

Radioprotezione

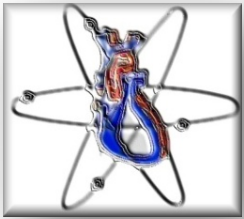
ESPOSIZIONE PROFESSIONALE
(durante e a causa del lavoro)

*Possibili
esposizioni
alle
radiazioni*

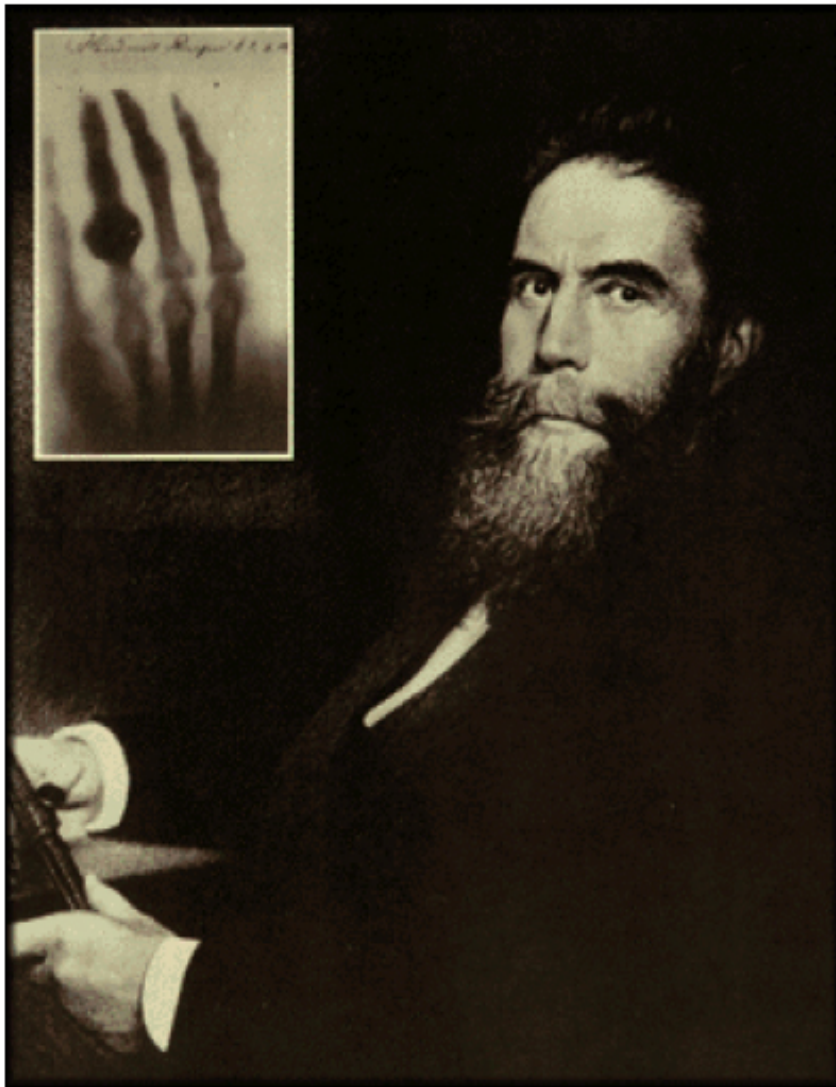


ESPOSIZIONE MEDICA
*(nell'ambito di pratiche
diagnostiche o terapeutiche)*

ESPOSIZIONE DEL PUBBLICO
*(radiazione ambientale, rilasci radioattivi,
situazioni accidentali)*

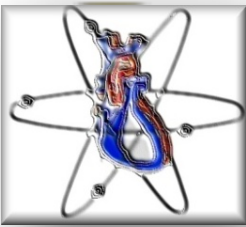


Comunicazione di Röntgen



*“...se si tiene la
mano tra
l'apparecchio
di scarica e lo
schermo si
vedono le ossa
della mano
stessa.....”*

28-12-1895



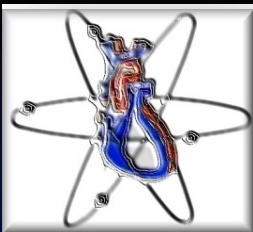
radioprotezione, un po' di storia...

- **1895:**
- scoperta dei raggi X (Roentgen)
- **radioattività (*Henri Bequerel*)**



- alte sorgenti di radiazione (come raggi X):
 - incidenti
 - più tardi effetti latenti
- **1896:** dermatite – congiuntivite
- **1897:** un ricercatore riporta 69 casi di danni a radioesposti, con Bequerel e Mme Curie





radioprotezione, un po' di storia...

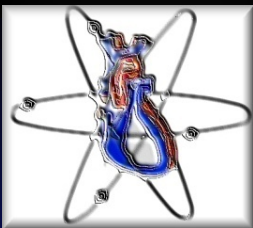
- **1911:** sono riportati 94 casi di tumori radioindotti (50 radiologi)



Diagnostic and therapeutic applications by 1910

- **1922:** 100 radiologi deceduti per tumori radioindotti, avevano leucemia > colleghi medici
- **1925:** minatori in miniere di cobalto (Sassonia) e peceblenda (Cecoslovacchia): alta incidenza tumori





radioprotezione, un po' di storia...

- **1928:** soggetti a cui è stato somministrato biossido di torio, come elemento di contrasto



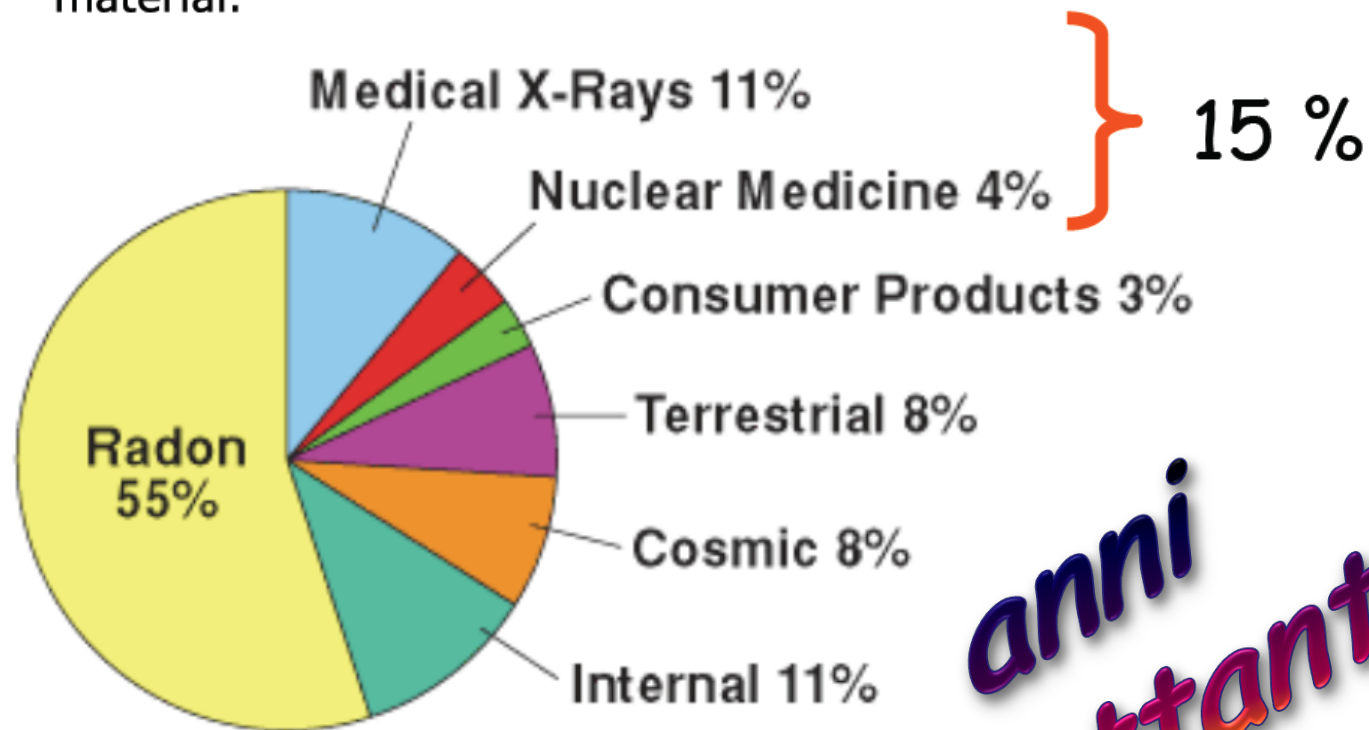
- **1945:** donne che dipingevano i numeri fosforescenti sugli orologi ed appuntivano il pennello in bocca (radio, US radium corporation in Orange, New Jersey), 50 casi di morte
- **1955:** 200 casi di leucemia in superstiti di bombe atomiche



Perché questa grande attenzione alla dose ?

Exposure

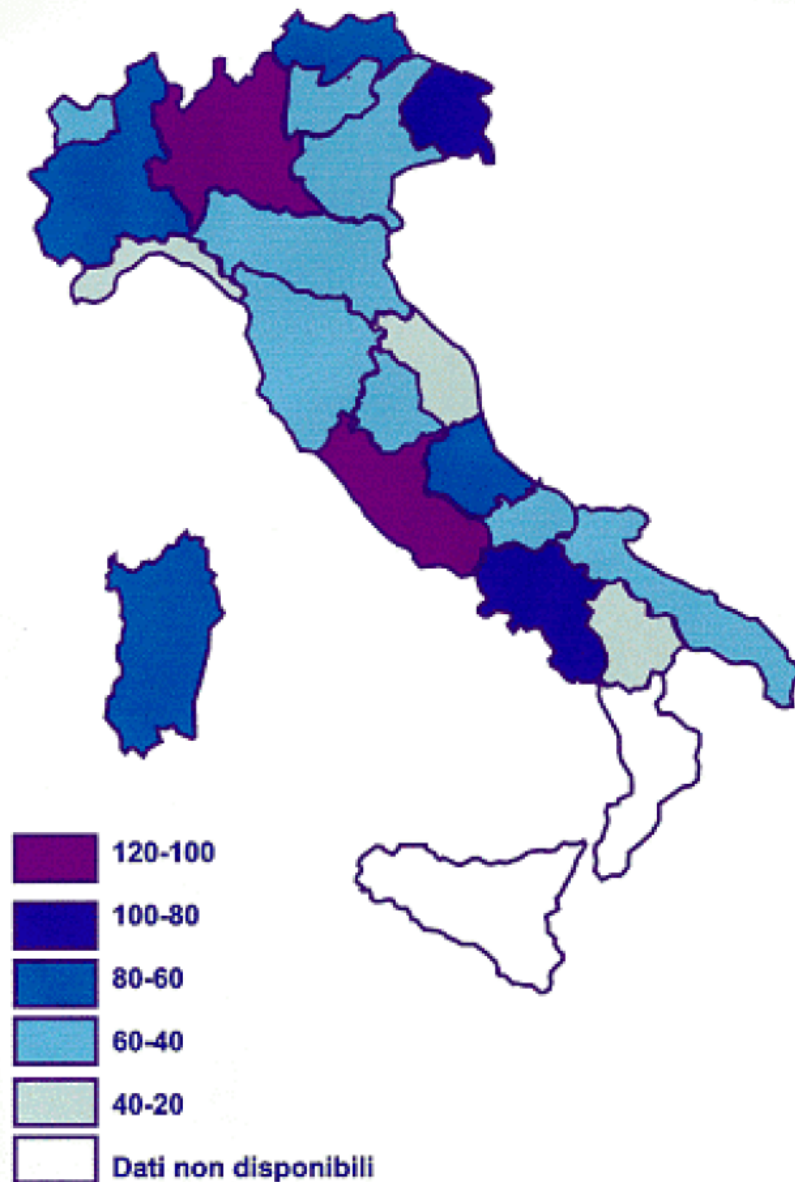
Being exposed to ionizing radiation or to radioactive material.



*anni
ottanta...*

Concentrazione di radon (Bq m^{-3})

Health Physics Novembre 1996, Vol. 71 n. 5 pp 741-748



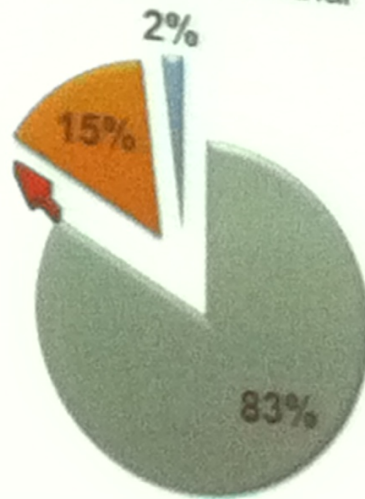
- *Distribuzione della concentrazione di **Radon** (Bq/m^3) nelle principali regioni italiane.*



Sources of Radiation Exposure in the US

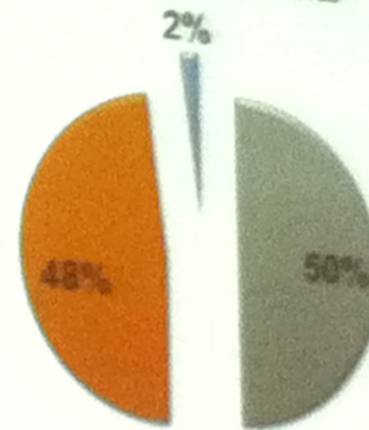
1980s

- Background
- Medical
- Occup/Industrial



2006

- Background
- Medical
- Occup/Industrial



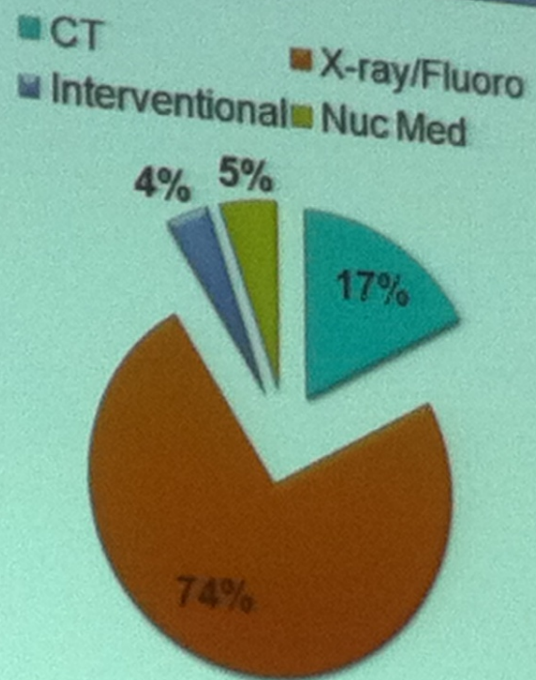
E dose (mSv/person)	1980s	2006
Background	3.0	3.1
Medical	0.53	3.0

Source: NCRP Report No. 160—Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States (2009)

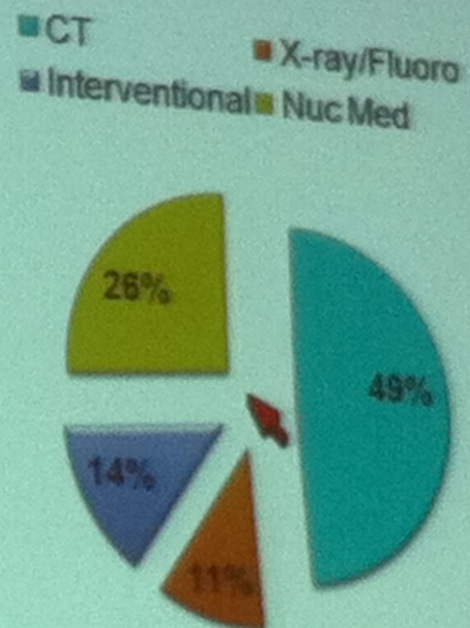


Medical Radiation Sources in the US (2006)

Percent of total procedures



Percent of total dose



Source: NCRP Report No. 160-Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States (2009)

*Il concetto di
"dose"*

La Dosimetria

*Una delle discipline scientifiche che supporta la legge è la **dosimetria**, cioè la misura delle grandezze che consentono di calcolare il danno biologico dovuto all'esposizione (esterna o interna) ai diversi tipi di radiazioni ionizzanti.*

In prima approssimazione il danno biologico è proporzionale alla quantità di energia ceduta dalla radiazione per unità di massa, cioè ai joules (J) dissipati in un chilogrammo (kg) di tessuto biologico.

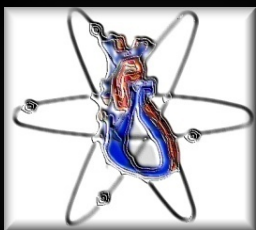
La DOSE

Il danno biologico si identifica (in prima approssimazione) con una grandezza che si chiama:

DOSE = D = energia dissipata da radiazioni ionizzanti per unità di massa

e si misura in Gray:

1Gray = 1 Gy = 1 Joule per chilogrammo = 1 J/kg.



Dose assorbita

il potenziale danno biologico è proporzionale alla dose media assorbita dall'organo T

$$Dose_T = \frac{\epsilon_T}{m_T} \approx \frac{E_i - E_u}{m}$$

D_T

Unità:

Gy (gray) = 1J/kg



es.: ovaie: 10 g
corpo intero: 70 kg



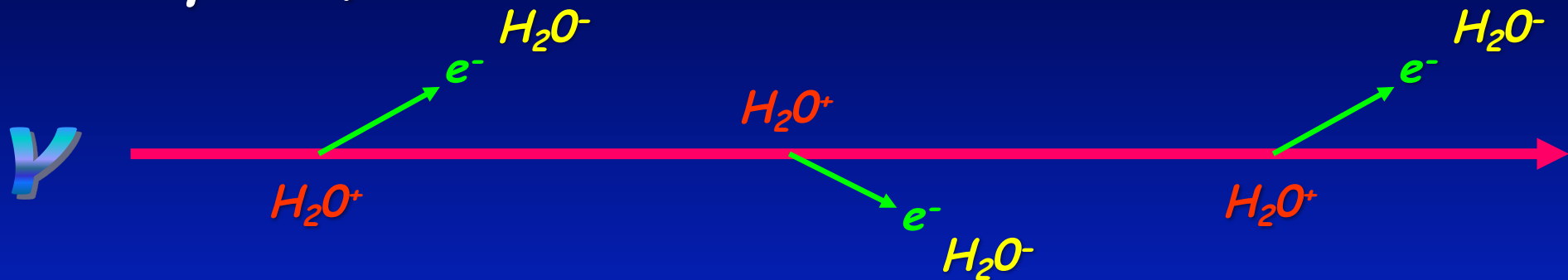
Dose Equivalente

Il danno biologico è proporzionale alla dose solo in alcuni casi. Infatti tipi diversi di radiazioni dissipano la loro energia in volumi più o meno grandi producendo danni a livello microscopico, a parità di energia dissipata, minori o maggiori.

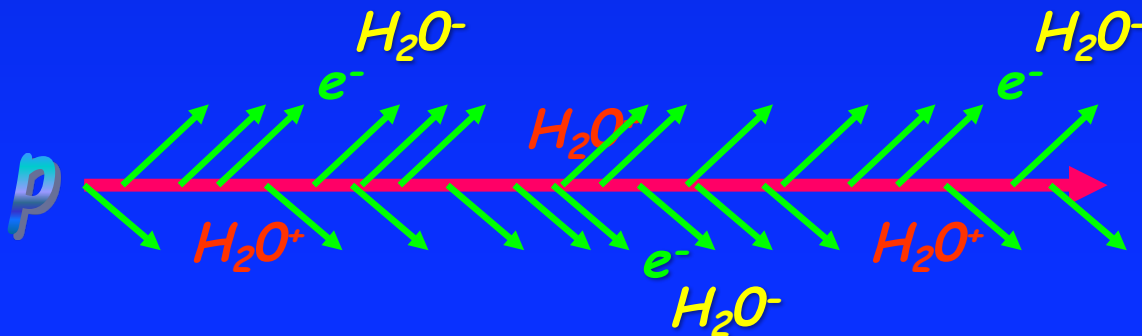
*Per questo si moltiplica la dose per un numero, maggiore o uguale ad 1, (detto **FATTORE DI QUALITA', Q**) che cambia a seconda del tipo di radiazione.*

Si ottiene così una nuova grandezza, detta DOSE EQUIVALENTE, che si ritiene sia realmente proporzionale al danno biologico.

- I **raggi X** o **γ** hanno bassa probabilità di interagire con gli atomi e determinano, quindi, una **bassa densità di ionizzazione**.



- Una **radiazione corpuscolata** (es. un protone) invece ha un'alta probabilità di interagire con gli atomi della materia determinando, così, una **alta densità di ionizzazione**.



Corollario: effetto "biologico" delle radiazioni ionizzanti

- *La combinazione di radicali tra loro dipende dalla possibilità che hanno di incontrarsi e, se sono lontani, si riduce la loro probabilità di interazione.*
- *Dunque le radiazioni elettromagnetiche a bassa densità di ionizzazione hanno scarsa probabilità di formare H_2O_2 e quindi, a parità di energia ceduta, hanno minore effetto biologico di quelle corpuscolate.*

Dose Equivalente

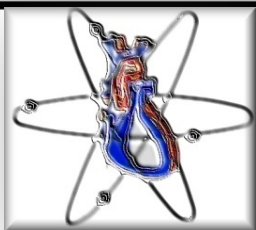
Quindi:

Dose Equivalente = $H_T = D_T \times Q$

e si misura in Sievert

1 Sv = 1 Joule per chilogrammo (Q non ha dimensioni)

Attenzione: *per raggi X, raggi gamma ed elettroni $Q=1$ quindi $H_T = D_T$ e Dose assorbita e Dose Equivalente coincidono. Invece Q è maggiore di 1 per neutroni ($Q= 5-20$), protoni ($Q=5$) e particelle alfa ($Q=20$)*



$$E(t) = \sum_{R,T} [D_{T,R}(t) \cdot w_R] \cdot w_T$$

**dose
efficace**

Organo o tessuto	stima rischio (*) (casi 10^{-2} Sv $^{-1}$)	Fatt. pond. (\$) w_T
Gonadi	0,92	0,20
Midollo osseo emopoiet.	0,83	0,12
Colon	0,82	0,12
Polmone, vie toraciche	0,64	0,12
Stomaco	0,8	0,12
Vescica	0,24	0,05
Mammella	0,29	0,05
Fegato	0,13	0,05
Esofago	0,19	0,05
Tiroide	0,12	0,05
Pelle	0,03	0,01
Superficie ossea	0,06	0,01
Altri organi e tessuti	0,47	0,05
TOTALE COMPLESSIVO	5,6	1,00

(*) Riferito ai lavoratori esposti, Fonte: ICRP60, 1991; (\$) DLgs 230/95 smi



Pubblicazione ICRP 103

**RACCOMANDAZIONI 2007
DELLA COMMISSIONE INTERNAZIONALE
PER LA PROTEZIONE RADIOLOGICA**

Adottate dalla Commissione nel marzo 2007

*Traduzione della ICRP Publication 103
'The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection'
Annals of the ICRP Volume 37/2-4, 2008*

Tabella B.1. Raccomandazioni ICRP per i fattori di ponderazione per i tessuti nella *Pubblicazione 26* (1977) e nella *Pubblicazione 60* (1991b).

Tessuto	Fattore di ponderazione del tessuto, w_T	
	1977 <i>Pubblicazione 26</i>	1991 <i>Pubblicazione 60</i> ^{2,3}
Superfici dell'osso	0,03	0,01
Vescica		0,05
Mammella	0,15	0,05
Colon		0,12
Gonadi	0,25	0,20
Fegato		0,05
Polmoni	0,12	0,12
Esofago		0,05
Midollo osseo rosso	0,12	0,12
Pelle		0,01
Stomaco		0,12
Tiroide	0,03	0,05
Rimanenti	0,30 ¹	0,05
TOTALE	1,0	1,0

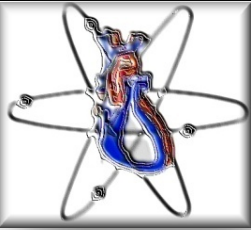
Tabella B.2 Fattori di ponderazione dei tessuti., w_T , nelle Raccomandazioni 2007

Organo/tessuto	Numero di tessuti	w_T	Contributo totale
Polmone, stomaco, colon, midollo osseo, mammella, tessuti rimanenti	6	0,12	0,72
Gonadi	1	0,08	0,08
Tiroide, esofago, vescica, fegato	4	0,04	0,16
Superficie dell'osso, pelle, cervello, ghiandole salivari	4	0,01	0,04

Ricordare quindi...

- *Dose assorbita (D_T)*
 - *si misura in Joule per chilogrammo*
 - *è espressa in Gray (Gy)*
- *Dose equivalente (H_T)*
 - *si misura in Joule per chilogrammo moltiplicati per un fattore dipendente dal tipo di radiazione (1-20)*
 - *è espressa in Sievert (Sv)*
- *Dose efficace (E_T)*
 - *si misura in Joule per chilogrammo moltiplicato per un fattore dipendente dal tipo di radiazione (1-20) e ponderato per la radiosensibilità dell'organo in esame*
 - *è espressa in Sievert (Sv)*

I principi della radioprotezione

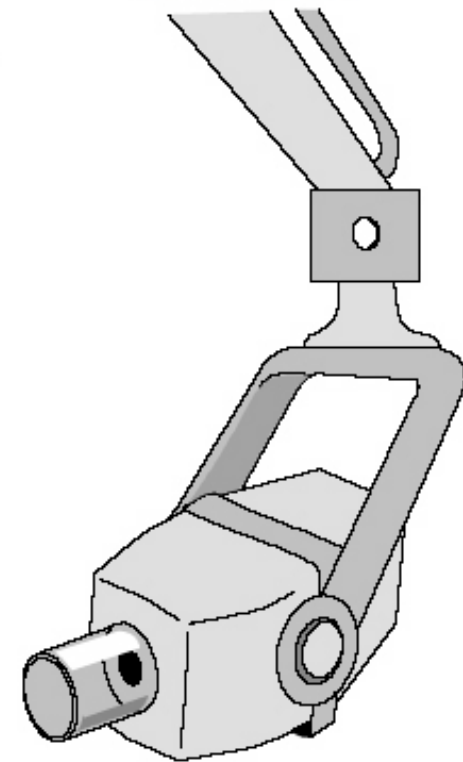


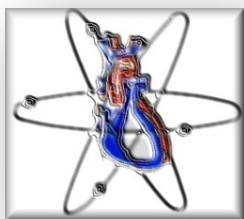
radiazioni ionizzanti

- *non si vedono*
 - *non si sentono*
 - *non profumano...*
- ma... sono tossiche!*

⇒ *devono essere adottate
adeguate precauzioni*

*ionizzano
la materia
>12 eV
<100 nm*





Gestione della radioprotezione

I principi generali sono:

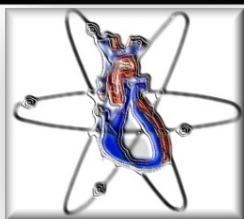
1. *Giustificazione*
2. *Ottimizzazione*
3. *Limitazione individuale dosi*



La radioprotezione integra il **DLgs 626** per le **radiazioni ionizzanti**:

- sorveglianza fisica: *esperto qualificato*
- radioprotezione pazienti: *esperto in fisica medica*
- sorveglianza medica: *medico competente*

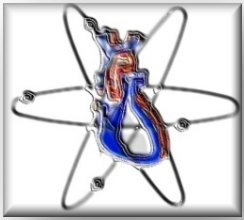
partecipano alla riunione periodica dei rischi



giustificazione

Nuovi tipi o nuove categorie di pratiche che comportano un'esposizione alle radiazioni ionizzanti debbono essere giustificati, anteriormente alla loro prima adozione o approvazione, dai loro vantaggi economici, sociali o di altro tipo rispetto al detrimento sanitario che ne può derivare



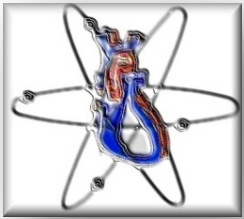


ottimizzazione

Qualsiasi pratica deve essere svolta in modo da mantenere l'esposizione al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali

A.L.A.R.A.





limitazione delle dosi

La somma delle dosi derivanti da tutte le pratiche non deve superare i limiti di dose stabiliti per i lavoratori esposti, gli apprendisti, gli studenti e gli individui della popolazione

I limiti sono **complessivi**, si riferiscono alla **somma** delle dosi derivanti da esposizione **interna** ed **esterna** e a **tutte** le esposizioni professionali svolte nell'anno **solare**



Dir. 80/836 Euratom

DL 230/95

Dir. 96/29 Euratom

DL 241/00

*Radioprotezione della popolazione
e dei lavoratori*

Dir. 84/466 Euratom

Dir. 97/43 Euratom

DL 187/00

DL 39/02 (ricerca)

Radioprotezione dei pazienti

Le disposizioni di legge

- *La direttiva 97/43/Euratom ed il decreto di recepimento n.187/00 integrano la direttiva 96/29/Euratom ed il decreto di recepimento n.241/00 e definiscono i principi generali della protezione radiologica di persone in relazione alle esposizioni mediche.*
- *I possibili contesti "clinici" presi in considerazione sono stati:*

Le disposizioni di legge: 187/00

- (a) Esposizione di pazienti nell'ambito della rispettiva **diagnosi o trattamento** medico;*
- (b) esposizione di persone nell'ambito della **sorveglianza sanitaria professionale**;*
- (c) esposizione di persone nell'ambito di programmi di **screening sanitario**;*
- (d) esposizione di persone sane o di pazienti che partecipano **volontariamente** a **programmi di ricerca** medica o biomedica, diagnostica o terapeutica;*
- (e) esposizione di persone nell'ambito di **procedure medico-legali**;*
- (f) esposizione di persone che **coscientemente** e **volontariamente**, al di fuori della loro occupazione, **assistono** e **confortano** persone sottoposte ad esposizioni mediche.*

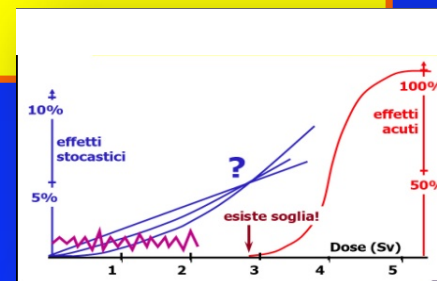
Le disposizioni di legge: 187/00

- *Il decreto 187/00 prevede la preliminare **giustificazione** delle esposizioni mediche che utilizzano radiazioni ionizzanti, l'**ottimizzazione** delle esposizioni mediche, tenuto conto di fattori economici e sociali, la definizione e l'impiego di **livelli diagnostici di riferimento** per esami di radiodiagnostica di cui in a), b), c), e), tenendo conto dei riferimenti europei se disponibili, l'adozione di **vincoli di dose** per le persone indicate in d), la **minimizzazione delle dosi** per le esposizioni in f).*
- *Fornisce, inoltre, disposizioni inerenti le **attrezzature radiologiche**, le **procedure**, le **pratiche speciali**, i **controlli di qualità**, la **formazione continua**, la **qualificazione** e la **responsabilità** del personale nei luoghi in cui si effettuano esposizioni mediche.*

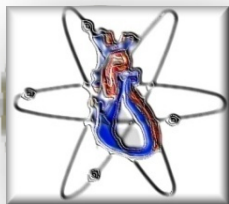
Principio della linearità senza soglia (LNT)

*Porta a limitare, in qualunque attività, l'esposizione alle radiazioni al livello minimo possibile (principio **ALARA**)*

Oggi si conoscono i livelli di esposizione che con certezza portano a patologie gravi. Si conosce anche (ma con maggiori margini di incertezza) la probabilità che esposizioni a piccole quantità di radiazione possano far insorgere nel tempo diversi tipi di patologie.



*Rischi derivanti
dall'uso di sostanze
radioattive*



Rischi nell'uso di materiale radioattivo *in forma "non sigillata"*

- **Irradiazione** esterna
- **Contaminazione**
 - **esterna:** pelle, ecc.
 - **interna,** attraverso:
 - Ingestione
 - Inalazione
 - Ferite
 - Perfusionione cutanea



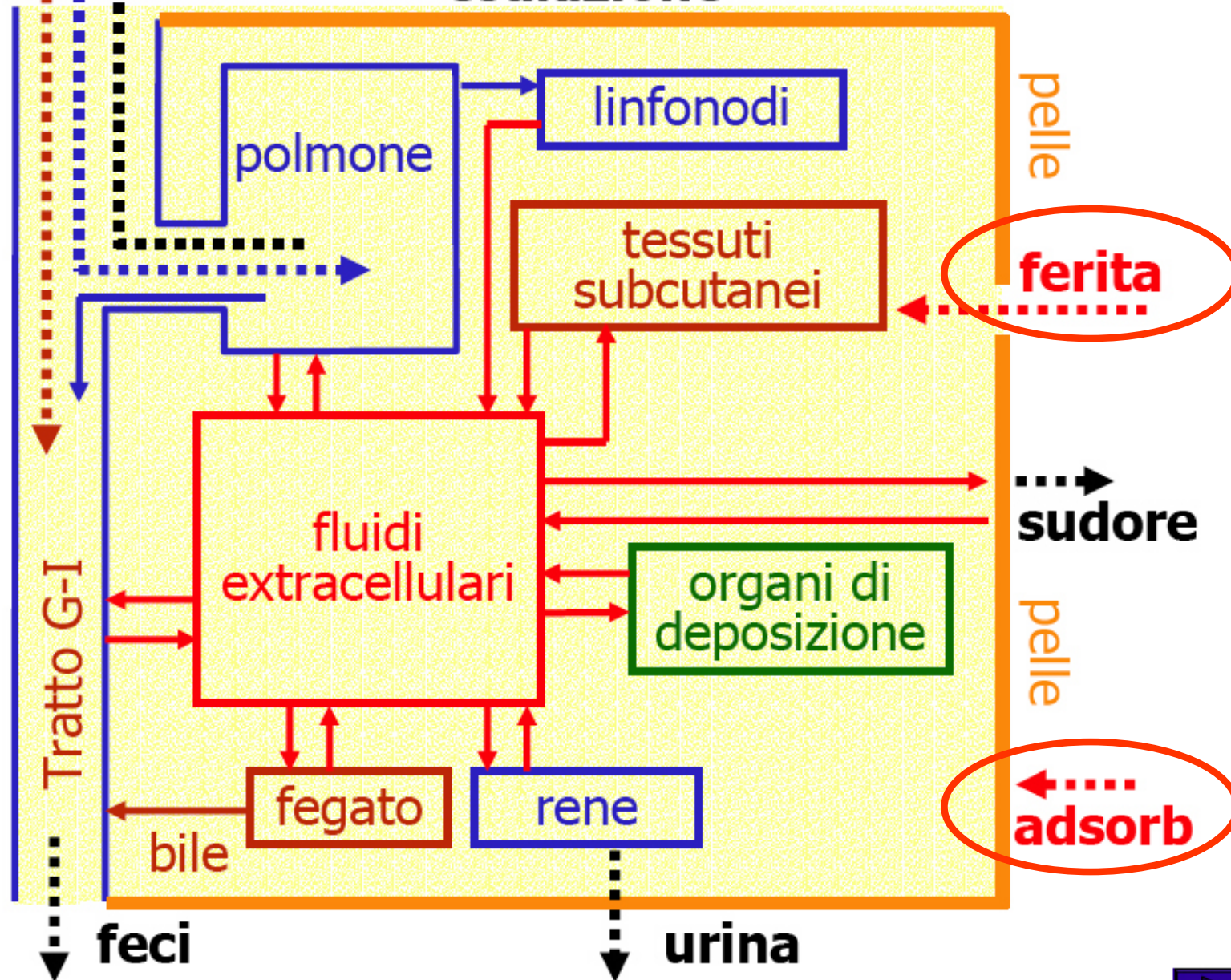


ingestione

inalazione

esalazione

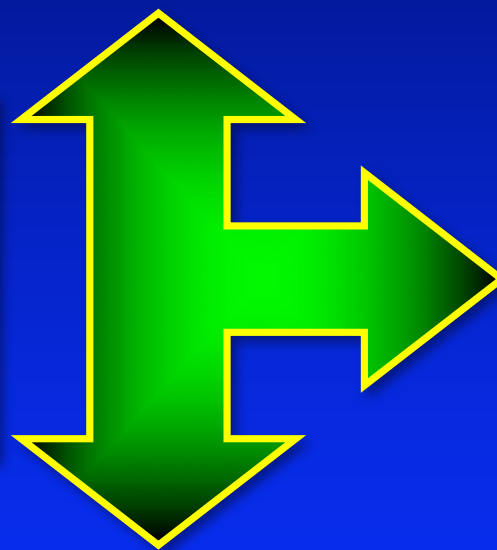
modello a compartimenti



Radioprotezione

ESPOSIZIONE PROFESSIONALE
(durante e a causa del lavoro)

*Possibili
esposizioni
alle
radiazioni*

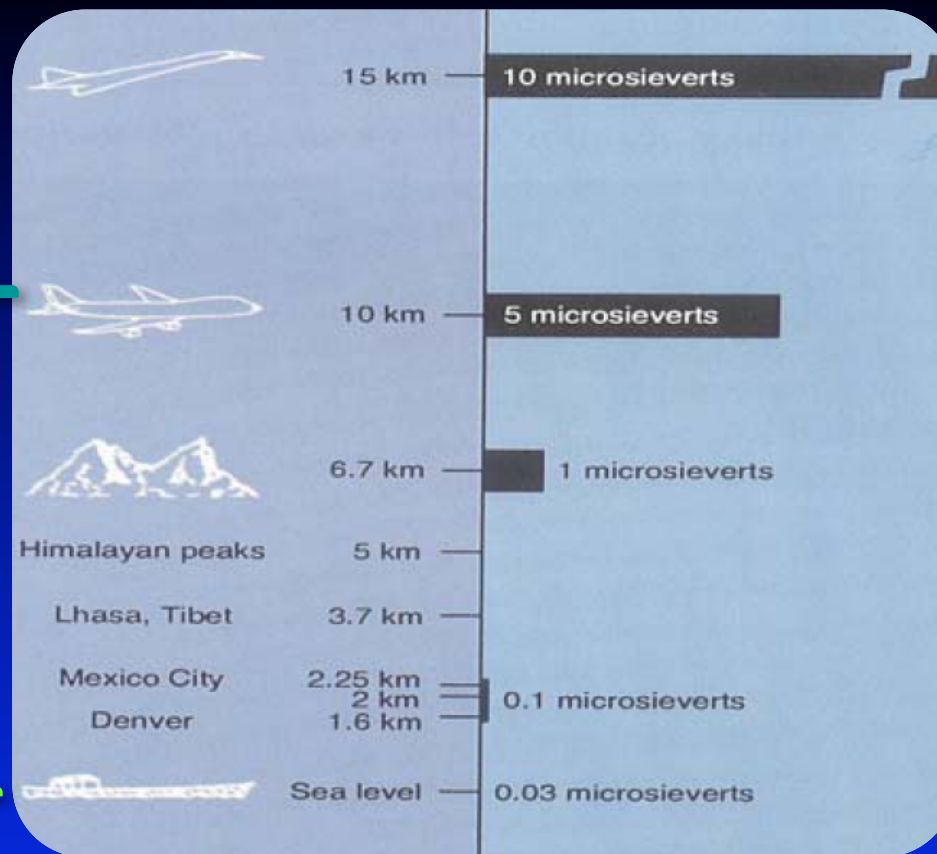


ESPOSIZIONE MEDICA
*(nell'ambito di pratiche
diagnostiche o terapeutiche)*

ESPOSIZIONE DEL PUBBLICO
*(radiazione ambientale, rilasci radioattivi,
situazioni accidentali)*

***Radioprotezione del
personale
(esposizione professionale)***





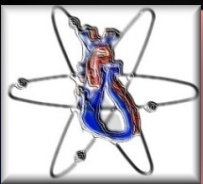
raggi cosmici

6mSv/anno

Personale di volo: $5\mu\text{Sv/h}$ per 80/100 ore mensili

Livello del mare: $0.03\mu\text{Sv/h}$ per 80/100 ore mensili

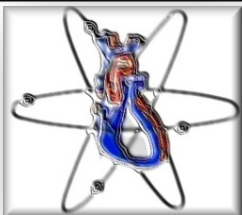
0,036mSv/anno



UNA PROFESSIONE VIENE CONSIDERATA **"SICURA"** QUANDO COMPORTA UNA MORTALITÀ ANNUA MEDIA ≤ 1 INDIVIDUO OGNI 10 000 COINVOLTI NELL'ATTIVITÀ

NEL CASO DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI LA PROBABILITÀ CHE SI VERIFICHINO 1 CASO DI TUMORE LETALE SU 10 000 INDIVIDUI SI REALIZZA QUANDO SI HA UNA IRRADIAZIONE CRONICA DI **10 mSv/anno** PER INDIVIDUO

IL LIMITE FISSATO DALLA NORMATIVA PER LA POPOLAZIONE È DI **1 mSv/anno** AL CORPO INTERO PER I LAVORATORI IL LIMITE MEDIO ANNUO È FISSATO IN **20 mSv/anno**



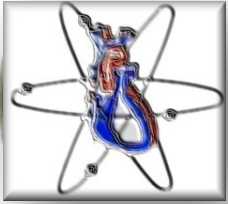
Principali limiti di dose individuale

**Sono
complessivi**

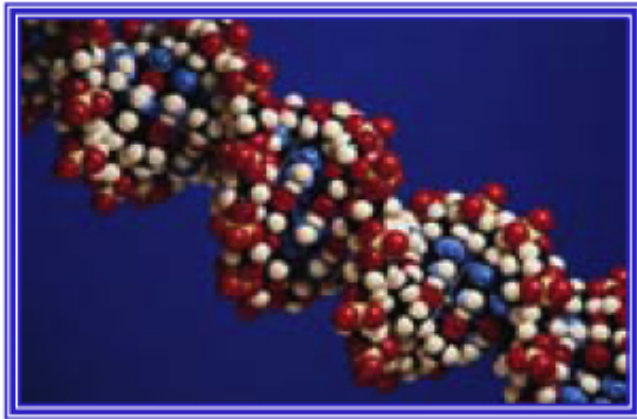
Limiti di dose, mSv/anno solare (+)

	cat.A	cat.B (*)	NON ESPOSTI
<i>Dose efficace</i>	20	6	1
<i>Cristallino</i>	150	45	15
<i>Mani, avambracci</i>	500	150	50
<i>Piedi, caviglie</i>	500	150	50
<i>Pelle, med. 1 cmq</i>	500	150	50
<i>Nascituro</i>	1		
<i>Sorv. fisica indiv.</i>	Si	Si	dipende
<i>Visita medica/anno</i>	2	1	no

Fonte: all. IV DLgs 230/95 e s.m.i; (*) sono livelli di riferimento per la categoria B; (+) si riferiscono a tutte le sedi lavorative, comprendono irraggiamento esterno ed interno e non comprendono le esposizioni di pazienti e quelle di persone esposte volontariamente per assistere i pazienti stessi



i limiti di dose...



- *assicurano* la protezione dai danni deterministici
- *riducono al minimo, ma non azzerano*, il rischio per danni stocastici e genetici

Comprendono *esposizione esterna ed interna*

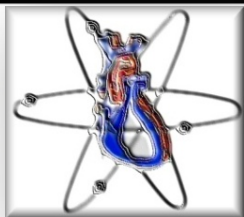
NB: Si riferiscono a *TUTTE le sedi lavorative*



Professionalmente esposta:

art. 8 DL n.151/2001

- 1. Le donne durante la *gravidanza* non possono svolgere attività in *zona controllata* o comunque attività che potrebbe esporre il nascituro ad una dose che superi *1 mSv* durante il periodo della gravidanza.
- 2. E' fatto *obbligo* alle lavoratrici di *notificare* al datore di lavoro il proprio stato di gestazione non appena accertato.
- 3. E' altresì vietato adibire le donne che *allattano* ad attività che comportino un rischio di *contaminazione* (Medicina Nucleare).



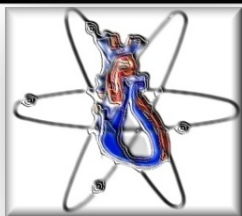
esperto & medico

- ***Esperto qualificato***
 - *Valuta il rischio*
 - *Classifica e forma i lavoratori*
 - *Valuta le dosi*
 - *Procede a inchieste sulle dosi anomale*
- ***Medico competente /autorizzato***
 - *Visita preventiva*
 - *Visite periodiche (annuali /semestrali)*
 - *Visita di fine rapporto*



Entrambi

- *aggiornano documentazione*
- *riunione annuale della sicurezza*



Le barriere e le zone a rischio

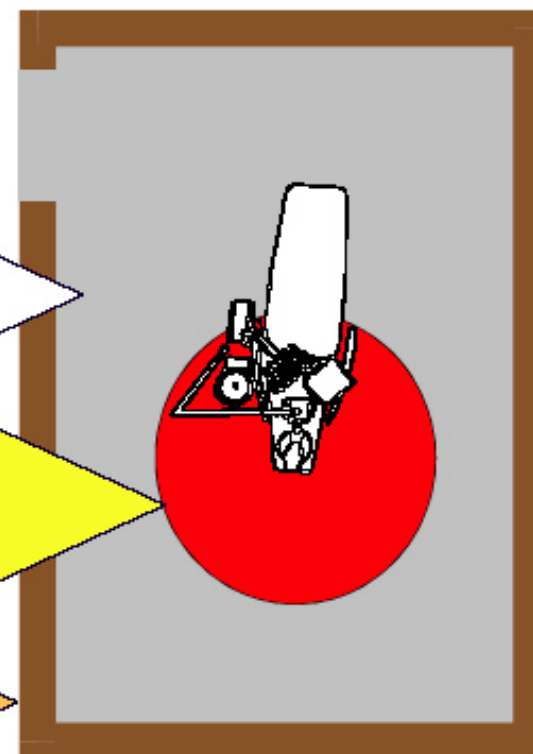
*posizionarsi dietro le barriere
o le pareti di protezione*

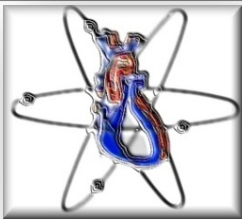
Zona sorvegliata

Zona controllata

Barriera protettiva

Esterno alla barriera: area a libero accesso





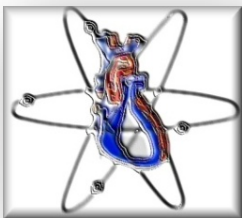
LA SEGNALETICA



Radioprotezione in Radiodiagnostica

I dispositivi tecnici di protezione sono costituiti da:

- *la **guaina** che circonda il tubo radiogeno.*
- *Le **barriere** costituite da **muri perimetrali** delle sale di radiodiagnostica e dalle eventuali **schermature aggiuntive** nonché dalle **schermature** a protezione del posto di lavoro dell'operatore presso il **tavolo di comando** dell'apparecchio radiologico.*
- *La **segnaletica luminosa** posta alla porta di ingresso delle sale di radiodiagnostica.*



*dispositivi di protezione individuale **schermati***



Fattore protezione a 80 kVp:

- 0,5 mmPb equiv attenua >>20 volte
- 0,25 mm Pb equiv. Attenua >>10 volte

Radioprotezione del personale in Medicina Nucleare

I dispositivi tecnici di protezione sono costituiti da:

- *le barriere e le schermature contro le radiazioni emesse dalle sorgenti radioattive presenti, inclusi i pazienti somministrati con radiofarmaci. Tali barriere e schermature sono costituite, oltre che dalle pareti e da pannelli piombiferi, dai contenitori dei flaconi dei radiofarmaci, dalle schermature delle siringhe utilizzate per la somministrazione dei radiofarmaci ai pazienti, dagli schermi e dalle celle per la manipolazione dei radiofarmaci nella fase della preparazione ("camera calda") e dagli schermi dei contenitori dei rifiuti radioattivi.*
- *I rivestimenti del pavimento e delle pareti.*

Radioprotezione del personale in Medicina Nucleare

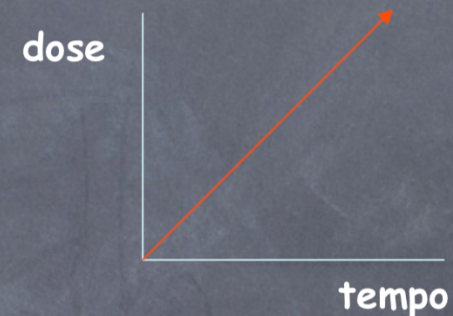
Accanto ai dispositivi schermanti gli "accorgimenti" pratici da seguire sono costituiti da:

- *allontanamento "fisico" dalle sorgenti*
 - *tele-manipolatori in camera calda*
 - *distanza operatore-paziente*
- *riduzione dei tempi di contatto con le sorgenti*
 - *turnazione del personale TSRM di camera calda*
 - *ottimizzazione dei tempi di posizionamento del paziente*

Radioprotezione del personale professionalmente radioesposto

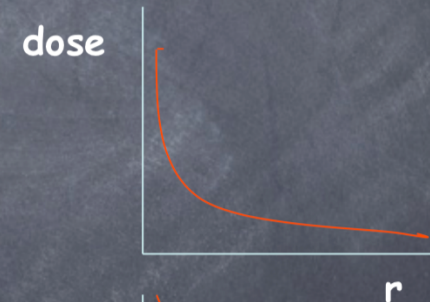
- **Tempo**

Dose = Intensità della sorgente x tempo



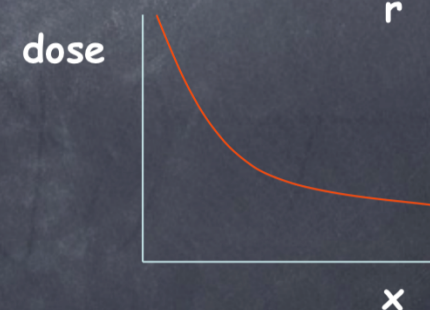
- **Distanza**

La Dose diminuisce col quadrato della distanza dalla sorgente



- **Schermature e dispositivi di protezione individuali**

La Dose diminuisce della metà ad ogni strato emivalente



Dosimetria personale

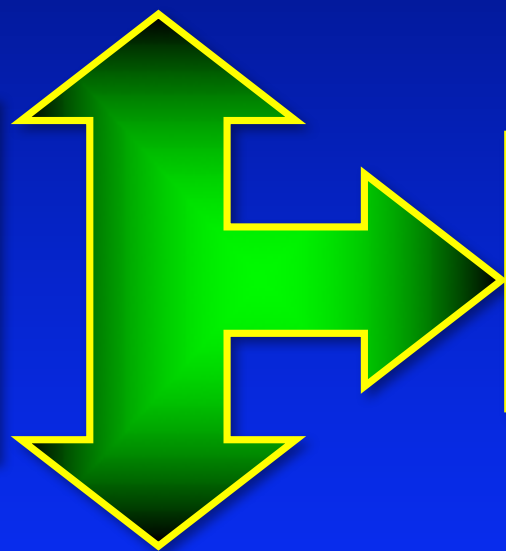
- *Dosimetro Total Body (al corpo intero) in corrispondenza del torace e sopra il camice piombato, se indossato.*
- *Dosimetro a bracciale al polso (se assegnato dall'EQ).*
- *Dosimetro ad anello alle dita (se assegnato dall'EQ).*



Radioprotezione

ESPOSIZIONE PROFESSIONALE
(durante e a causa del lavoro)

*Possibili
esposizioni
alle
radiazioni*



ESPOSIZIONE MEDICA
*(nell'ambito di pratiche
diagnostiche o terapeutiche)*

ESPOSIZIONE DEL PUBBLICO
*(radiazione ambientale, rilasci radioattivi,
situazioni accidentali)*

*Radioprotezione del
Paziente
(esposizione medica)*

Considerazioni generali

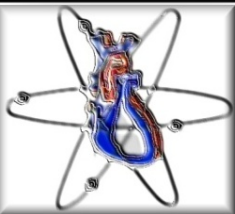
- *La normativa radioprotezionistica è nata e per lungo tempo si è sviluppata soprattutto al fine di tutelare la persona esposta alle radiazioni per ragioni di lavoro e professionali.*
- *Negli ultimi 3-4 decenni è andato tuttavia aumentando, fino a divenire prevalente, l'interesse per la radioprotezione della popolazione e di quel gruppo particolare della popolazione che è rappresentato dalle persone sottoposte a prestazioni mediche con radiazioni ionizzanti, diagnostiche o terapeutiche.*
- *Ciò è dovuto principalmente a due ragioni:*

Considerazioni generali

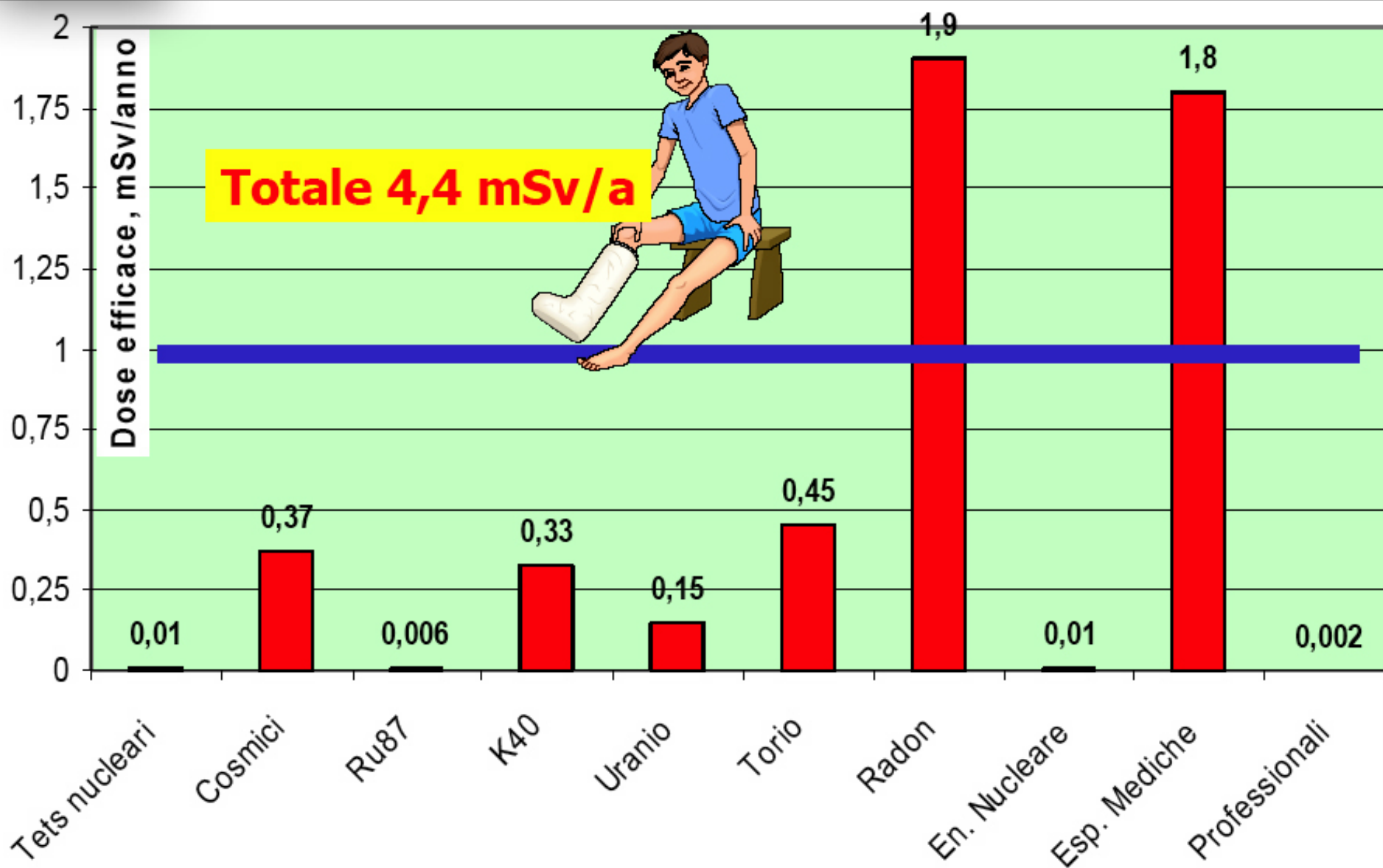
- A. La *diminuzione*, fino alla scomparsa, delle *lesioni deterministiche e cancerogenetiche*, che hanno portato a riconoscere la possibilità di danno da radiazioni in *categorie professionali* sia *mediche* (*radiologi, medici nucleari e radioterapisti*) che *non mediche* (*minatori, ecc.*). Il sistema di protezione che ne è derivato si è mostrato oltremodo efficace; soltanto a causa di *incidenti* vi sono, oggi, lesioni professionali sicuramente riconducibili a causa radiante.

Considerazioni generali

B. *La considerazione che, al di fuori della **radiazione naturale**, la maggior esposizione della popolazione nel suo complesso è di gran lunga dovuta all'**attività medica**. Si stima infatti che per ogni individuo essa contribuisca mediamente a **1.4-1.8 mSv annui** di dose efficace, contro **0.02 mSv** dovuto al **fallout radioattivo** e **0.01** per l'impiego dell'**energia nucleare**.*

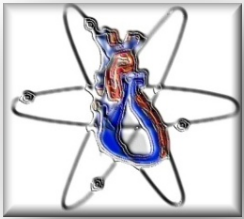


DOSI MEDIE-POPOLAZIONE ITALIANA



Le disposizioni di legge

- (a) Esposizione di pazienti nell'ambito della rispettiva diagnosi o trattamento medico;*
- (b) esposizione di persone nell'ambito della sorveglianza sanitaria professionale;*
- (c) esposizione di persone nell'ambito di programmi di screening sanitario;*
- (d) esposizione di persone sane o di pazienti che partecipano volontariamente a programmi di ricerca medica o biomedica, diagnostica o terapeutica;*
- (e) esposizione di persone nell'ambito di procedure medico-legali;*
- (f) esposizione di persone che coscientemente e volontariamente, al di fuori della loro occupazione, assistono e confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche.*



187/00

Gestione della radioprotezione

I principi generali sono:



1. *Giustificazione*
2. *Ottimizzazione*
3. *Livelli diagnostici di riferimento*

Giustificazione degli esami diagnostici: appropriatezza delle richieste

In Medicina Nucleare ed in Radiologia Diagnostica, definire l'appropriatezza di una richiesta e quindi giustificare la conseguente prestazione significa quindi:

- accertarne necessità ed efficacia in una determinata situazione clinica e organizzativa;*
- giustificare la prestazione dal punto di vista proteximetrico con particolare attenzione a:*
 - bambini;*
 - donne gravide.*

Ruoli e Responsabilità

Il D.L. 187/00, per le esposizioni mediche a scopo diagnostico, in particolare definisce:

- *chi può assumere il ruolo di prescrittore (art 2.1r);*
- *la necessità di una preventiva giustificazione della prestazione richiesta (art 3);*
- *"la responsabilità dello stesso nella prescrizione in uno con lo specialista Radiologo o Medico Nucleare" (art 5.1).*

Ruoli e Responsabilità

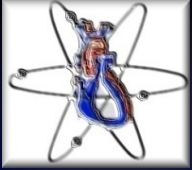
- *Se il Radiologo o il Medico Nucleare ritiene, in accordo con linee guida o dati di letteratura, di poter ricavare le medesime informazioni diagnostiche impiegando tecniche che non fanno uso di radiazioni ionizzanti, è tenuto PER LEGGE a non procedere alla esecuzione dell'indagine radiologica o medico nucleare, richiesta ed a suggerire o eseguire direttamente tale altra tecnica diagnostica (es. ecografia, RM, ecc...).*

Ottimizzazione degli esami diagnostici

- *Preparazione del paziente e accorgimenti per ridurre la dosimetria*
- *La scelta delle attrezzature*
- *La scelta dei radiofarmaci (in MN)*

Esposizioni per esigenze mediche

- *ICRP 60 (1991): "Poiché la maggior parte delle procedure che danno luogo ad esposizioni mediche sono chiaramente giustificate e poiché le procedure stesse vanno di solito a beneficio diretto dell'individuo esposto, l'attenzione dedicata alla ottimizzazione della protezione nell'esposizione medica è stata inferiore rispetto a quella della maggior parte delle altre applicazioni delle sorgenti di radiazione".*
- *Di conseguenza vi sono ampi margini per ulteriori riduzioni della dose nella radiologia diagnostica.*

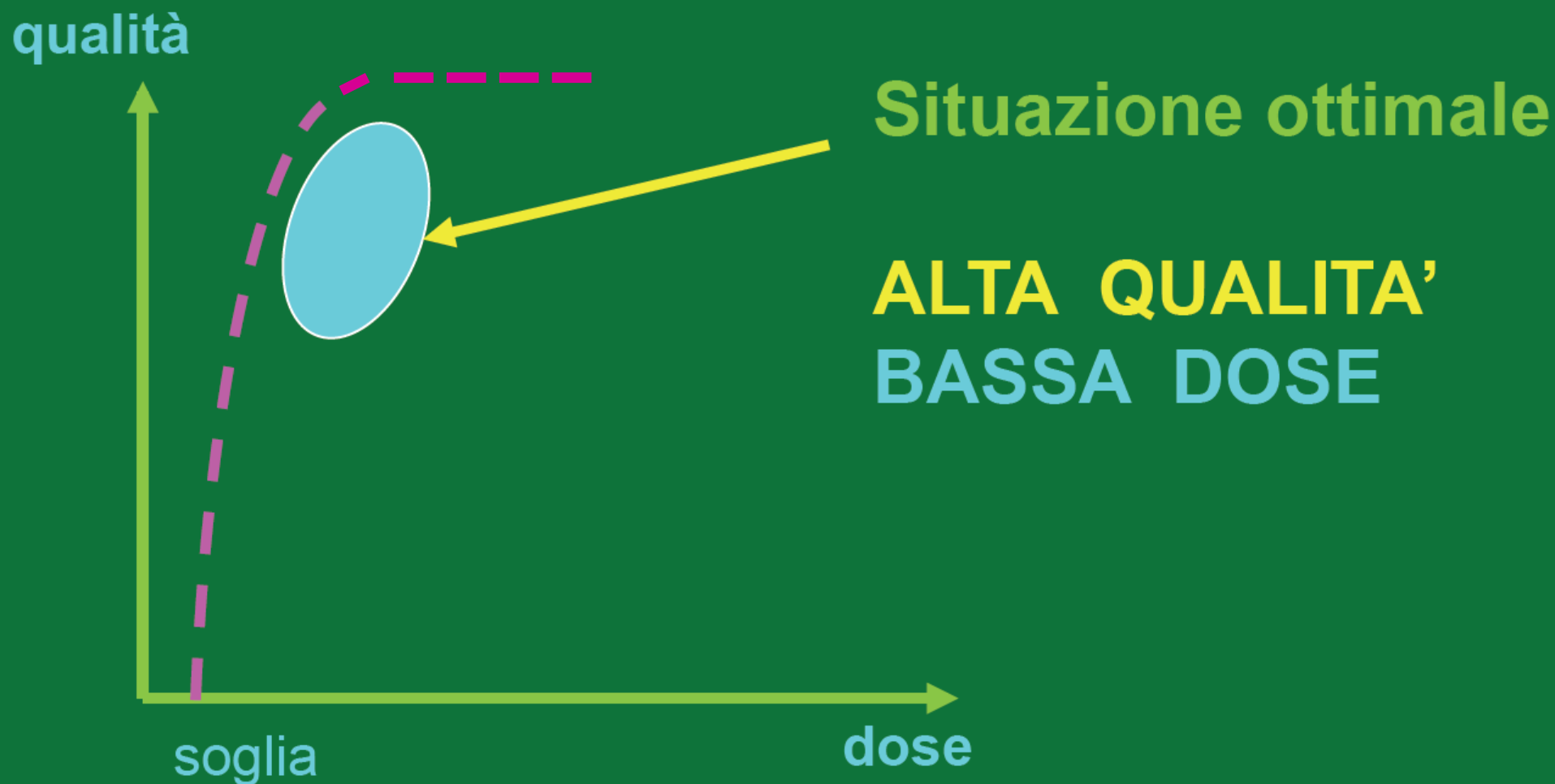


Ottimizzazione nella protezione del paziente (I)

- Ad eccezione della Radioterapia, lo scopo non è quello di somministrare **DOSE**, ma unicamente quello di impiegare le radiazioni ionizzanti per fornire una **informazione diagnostica**.
- Tuttavia la dose viene comunque erogata deliberatamente e **non** può essere **ridotta indefinitamente** senza pregiudicare il **risultato diagnostico finale**.

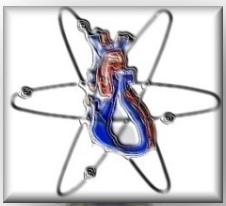
A.L.A.R.A.

Qualità dell'immagine e dose al paziente



Ottimizzazione nella protezione del paziente

- Deve "*permeare*" tutte le fasi dell'impiego delle radiazioni in Medicina:
 - *planimetria* del sito;
 - caratteristiche delle *apparecchiature*;
 - *procedura* d'indagine;
 - *applicazioni* giornaliere.



RADIODIAGNOSTICA



Foto dal catalogo di Europrotex)

Radiofarmaci per scintigrafia miocardica perfusionale: confronto dosimetrico

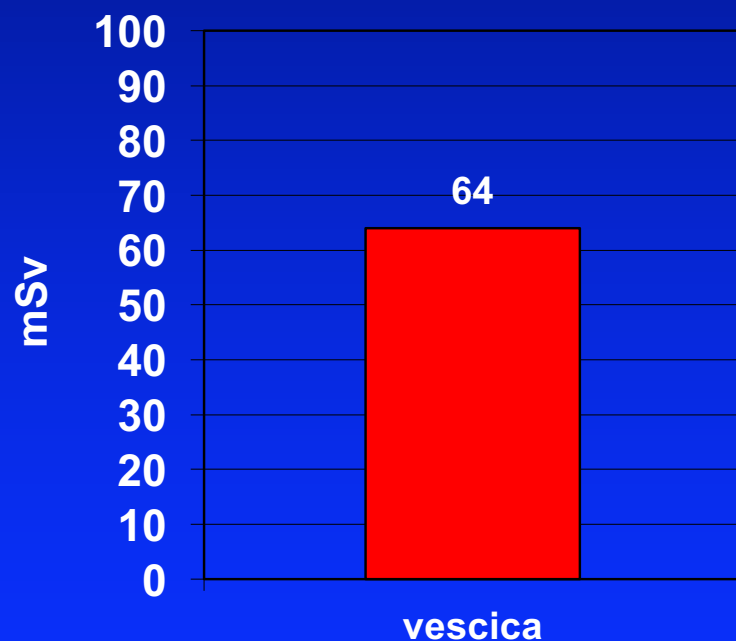
<i>Tracciante</i>	<i>Dose efficace</i>
<i>^{201}Tl-cloruro</i>	<i>28.4 mSv</i>
<i>$^{99\text{m}}\text{Tc}$-sestamibi</i>	<i>7.8 mSv</i>
<i>$^{99\text{m}}\text{Tc}$-tetrofosmin</i>	<i>7.2 mSv</i>

- Uno studio scintigrafico con **tallio (Tl)** eroga una dose di **28.4 mSv** al Paziente mentre uno studio **stress-rest** in doppia giornata, con due somministrazioni distinte di **tecneziato (Tc)** eroga una dose di **circa la metà**.*

Preparazione del paziente e accorgimenti per ridurre la dosimetria

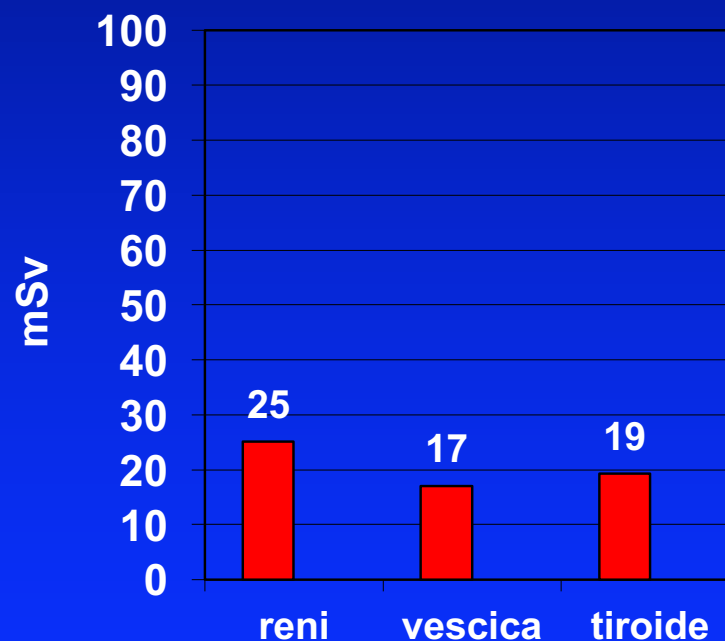
^{18}F -FDG

Dosi agli organi critici (mSv per 400 MBq somministrati ad adulto)



$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO

Dosi agli organi critici (mSv per 740 MBq somministrati ad adulto)



Per ridurre la dose: idratazione e frequenti minzioni.

I Livelli Diagnostici di Riferimento (LDR)

Livelli Diagnostici di Riferimento

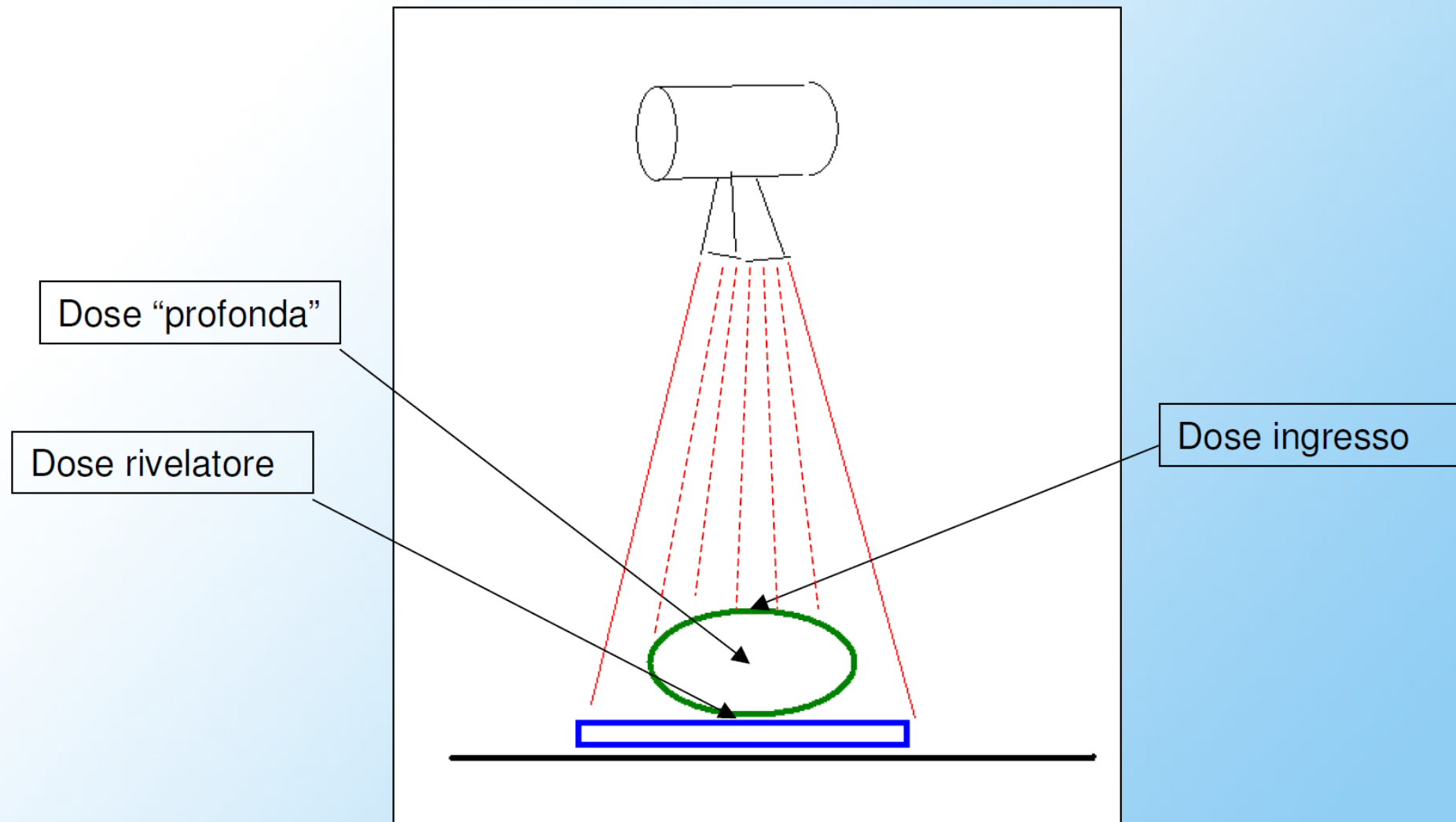
- I livelli diagnostici di riferimento (LDR) sono stati definiti nella Direttiva Europea 97/43 Euratom, successivamente recepita in Italia con il D.L. 187/00, in vigore dall'01/01/2001.*

DEFINIZIONE DI LDR:

*"Livelli di dose nelle pratiche radiodiagnostiche mediche o, nel caso della Medicina Nucleare diagnostica, livelli di attività, per esami tipici, per gruppi di pazienti di corporatura standard o fantocci standard, per tipi di attrezzatura ampiamente definiti. Tali livelli **NON DOVREBBERO** essere superati per procedimenti standard, in condizioni di applicazioni corrette e normali riguardo all'intervento diagnostico e tecnico".*

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 187

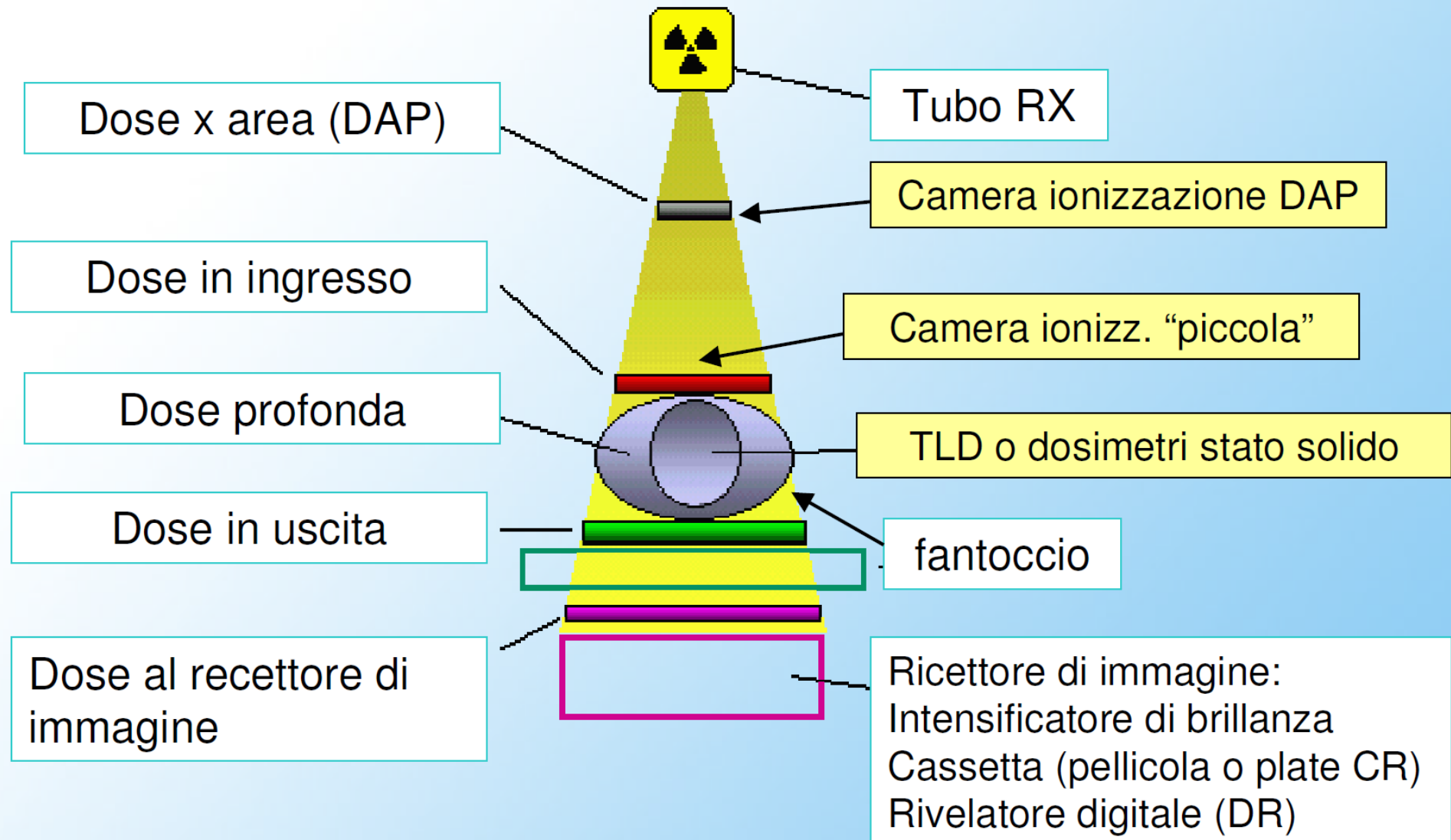
La Dose in Radiologia Tradizionale



Fattori che influenzano la dose in radiodiagnostica

- *Tensione* di alimentazione del tubo radiogeno (kV)
- *Corrente* di alimentazione del tubo radiogeno (mA)
- *Tempo* di esposizione (secondi o mS)
- *Distanza*
- *Filtri* (fissi + aggiuntivi)

Dose al paziente



Cosa prescrive la Legge?

RADIODIAGNOSTICA: LDR

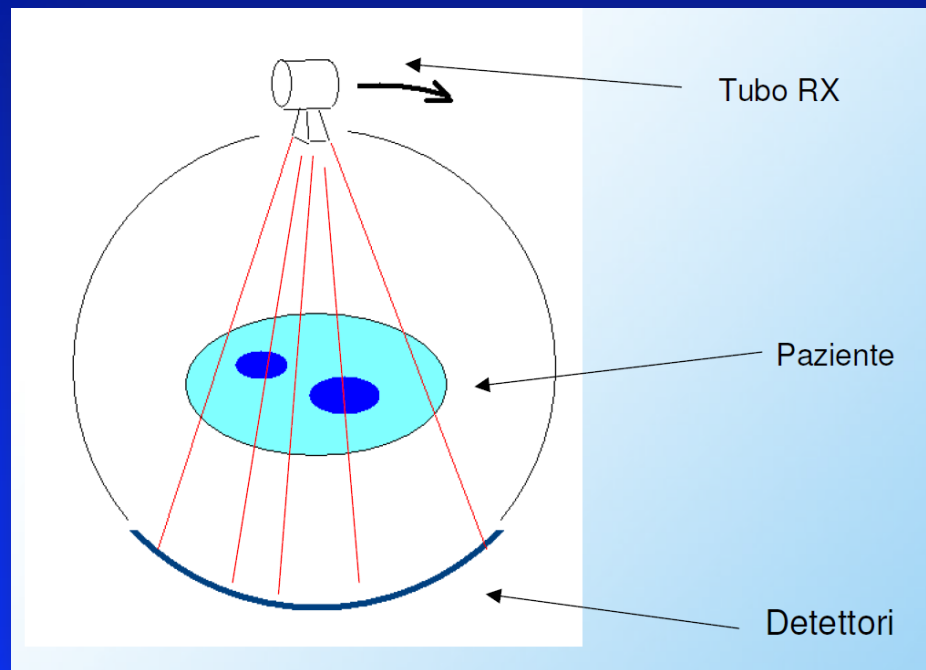
ESAMI:	* DOSE D'INGRESSO (mGy)
Addome	10
Urografia (per ripresa)	10
Cranio AP	5
PA	5
Lat	3
Torace PA	0.4
Lat	1.5
Rachide lombare AP	10
Lat	30
Rachide Lombo-Sacrale	40
Pelvi AP	10
Mammografia CC	10 mGy (dose di ingresso con griglia)

RADIOLOGIA PEDIATRICA

ESAMI:	DOSE D'INGRESSO (μ Gy)
Addome	1000 (5 anni) **
Torace PA/AP	100 (5 anni)
Lat	200 (5 anni)
AP	80 (neonati)
Cranio PA/AP	1500 (5 anni)
Lat	1000 (5 anni)
Pelvi AP	200 (neonati)
AP	900 (5 anni)

DL 187 - 26 maggio 2000

La dose in TC



- Per quanto riguarda la TC le geometrie ed i movimenti reciproci tra tubo radiogeno, detettori e paziente rendono maggiormente problematico e difficoltoso il calcolo della dose al paziente.
- Emergono i concetti di **CTDI** (**Computed Tomography Dose Index**) e **DLP** (**Dose Length Product**).

La dose in TC

Mathematical Definition of CTDI

$$CTDI = \frac{1}{nT} \int_{-7T}^{7T} D(z) dz$$

n = number detector macro rows per scan

T = row detection width

$D(z)$ = Z axis dose profile (absorbed in PMMA)

Mathematical Definition of CTDI₁₀₀ and CTDI_w

$$CTDI_{100} = \frac{1}{nT} \int_{-50mm}^{+50mm} D_a(z) dz$$

n = number detector macro rows per scan

T = row detection width

$D_a(z)$ = dose profile in Z axis (absorbed in air)

$$CTDI_w = (2/3) \times CTDI_{100 \text{ peripheral}} + (1/3) \times CTDI_{100 \text{ cent}}$$

Cosa prescrive la Legge?

TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA		
ESAMI:	°CTDI_w (mGy)	°°DLP (mGy cm)
Testa	60	1050
Torace	30	650
Addome	35	800
Pelvi	35	600

DL 187 - 26 maggio 2000

LDR in Medicina Nucleare

- *In **Medicina Nucleare** i LDR sono espressi in termini di **attività somministrata** (MBq) e sono definiti per le tipologie più diffuse degli **esami diagnostici**, per pazienti di **corporatura standard**.*
- *I LDR si basano sull'**attività di radiofarmaco** somministrato per un certo tipo d'esame, necessaria al fine di ottenere un'**immagine di buona qualità** nell'ambito di **procedure standard**.*
- *Nell'**Allegato II** del **D.L. 187/00** Tabella B vengono presentati i valori dei LDR per la diagnostica in vivo medico-nucleare.*

Tabella B - Diagnostica "in vivo" Medico Nucleare

<i>Esame</i>	<i>Radiofarmaco</i>	<i>LDR (MBq)</i>
<i>Captazione tiroidea</i>	^{123}I -ioduro	2
<i>Captazione tiroidea</i>	^{131}I -ioduro	0.37
<i>Scintigrafia tiroidea</i>	^{123}I -ioduro	20
<i>Scintigrafia tiroidea</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetato	150
<i>Scintigrafia delle paratiroidi</i>	^{201}Tl -cloruro	110
<i>Scintigrafia delle paratiroidi</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi	740
<i>Scintigrafia delle paratiroidi</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetato	110
<i>Scintigrafia surrenalica corticale</i>	^{75}Se -selenometilcolesterolo	12
<i>Scintigrafia surrenalica corticale</i>	^{131}I -norcolesterolo (NP59)	37
<i>Scintigrafia renale</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA	160
<i>Scintigrafia sequenziale renale</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA	200
<i>Scintigrafia sequenziale renale</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3	160
<i>Scintigrafia sequenziale renale</i>	^{123}I -hippuran	74
<i>Scintigrafia epatica</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -colloidi	110 (SPET = 200)
<i>Scintigrafia sequenziale epato-biliare</i>	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -IDA	185

Addendum alla Tabella B

- I LDR si riferiscono a persona **adulta**, con **massa corporea non inferiore a 60 kg**, presumibilmente **esente** da alterazioni rilevanti del **metabolismo** e/o **eliminazione** dei radiofarmaci.
- Si raccomanda, **qualora sia possibile** senza compromettere la qualità dell'informazione diagnostica, di **contenere** l'attività somministrata **al di sotto** dei **LDR**.
- I LDR indicati si riferiscono a prestazioni e radiofarmaci di frequente utilizzazione. Per prestazioni non riportate od altri radiofarmaci si raccomanda di seguire le indicazioni delle **Associazioni Scientifiche** di Medicina Nucleare (AIMN, EANM, SNMMI ed altre associazioni internazionali).
- In caso di **massa corporea minore di 60 kg** ed in particolare nei **bambini** si raccomanda di **ridurre** l'attività somministrata seguendo il metodo proposto dal **Paediatric Task Group** della Associazione Europea di Medicina Nucleare (**EANM**, 1990).

Schema EANM

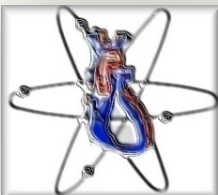
<i>Massa Corporea Kg</i>	<i>% Attività somm. adulto</i>	<i>Massa Corporea Kg</i>	<i>% Attività somm. adulto</i>	<i>Massa Corporea Kg</i>	<i>% Attività somm. adulto</i>
3	10	22	50	42	78
4	14	24	53	44	80
6	19	26	56	46	82
8	23	28	58	48	85
10	27	30	62	50	88
12	32	32	65	52-54	90
14	36	34	68	56-58	95
16	40	36	71	60-70	100
18	44	38	73		
20	48	40	76		

Addendum alla Tabella B - Allegato II - D.L. 187/00

Alcuni aspetti pratici a cui attenersi per "ottimizzare" la dose al paziente

- *Correlazione col **peso** del paziente (in particolare per il pz pediatrico).*
- *Soprattutto nel caso di **scintigrafie ossee e cerebrali**, correlazione con l'**età** del paziente.*
- *Attenzione al rispetto dei **tempi di attesa** post-somministrazione.*
- *Ottimizzazione dei **protocolli di acquisizione**.*

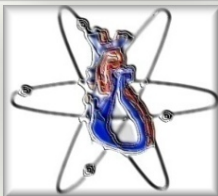
(Linee Guida dell'AIMN sulle procedure di MN)



DOSI e ESAMI RADIOLOGICI

(Padovani et al., Fisica in Med, 1: 59-70, 2003)

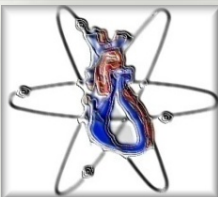
tipo di esame, 2000	Dose efficace, mSv/es.
Radiografia al torace	0,13
Cranio	0,05
Rachide lombo-sacrale	0,27
Mammografia	0,50
Addome	0,65
Pelvi	0,79
Rachide lombare	0,81
Tratto gastroint. Superiore	3,60
Urografia	4,00
Tratto gastroint. Inferiore	6,40



DOSI e ESAMI RADIOLOGICI

(Padovani et al., Fisica in Med, 1: 59-70, 2003)

tipo di esame, Anno 2000	Dose efficace, mSv/esame
Angiografia neurologica	4,09
Angiografia coronarica	8,60
Angiografia periferica	12,40
TC testa	2,14
TC Torace	9,49
TC Pelvi	10,01
TC addome	15,04
Radiol. Interventist. Cardiologica	14,10
Radiol. Interventist. periferica	21,60



DOSI e MEDICINA NUCLEARE

(Padovani et al., Fisica in Med, 1: 59-70, 2003)

tipo di esame, 2000	Isotopo	Dose eff, mSv
Scintisurrenalocorticale	^{131}I NP59	81,5
Sc.miocard.per fusione	Tecneziati	7,2
Captazione Tiroidea	^{131}I ioduri	26,6
Sc.tracc.immunologici	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	10,7
Tomosc.colebr. SPET	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD	9,6
Scint.ossea o articol.	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -dif.	4,7
St. scitn.di neoplasie	^{131}I -MIBG	5,1
St.scint.neoplasie	^{111}In -octr	8,0
Scintigr. renale	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DM	1,4
PET total-body per neoplasie	^{18}F -FDG	7,6



Gravidanza ed allattamento:

[art. 10 DL n.187/2000]

- 1. Il *prescrivente* e, al momento dell'indagine diagnostica o del trattamento, lo *specialista* devono effettuare un'accurata *anamnesi* allo scopo di sapere se la donna è in stato di *gravidanza* e si informano, nel caso di somministrazione di radiofarmaci, se *allatta* al seno.
- 2. Lo *specialista* considera la *dose* che deriverà all'utero a seguito della prestazione diagnostica o terapeutica nei casi in cui la gravidanza non può essere esclusa.



Gravidanza ed allattamento:

[art. 10 DL n.187/2000]

- *Se la dose è superiore a **1mSv** sulla base della valutazione dosimetrica pone particolare attenzione alla **giustificazione**, alla **necessità** o all'**urgenza**, considerando la possibilità di **procrastinare** l'indagine o il trattamento.*
- *Nel caso in cui l'indagine diagnostica o la terapia non possano essere procrastinate **informa** la donna o chi per essa dei **rischi** derivanti all'eventuale **nascituro**.*



Gravidanza ed allattamento:

[art. 10 DL n.187/2000]

- 3. Nei casi di somministrazione di **radiofarmaci** a donne che **allattano** al seno particolare attenzione è rivolta alla **giustificazione**, tenendo conto della necessità o dell'urgenza, e all'**ottimizzazione**, che deve essere tale sia per la madre che per il figlio; le prescrizioni dello specialista, in questi casi, possono comportare anche la **sospensione** temporanea o definitiva dell'allattamento.
- 4. Le raccomandazioni per le esposizioni di cui ai commi 2 e 3 sono quelle riportate nell'allegato VI.



Gravidanza ed allattamento:

[art. 10 DL n.187/2000]

- *5. Fermo restando quanto disposto ai commi 1, 2 e 3, l'**esercente** delle strutture dove si svolgono indagini o trattamenti con radiazioni ionizzanti deve assicurarsi che vengano **esposti avvisi** atti a segnalare il potenziale pericolo per l'**embrione**, il **feto** o per il **lattante**, nel caso di somministrazione di radiofarmaci; tali avvisi devono esplicitamente invitare la paziente a **comunicare** allo specialista lo stato di **gravidanza**, certa o presunta, o l'eventuale situazione di **allattamento**.*

Valutazione dose al feto

Richiesta di valutazione presunta dose al feto

Parte da compilare a cura del Medico Richiedente

Richiedente

Medico: _____ Servizio: _____ tel. _____
(indirizzo completo per l'invio del referto)

Paziente

Cognome e Nome: _____ Data di nascita: __/__/__

Altezza: _____ cm; Peso: _____ kg; spessore della paziente in A/P _____ e Lat. _____

Data ultima mestruazione: __/__/__

Esami con uso di radiazioni ionizzanti Esposizione già effettuata? ☐ si ☐ no

Data esame _____ Servizio _____

Tipo esame _____

Data _____ Firma _____

Parte a cura del Servizio esecutore dell'Indagine

compilare un modulo per ogni esame eseguito

Grafia	Esame	App. RX \ Diagnostica						
Numero Radiografie eseguite	Tipologia Radiografia: AP/ LL/ OH.	Formato Radiogramma	Distanza Fuoco Pellicola (cm)	kV	mAs	Esposizione diretta feto		
						Si	No	Dubbia

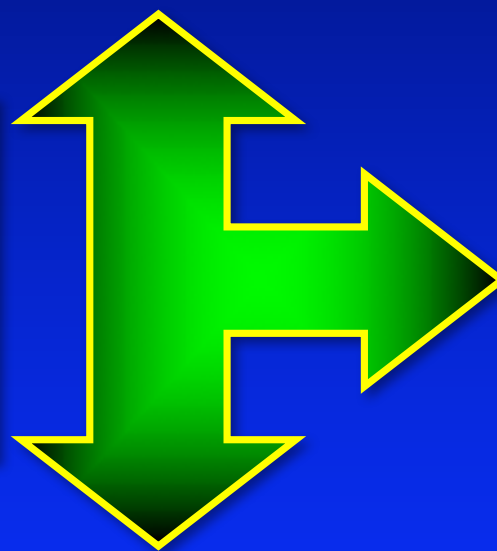
Scopia	Settore corporeo	App. RX \ Diagnostica					
Dimensioni Campo (ZOOM)	Distanza Fuoco I.B. (cm)	kV	mA	Tempo (min.)	Esposizione diretta feto		
					Si	No	Dubbia

Data _____ Modulo compilato da _____ Firma _____

Radioprotezione

ESPOSIZIONE PROFESSIONALE
(durante e a causa del lavoro)

*Possibili
esposizioni
alle
radiazioni*

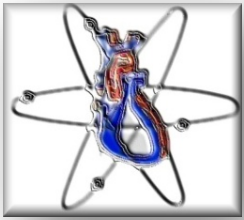


ESPOSIZIONE MEDICA
*(nell'ambito di pratiche
diagnostiche o terapeutiche)*

ESPOSIZIONE DEL PUBBLICO
*(radiazione ambientale, rilasci radioattivi,
situazioni accidentali)*

*La Radioprotezione
della popolazione
(esposizione del pubblico e
radioprotezione dell'ambiente)*

La "radioecologia"

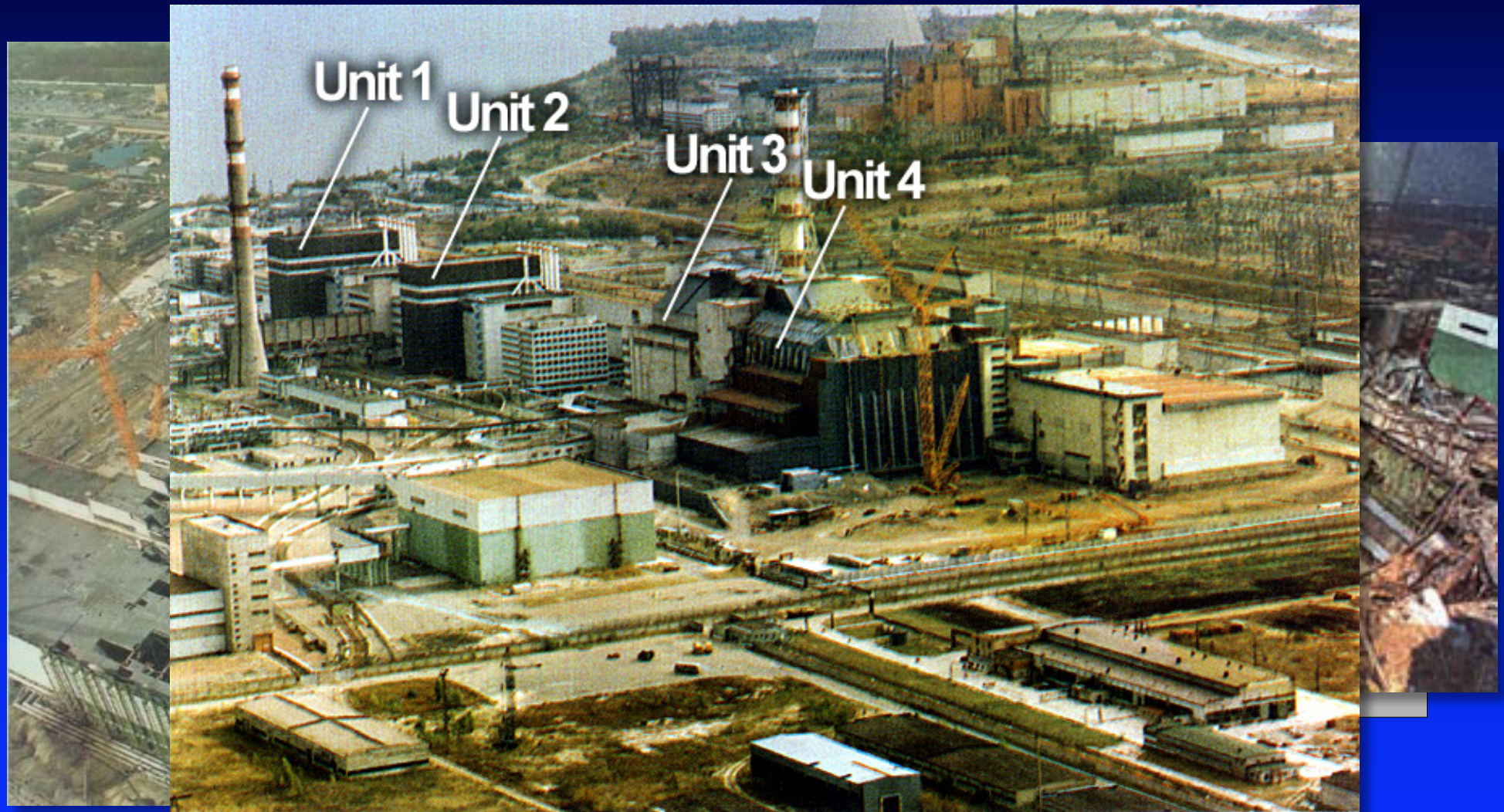


radioecologia

servono **modelli ambientali** per

- descrivere il trasporto di materiale radioattivo (diluizione e diffusione)
- Le discipline coinvolte sono
 - Meteorologia
 - Idrologia
 - Radioecologia
- Modelli a compartimenti per rappresentare le matrici ambientali (piante, animali, suolo, ecc.)

L'esperienza di Chernobyl



L'esperienza di Chernobyl

- *L'incidente:*

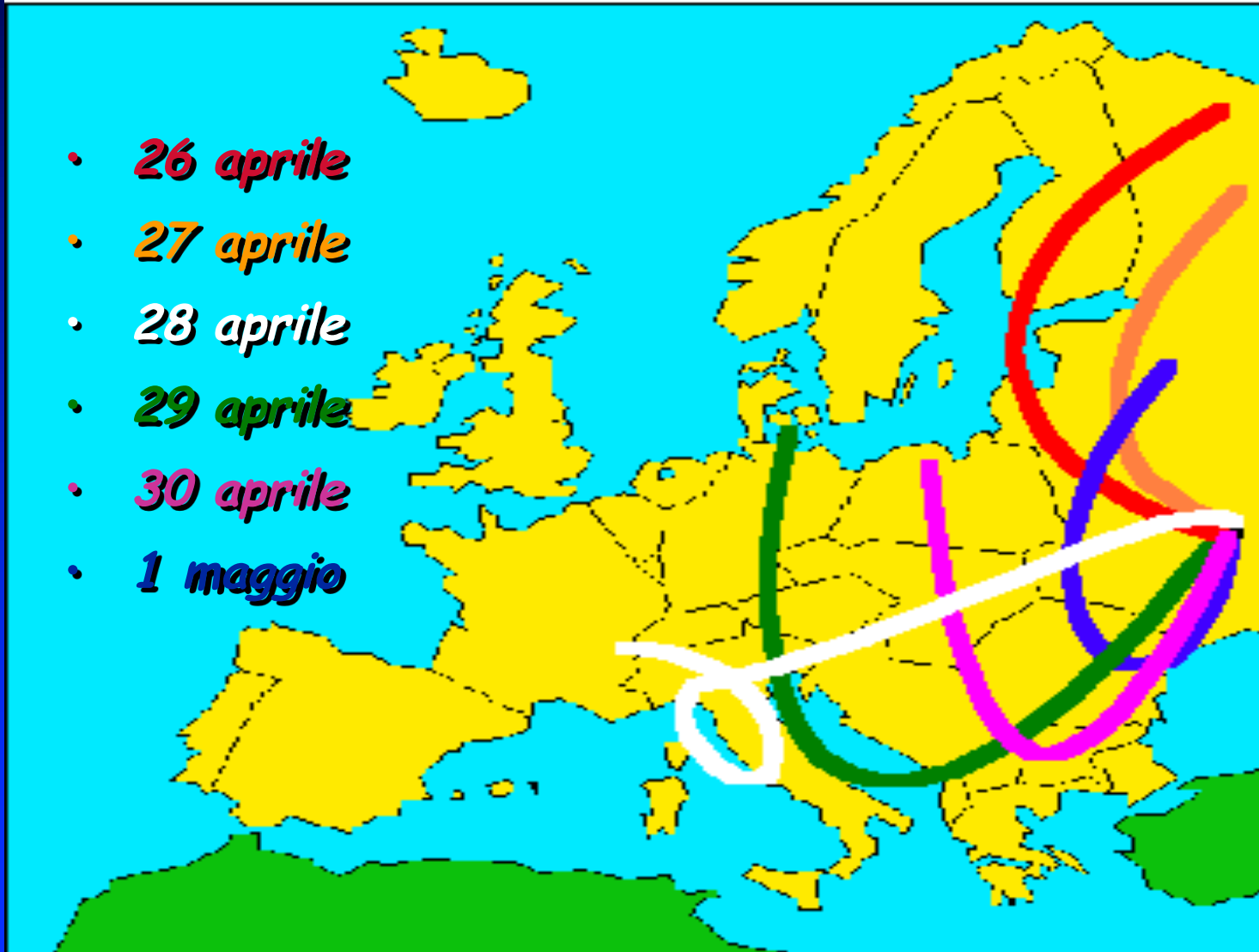
- *aumento di potenza del reattore non controllato;*
- *interruzione del sistema di raffreddamento;*
- *formazione di vapore di idrogeno ed aumento della temperatura;*
- *esplosione ed incendio.*

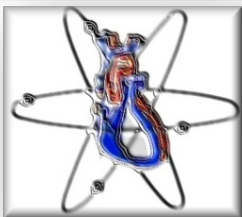
L'esperienza di Chernobyl

- *I rilasci radioattivi:*
 - *Le traiettorie delle emissioni sono state condizionate principalmente dalle condizioni meteorologiche.*
 - *Le precipitazioni atmosferiche hanno determinato valori al suolo dipendenti dalla intensità della pioggia.*

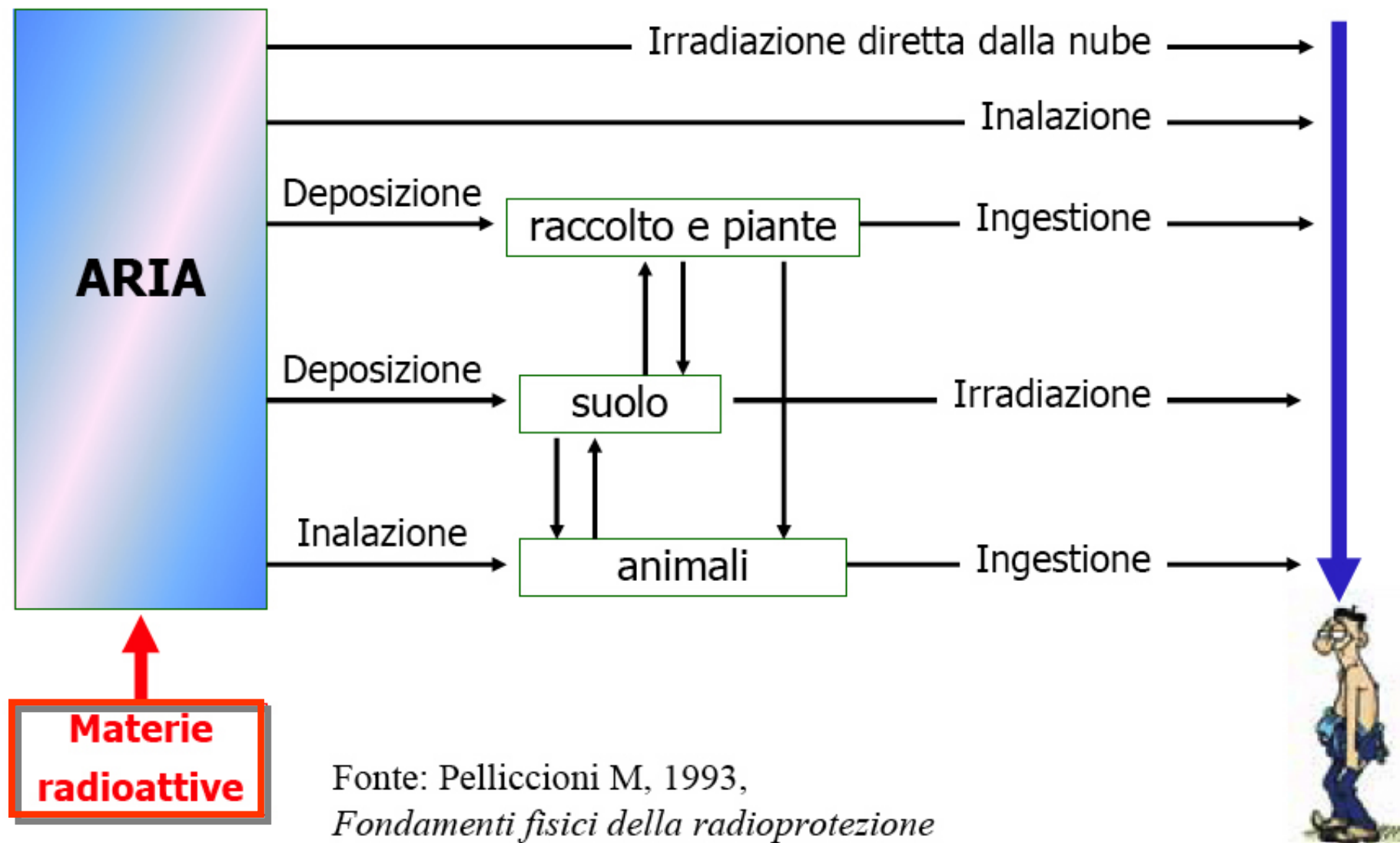
L'esperienza di Chernobyl

- *26 aprile*
- *27 aprile*
- *28 aprile*
- *29 aprile*
- *30 aprile*
- *1 maggio*

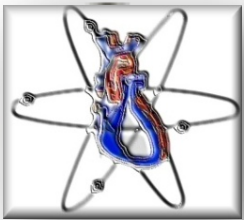




radioecologia **rilascio gassoso**



Fonte: Pelliccioni M, 1993,
Fondamenti fisici della radioprotezione

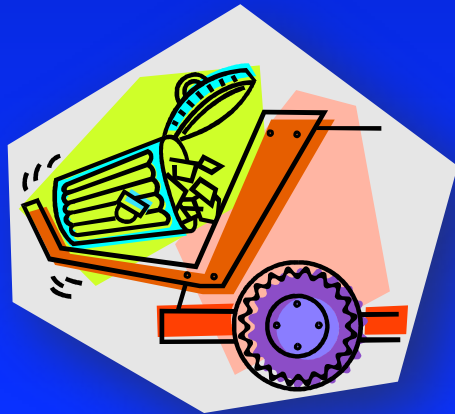


radioecologia

- **Rilascio in corpi idrici**, per l'uomo l'esposizione deriva da:
 - Irradiazione diretta dall'acqua
 - Ingestione di acqua contaminata
 - Inalazione di materiale risospeso dal corpo idrico
 - Irradiazione esterna da radioattività depositata al suolo, ecc.
 - Ingestione attraverso le catene alimentari

Quadro normativo e campo di applicazione per l'eliminazione di rifiuti solidi o liquidi

- *D.Lgs. 230/95 e s.m.i.*
- *D.Lgs. 241/00*
- *Gestione dei rifiuti derivanti da pratiche sanitarie con impiego di sostanze radioattive in forma sigillata o non sigillata a scopo diagnostico e terapeutico.*



Ricordate?

- (a) Esposizione di **pazienti** nell'ambito della rispettiva **diagnosi o trattamento medico**;
- (b) esposizione di persone nell'ambito della **sorveglianza sanitaria professionale**;
- (c) esposizione di persone nell'ambito di programmi di **screening sanitario**;
- (d) esposizione di persone sane o di pazienti che partecipano **volontariamente** a **programmi di ricerca** medica o biomedica, diagnostica o terapeutica;
- (e) esposizione di persone nell'ambito di **procedure medico-legali**;
- (f) esposizione di persone che **coscientemente e volontariamente, al di fuori della loro occupazione, assistono e confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche**.

Norme sulla assistenza volontaria al soggetto sottoposto a procedure diagnostico/terapeutiche medico nucleari

- *Nell'Allegato I del D.L.187/00 sono riportate le procedure di **giustificazione** e relativi **vincoli di dose** ed **ottimizzazione** per coloro che assistono e confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche.*
- *Anche a questi soggetti, che **volontariamente** assistono il paziente, devono essere fornite **informazioni** sui **rischi** (di natura deterministica e stocastica) dell'esposizione a radiazioni ionizzanti.*
- *Devono, inoltre, essere attuate **istruzioni** e **norme di comportamento** atte ad evitare il superamento dei vincoli di dose indicati al n°3 (All.I - parte I) pari a **3 mSv** (se < 60 anni) ed a **10 mSv** (se > 60 anni).*

Ricordate?

- (a) Esposizione di **pazienti** nell'ambito della rispettiva **diagnosi o trattamento medico**;
- (b) esposizione di persone nell'ambito della **sorveglianza sanitaria professionale**;
- (c) esposizione di persone nell'ambito di programmi di **screening sanitario**;
- (d) esposizione di persone sane o di pazienti che partecipano volontariamente a programmi di ricerca medica o biomedica, diagnostica o terapeutica;
- (e) esposizione di persone nell'ambito di **procedure medico-legali**;
- (f) esposizione di **persone** che **coscientemente** e **volontariamente**, al di fuori della loro occupazione, **assistono** e confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche.



Giustificazione della ricerca

- *Si può ipotizzare un "beneficio diretto" per le persone esposte?*
- *In mancanza di beneficio diretto, vi è una "utilità sociale" dei risultati conseguibili?*

Bilancio beneficio/rischio positivo!!!



Programma della ricerca

Deve contenere:

- 1) scopo della ricerca;*
- 2) pertinenti dati della letteratura;*
- 3) criteri per la "giustificazione";*
- 4) criteri per la scelta dei volontari;*
- 5) dosi efficaci di radiazioni ai volontari;*

Programma della ricerca

Deve contenere:

- 6) *caratteristiche degli apparecchi;*
- 7) *verifiche di qualità: periodicità;*
- 8) *radiofarmaci: qualità e sicurezza;*
- 9) *criteri (statistici!) per:*
 - *dimensionamento campione;*
 - *valutazione dei risultati.*



Approvazione del programma

Il programma è valutato e approvato dal Comitato Etico (C.E.):

- della struttura ove opera lo Sperimentatore Coordinatore (in mancanza, dal C.E. regionale);*
- con composizione e funzionamento come definiti dalla Legge;*
- iscritto nel Registro Nazionale dei C.E. "accreditati" (<http://oss-sper-clin.agenziafarmaco.it>).*

Reclutamento dei volontari

- Le **esposizioni** per ricerca sono possibili solo a seguito di adeguata **informazione** del **soggetto volontario** ed ottenimento di **consenso scritto** espresso **liberamente** e **consapevolmente**.
- Devono inoltre essere seguiti adeguati **livelli di dose** sempre, comunque, inferiori agli **LDR**.

Nota: in mancanza scattano l'arresto da 2 a 6 mesi ed un'ammenda da 10.000 a 40.000 Euro!!!



Conclusioni

- Con il progressivo "affinamento" delle leggi sulla **Radioprotezione** sia in ambito lavorativo, che di popolazione in generale, l'**esposizione alle radiazioni** è diventata, di fatto, "virtuale" nella maggior parte dei casi e le misure di **controllo individuale** mostrano valori di incremento di dose annuale massimi sostanzialmente equivalenti a quelli del **fondo naturale** di radiazioni.

Conclusioni di

- Questo ha condotto recentemente le Società Americane di Fisica Sanitaria ad affermare:
 - "In un uomo che è esposto a basse dosi artificiali di radiazioni ionizzanti (< 50 mSv/anno o < 100 mSv/vita), sommate al fondo di radioattività naturale, gli effetti potenzialmente dannosi alla salute sono inesistenti o molto modesti per essere misurati".

Conclusioni

- Indubbiamente il maggior **rischio** di incidenza **potenziale** degli effetti da radiazioni ionizzanti riguarda i **danni stocastici (somatici e genetici)** sulla popolazione esposta e sul prodotto del concepimento.
- Questo non deve mai fare "abbassare la guardia" ai legislatori ed agli organi e sistemi deputati a far rispettare il criterio **A.L.A.R.A.**

Conclusioni

- Pertanto la *comunità scientifica internazionale* deve continuare a contribuire attivamente nel campo della *ricerca* degli *effetti* della radiazioni ionizzanti sulla materia vivente al fine di giungere ad una ulteriore *comprensione* e ad una progressiva *ottimizzazione* dei presidi fisici e comportamentali atti a consentire, in futuro, una ancora più efficiente ed accurata tutela dei *pazienti*, degli *operatori*, dei *cittadini* ed, in particolare, delle *donne* dal rischio di detrimento da radiazioni ionizzanti.



MANUALE OPERATIVO DI RADIOPROTEZIONE NELLE ATTIVITÀ A SCOPO MEDICO

Luglio 2003

L'AIRP, perseguendo l'obiettivo di promuovere lo sviluppo e la divulgazione delle conoscenze nel campo della protezione dalle radiazioni ionizzanti, ha voluto pubblicare questo documento.

Il presente manuale è stato concepito per fornire uno strumento di lavoro a coloro che si occupano di radioprotezione in campo sanitario. A più di due anni dall'entrata in vigore del D.Lgs. 241/2000 che ha modificato ed integrato il D.Lgs. 230/1995 si può infatti ritenere di aver maturato una significativa esperienza operativa sulle modalità pratiche di attuazione del nuovo corpo legislativo e tentare quindi di proporre delle procedure standardizzate per lo svolgimento dell'attività di radioprotezione.

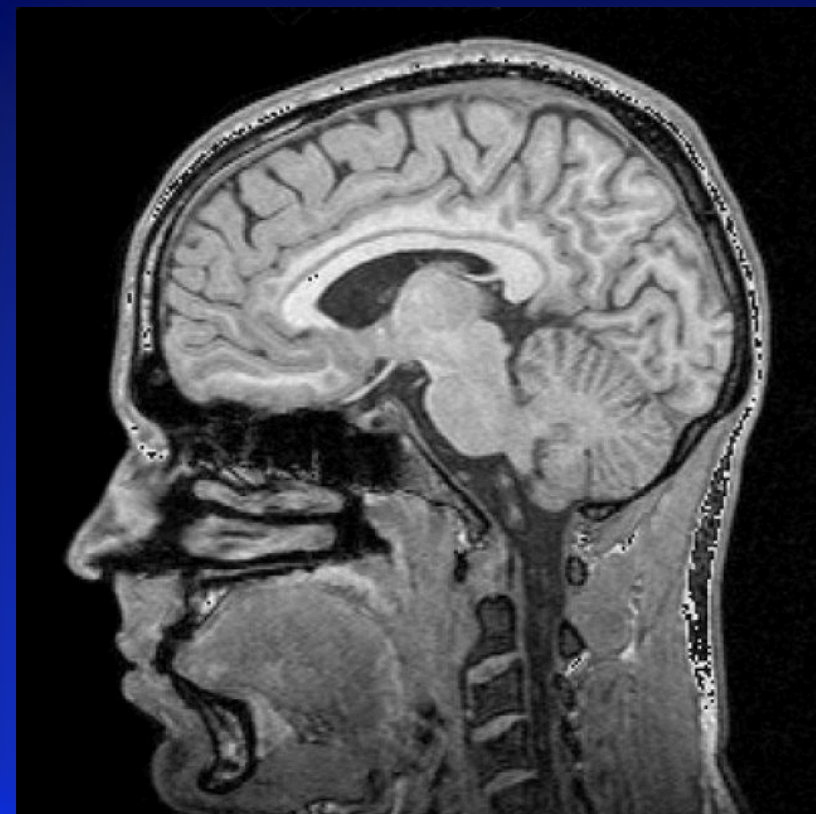
Il documento, di facile lettura per le figure professionali coinvolte negli obblighi di legge del suddetto decreto, costituisce un prezioso ausilio da conservare a scopo di consultazione e aggiornamento.

A tutti coloro che hanno collaborato alla sua stesura, revisione e pubblicazione va l'apprezzamento e la riconoscenza dei più attenti professionisti della comunità radioprotezionistica.

Il Presidente AIRP
Celso Osimani

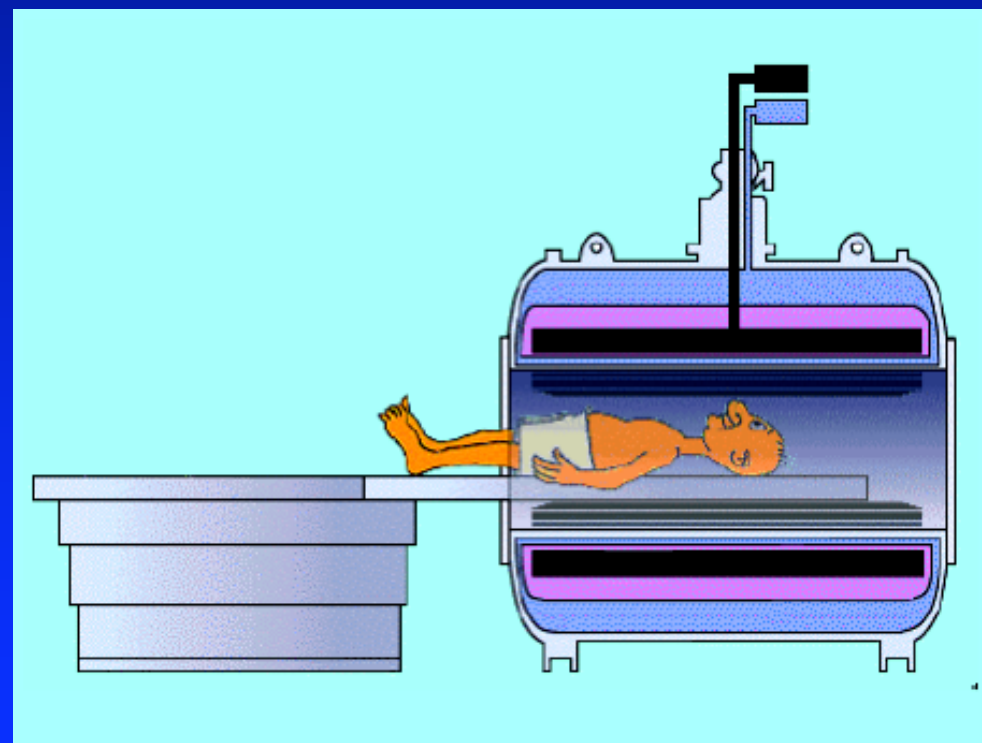
*Rischi e normative
relativi all'impiego della
Risonanza Magnetica*

La Risonanza Magnetica



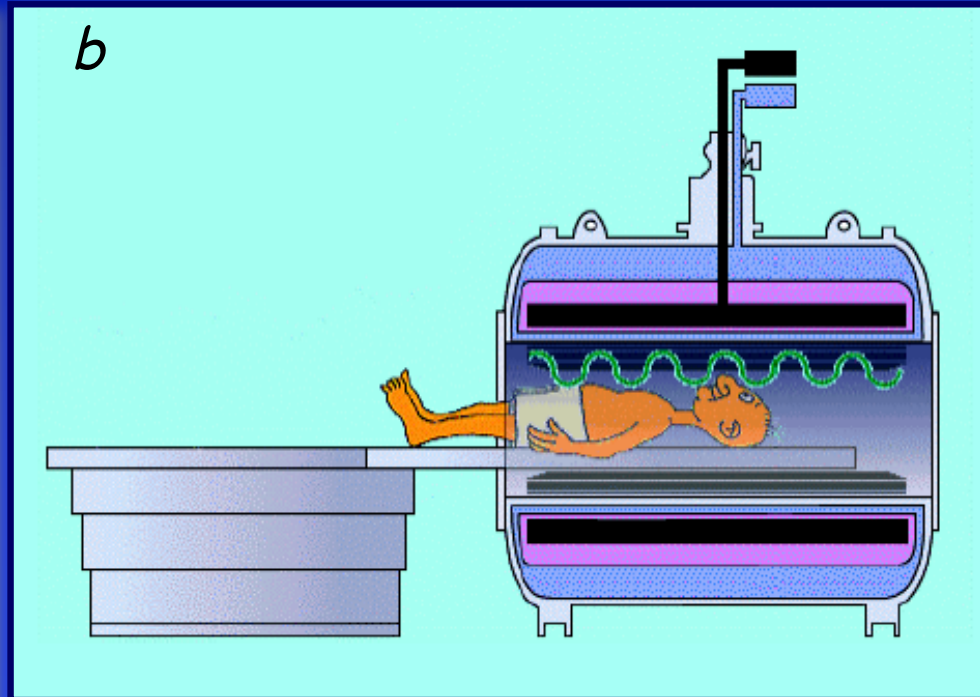
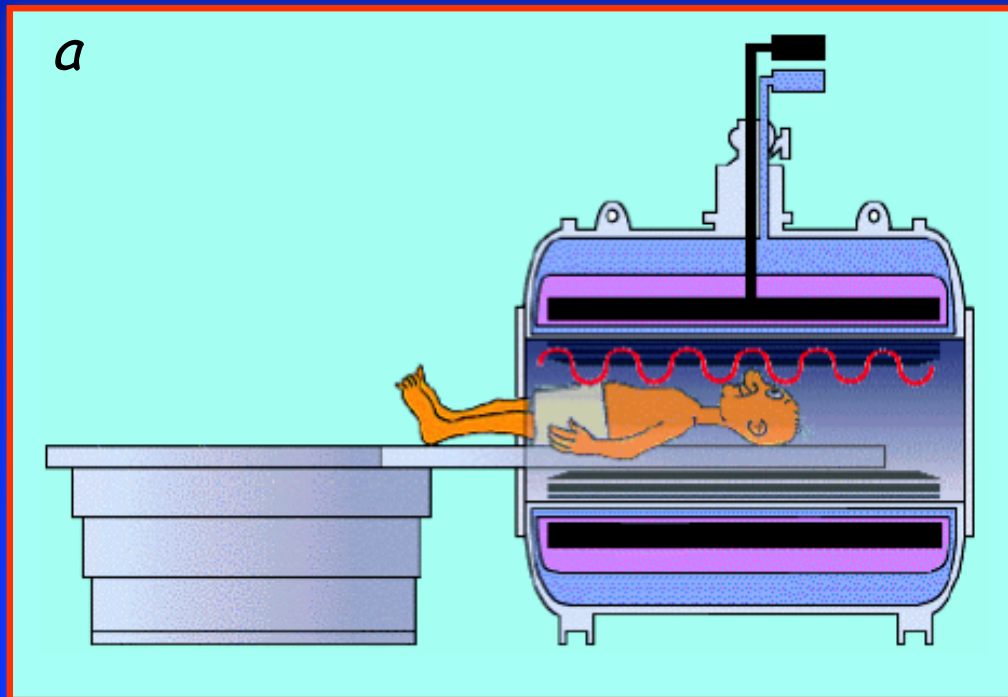
RM - esecuzione dell'esame

Il paziente viene posizionato all'interno del gantry in presenza di un campo magnetico statico di elevata intensità (l'unità di misura è il Tesla).



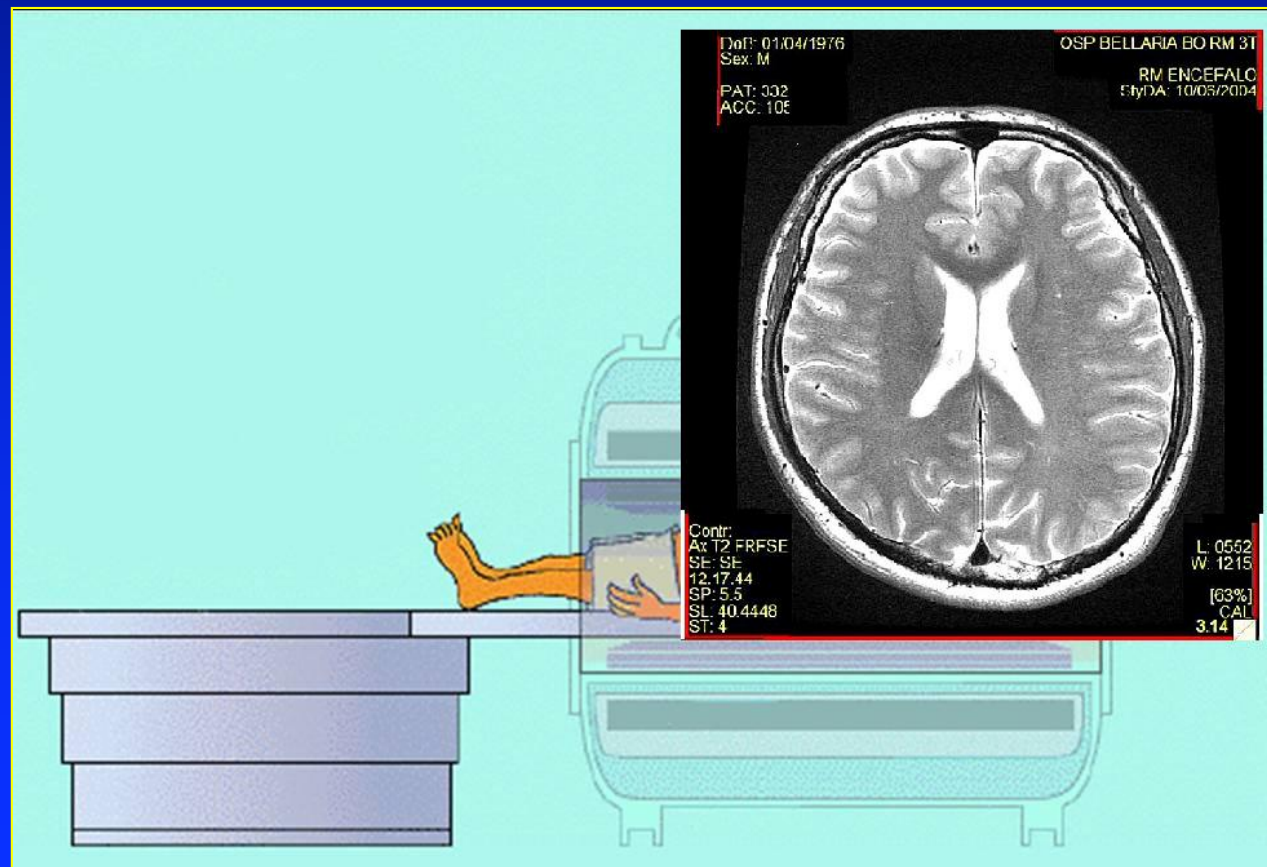
RM - esecuzione dell'esame

All'interno del campo magnetico il corpo viene investito da un'onda di radiofrequenza RF, la cui energia viene assorbita (a) e successivamente riemessa dal corpo, sotto forma di segnale elettrico (b), raccolto da una bobina e registrato.



RM - esecuzione dell'esame

Il computer successivamente elabora il segnale e costruisce l'immagine tomografica



Aspetti generali

- *La presenza, all'interno di una struttura sanitaria, di apparecchiature diagnostiche a Risonanza Magnetica determina l'esistenza di una serie di rischi legati alle caratteristiche strutturali e tecnologiche dell'impianto stesso.*

Aspetti generali

- *In particolare i rischi sono dovuti alla presenza di:*
 - *un campo magnetico statico di intensità elevata sempre attivo (tranne che nei magneti resistivi);*
 - *fluidi criogenici pressurizzati nel caso di magneti superconduttori;*
 - *un campo elettromagnetico a radiofrequenza, con frequenza dipendente dall'intensità del campo magnetico statico, attivato nel momento di esecuzione degli esami;*
 - *gradienti di campo magnetico necessari per la codifica spaziale del segnale RM, attivati durante le sequenze di acquisizione.*

Scenari di rischio

- *Gli scenari di rischio potenziale riguardano le seguenti categorie:*
 - *i **pazienti**, ovvero i fruitori della diagnosi RM;*
 - *le diverse tipologie di **lavoratori** che prestano servizio presso il sito RM, ovvero operatori sanitari, addetti alle pulizie, operatori della manutenzione, addetti al rabbocco dell'elio;*
 - *i **visitatori**, ovvero persone che, a vario titolo, possono trovarsi ad accedere al sito RM e all'interno delle zone di rischio come - ad esempio - eventuali accompagnatori dei pazienti, ma anche il personale della struttura sanitaria che si trovi ad accedere al sito RM per particolari motivi.*

Riferimenti normativi

- *Sebbene dal 1994 ad oggi sia profondamente **mutato** il **contesto operativo** nel quale la diagnostica RM si colloca all'interno delle strutture sanitarie, tali **riferimenti normativi** sono di fatto rimasti **immutati** e oggi non sono più così allineati con l'evoluzione tecnologica di settore.*

Riferimenti normativi

- *L'utilizzo di campi magnetici statici, campi elettromagnetici a radiofrequenza e gradienti di intensità sempre più elevati, a cui si associa la presenza di quantità progressivamente maggiori di elio liquido (magneti superconduttori a medio ed alto campo), rappresentano alcuni esempi dell'evoluzione tecnologica che ha connotato in questi anni il settore della RM portando ad una evoluzione dei fattori di rischio.*

Riferimenti normativi

Tabella 1

RIFERIMENTI NORMATIVI SPECIFICI IN RM

Decreti	Articoli e allegati vigenti	Articoli abrogati
D.M. 29/11/1985	1, 2	3, 4, 5
D.M. 02/08/1991	Articolo 7, Allegati da 1 a 6	1, 2, 3, 4, 5 e 6
D.M. 03/08/1993	Articoli 2, 4, 5, Allegati A e B	1 e 3
D.P.R. 542/1994	Tutti gli articoli	-

Riferimenti normativi

- *La complessità della situazione è amplificata ulteriormente dalla dicotomia fra il **contesto normativo italiano** e quello **europeo**, essendo quest'ultimo basato esclusivamente sul recepimento delle **Direttive Comunitarie Applicabili** e sull'adozione delle **Norme di Buona Tecnica Internazionali** riconosciute, contrariamente a quanto accade in Italia.*

Riferimenti normativi

- *Nonostante sia necessario intraprendere un percorso di aggiornamento normativo, è importante evidenziare come l'Italia sia, nel contesto mondiale, un polo di avanguardia per quanto concerne la prevenzione degli incidenti e degli eventi anomali in RM, anche rispetto a Paesi molto sviluppati (in primis gli Stati Uniti) che solo adesso stanno intraprendendo un percorso per la creazione di un sistema di prevenzione e protezione formalmente codificato all'interno di un sistema che abbia valore di legge.*

Classificazione

Tabella 2

CLASSIFICAZIONE APPARECCHIATURE RM

Classificazione	Fonte legittimante	Campo magnetico statico	Utilizzo	Autorizzazione
Settoriali	Art.3 D.P.R. 542/1994	Inferiore a 0,5 T ⁽¹⁾	Clinico	Non necessaria
A corpo intero di Gruppo A	Art.5 D.P.R. 542/1994	Inferiore o uguale a 2 T	Clinico	Regione o Provincia autonoma
A corpo intero di Gruppo B	Art.6 D.P.R. 542/1994	Superiore a 2 T	Ricerca	Ministero della Salute

Zona ad Accesso Controllato

- *Viene definita come l'area del sito RM che contiene la **Zona Controllata** e tutti i locali o le zone dedicate in via esclusiva all'attività di **diagnostica per immagini** con RM.*
- *A quest'area, perimetralmente confinata da **barriere fisiche fisse**, si accede attraverso un **unico accesso controllato** dedicato al personale autorizzato e dal quale è possibile consentire il passaggio di pazienti o di persone occasionalmente esposte.*

Zona Controllata

- *Viene definita come Zona Controllata l'area all'interno del sito di RM ove sussiste il **vero rischio fisico** correlato alla presenza di campi magnetici significativi (pari ad almeno **0.5 mT**).*
- *Attualmente, con l'utilizzo di **tecniche di controcampo** (magneti fino a 2 T), le aree con campo disperso di induzione magnetica pari o superiore a 0,5 mT, sono comprese all'**interno della sala magnete** o al massimo circoscritte all'interno del locale tecnico limitrofo.*

Aspetti di sicurezza per impianti RM

Campo magnetico statico

Gradienti di campo

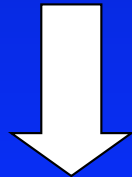
Radiofrequenze



effetti non rilevanti

E' necessario tenere lontani:

- *dispositivi elettronici e protesici non compatibili*
- *componenti magnetiche*



Pazienti con: pacemakers o oggetti metallici impiantati n.c.
***NON** devono essere sottoposti a RM*



Dispositivi totalmente non ferromagnetici, che non comportano rischi rispetto ad una loro introduzione in sala RM.



Dispositivi chiaramente ferromagnetici, che non possono essere in alcun modo introdotti in sala RM.



Dispositivi che, se utilizzati nel rispetto di specifiche condizioni ben individuate, non presentano controindicazioni ad una possibile introduzione in sala magnete.

Regolamento di sicurezza

- *Per la **gestione in sicurezza** dei pazienti, dei lavoratori e di tutte le altre categorie autorizzate ad accedere alle aree ad accesso controllato, il **Presidio** deve **identificare, valutare e ridurre** i rischi connessi all'utilizzo del tomografo, mettendo in atto tutti i possibili accorgimenti necessari a limitarli.*
- *Il **Regolamento di Sicurezza** rappresenta, in tal senso, il **documento di riferimento** per la gestione delle attività che si svolgono all'interno del sito RM, alla luce degli specifici rischi in esso presenti.*

Regolamento di sicurezza

- *Tale documento deve essere **redatto e firmato** dai **responsabili della sicurezza**, ciascuno per quanto di propria competenza.*
- *Al suo interno devono essere previste specifiche **norme** di sicurezza e **procedure** comportamentali per tutte le **diverse tipologie** di pazienti e personale che possono accedere sia abitualmente che saltuariamente nel sito RM.*



Indicazioni operative dell'Inail per la gestione della sicurezza e della qualità in Risonanza Magnetica

Pubblicazione realizzata da

INAIL

Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Sergio Iavicoli¹

AUTORI

Francesco Campanella¹, Maria Antonietta D'Avanzo¹, Massimo Mattozzi¹, Laura Moretti¹

IN COLLABORAZIONE CON

Domenico D'Ambrogio¹, Massimiliano Di Luigi¹, Ari Fiorelli¹

COLLABORAZIONE EDITORIALE

Emanuela Giuli¹, Marco Fomaroli¹

¹ INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale

PER INFORMAZIONI

INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale

Via Fontana Candida, 1 - 00040 Monte Porzio Catone (RM)

dmil@inail.it

www.inail.it

© 2015 INAIL

La pubblicazione viene distribuita gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

ISBN 978-88-7484-451-7

Tipolitografia INAIL - Milano, agosto 2015