



La ricerca in Fisica Medica all'ENEA (II)

Associazione Italiana di Fisica Medica (AIFM)

**Primo incontro AIFM sulla ricerca in Fisica Medica nelle
Università e negli Enti Pubblici di ricerca**

8 ottobre 2012

Università La Sapienza, Roma

Pierino De Felice

ENEA - Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti
pierino.defelice@enea.it

Elena Fantuzzi

ENEA - Istituto di Radioprotezione
elena.fantuzzi@enea.it

ENEA

Istituto di Radioprotezione

IRP

L'Istituto di Radioprotezione

Tutte le attività di radioprotezione dalle radiazioni ionizzanti dell'Agenzia per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) sono di competenza dell'Istituto di Radioprotezione (IRP).

Missione

L'Istituto di Radioprotezione persegue obiettivi di ricerca, innovazione tecnologica e prestazione di servizi avanzati nel settore della radioprotezione in conformità delle leggi e della normativa in materia

- **Ricerca e sviluppo**

L'Istituto svolge attività di ricerca e sviluppo nel campo della dosimetria e monitoraggio delle radiazioni ionizzanti, delle misure di radioattività in campioni varia origine e natura e nelle valutazioni di radioprotezione per grandi *facilities* di radiazioni (acceleratori e reattori di ricerca).

- ***Sorveglianza fisica di radioprotezione***

L'Istituto assicura la *sorveglianza fisica* di radioprotezione per tutte le attività ENEA con rischi da radiazioni ionizzanti e garantisce il rispetto della normativa di legge in radioprotezione ex D.Lgs. 230/95 con specifiche azioni di monitoraggio individuale, ambientale e degli ambienti di lavoro.

Lo spettro delle attività ENEA con impiego di radiazioni ionizzanti è molto ampio: dall'impiego di piccole sorgenti sigillate e non sigillate a sorgenti sigillate di alta attività ex D-Lgs.52/07 e sorgenti classificate come materie nucleari, dall'impiego di tubi a raggi X a grandi acceleratori nonché impianti nucleari di ricerca.

- **Consulenza tecnico-scientifica**
 - Contribuisce, in accordo con il Vertice dell'ENEA, alle strategie in tema di radioprotezione in ambito nazionale.
 - Collabora con Istituzioni ed Enti di ricerca italiani e stranieri alla attuazione di Direttive Europee
 - Partecipa alla redazione di documentazione tecnica di riferimento (norme tecniche), di raccomandazioni e linee guida in sede nazionale (UNI e CEI), internazionale (ISO e IEC) nonché nell'ambito di organizzazioni di riferimento per la misura delle radiazioni e per la radioprotezione (ICRU e ICRP)

- **Fornitura di servizi**

Grazie alle competenze e alle strumentazioni dei propri Laboratori l'Istituto fornisce servizi tecnici di misure, di valutazioni dosimetriche e di sicurezza radiologica ad alto contenuto specialistico alle Unità dell'ENEA e ad utenti esterni, tra cui si annoverano Pubbliche Amministrazioni, Enti di ricerca, industrie ed aziende private.

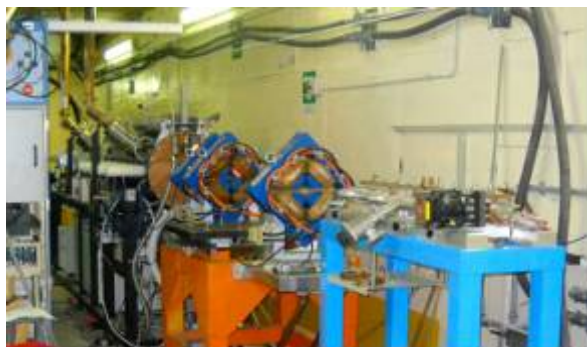
I servizi sono forniti nel campo di:

- dosimetria esterna
- monitoraggio per contaminazione interna e valutazioni dosimetriche
- misure di radioattività in campioni di varia origine e natura
- monitoraggio di radionuclidi naturali (es. radon)
- taratura di strumenti e rivelatori di radiazioni ionizzanti

- **Formazione**

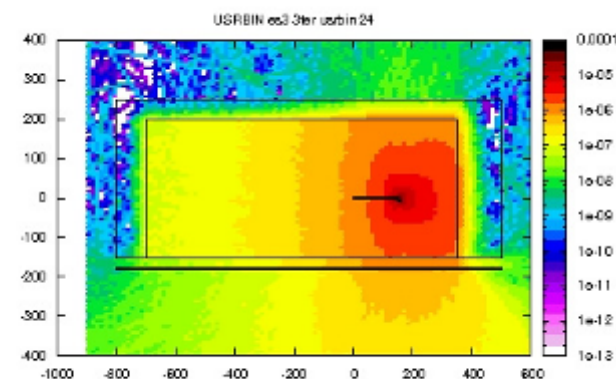
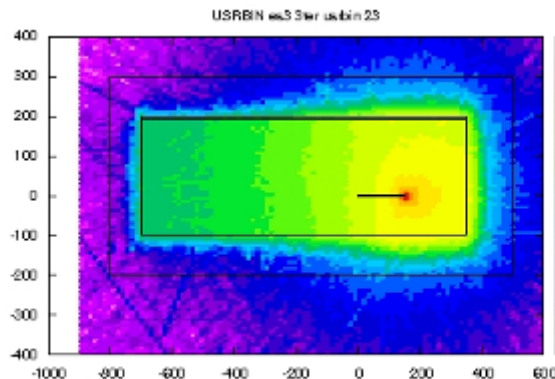
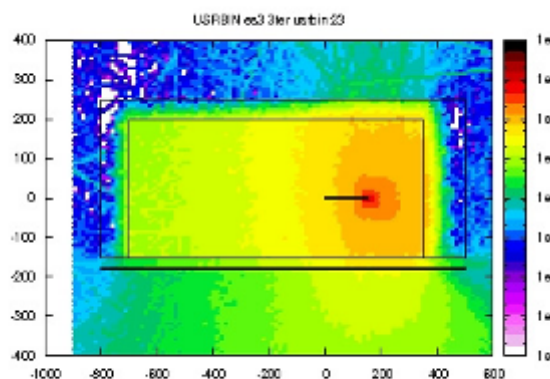
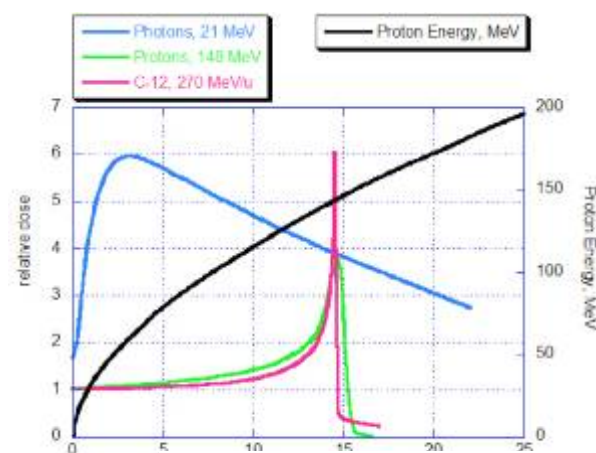
IRP contribuisce al sistema nazionale di formazione in tema di radioprotezione organizzando sia eventi formativi a livello universitario, post-universitario e specialistico sia tirocini professionali formativi *ex lege* per aspiranti Esperti Qualificati.

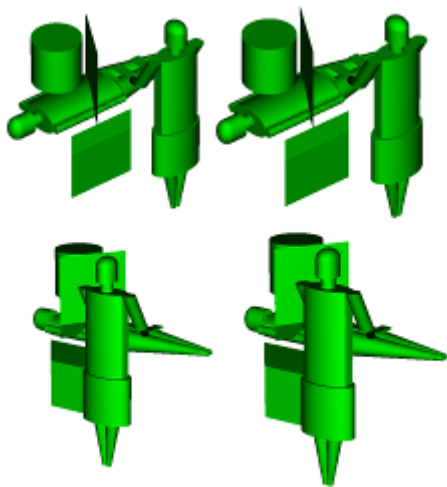
IRP: Progetto TOP-IMPLART - Radioterapia adronica



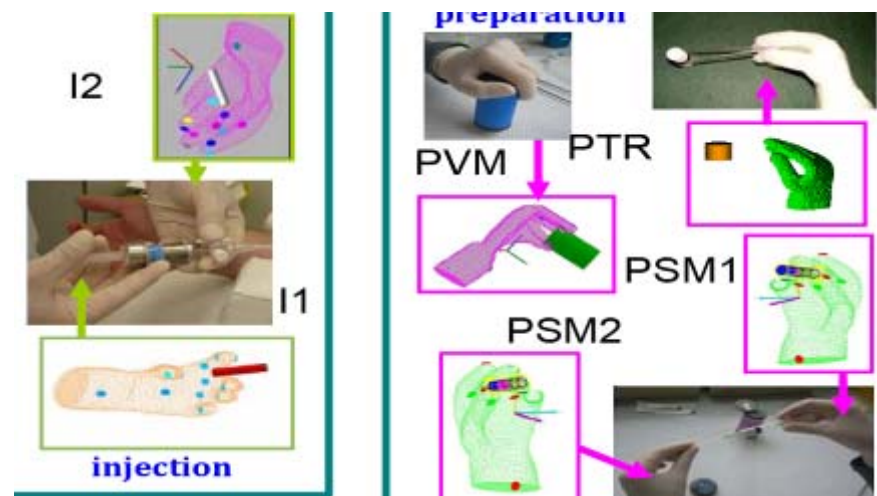
Contributo per aspetti di design, radioprotezione e supporto alle procedure di autorizzazione ministeriale.

Studio della radiazione diffusa (Monte Carlo, FLUKA) per verifica distribuzione di fluenza neutronica dovuta ad interazioni del fascio protonico nella sala d'irraggiamento.



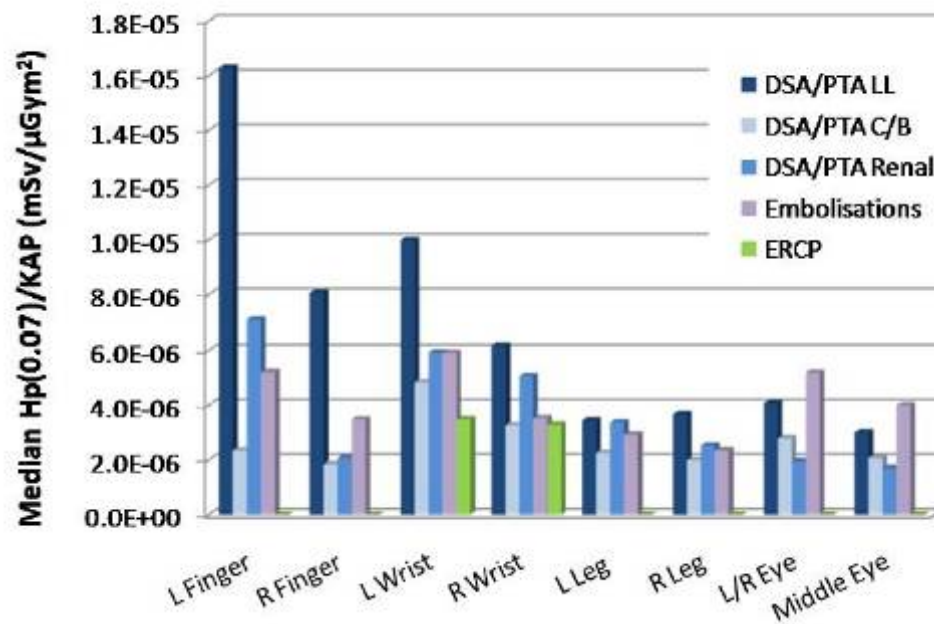


- ORAMED (Optimization of RAdiation protection for MEDical staff), www.oramed-fp7.eu
- Contributo di ospedali italiani.
- Campagna di misure e valutazioni numeriche.
- Radioprotezione staff medico (dosimetria cristallino ed estremità):
 - medicina nucleare (preparazione e somministrazione di radionuclidi);
 - cardiologia/radiologia interventistica.
- Report:
 - http://www.eurados.org/en/Documents_Publications
- Proseguimento, in ambito EURADOS.



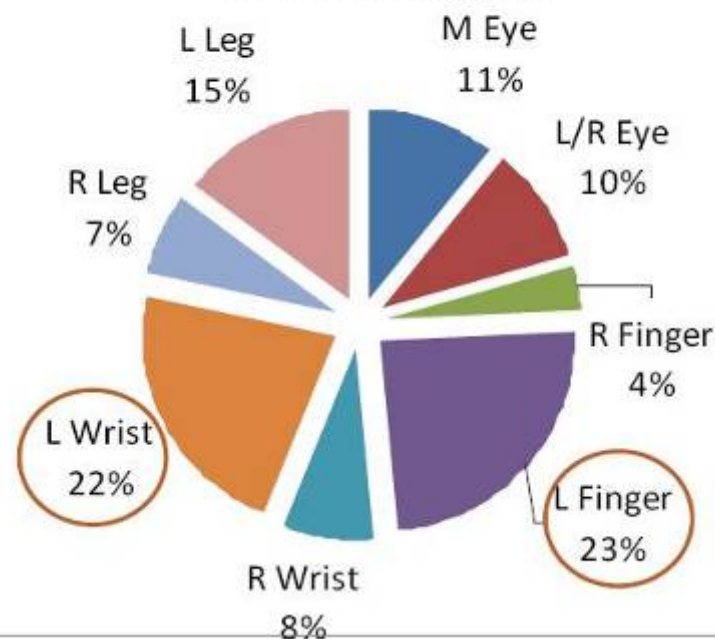
- **WP1** Extremity dosimetry and eye lens dosimetry in interventional radiology and cardiology (ENEA-IRP partner)
- **WP2** Development of practical eye lens dosimetry in interventional radiology (ENEA-IRP partner & leader)
- **WP3** Optimization of the use of active personal dosemeters in interventional radiology
- **WP4** Extremity dosimetry in nuclear medicine (ENEA-IRP partner)
- **WP5** Training and dissemination

WP1 – esempio dei risultati delle Misurazioni con TLD - tarati in $H_p(0.07)$ - alle estremità e in vicinanza dell'occhio



La conoscenza del campo di radiazione e della distribuzione della dose consente anche di determinare la localizzazione più idonea per il dosimetro

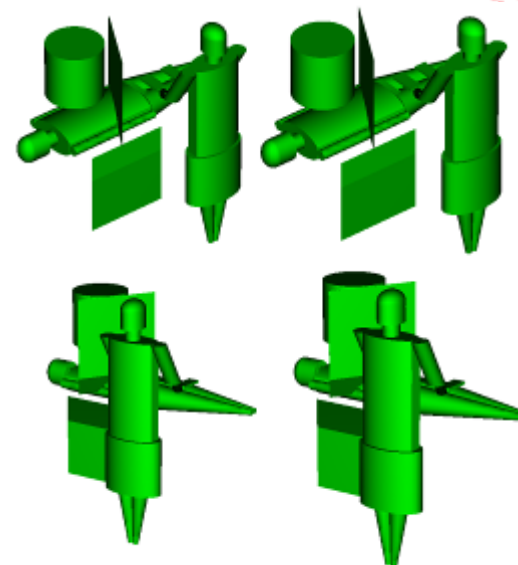
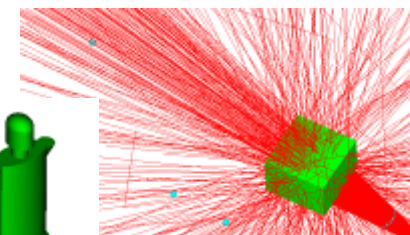
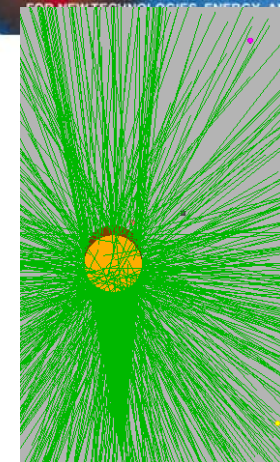
Position of the maximum dose in all procedures



WP1: Impiego di Simulazioni per lo studio dei parametri di influenza

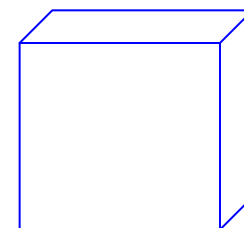
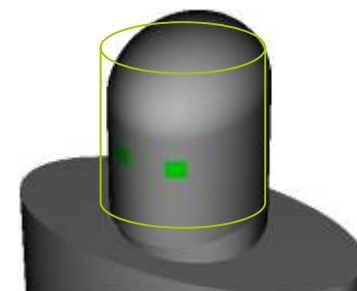


- I principali parametri in grado di influenzare la dose agli operatori impegnati in procedure IR/IC sono stati studiati tramite simulazioni Monte Carlo
 - **kVp** range studiato da 60 a 110 kVp;
 - **filtrazione** da 3 a 6 mm Al e da 0 a 0.9 mm Cu.
 - **proiezioni** : AP, PA, LAO and RAO (30°, 60°, 90°), caudale, craniale (20° and 40°) e loro combinazioni.
 - **apertura del fascio** (16, 20, 30 cm)
- Modelli dettagliati di tipo ORNL-MIRD (modificati) sono stati usati per studiare l'effetto delle **schermature**.
- Più di **3300 simulazioni** su modelli semplificati e oltre **250 simulazioni** su modelli di tipo ORNL-MIRD



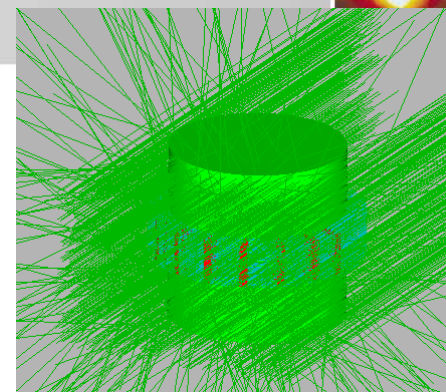
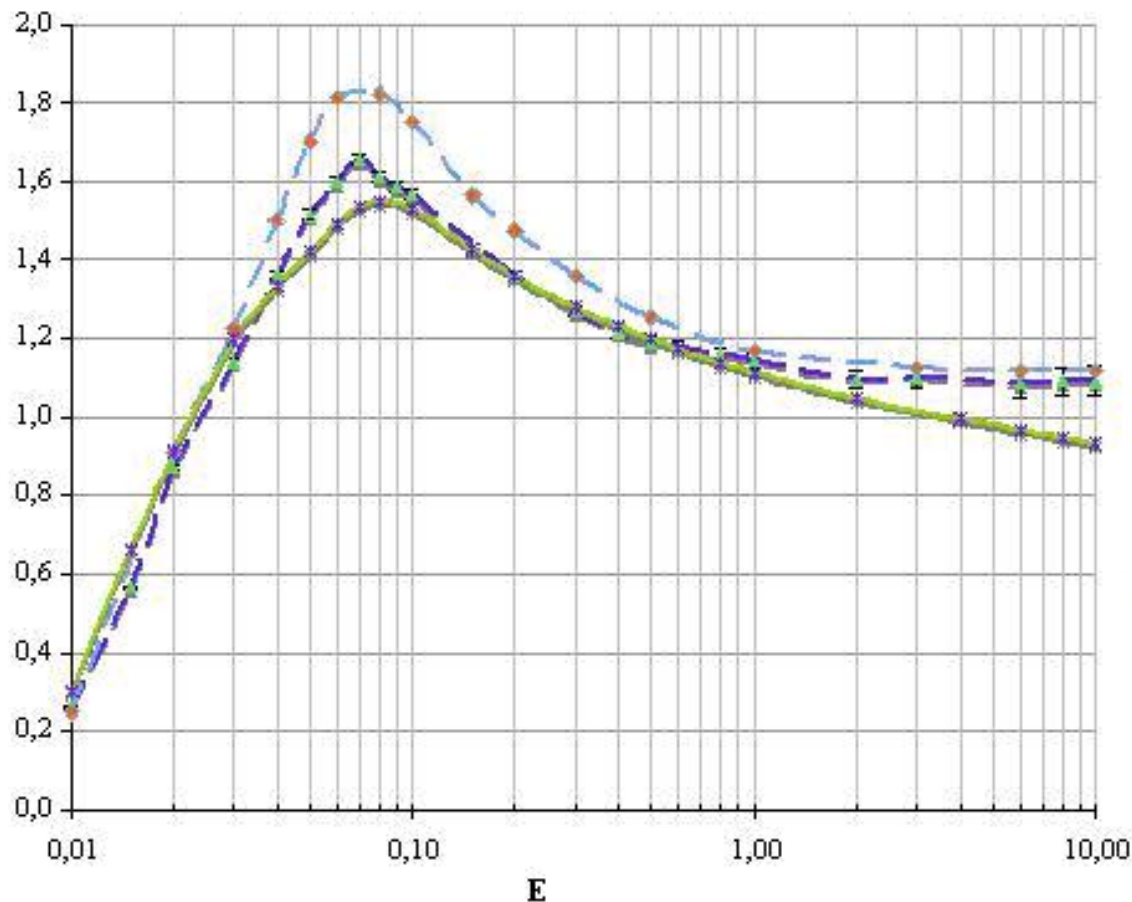
WP2: caratterizzazione di un sistema dosimetrico per Hp(3)

1. Studio preliminare sulla grandezza operativa Hp(3) e possibile ri-definizione della grandezza su un modello cilindrico di 20 cm diametro e 20 di altezza.
2. Calcolo dei coefficienti di conversione Hp(3)/Kair e confronto con Ht/Kair(eye-lenses) e con Hp(3)/Kair definito su modello a slab
3. Calcolo dei fattori di retrodiffusione su equivalente fantoccio cilindrico PMMA+acqua
4. Studio delle caratteristiche opportune per dosimetro idoneo
5. Type-testing del prototipo
6. Commercializzazione (RADCARD)



WP2 Studio di Hp(3)/Kair

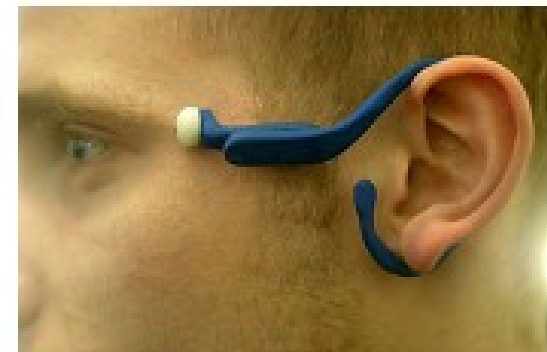
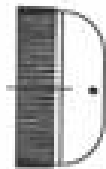
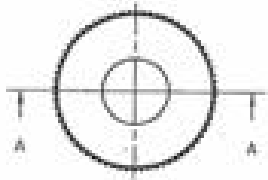
**Calcolo dei coefficienti di conversione
per il fantoccio cilindrico proposto che
meglio approssima le caratteristiche
della testa**



- ▲— Proposed model
(20 cm x 20 cm)
- ♦- GSF model
(30 cm x 30 cm x
15 cm)
- *— Ht(eye lens)
ICRU57



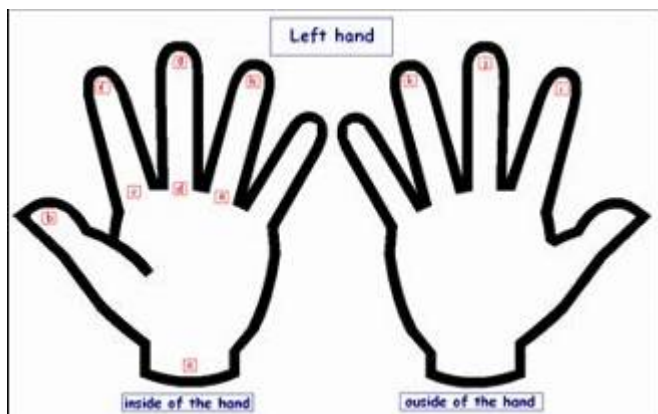
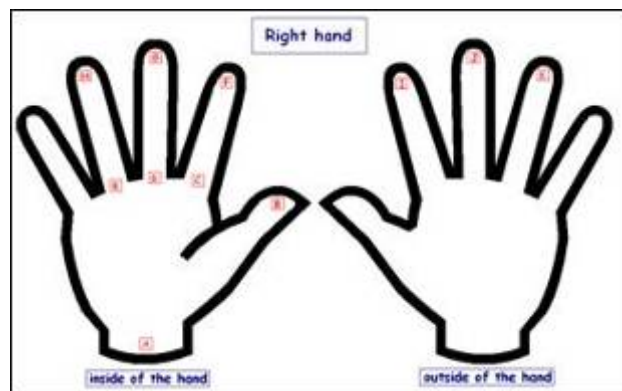
- Studio del dispositivo: TLD + capsula in materiale plastico plastic
- Studio della risposta rispetto a $H_p(3)/K_{AIR}$ impartito (attraverso simulazioni MC)
- Testing del prototipo su fantoccio cilindrico nei laboratori del CEA (**^{137}Cs e standard RQR X-ray**).
- Prove negli ospedali in IR/IC



WP4 Raccolta dati per lo studio della dose alle estremità in medicina nucleare

3 radionuclidi ^{99m}Tc e ^{18}F , per la diagnostica, ^{90}Y come *Zevalin* e *Dotatoc*, per la terapia.

Coppie di guanti muniti di dosimetri a termoluminescenza MCP-Ns (mappatura) tarati in $\text{Hp}(0.07)$

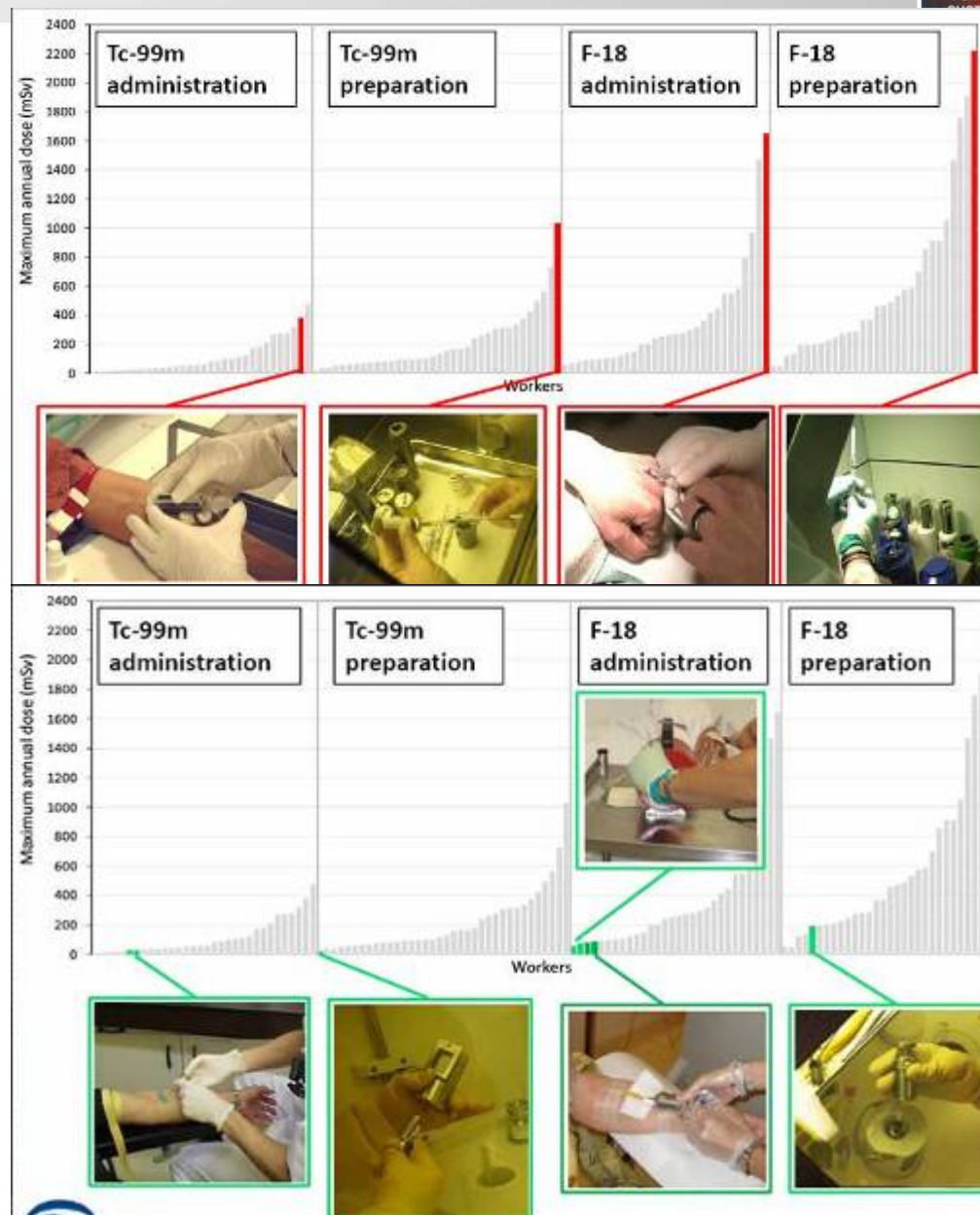


WP4 Dosi registrate per operatore

Esempi di bad-practice

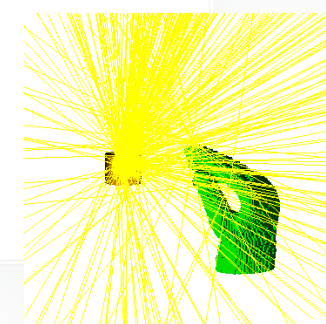
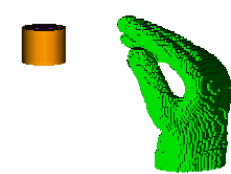
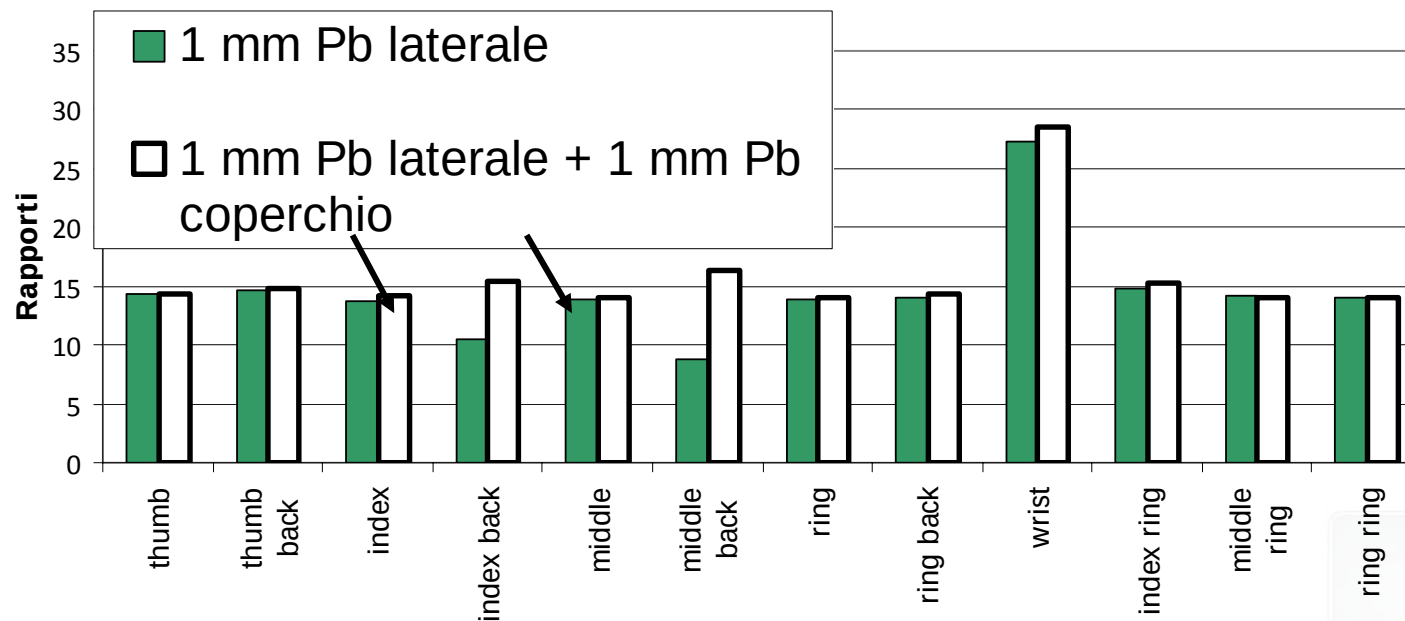
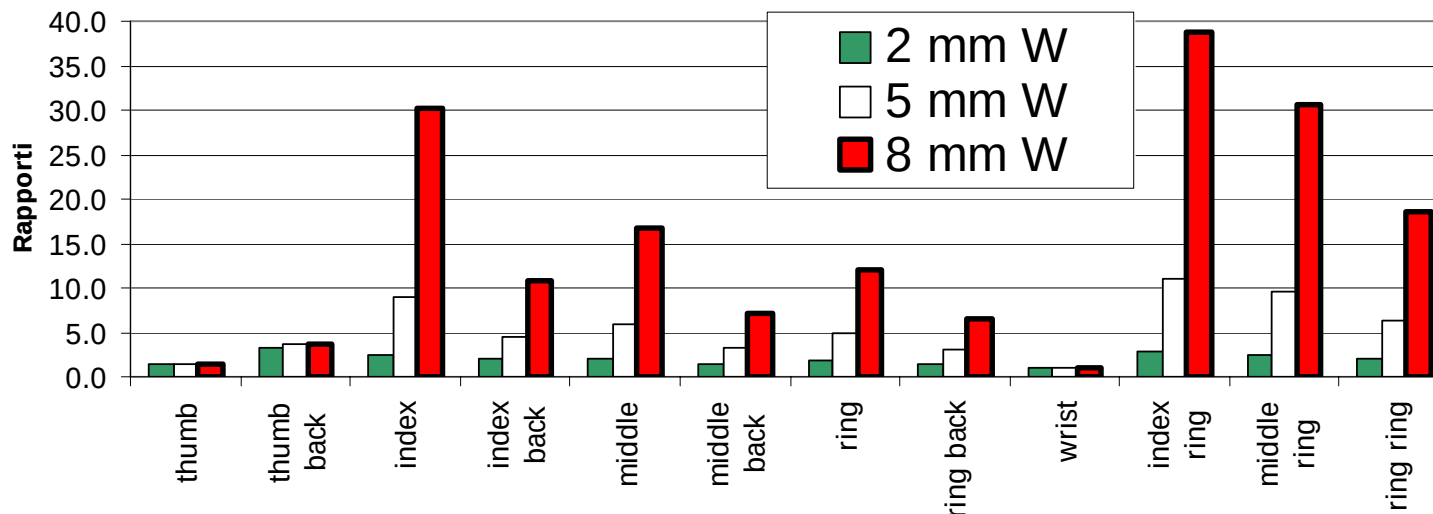
Studio delle condizioni estreme di cattiva (o buona) pratica che portano a un aumento (o una riduzione) della dose all'operatore.

Esempi di good-practice



WP4 Esempio dei risultati delle Simulazioni sulla schermatura

sorgente F-18 nuda/sorgente F-18 schermata





ENEA IRP per il progetto ORAMED



Coordinatore G. Gualdrini

WP1 P. Ferrari e G. Gualdrini

WP2 G. Gualdrini, F. Mariotti, F. Monteventi e P. Ferrari

WP4 P. Ferrari, F. Mariotti, G. Gualdrini, B. Morelli, M.C. Botta, ed E. Fantuzzi

www.oramed-fp7.eu

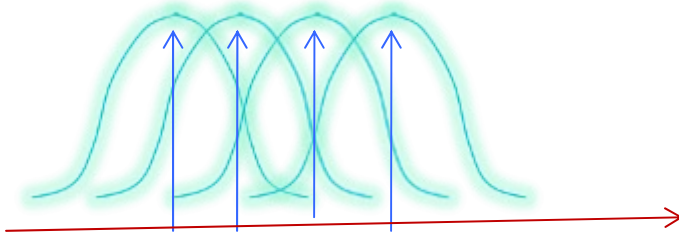
GLI ATTI DEL CONGRESSO DI BARCELLONA SONO STATI PUBBLICATI SU UNO SPECIAL ISSUE DI RADIATION MEASUREMENTS VOLUME 46 Issue 11 November 2011

Il Report di ORAMED si può scaricare dal sito web di EURADOS:

http://www.eurados.org/en/Documents_Publications

- EMAN (European Medical ALARA Network)
 - www.eman-network.eu/
 - Gruppo di lavoro EURADOS-WG12.
 - Riduzione e ottimizzazione delle dosi in ambito medico (estensione del principio ALARA già applicato al paziente).
 - http://www.eurados.org/en/Working_groups

$$D_L(z) = \frac{1}{b} f(z) \otimes P\left(\frac{z}{L}\right) = \frac{1}{b} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} f(z-z') dz'$$



- Dal 2010:
 - Attività del gruppo nell'analisi della metrica legata alla dosimetria da CT.
 - Interconfronto su taratura delle KAP (camere a trasmissione usate in interventistica per la stima della dose erogata al paziente nel corso degli esami).

EURADOS WG12 (Progetto EMAN) SubGroup-3: Technical aspects on DAP calibration and CT calibration

Diapositive tratte dal
Progress Report
Zagreb 4 October 2012

Hannu Järvinen
(Coordinator SG-3)
STUK
hannu.jarvinen@stuk.fi

SG-3 composition 4 October 2012

Name	Institute	Country
Hannu Järvinen, Chair	STUK	Finland
Costas Hourdakis	GAEC	Greece
Paolo Ferrari Francesca Mariotti Castelluccio Donato Maurizio	ENEA	Italy
Marcin Brodecki	NIOM	Poland
Oliver Turak	NRIRR	Hungary
Merce Ginjaume	UPC	Spain
Josiane Daures	LNHB	France
For information:		
Barbara Obryk Renata Kopec Željka Knežević		

Obiettivi di SG-3 del WG-12

Interventional radiology (IR)



Preparare raccomandazioni sulla taratura delle camere di tipo **KAP meters** per:

- migliorare la condizione di taratura di tali sistemi allo scopo di aumentare l'accuratezza con la quale viene stimata la dose al paziente;
- mettere in guardia gli utilizzatori sulla necessità di una corretta taratura di tali sistemi.

Computed tomography (CT)



Photo: Courtesy of Eva Friberg, NRPA, Norway

Preparare raccomandazioni sulla dosimetria in **CT (taratura dei sistemi di misura presenti nelle CT)** per:

- tener conto delle nuove tecnologie (cone beam, helical CT, multislice...)
- migliorare la stima della dose in presenza di pazienti di diversa dimensione, in particolare, pediatrici.

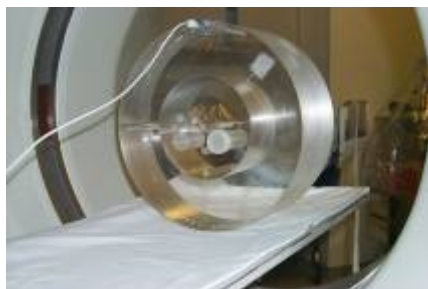
Interventional radiology (IR)



Laboratorio: taratura di dispositivi KAP (nell'ambito di un interconformto EURAMET con fasci di tipo RQR)

In campo: taratura di dispositivi KAP installati su apparecchiature ospedaliere (in presenza di fasci reali)

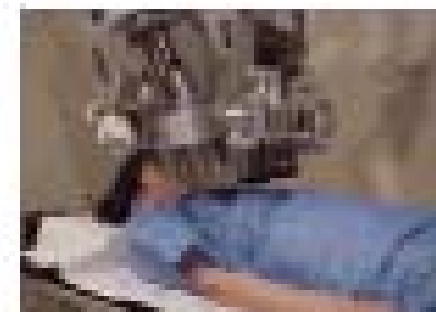
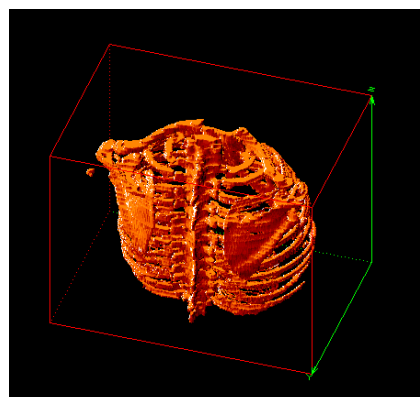
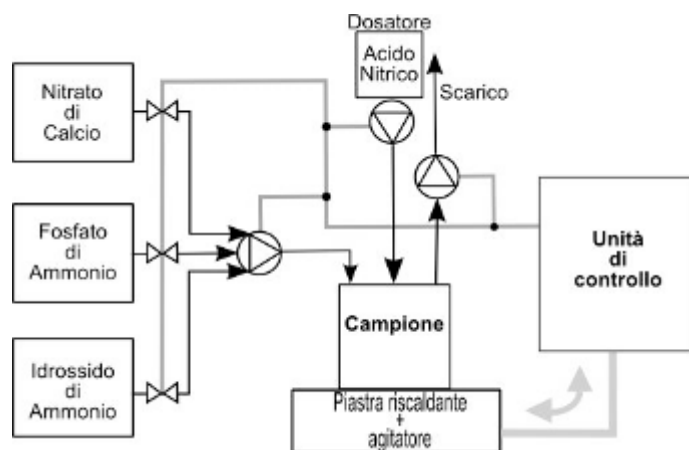
Computed tomography (CT)



Review sullo stato della dosimetria in CT, studio degli ultimi documenti ICRU, IEC e AAPM.

Preparazione di un questionario sulla taratura delle camere impiegate per la caratterizzazione della dose in CT

Laboratori, strumentazione e *facilities* numeriche per dosimetria interna ed esterna in applicazioni mediche delle radiazioni ionizzanti.



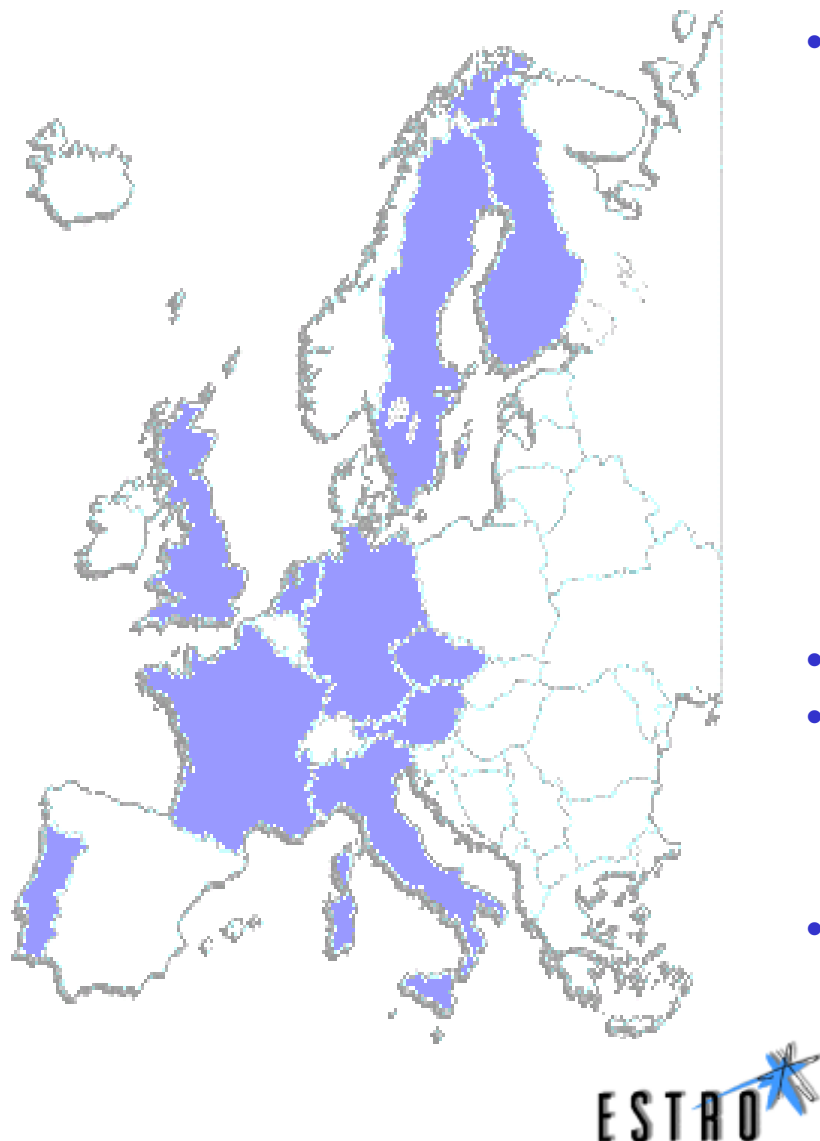
ENEA

Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti

INMRI

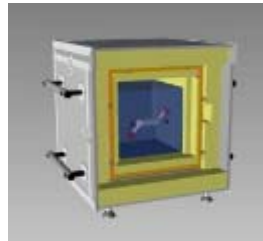
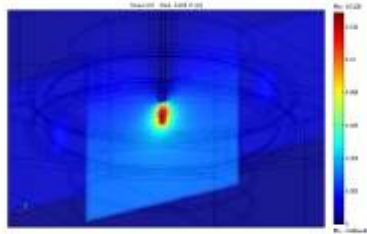
- Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI).
- Ruolo di “Istituto Metrologico Primario” (Istituto Designato) assegnato all’ENEA dalla Legge 273/1991 sul sistema metrologico nazionale.
- Compito di svolgere attività di ricerca per sviluppare, realizzare e mantenere i campioni nazionali di misura delle radiazioni ionizzanti.
- <http://www.inmri.enea.it>

INMRI: Progetto “*Brachytherapy*” 2008-2011

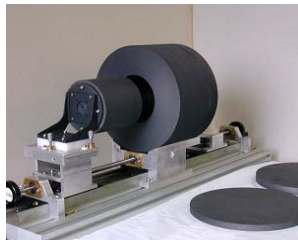


- Partecipanti: 10 Istituti Metrologici Nazionali Europei:
 - INMRI-ENEA, Italia
 - BEV, Austria
 - CMI, Repubblica Ceca
 - ITN, Portogallo
 - LNE-LNHB, Francia
 - VSL, Paesi bassi
 - NPL, Regno Unito
 - PTB, Germania
 - SSI, Svezia
 - STUK, Finlandia.
- Coordinamento del progetto: ENEA
- + 3 collaboratori:
 - PTW-Freiburg GmbH , Germania;
 - IBA Dosimetry GmbH, Germania;
 - Università di Linköping, Svezia.
- Coordinatore del gruppo BRAPHYQS (BRachytherapy PHYSics Quality assurances System)“di GEC-ESTRO (in rappresentanza degli utilizzatori finali).

- Campioni primari di dose assorbita per sorgenti brachiterapiche basati su simulazioni Monte Carlo e:
 - calorimetria (BT ad elevato rateo di dose);



- ionometria (BT a basso rateo di dose).



(a)

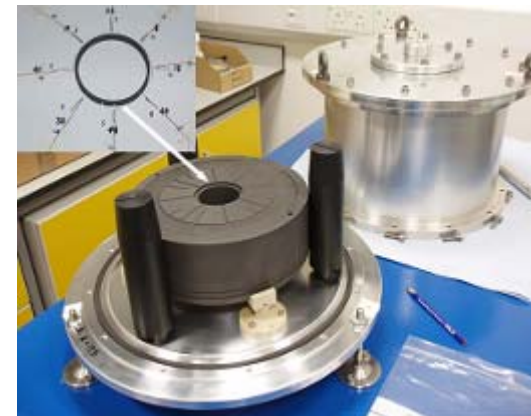
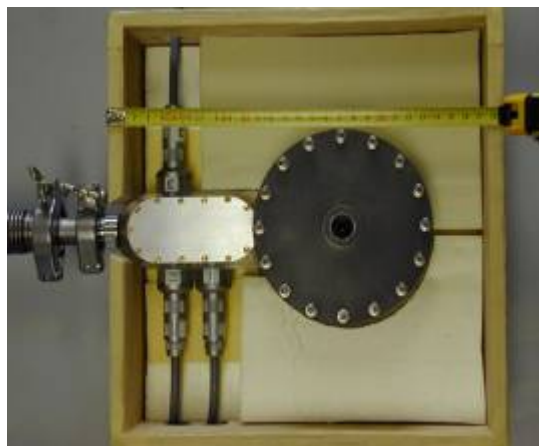


(b)

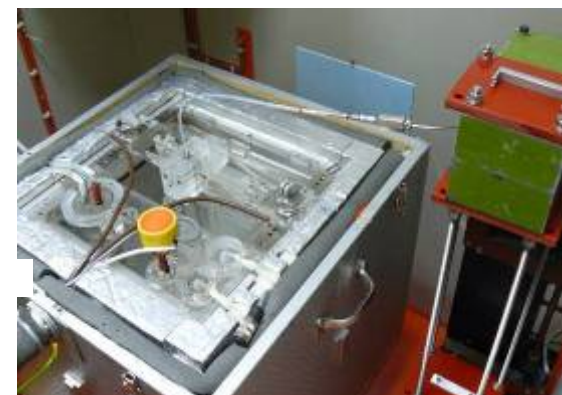
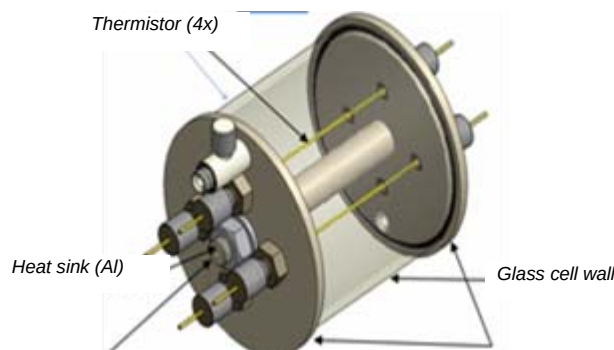
- Sorgenti brachiterapiche (a) e campioni di trasferimento (b) tarati direttamente in termini di $D_w, 1 \text{ cm}$.
- Riduzione dell'incertezza sulla determinazione di dose: $u(D_w, 1 \text{ cm}) < 2\%$ ($k=1$).

INMRI: Progetto “*Brachytherapy*” : campioni per elevati ratei di dose (>200 mGy/min)

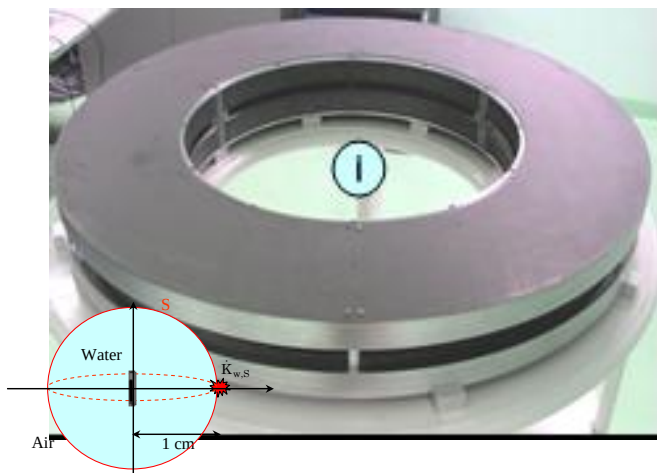
ENEA e NPL: calorimetri ad anello e geometria a pozzetto.



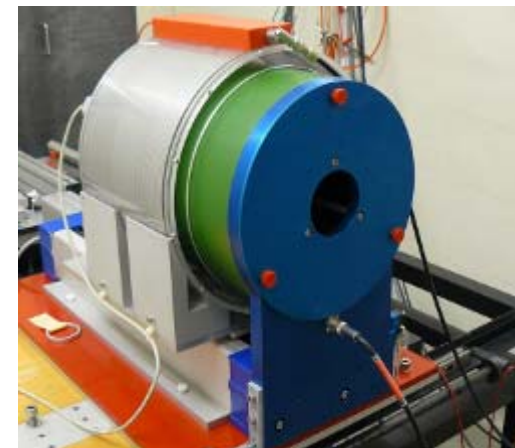
PTB e VSL: calorimetri ad acqua.



INMRI: Progetto “*Brachytherapy*”: campioni per bassi ratei di dose (5-20 mGy/min)

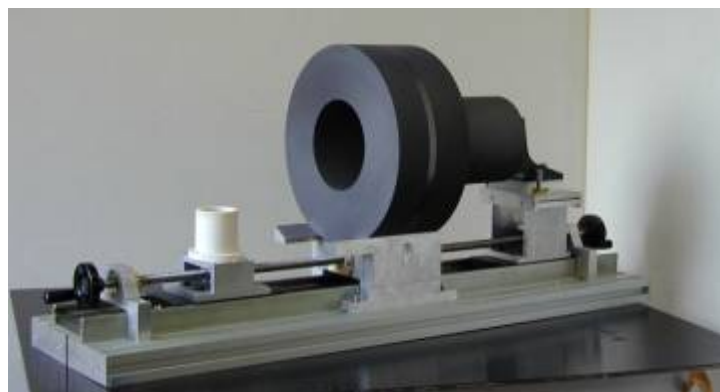


LNE-LNHB: camera ad aria libera ad anello e fantoccio sferico al cui interno viene alloggiata la sorgente.

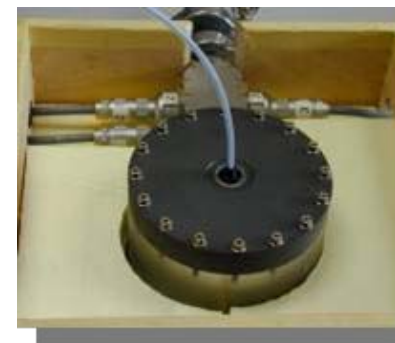


PTB: camera ad estrapolazione di grande volume e pareti in plastica equivalente all'acqua.

ENEA: camera a ionizzazione a largo angolo e volume variabile che consente di effettuare misure in fantoccio di grafite.



- Attuali grandezze di riferimento per la brachiterapia:
 - air kerma rate (ICRU 38, ICRU 85);
 - air kerma strength (AAPM TG-32 report, 1987);
 - incertezza ~ 5%.
- Nuovo calorimetro in grafite per misura di dose assorbita in acqua per sorgenti di brachiterapia HDR (^{192}Ir)
 - Progettato e realizzato presso l'INMRI;
 - Prove presso Ospedale Sant'Andrea, Roma;
 - Misura della dose assorbita in acqua a 1 cm dall'asse della sorgente;
 - Incertezza ~ 1,4%.



IOP PUBLISHING

Metrologia 49 (2012) S179–S183

METROLOGIA

doi:10.1088/0026-1394/49/S/S179

A standard graphite calorimeter for dosimetry in brachytherapy with high dose rate ^{192}Ir sources

A S Guerra¹, S Loretì¹, M Pimpinella¹, M Quini¹, M D'Arienzo¹,
I Astefanoaei², C Caporali¹, C Bolzan³ and M Pagliari¹

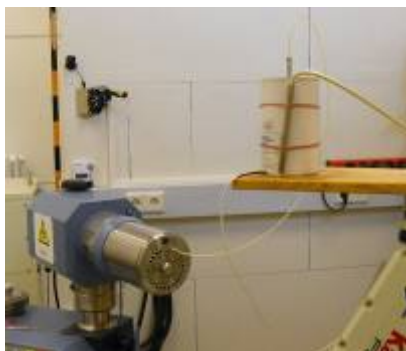


INMRI: Progetto “Brachytherapy” - Disseminazione dei nuovi campioni di D_w

- Campioni di trasferimento per la taratura delle sorgenti cliniche di BT in termini di D_w .

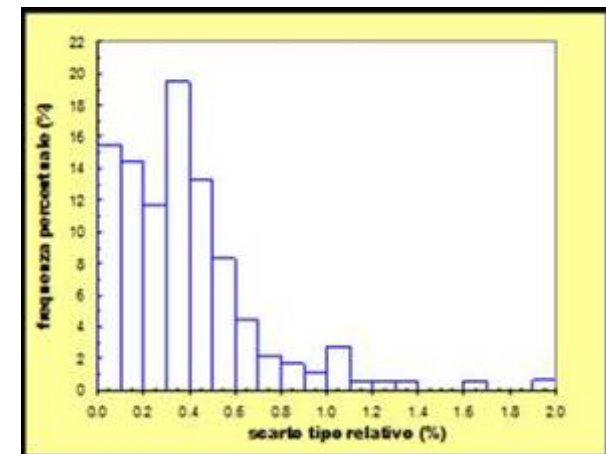
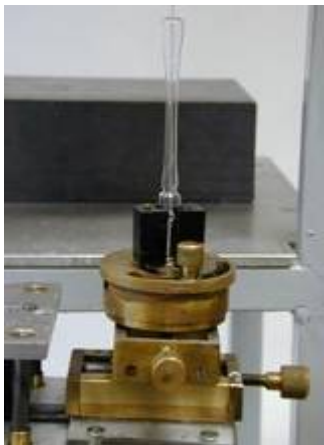


	PTW 33004
Outer Height	19.05 cm
Outer base diameter	17.8 cm
Outer well diameter	9.3 cm
Inner well diameter	3.2 cm
Weight	2.4 kg
Volume	200 cm ³
Potential of HV electrode with respect to collecting electrode	300 V



	SI HDR 1000+ (ref 90008)
Height	15.6 cm
Diameter	10.2 cm
Weight	2.7 kg
Volume	245 cm ³
Potential of HV electrode with respect to collecting electrode	300 V

- Fasci di elettroni con dose per impulso di 10-100 mGy.
 - Servizio di taratura con dosimetro a soluzione acquosa di solfato ferroso con risposta indipendente dalla dose per impulso;
 - Incertezza su D_w , 1,6% ($k=1$);
 - Tarati i monitor di circa 40 acceleratori.



- Ricombinazione ionica:

- analisi di vari modelli descrittivi della ricombinazione ionica;
- proposta di un metodo per la determinazione del fattore correttivo valido fino ai valori di dose per impulso tipici della IORT.

Phys. Med. Biol. 51 (2006) 6419–6436

Charge collection efficiency in ionization chambers exposed to electron beams with high dose per pulse

R F Laitano¹, A S Guerra¹, M Pimpinella¹, C Caporali¹ and A Petrucci²

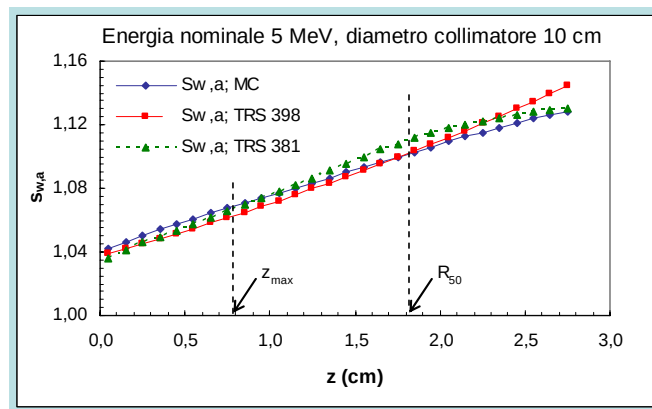
- Sistema di collimazione non standard:

- Simulazione Monte Carlo dei fasci di radiazione e calcolo dei parametri dosimetrici di interesse.

Phys. Med. Biol. 52 (2007) 6197–6214

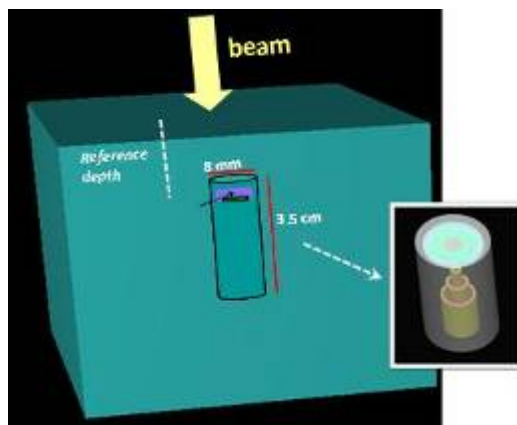
Dosimetric characteristics of electron beams produced by a mobile accelerator for IORT

M Pimpinella¹, D Mihallescui², A S Guerra¹ and R F Laitano¹



INMRI: Progetto “External Beam Cancer Therapy” (EBCT) 2008-2011

- Campioni secondari per fasci di fotoni di piccole dimensioni:
 - Dosimetro a diamante sintetico prodotto dal dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Tor Vergata;
 - Caratterizzazione mediante misure sperimentali e calcolo Monte Carlo.



Metrologia 49 (2012) S207–S210

doi:10.1088/0026-1394/49/5/S207

A synthetic diamond detector as transfer dosimeter for D_w measurements in photon beams with small field sizes

M Pimpinella¹, I Ciancaglion², R Consorti³, C Di Venanzio²,
A S Guerra¹, A Petrucci³, A Stravato¹ and G Verona-Rinati²



Metrologia 49 (2012) S211–S214

doi:10.1088/0026-1394/49/5/S211

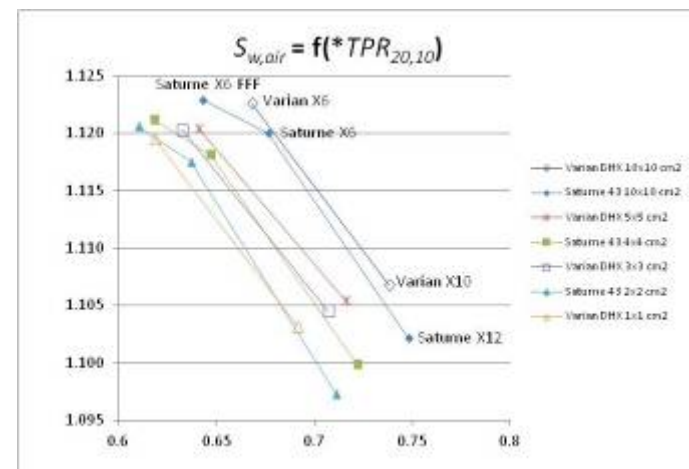
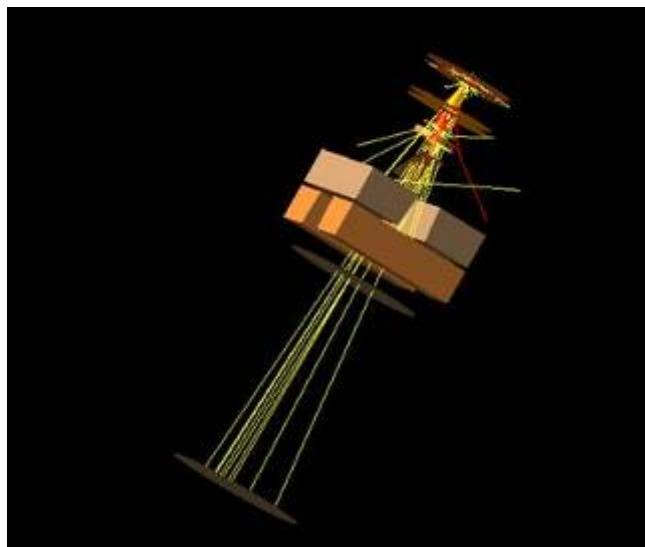
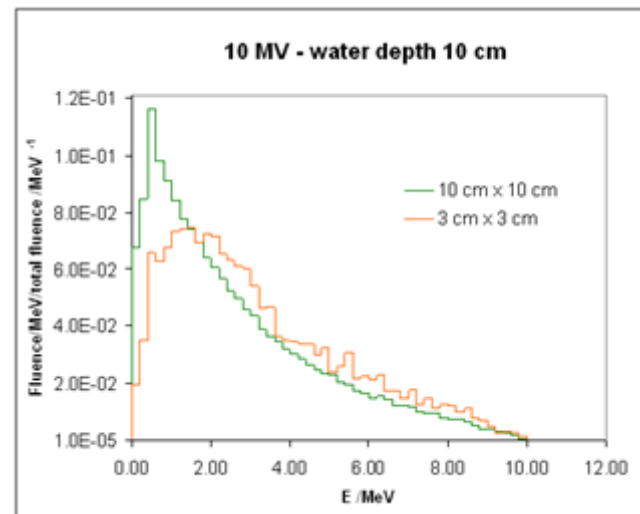
Comparison of D_w measurements by alanine and synthetic diamond dosimeters in photon beams with $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ field size

M Pimpinella¹, M Anton², M Rouijaa² and A Stravato¹

Q	$\frac{D_w^{\text{diamond}}}{D_w^{\text{monitor}}}$	u_f	$\frac{D_w^{\text{alanine}}}{D_w^{\text{monitor}}}$	u_f	$\frac{\text{diam}}{\text{ala}}$	u_f
6 MV	1.247	0.9%	1.259	1.2%	0.991	1.5%
10 MV	1.196	0.9%	1.188	0.9%	1.007	1.3%

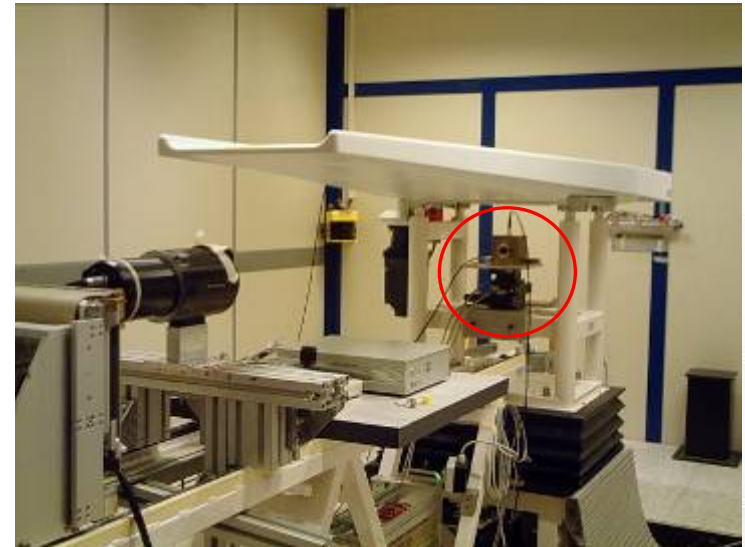
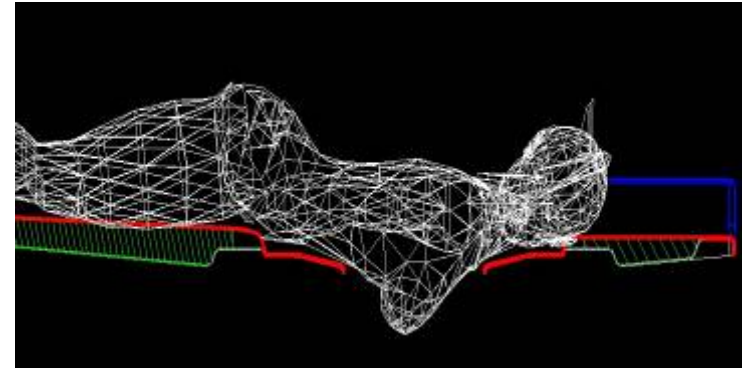
INMRI: Progetto “External Beam Cancer Therapy” (EBCT) 2008-2011

- Influenza della dimensione del campo su parametri dosimetrici in fasci di fotoni per radioterapia:
 - Simulazione Monte Carlo di fasci di fotoni con dimensioni del campo fino a 1cm x 1cm;
 - Calcolo del rapporto dei poteri frenanti acqua-aria;
 - Misura degli indicatori standard della qualità ($TPR_{20,10}$ e $\%dd(10)$).



INMRI: Misure assolute di kerma in aria in un fascio di luce di sincrotrone (Elettra, Trieste)

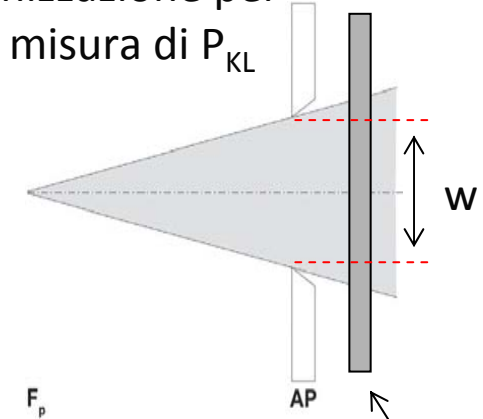
- Linea di fascio: SYRMEP (SYnchrotron Radiation for Medical Physics), mammografia clinica ad elevata risoluzione;
- ENEA-INMRI: caratterizzazione dosimetrica del fascio con riferibilità ai campioni nazionali;
- Fascio laminare: mammografia eseguita mediante scansione verticale, spostando il paziente;
- Campioni ENEA posizionati nel punto di riferimento (cerchio rosso) sotto il supporto del paziente.



INMRI: Tarature per grandezze dosimetriche « specifiche » per radiodiagnostica

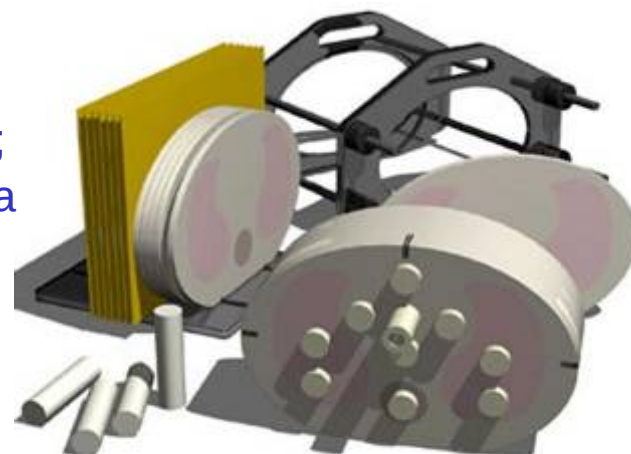
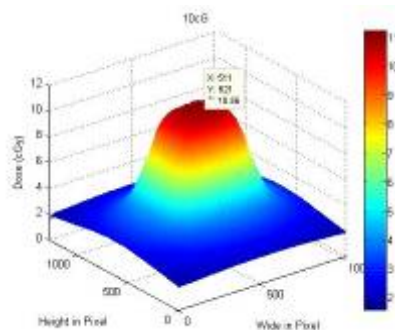
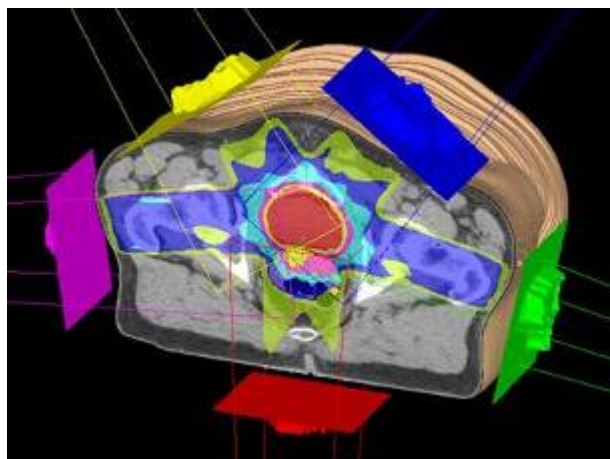
- Camere a ionizzazione per la misura del prodotto:
- kerma-lunghezza, P_{KL}
 - Tomografia Computerizzata;
 - Qualità di radiazione RQT;
 - Indagini dentali panoramiche.
- Kerma-superficie, P_{KA}
 - Angiografi;
 - Qualità di radiazione RQR.

Camera a
ionizzazione per
la misura di P_{KL}

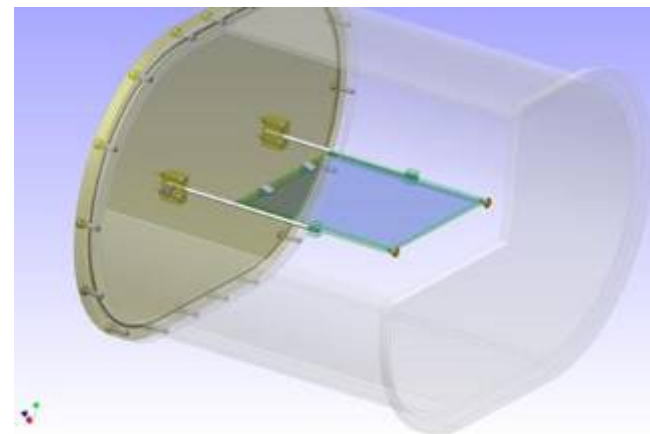


INMRI: Progetto “Metrology for radiotherapy using complex radiation fields” (MetrExtRT) 2012-2015

- Sviluppo di campioni primari di Dw;
- Studio di nuove grandezze per dosimetria in campi di fotoni di dimensione $< 2 \text{ cm}^2$ (DAP, DAPR);
- Caratterizzazione di metodi dosimetrici 1D, 2D, 3D;
- Studio di metodi per controlli di qualità e dosimetria in vivo.



Model 002LFC



INMRI: Campioni di attività dei radionuclidi

- Sistemi campione per l'attività dei radionuclidi basati su:
 - Metodo delle coincidenze $4\pi\beta\gamma$ (β e $\beta\gamma$ emettitori);
 - Conteggi in $4\pi\gamma$ (γ emettitori con schema complesso);
 - CIEMAT/NIST e TDCR con scintillatori liquidi (α , β e x emettitori);
 - Conteggi nel picco somma (emettitori $\gamma\gamma$);
 - Spettrometria x e γ (x e γ emettitori).



INMRI: Riferibilità ai campioni di radionuclidi

- Campione viaggiante per garantire la riferibilità delle misure di attività di nuclidi con breve periodo di dimezzamento (nuclidi medici per diagnostica e terapia);
- Incertezza delle tarature = 2,5% (k=1).



Nuclide	Caratteristiche	Campione utilizzato
^{18}F	$T_{1/2} = 1,8288 \text{ h}$; β^+	$4\pi\beta$ CIEMAT/NIST
^{32}P	$T_{1/2} = 14,26 \text{ d}$; pure β^-	$4\pi\beta$ CIEMAT/NIST
^{64}Cu	$T_{1/2} = 12,701 \text{ h}$; β^+ and β^-	$4\pi\beta$ CIEMAT/NIST
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$T_{1/2} = 6,008 \text{ h}$; γ	$4\pi\gamma$
^{111}In	$T_{1/2} = 2,80 \text{ d}$; γ	Gamma-spectrometry
^{124}I	$T_{1/2} = 4,176 \text{ d}$; β^+ , β^- and γ	Gamma-spectrometry
^{125}I	$T_{1/2} = 59,402 \text{ d}$; X and γ	Sum-peak
^{177}Lu	$T_{1/2} = 6,7 \text{ d}$; β^- and γ	$4\pi\beta$ CIEMAT/NIST, $4\pi\gamma$
^{131}I	$T_{1/2} = 8,02 \text{ d}$; β^- and γ	Gamma-spectrometry



INMRI: Tarature (radiofarmaci) effettuate

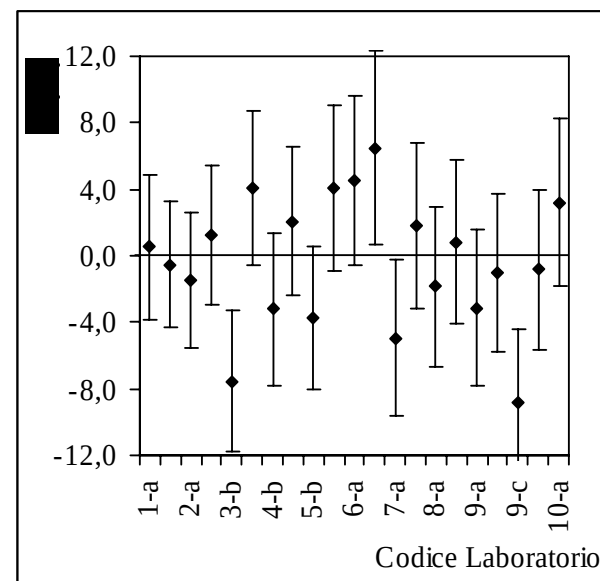
F-18, Cu-64, I-123, I-124, I-131, Lu-177, Tc-99m

Committente	Radionuclide	Periodo
AAA – Colleretto Giacosa	^{18}F , ^{177}Lu	2007-2011
AAA – Meldola (FC)	^{18}F	2010
AAA - Pozzilli	^{18}F	2006-2011
ACOM – Montecosaro	^{18}F , ^{64}Cu , ^{124}I	2006-2011
Azienda Ospedaliera - Careggi	^{18}F	2011
Casa di Cura “La Maddalena” (PA)	^{18}F	2011
COMECER (Castelbolognese)	^{124}I	2010
GE – Healthcare CCR (Ispra)	^{18}F , ^{64}Cu	2005-2011
IASON (Roma)	^{18}F	2008-2010
IBA (Monza)	^{18}F	2009-2011
IBA (Tor Vergata)	^{18}F	2007-2010
IBA (Udine)	^{18}F	2007-2010
IFC CNR (Pisa)	^{18}F	2006
IFO-IRE (Roma)	^{18}F , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{124}I , ^{131}I	2011
IRMET SpA (Torino)	^{18}F	2005
ITEL – (Ruvo di Puglia)	^{18}F	2009-2011
NSA – Ardea (Roma)	^{18}F	2007-2010
Ospedale Pediatrico Bambin Gesù	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2006-2009
Policlinico Gemelli (Roma)	^{18}F , $^{99\text{m}}\text{Tc}$	2009
Policlinico Mangiagalli (Milano)	^{18}F	2009-2010
SPARKLE (Lecce)	^{18}F , ^{64}Cu , ^{124}I	2009

INMRI: Tarature (radiofarmaci) effettuate al 2012

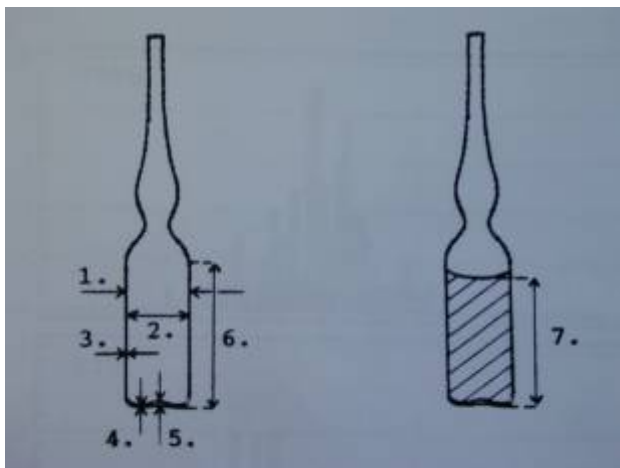


F-18 fattori di taratura



$$\Delta(\%) = 100 \frac{x_L - x_R}{x_R}$$

- Misura dell'attività di microsfere di Y-90 con incertezza $< 2\%$;
- Sviluppo di opportuni campioni di trasferimento e di strumenti di misura di uso clinico;
- Incertezza delle tarature $< 5\%$ ($k=1$).



Activity measurement of beta emitters

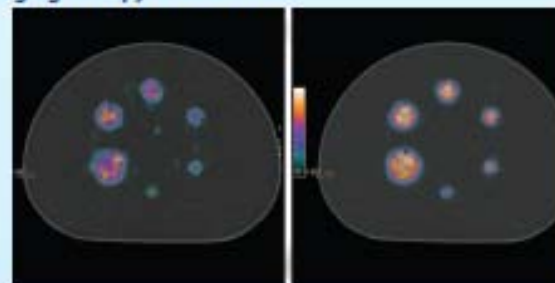


NPL Triple-to-Double Coincidence Ratio (TDCR) detection chamber assembly, with the housings for the three photo-multiplier tubes (PMTs) visible



TDCR optical chamber where the Liquid Scintillation vials reside during measurement. The holes accept the 3 PMTs

Imaging therapy beta emitters



PET images of Y-90 microspheres in IEC body phantom showing differences between 2D (left) and 3D (right) acquisition mode; Y-90 microspheres in IEC body phantom

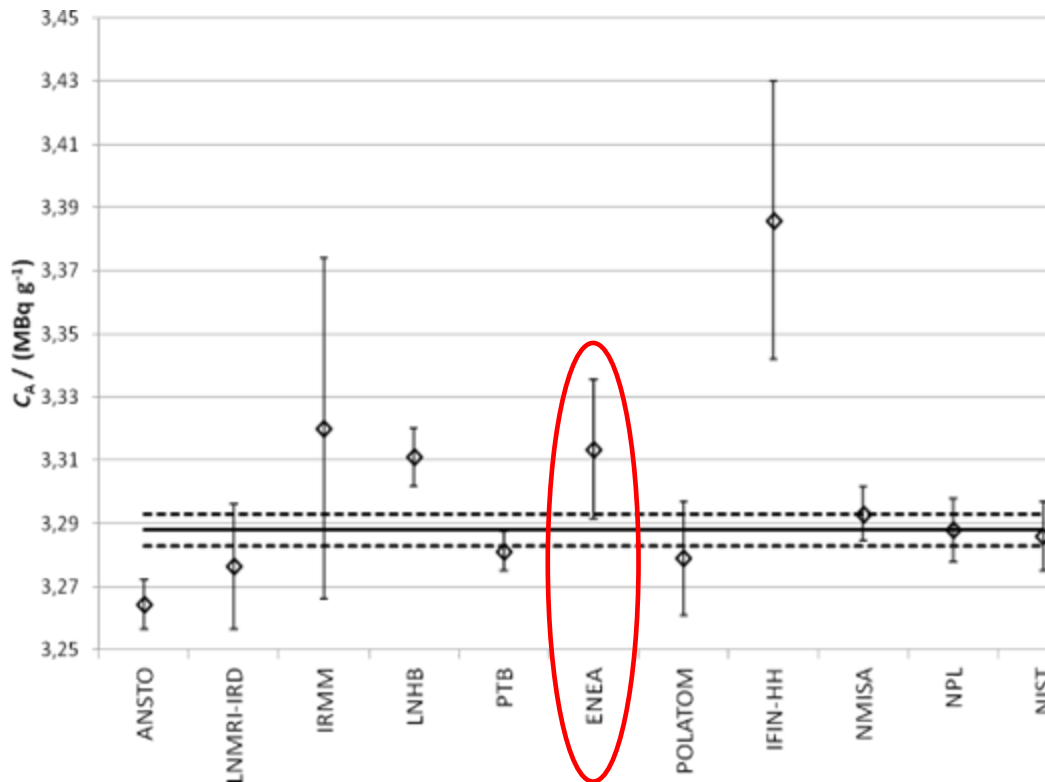


Loading the IEC body phantom with Y-90 inserts

INMRI: Nuovo campione primario di attività di Lu-177

Risultati confronto internazionale BIPM

- Misura dell'attività di Lu-177 (incertezza $\sim 0,5\%$, $k=1$)
- INMRI: Metodi CIEMAT/NIST e $4\pi\gamma$;
- Confronto internazionale organizzato dal BIPM (2010-2011).
- <http://kcdb.bipm.org/>

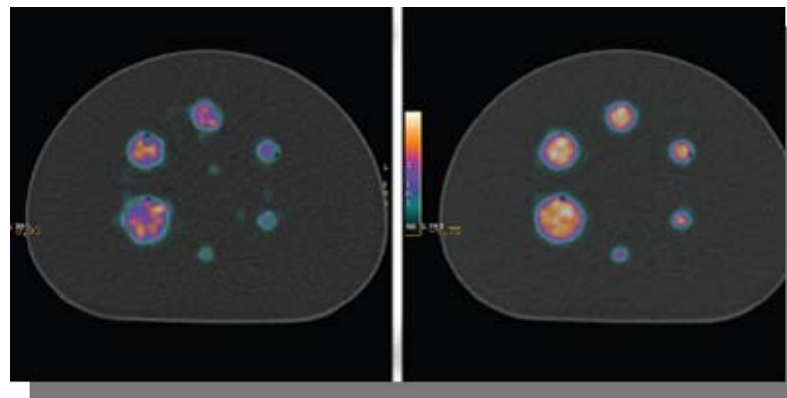


Uncertainty component, u_i	Evaluation Method (A/B)	Relative uncertainty on C_A $u_i \times 10^4$
Counting statistics	A	15
Weighing	A	5
Background	A	1
Deadtime	B	1.5
Decay data	B	15
Input parameters and statistical models	B	20
Half-life	B	20
Impurities	A/B	5
Adsorption	B	2
Counting time	B	1
Statistics of Monte Carlo simulation	A	1
Low level threshold setting	B	2
Crystal dimensions	B	1
Mass determination	B	10
Other	B	0.6
Combined standard uncertainty		38

Laboratory Name	Acronym	Country
Australian Nuclear Science and Technology Organisation	ANSTO	Australia
Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, Instituto de Radioproteção e Dosimetria	LNMRI-IRD	Brazil
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/ Comissão Nacional de Energia Nuclear*	IPEN-CNEN	Brazil
European Commission-Joint Research Centre/Institute for Reference Materials and Measurements	IRMM	European Commission
Laboratoire national de métrologie et d'essais-Laboratoire national Henri Becquerel	LNE-LNHB	France
Physikalisch- Technische Bundesanstalt	PTB	Germany
Italian National Agency for New Technologies, Energy, and Environment – National Institute for Ionising Radiation Metrology	ENEA-INMRI	Italy
Institute of Atomic Energy POLATOM, Radioisotope Centre, Laboratory of Radioactivity Standards	POLATOM	Poland
National Institute of Research and Development for Physics and Engineering "Horia Hulubei"	IFIN-HH	Romania
National Metrology Institute of South Africa	NMISA	South Africa
National Physical Laboratory	NPL	United Kingdom
National Institute of Standards and Technology	NIST	USA

INMRI: Progetto “Metrology for Molecular Radiotherapy” (MetroMRT) 2012-2014

- Misure di attività di nuovi radiofarmaci impiegati nella radioterapia molecolare.
- Valutazione più accurata e riferibile della dose somministrata al paziente.
- Principali linee di attività:
 - Misura assoluta dell'attività di radiofarmaci a breve vita media (TDCR-Cherenkov);
 - Misura della distribuzione dell'attività somministrata al paziente:
 - procedure di imaging quantitativo con tomografi SPECT-CT o PET-CT;
 - Sviluppo di fantocci adatti per applicazioni dosimetriche.
 - Sviluppo di un campione primario di dose assorbita.
 - Riduzione delle incertezze di misura.



INMRI: Convenzione con ACCREDIA (per Centri secondari di taratura)



- “Certificazione” di taratura universalmente e automaticamente riconosciuta se rilasciata dal sistema metrologico nazionale di ciascuno dei Paesi aderenti ai vigenti accordi internazionali (EA) sulla metrologia e sull’accreditamento.
- 2011: Convenzione ENEA-INMRI e ACCREDIA per l’accreditamento di Centri secondari di taratura (LAT).



**Organismi di
Accreditamento
Firmatari dell'accordo
multilaterale (MLA) in
ambito EA**



INMRI: Centri LAT nel settore Radiazioni Ionizzanti

- LAT n. 029 – ENEA, Istituto di Radioprotezione (Bologna)
- LAT n. 065 - Comecer srl (Castelbolognese, Ra)
- LAT n. 077 - SOGIN (Caorso, PC)
- LAT n. 099 - CCR (Ispra, Va)
- LAT n. 104 - Politecnico (Milano)
- LAT n. 116 - Centro Interf. Studi ed Appl. Militari (Pisa)
- LAT n. 222 - ASL n.6 (Livorno)

**LAT n. 077 - SOGIN di
Caorso**



LAT n. 099 - CCR di Ispra



LAT n. 222 - ASL n.6 di Livorno



LAT n. 104 - Politecnico di Milano



**Istituto per la Radioprotezione,
ENEA**



GRAZIE