Radioisotopi*" della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).

### Mario Basta

Membro permanente della Sottocommissione 1 "*Terminologia nucleare*" della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).

### Paolo Battisti

- Membro permanente della Sottocommissione 1 "*Terminologia nucleare*" della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).
- Membro permanente della Sottocommissione 4 "*Radioecologia e Radioisotopi*" della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).
- Corresponding member del Work Plan 5.4 "*Internal dosimetry: Nuclear emergencies*" di **CONRAD A coordinated Network for radiation Dosimetry**
- Rappresentante ENEA presso il Comitato Operativo della **Protezione Civile** per la pianificazione degli interventi in caso di emergenza radiologica.
- Membro associato di **EURADOS** (European Dosimetry Group).

### Sandro Bazzari

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

### Massimo Calamosca

- Membro Permanente del Gruppo di lavoro 11, Sottocommissione 4 (SC4) **UNI/CEN**: Determinazione di radon nell'ambiente

### Carlo-Maria Castellani

- Corresponding member del Task Group **INDOS** (Internal Dosimetry) del Committee 2 (C2) dell'**ICRP**
- Coordinatore del del Work Plan Task 5.1 "*Internal dosimetry: Assessment of Internal exposures: uncertainty study and guidelines*" **CONRAD A coordinated Network for radiation Dosimetry**
- Membro Permanente del Gruppo di lavoro 24: Metodi di misura della contaminazione interna da radionuclidi **UNI/CEN/SC2** (Radiation Protection).
- Membro associato **EURADOS** –European Dosimetry Group.

### Maria Letizia Cozzella

- Collabora con **IAEA** (International Atomic Energy Association) per uno studio di ecoradiotossicologia: *Comparison of the biological effects and bioaccumulation induced by exposure to natural or depleted uranium utilizing the earthworm Eisenia foetida*
- Coordinatrice del Gruppo di Lavoro 29: *Metodi non radiometrici per la determinazione di radionuclidi a vita lunga UNI / CEN / Sc4*.
- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

### Nadia di Marco

- Membro del Network **ALMERA** (Analytical Laboratories for Measuring Environmental Radioactivity) dell'IAEA.

### **Elena Fantuzzi**

- Vice-Chairman e membro del Council di **EURADOS** (EUropean RADIation DOSimetry Group).
- Membro del Working Group (WG2) di EURADOS “Harmonisation In Individual Monitoring”.
- Membro ENEA nella Commissione Tecnica per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria dalle radiazioni ionizzanti di cui all’art.9 D.Lgs.230/95, istituita dalla Presidenza del Consiglio e che opera presso APAT.
- Esperto Italiano presso la Radiation Safety Standards Committee (RSSC) della IAEA
- Rappresentante per il tavolo tecnico P.E.E. ITREC presso la prefettura di Matera.
- Membro ENEA nel comitato di coordinamento scientifico ENEA-Università di Bologna per il sito di Montecuccolino.
- Docente a titolo gratuito sulla dosimetria delle radiazioni ionizzanti per la scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria dell’Università di Bologna.
- Membro permanente gruppo di lavoro WG19: Passive dosimeters for external dosimetry della **ISO/TC85** (Nuclear Energy)/SC2 (Radiation Protection)
- Membro permanente del gruppo di lavoro **IEC/SC 45B** Radiation Protection Instrumentation
- Membro dell’**ISSDO** (International Solid State Dosimetry Organization)
- Membro dell’Editorial Board della rivista **Radiation Protection Dosimetry**
- Membro permanente della Sottocommissione 2: “Protezione dalle Radiazioni “ dell’**UNICEN**
- Membro permanente del Gruppo di Lavoro 23: Controlli di conformità e controlli periodici di buon funzionamento dei dosimetri individuali, della **UNICEN/SC2**
- Membro permanente del Comitato Tecnico **CT45/345** “Strumentazione Nucleare” del **CEI** (Comitato Elettrotecnico Italiano)

### **Anna Giovanetti**

- Collabora con IAEA (International Atomic Energy Association) per uno studio di ecoradiotossicologia: *Comparison of the biological effects and bioaccumulation induced by exposure to natural or depleted uranium utilizing the earthworm Eisenia foetida*
- Collabora con l’Università di Tor Vergata (Roma) per una ricerca sul bystander effect : *Radiation-induced bystander effect*
- Membro del gruppo di lavoro AIRP – Associazione Italiana di Radioprotezione "La comunicazione in radioprotezione"
- Membro del comitato organizzatore della giornata di studio: Aspetti etici, sociali e normativi nella gestione dei rifiuti radioattivi – AIRP- 8 Giugno 2007, Milano.
- Membro del comitato organizzatore della giornata di studio: SCORIE DI CASA NOSTRA - la gestione dei rifiuti radioattivi in Italia - APAT 3 Dicembre 2007, Roma.

### **Gianfranco Gualdrini**

- Chairman del Work Plan 4 *Computational Dosimetry* del progetto europeo **CONRAD A Coordinated Network for Radiation Dosimetry**
- Membro associato di **EURADOS** – Europead Dosimetry Group
- Membro dell’Editorial Board della rivista **Radiation Measurements**
- Membro dell’Editorial Board della rivista **Radiation Protection Dosimetry**
- Segretario del comitato di coordinamento scientifico ENEA-Università di Bologna per il sito di Montecuccolino.
- Docente a titolo gratuito sulla dosimetria delle radiazioni ionizzanti per il dipartimento di Ingegneria Energetica Nucleare e del Controllo Ambientale dell’Università di Bologna.
- Membro del direttivo **AIRP** – Associazione Italiana di Radioprotezione 2006-2009.
- Partecipante esterno per il biennio 2005 –2007 al progetto INFN **DIREMO** *Dosimetry of Incorporated Radionuclides: Experimental and MOdelling techniques*

### **Andrea Luciani**

- Membro permanente del Working Group 13 : *Monitoring and dosimetry for internal exposure ISO / TC 85* (Nuclear Energy) / SC2 (Radiation Protection)
- Corresponding member del Task Group **INDOS** (Internal Dosimetry) del Committee 2 (C2) dell’**ICRP**
- Membro permanente del Gruppo di Lavoro 24: *Metodi di misura della contaminazione interna da radionuclidi UNI / CEN / Sc2* (Radiation Protection)
- Membro del Work Plan 5 per il Task 5.1 *Assessment of internal exposures: uncertainties study and guidelines* e per il Task 5.2 *Research studies on biokinetic models* del progetto europeo **CONRAD A Coordinated Network for Radiation Dosimetry**
- Rappresentante e membro dello Steering Committee member del progetto **ENETRAP** *European Network on Education and Training in RAdiological Protection*
- Membro associato di **EURADOS** – European Dosimetry Group.

- Referente italiano e rappresentante ENEA in **EUTERP** platform (European Training and Education in Radiation Protection).
- Partecipante esterno per il biennio 2005 –2007 al progetto INFN **DIREMO** *Dosimetry of Incorporated Radionuclides: Experimental and MOdelling techniques*

#### **Liliana Mancini**

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

#### **Mario Montalto**

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).
- Membro del Network **ALMERA** (Analytical Laboratories for Measuring Environmental Radioactivity) dell'IAEA.
- Membro permanente della Sottocommissione 4 "*Radioecologia e Radioisotopi*" della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).

#### **Sandro Sandri**

- Membro permanente del gruppo **IEC/SC 45B** *Radiation Protection Instrumentation*
- Membro permanente del *Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH)* della **NEA** – Nuclear Energy Agency
- Membro permanente del Gruppo di lavoro 28: - *Metodi radiometrici di misura su acque destinate al consumo umano* **UNI / CEN / Sc4**
- Membro permanente del Comitato tecnico CT 345 del **CEI** – Comitato elettrotecnico Italiano
- Membro del direttivo **AIRP** – Associazione Italiana di Radioprotezione 2006 - 2009
- Membro del Work Plan 6 Complex mixed radiation field at workplaces del progetto europeo **CONRAD** *A Coordinated Network for Radiation Dosimetry*
- Principal investigator dal 1992 nel progetto **ITER** per sviluppi e analisi di radioprotezione nel campo della fusione nucleare, con assegnazione task Euratom.
- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).
- Docente a titolo gratuito sulla radioprotezione in diagnostica, medicina nucleare e radioterapia per la scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria dell'Università "Federico II" di Napoli.
- Docente a titolo gratuito sulla radioprotezione intorno agli acceleratori per uso medico per la scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria dell'Università Tor Vergata di Roma.

#### **Nicola Silvestri**

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

#### **Roberto Stefanoni**

- Membro del Network **ALMERA** (Analytical Laboratories for Measuring Environmental Radioactivity) dell'IAEA.

#### **Salvatore Zicari**

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualité des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

## **RACCONTO D'APPENDICE**





**CESIO...UNA PICCOLA STORIA DI RADIOPROTEZIONE**  
**di Carlo Maria Castellani**

Era sempre la solita routine.

Cartella piena di carte non lette la sera prima.

Rapporti dell'Agencia (con la A maiuscola, l'IAEA): si scaricano facile, ma il più è leggerli. E poi sintetizzarli.

“Mezza pagina, mi raccomando, che di più quelli lì non leggono. Ok? Ci riesci per lunedì?”. “Ok mezza pagina per lunedì.”

Promesse al capo. Promesse da marinaio? Cercavo di non farne. Spesso ci riuscivo. Ma leggere i rapporti a casa era sempre un bel proposito. Non sempre realizzato.

Anche quella mattina da disincantato lavoratore pubblico, riprendevo il bus che mi avrebbe portato, dopo un panoramico giro sulle colline, al mio centro di ricerca.

L'edificio in alto, ben distante dalla caotica città era stato costruito nel periodo d'oro della corsa al nucleare.

Ora erano rimasti solo i vuoti, le scatole, e qualche ispettore straniero in visita ogni tanto. Ma i giornali dicevano che c'era una “nuova Scanzano”, un deposito nucleare, lassù sui colli. Non sapevano che non c'era più nulla, né fissile, né uranio. Ma per fare notizia i giornalisti inventavano di tutto e di più.

Era una giornata fresca, di quelle mattine limpide di fine aprile nelle quali già si pregusta l'inizio dell'estate.

Tutto come al solito, i soliti colleghi di pullman, l'atmosfera sonnolenta di chi ancora non si è svegliato dal torpore dei diversi treni pendolari che raggiungono la città ma poi ...

- Lo hai saputo.

- No,... cosa ?

- Piromalli è positivo; ieri ho avuto i risultati del controllo semestrale.

- Positivo ? ... di cosa ?.. e ... quanto ?

- Cesio, ... solo cesio, 200 becquerel.

Era il mio collega Rosotti, responsabile dei servizi di dosimetria interna, e me lo diceva così come se fosse la cosa più tranquilla al mondo. Mi sentivo un po' sorpreso. Piromalli si usava sorgenti liquide, ma dicevano che lavorava bene... - pulito - come diciamo noi. Conosciamo i colleghi che “sporcano” di più. Piromalli era un orologio. Banco sgombro, una operazione alla volta, puntale nei rifiuti radioattivi, sempre attento, etichettava tutto, data, isotopo, quantità. Si controllava sempre all'uscita, con metodicità; mai un valore fuori posto, mai uno sversamento.... un orologio insomma.

- Al WBC? – riprendo curioso.

- Sì, ora stanno analizzando le urine; vediamo se confermano.

Si chiama “vu-bbi-cci”, alla romana, (doppia b e doppia c, direbbe un altro collega), è uno strumento molto sensibile e vede se dentro di te c'è qualcosa di radioattivo. Stai in una stanzetta per 20 minuti, fai un pisolino sotto un cilindrotto di metallo, e poco dopo si riesce a sapere quanta radioattività hai in corpo.

- Non dovrebbe essere una gran dose. – butto lì a naso.

- Direi proprio di no – mi rassicura con fare tranquillo Rosotti - Ho provato a fare una botta di conti e vengono qualche microsievert.

- Per inalazione ?

- Sì, ho ipotizzato inalazione.

- Ma per te ha veramente respirato cesio ?

- Non lo sappiamo. Ho cercato di saperne di più ma tutto è come al solito. Ha usato pochissimo cloruro di cesio tre mesi fa, ma il “mani-piedi” non ha mai dato segnali, né allora né dopo.

Anche il “mani-piedi” è un bello strumento, appena fuori il laboratorio “caldo” del Piromalli, nello spogliatoio. Vai sopra la griglia, metti le mani sulle piaste laterali e dopo un minuto sai se ti sei contaminato o se sei “pulito”.

- Di sicuro allora non si è contaminato le mani e poi ...non l'ha mangiato. – rassicuravo il tranquillo Rosotti.

- Sì, ma inalarlo mi sembra ancora più improbabile: lavora sempre sotto cappa, mascherina, schermo anti-X... mi sembra molto strano. Staremo a vedere se le urine confermano.

- Vedremo. Se hai bisogno di qualche conto fammelo sapere.  
- Non dubitare.  
Eravamo arrivati sul colle. Lì l'aria era buona e del Piromalli ci scordammo presto.

Due settimane dopo le analisi delle urine del Piromalli ... tutto confermato (un becquerel a litro nella raccolta del giorno).

Antoine Henri Becquerel era di una famiglia di fisici: prima suo nonno poi suo padre e poi suo figlio Jean erano tutti fisici rinomati, direttori di fisica al Museo di Storia Naturale di Parigi. Nella sua carriera Antoine stava facendo degli studi sulla fosforescenza e aveva posto un cristallo di un composto d'uranio sopra una croce di ottone su di una lastra fotografica chiusa da una carta nera. Aveva posto il tutto ai raggi del sole e, dopo aver sviluppato la lastra, vide effettivamente che essa si era impressionata e riportava la sagoma della croce d'ottone.

Ma era febbraio e per il secondo esperimento il sole non c'era. Rinviò l'esposizione al sole e pose il tutto in un cassetto (lastra avvolta nella carta nera, croce di ottone e cristallo).

Dopo alcuni giorni riaprì il cassetto e andò per scrupolo a sviluppare comunque la lastra e con sua grande meraviglia vide che era identica a quella esposta al sole. Il sole non c'entrava niente. Aveva scoperto la radioattività.

Poi il premio Nobel, assieme ai coniugi Curie e poi l'unità di misura in suo onore, molto ma molto più piccola di quella in onore di Maria Sklodowska e di suo marito Pierre Curie. Per fare una unità di "Maria" ci vogliono trentasette miliardi di unità di "Henri": davvero tante !

Un becquerel. In teoria si poteva fare la valutazione del tempo di introduzione: una misura di urina e un WBC: un solo tempo. Ma cosa era: inalazione o ingestione? Provai a fare il conto.

Certo, Piromalli poteva avere inalato il cesio. Ma non mi convinceva. Ne usavano così poco. Contaminazioni delle mani non ce ne erano state quindi non era plausibile che lo avesse ingerito. Poi non metteva mai le mani alla bocca. Altro lavoro mi aspettava e me scordai di nuovo.

Passarono sei mesi e non sentii più parlare di Piromalli.

Un giorno di ottobre Rosotti mi ferma di nuovo.

- Sai, ti ricordi di Piromalli ?

- Sì, certo.

- Abbiamo fatto un altro WBC ed è ancora positivo.

- Positivo ?

- Sì, .. non di tanto, 270 Becquerel, ... ma positivo.

- Sempre cesio ?

- Sì. Solo cesio. E' quasi certa un'altra introduzione in questi ultimi sei mesi.

- Mi fai avere i suoi dati, quei WBC e le urine di allora. Provo a fare un conto di dose.

- Certo, non ho problemi. Ti faccio un mail appena arrivo in ufficio.

Cesio, cesio.. mi ronzava nell'aria quella parola. Solo il "37", il Cs-137.

Lo conoscevo bene. Dall'86 quante persone a misurarsi al WBC. Un picco sullo spettro; ben formato nei primi mesi, poi sempre meno fino a che nell'88 abbiamo finito le misure: non se ne vedeva più "in vivo" cioè nell'uomo intero. Ricordo ancora i consulti tra il 4° piano ed il seminterrato per verificare spettri, calcolare fondi, automatizzare le valutazioni al computer. Ma era Chernobyl. Ci sentivamo la responsabilità e la fatica di rispondere in modo corretto. Alla fidanzata, al fratello che dal Nord Italia ti chiamava al telefono per sapere come stavano "effettivamente" le cose "lì da voi". E tu lì a spiegare, a dire "a quanto ne sappiamo noi ora ...", "in base alle nostre misure ...", a rassicurare, quando si poteva, a evidenziare i rischi, quando ce n'erano, a comparare con il periodo delle esplosioni atomiche nell'atmosfera, nel '64 (quando c'era il fallout su tutto l'emisfero nord) e a cercare di comparare con altri rischi accettati nella vita normale, e certe volte non apprezzati, non capiti, non soppesati. Ma quanto parlavi di "incremento di probabilità di accadimento di cancro "... cancro ? ... sì: cancro ... beh, era una altra cosa ... Sappiamo i dati della epidemiologia e su di essi ci basiamo. Dopo Chernobyl le nostre conoscenze si sono accresciute, specialmente per il cancro tiroideo nei bambini. Sappiamo di più, ci metteremo in condizione di salvaguardare meglio ...

E poi ancora cesio. Come quella volta nel concorso alla USL, coi due picchi noti di iodio-131 a 365 e manganese-54 a 840 kiloelettronvolt (keV) e in mezzo il picco ignoto da calcolare, a 662 keV. E tu li preso per stanchezza, o per emozione, che elabori centroidi ma non lo riconosci. Era lui il “Signor Cesio”. Il cesio di Chernobyl.

Forse anche adesso non lo riesci a riconoscere.

Da dove viene questo cesio di Piromalli ?

Primo calcolo: inalazione a metà periodo: no, non è possibile... ne dovrebbe avere usato dieci volte tanto.

Poi secondo calcolo: ingestione acuta : ma, non è possibile ancora ... NON si è mai contaminato !

Poi il telefono.

- Hai fatto quei conti ? – era Rosotti.

- Provavo con l'inalazione, ma mi vengono valori di intake (si dice intake) troppo grandi.

L'intake, l'introduzione, non si misura. In dosimetria interna si estrapola. E su di essa si basa la dose. E' come una spy story. Non sai mai come e quanto l'assassino (il radionuclide) sia entrato nella scena del delitto (il corpo del tuo misurato). Soprattutto non sai mai quanto ne è entrato. Vedi i risultati , le conseguenze ... quello che esce ... e da lì calcoli su calcoli.

- Non è inalazione. Ho fatto una piccola indagine e da circa un anno Piromalli beve succo di mirtillo.

- Succo di mirtillo ?

- Sì, in quantitativi importanti. Questa è l'unica differenza nella sua dieta da un anno a questa parte. Il dottore glielo ha dato per gli occhi e ... a lui piace.

- E questo cosa c'entra col cesio.

- Sembra che il mirtillo abbia un apparato radicale che trae nutrimento da radici profonde e concentra il cesio. Ne ho parlato con Rigoni, il nostro tecnico di radiometria ambientale, e mi ha confermato che ancora può essere in giro il cesio di Chernobyl, la permanenza e la velocità di abbassamento nel terreno è lenta e si dimezza fisicamente solo dopo 30 anni, lo sai no ?! Quindi ancora più della metà di quello che si era depositato è disponibile per l'arbusto di mirtillo.

- Improbabile, ma plausibile. Non sono un radioecologo, lo sai. .. E il 134 ?

- Non ce n'è traccia.

Un'altra cosa che si sapeva quasi fin da subito sul cesio di Chernobyl, era che l'isotopo 134 (in criptico  $^{134}\text{Cs}$ ) con un tempo di dimezzamento fisico molto inferiore (poco più di 2 anni) si era ritrovato in tutte le matrici in un rapporto di 1 a 2 rispetto al Cesio-137 con quei valori di “nano curie” resi così famosi dai reportage scientifici poco dopo Chernobyl.

Ma se il 37 rimane, e per tempi lunghi, il 34 se ne va via molto prima. Erano passati 20 anni cioè 10 tempi di dimezzamento. Ne era rimasto disponibile solo un 500-esimo del quantitativo iniziale che già di suo era la metà del 137. Mi convinsi; poteva essere non rilevabile.

- In ogni caso oggi Piromalli ci porta il succo e Rigoni mi ha promesso che lo analizzerà. Poi ti faccio sapere. Speriamo che sia sopra la minima quantità misurabile.

- Va bene. Attendo tue notizie. Grazie Rosotti.

Minima quantità misurabile. In radioprotezione non si dice mai che una misura è zero. Occorre sempre saper quantificare. In radioprotezione si dice “non siamo riusciti a mettere in evidenza valori superiori a questo piccolo, piccolissimo valore (minima quantità misurabile), che per noi è al limite della sensibilità degli strumenti da noi utilizzati e in molti casi è confrontabile a quanto trovi in natura, se cerchi con metodi così sofisticati”.

Dopo due giorni risuona il telefono :

- Rigoni non ha dubbi: 80 Becquerel al litro. – era Rosotti rassicurante.

- Mirtilli al cesio invece che alla panna ! - mi scappò detto.

- E' ingestione.... continua poi, per almeno un anno. Ha cambiato solo questo nella dieta. Puoi rifare i conti?

- Certo; ti faccio sapere.

Sulla base delle misure WBC, urine e concentrazione del succo, ero riuscito a calcolarmi il numero di bottigliette da 125 cm<sup>3</sup> che Piromalli beveva ogni settimana, ignaro di introdursi un pochino di cesio ogni

giorno. L'equivalente di trenta bottigliette in sei mesi. Le dosi calcolate con puntigliosità assommavano a sette unità in una scala che ci vede assorbire in un anno, per il fatto di essere al mondo, un valore di 3100.

Per il fatto di vivere sulla terra siamo esposti alle radiazioni naturali provenienti dal cosmo, da ciò che sta attorno a noi (i materiali contenenti radionuclidi naturali e dai quali emana anche un gas pesante radioattivo chiamato radon) e da ciò che è dentro di noi. Nei nostri muscoli c'è il potassio, oligoelemento importantissimo per la vita. Nel potassio, in ragione di una parte su 10000 c'è il potassio-40, beta-gamma emettitore, che ci portiamo sempre dietro e dalla misura del quale si può valutare la massa muscolare (cosiddetta massa magra) dell'individuo. Questo potassio è in noi in circa 2 g per ogni kg di peso corporeo. In media ciò comporta circa 4200 Becquerel nel nostro corpo. Ma ci guardiamo bene dal buttarlo via !!

Per tutte queste radiazioni in Italia si è calcolato che la "dose" media pro capite è di circa 3100  $\mu\text{Sv}$  (si dice microsievvert) per anno, con ampie variabilità specialmente dovute alla inalazione di quel gas radon e dei suoi prodotti di decadimento nei polmoni.

Piromalli aveva incrementato questa sua "dose" annuale di radiazioni di sette  $\mu\text{Sv}$ , essendo ben all'interno delle fluttuazioni da zona a zona d'Italia e da persona a persona. Nessun problema sanitario per lui.

Incontrandolo per caso al centro di ricerca gli abbiamo detto di non smettere di prendere il succo di mirtillo. Forse invece smetterà di berlo, per vedere se la sua radioattività va giù o no. Rosotti lo misurerà ancora una volta.

Per noi il "mistero" era chiarito. Il caso era risolto.

Un'altra eredità di Chernobyl, a causa della presunzione e della stoltezza umana dell'ingegnere elettrotecnico di quella centrale, a cui dover ancora fare fronte, per la quale ancora misurare e spiegare.

E' il nostro lavoro.

Misurare, valutare, comparare, ... far capire.

Poi lasciare la decisione. Agli altri. Questa volta a Piromalli (che non berrà più il succo di mirtillo). Altre volte ai tanti che ogni giorno ci chiedono "consiglio".

*Ogni riferimento a persone reali è del tutto casuale, in particolare i cognomi sono frutto di fantasia; lo spunto per la narrazione è invece basato su un fatto realmente accaduto. Ogni altro riferimento più o meno autobiografico è sola responsabilità del narratore.*

CMC  
17/07/2007