

# La radioprotezione del paziente, della popolazione e del lavoratore: nuove incombenze o procedure da sempre opportune?

26 novembre 2022 - Udine

## Sorveglianza fisica della popolazione e dei lavoratori

Ing. Frosini Matteo  
Esperto di Radioprotezione di II grado

*Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri  
della provincia di Udine*



**E.C.M.**  
Educazione Continua in Medicina



# SOMMARIO

CENNI DI FISICA DELLA RADIOPROTEZIONE

MODALITA' DI CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE A RISCHIO E  
DEI LAVORATORI

NORME DI SICUREZZA IN RADIOPROTEZIONE

CORRETTO UTILIZZO DEI DPI ANTI-X E DEI DOSIMETRI  
PERSONALI

# SOMMARIO

## CENNI DI FISICA DELLA RADIOPROTEZIONE

MODALITA' DI CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE A RISCHIO E  
DEI LAVORATORI

NORME DI SICUREZZA IN RADIOPROTEZIONE

CORRETTO UTILIZZO DEI DPI ANTI-X E DEI DOSIMETRI  
PERSONALI

## COSA SI INTENDE CON RADIOPROTEZIONE?

«La radioprotezione è la disciplina applicata alla protezione dell'uomo e dell'ambiente dagli effetti dannosi delle radiazioni (ionizzanti). La determinazione dei criteri e delle procedure da applicare a questo scopo è oggetto di studio da parte di numerosi organismi nazionali ed internazionali, fra i quali il più autorevole è la *International Commission for Radiological Protection* (ICRP), una commissione scientifica autonoma fondata nel 1928 della quale fanno parte alcuni dei massimi esperti internazionali del settore.» (Fonte: MITE)

## QUALE E' IL CAMPO DI APPLICAZIONE?

Tutte le attività (pratiche) umane che comportino un aumento considerevole del rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti, dovuto all'utilizzo di sorgenti di radiazioni ionizzanti (macchine radiogene o sorgenti radioattive). Le esposizioni pianificate sono mediche, industriali e di ricerca.

La radioprotezione trova applicazione anche in condizioni di esposizione di emergenza (a seguito di emergenze radiologiche) e in condizioni di esposizione esistente (e.g. radioattività naturale, esposizione a seguito della chiusura di emergenze radiologiche).



# ESPOSIZIONI MEDICHE (PIANIFICATE)

## DIAGNOSTICA (endorale, OPT, CBCT, TAC, mammografia, medicina nucleare,...)

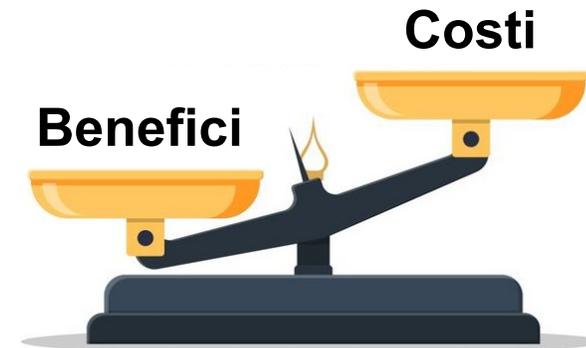


## TERAPIA (LINAC, sincrotrone, IORT, Gamma Knife, medicina nucleare,...)



## I PRINCIPI DELLA RADIOPROTEZIONE

- ❑ Principio di GIUSTIFICAZIONE
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- ❑ Principio di OTTIMIZZAZIONE (ALARA)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- ❑ Principio di LIMITAZIONE delle dosi



GAZZETTA  UFFICIALE  
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

**PUBBLICATO IL  
DECRETO LEGISLATIVO  
n. 101/2020**

relativo alla DIRETTIVA 2013/59/EURATOM

**GRANDEZZE USATE IN RADIOPROTEZIONE**



**Dose Assorbita D [Gy]**

**Grandezze  
Radioprotezionistiche**

**Dose equivalente  $H_T$  in  
organo o tessuto T [Sv]**

**Dose efficace E [Sv]**

**Dose impegnata  
 $H_T(t)$ ,  $E(t)$**

**Grandezze Operative**

**Equivalente di dose  
ambientale  $H^*(10)$  [Sv]  
Equivalente di dose  
personale  $H_p(d)$  [Sv]**

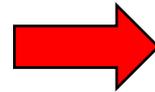
**Intake e coefficienti di  
dose**



**GRANDEZZE USATE IN RADIOPROTEZIONE**

**Dose Assorbita D [Gy]**

**Grandezze  
Radioprotezionistiche**



**NON MISURABILI**

**Dose equivalente  $H_T$  in  
organo o tessuto T [Sv]**

**Dose efficace E [Sv]**

**Dose impegnata  
 $H_T(t)$ ,  $E(t)$**

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R}$$

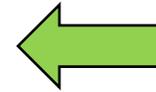
$$E = \sum_T H_T w_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

# GRANDEZZE USATE IN RADIOPROTEZIONE



**Dose Assorbita D [Gy]**

**MISURABILI**



**Grandezze Operative**

**Equivalente di dose  
ambientale  $H^*(10)$  [Sv]  
Equivalente di dose  
personale  $H_p(d)$  [Sv]**

**Intake e coefficienti di  
dose**



**Misure con dosimetri  
attivi e passivi  
opportunamente tarati  
rispetto alle grandezze  
radioprotezionistiche**



# UNITA' DI MISURA ALTERNATIVE ...



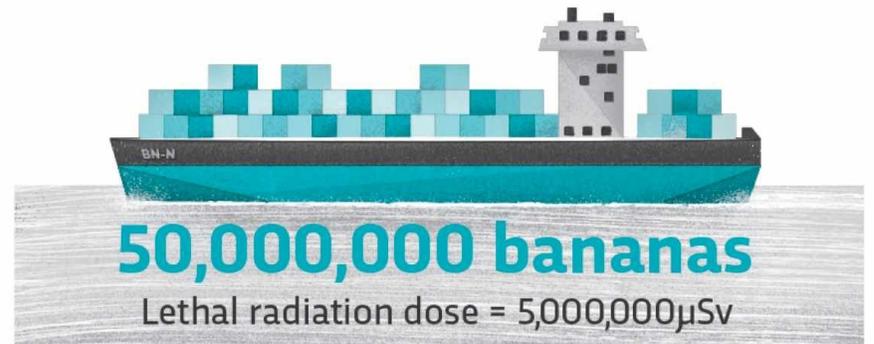
**27,000 bananas**

UK average annual radiation dose =  $2,700\mu\text{Sv}$

Dental x-ray =  $5\mu\text{Sv}$



**100 bananas**  
100g of Brazil nuts =  $10\mu\text{Sv}$



CT Scan

100,000 BANANAS  
 $10,000\mu\text{Sv}$



Smoking a pack of cigarettes a day for 1 year

240,000 BANANAS  
 $24,000\mu\text{Sv}$

Need another reason to quit?  
Smoking a pack a day exposes you to more radiation than everything above put together.



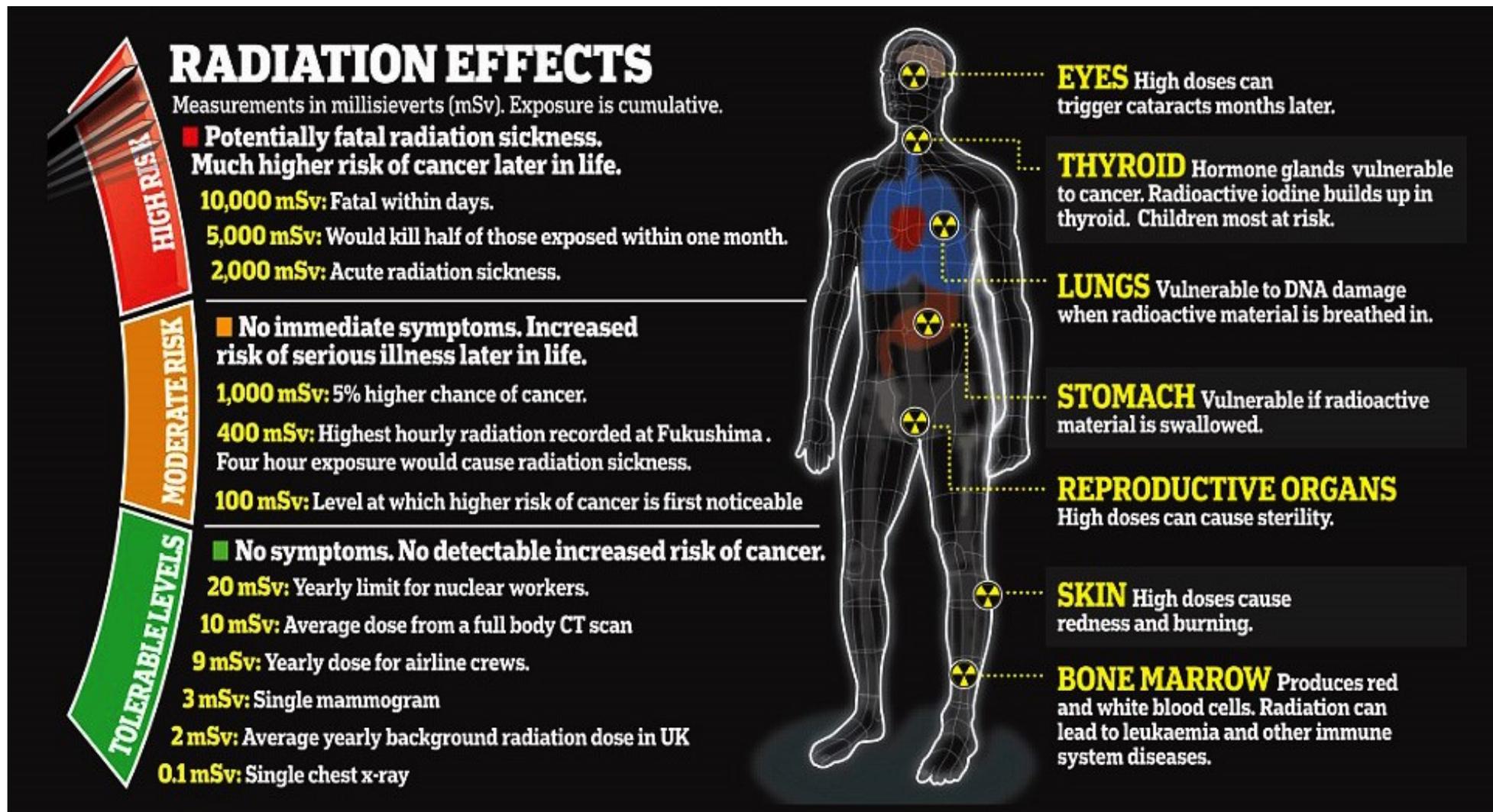
# EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI



- Danno **DIRETTO**: la radiazione interagisce direttamente con la catena del DNA danneggiandolo
- Danno **INDIRETTO**: la radiazione produce specie radicaliche che a loro volta danneggiano la catena del DNA

<b>Effetti SOMATICI</b> Interessano cellule e tessuti dell'individuo esposto, caratterizzati da un nesso causa-effetto con l'esposizione e da una dose soglia	Deterministici (immediati)	- Radiodermite - Infertilità - Cataratta - Sindrome acuta da irradiazione
	Stocastici (tardivi)	- Tumori solidi - Leucemie
<b>Effetti GENETICI</b> Interessano il corredo genetico e possono essere trasmessi alla progenie	Stocastici (tardivi)	- Aberrazioni cromosomiche - Mutazioni genetiche

# EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI



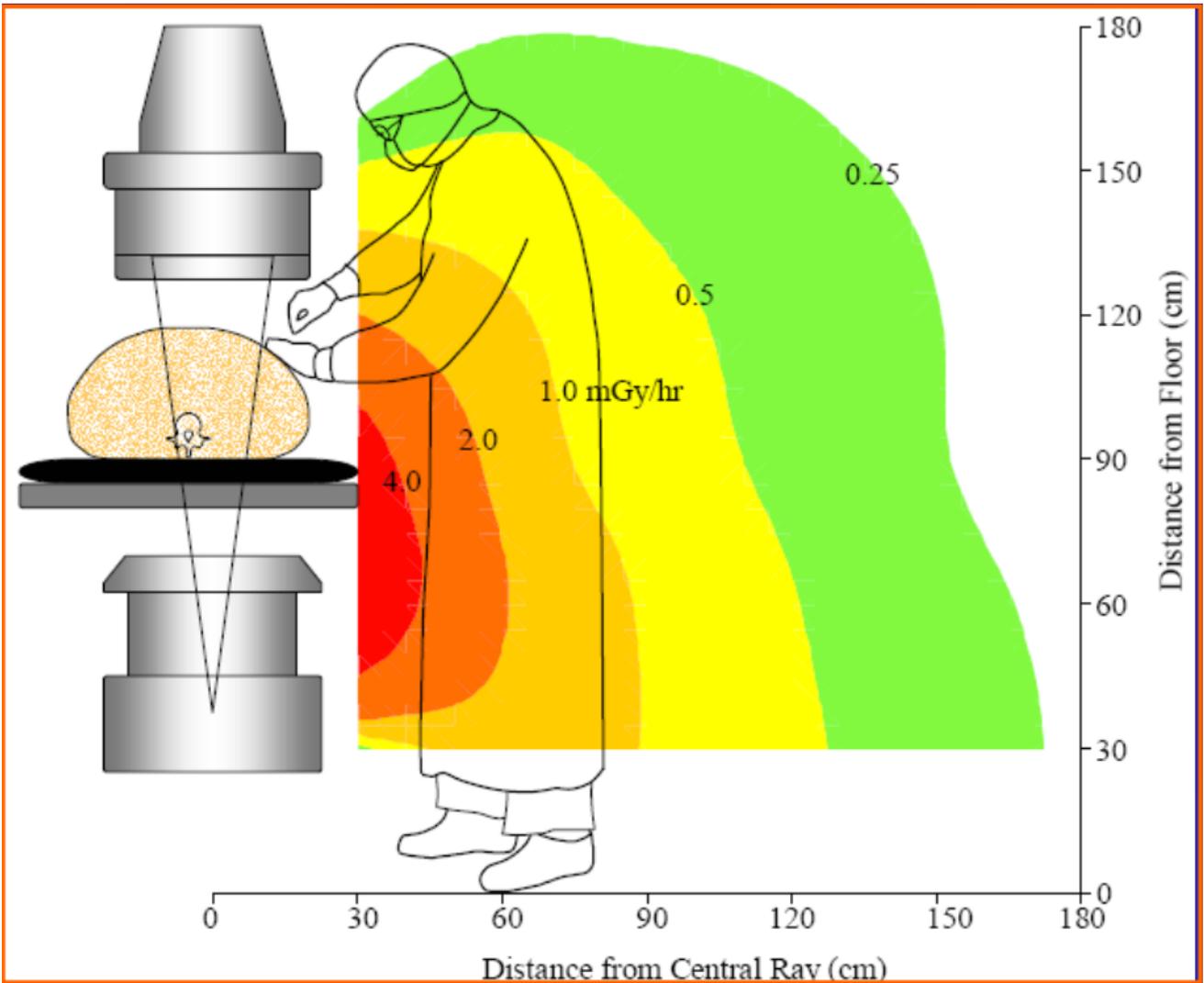
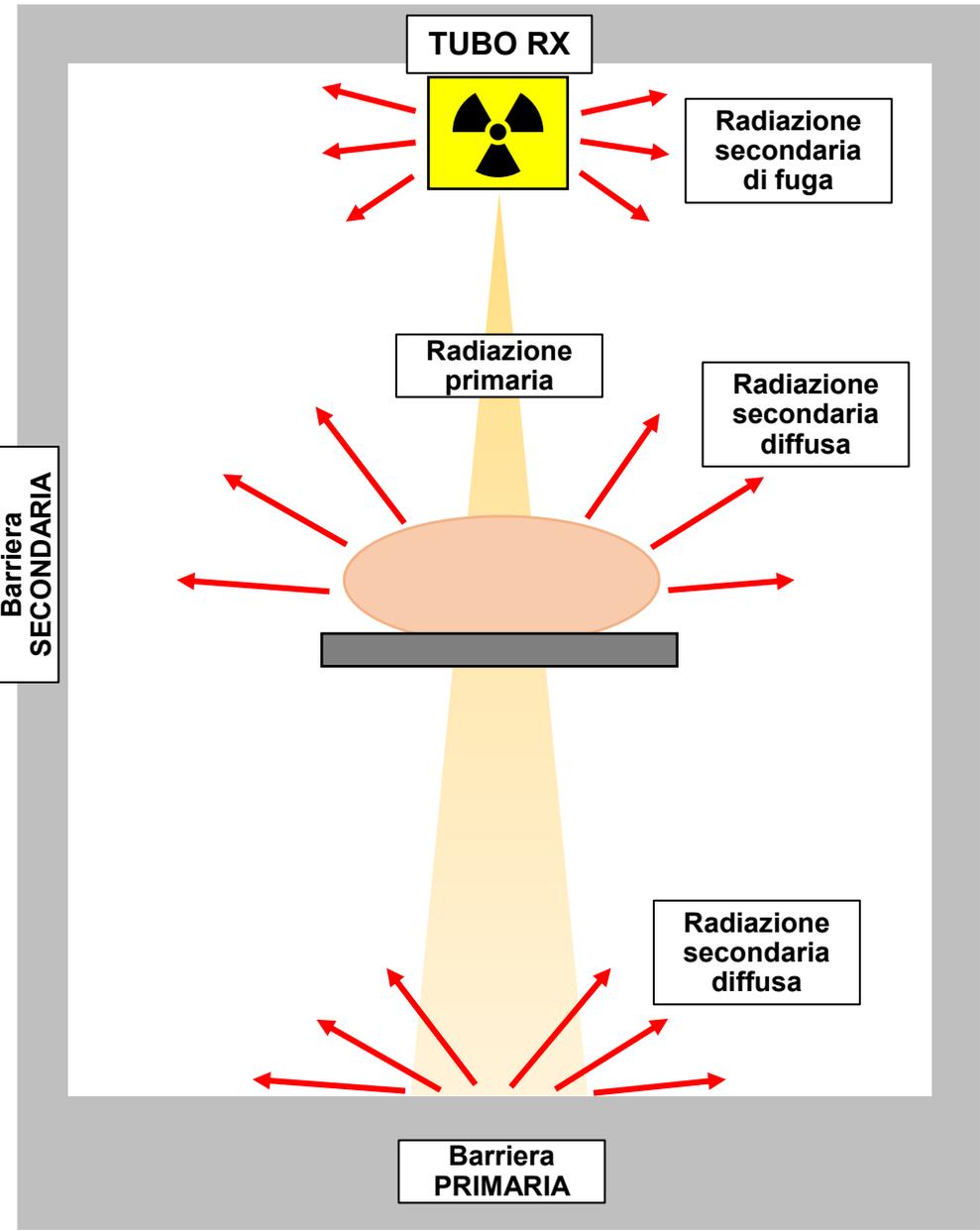
# SOMMARIO

CENNI DI FISICA DELLA RADIOPROTEZIONE

## **MODALITA' DI CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE A RISCHIO E DEI LAVORATORI**

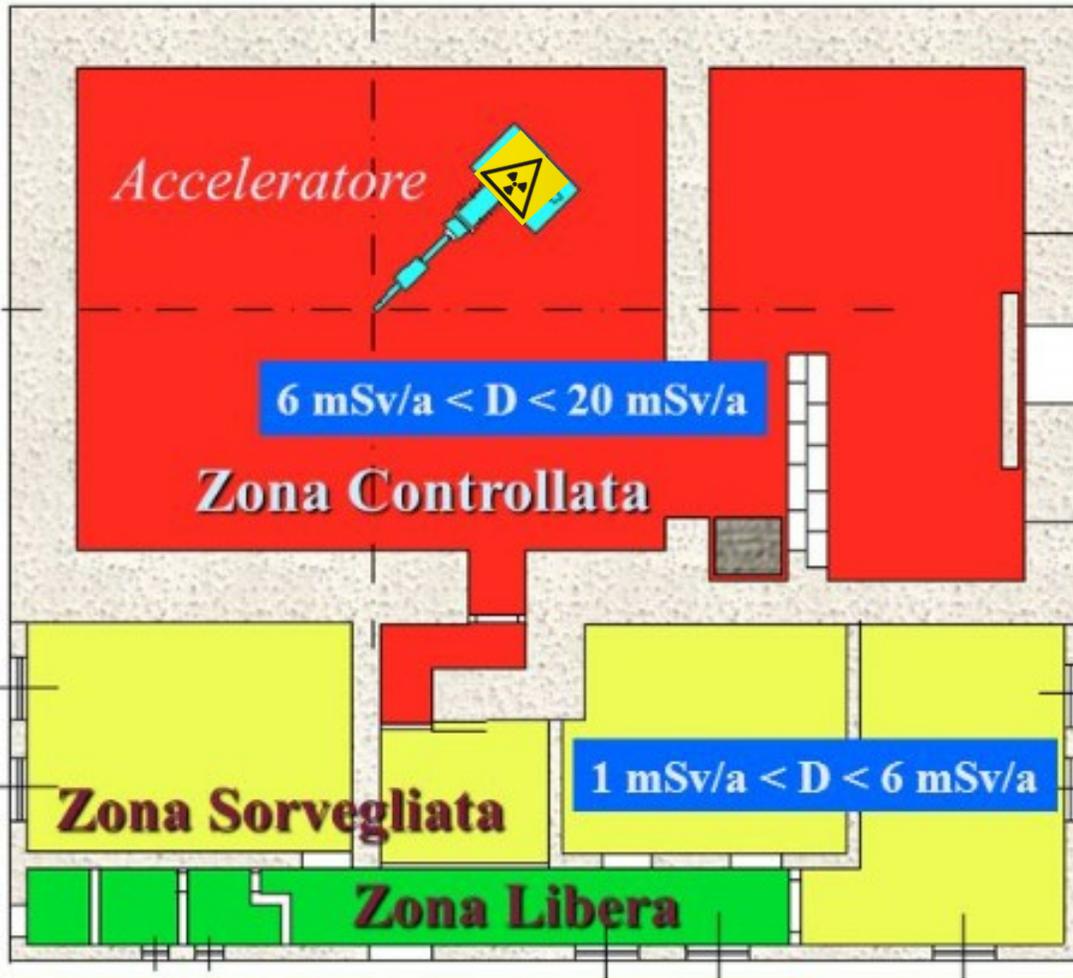
NORME DI SICUREZZA IN RADIOPROTEZIONE

CORRETTO UTILIZZO DEI DPI ANTI-X E DEI DOSIMETRI  
PERSONALI



# CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI DI LAVORO

## Art. 133 D.Lgs. 101/2020



Zona	Sussiste per i lavoratori in essa operanti il rischio di superare	Prescrizioni
Controllata	Uno qualsiasi dei valori definiti per i lavoratori di Categoria A	Zona segnalata, delimitata e con accesso controllato
Sorvegliata	Uno qualsiasi dei limiti fissati per la popolazione, ma non sia zona controllata	Zona segnalata e delimitata
Libera	Nessuno dei limiti definiti per la popolazione	Nessuna prescrizione

**N.B.** La presenza di zone classificate non implica necessariamente la classificazione del personale come esposto.

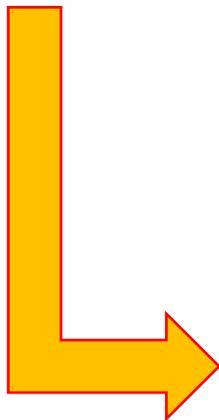
# CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI e LIMITI DI DOSE

## Art. 133 e 146 D.Lgs. 101/2020

### LIMITI DI DOSE

Esposizione	Lavoratori esposti	Lavoratori non esposti	Popolazione
Corpo intero	20 mSv/anno	1 mSv/anno	<b>1 mSv/anno</b>
Cristallino	20 mSv/anno	15 mSv/anno	15 mSv/anno
Pelle	500 mSv/anno	50 mSv/anno	50 mSv/anno
Estremità	500 mSv/anno	50 mSv/anno	-

### Classificazione lavoratori esposti



Esposizione	Categoria A	Categoria B
	Se suscettibili di superare	
Corpo intero	6 mSv/anno	1 mSv/anno
Cristallino	15 mSv/anno	15 mSv/anno
Pelle	150 mSv/anno	150 mSv/anno
Estremità	150 mSv/anno	50 mSv/anno
Sorveglianza sanitaria	Si (semestrale)	Si (annuale)



## FACCIAMO UN ESEMPIO...

In uno studio odontoiatrico si ha intenzione di installare un nuovo apparecchio endorale. Si deve pertanto procedere all'esame preventivo di radioprotezione per valutare l'idoneità degli ambienti di lavoro.

### Vincoli di progetto:

- $H^*(10)$  nei locali circostanti = **20  $\mu\text{Sv}/\text{settimana}$**
- Carico di lavoro apparecchio endorale = **1  $\text{mAmin}/\text{settimana}$**

Corrispondente a 1 mSv/anno

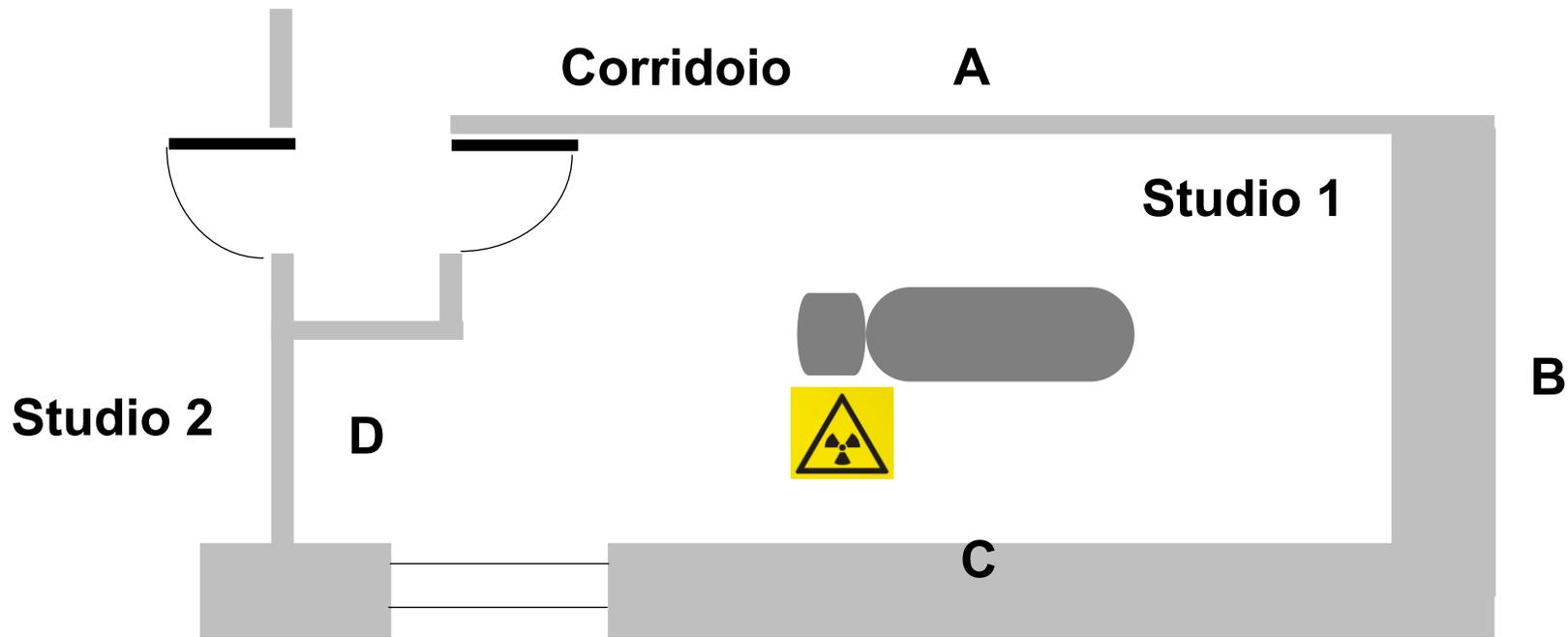


### Calcolo barriere:

- Tensione del tubo = 70 kV
- Frazione di scattering  $f = 0,001$
- Densità calcestruzzo =  $2,3 \text{ g/cm}^3$
- Distanza di scattering  $D = 20 \text{ cm}$
- Campo max di scattering  $100 \text{ cm}^2$

### Parametri per il calcolo:

- **$d$  = distanza dalla sorgente radiogena**
- **$T$  = fattore di occupazione locale**
- **$U$  = fattore di utilizzazione barriera**
- **$W_{\text{Max}}$  = carico di lavoro massimo ammissibile per la barriera**
- **$P \rightarrow$  barriera primaria**
- **$S \rightarrow$  barriera secondaria**



BARRIERA	Tipo	d metri	U	T	Situazione esistente		Provvedimenti	
					Spessore cm cemento eq.	$W_{Max}$ mAmin/sett	Spessore aggiuntivo cm cemento	mm Pb
Porta ingresso	p	1,5	1/4	1/32	0	2,7	--	--
A	p	1,5	1/4	1/32	1,5	> 10	--	--
B	s	2,5	1	1/64	> 10	> 10	--	--
C	p	2,0	1/4	1/64	0	9,7	--	--
D	p	2,5	1/4	1	1,5	5,0	--	--
Soffitto	s	3,0	1	1	> 10	> 10	--	--
Pavimento	p	3,0	1/4	1	> 10	> 10	--	--

# PRIMA VERIFICA DI RADIOPROTEZIONE



## Dose ambientale:

Punto di misura	H*(10) nSv	Dose efficace annua calcolata µSv
Punto di comando apparecchio	80	12
Studio 2 (fascio primario)	70	10
Corridoio (fascio primario)	< 10	< 1,5
Reception	< 10	< 1,5
Disimpegno (fascio primario)	< 10	< 1,5
Ingresso studio: fascio secondario	80	12
fascio primario	2.100	78*

Carico di lavoro dell'apparecchio:  
**10 mAmin/anno**

\*ipotesi cautelativa che il fascio sia diretto verso la porta per 1/4 delle esposizioni totali

## Dose da radiazione diffusa all'interno del locale:

Angolo di scattering gradi dall'asse del fascio	H*(10) µSv/mAmin a 1 m
90	3,5
45	4,6

## Dose da radiazione di fuga:

Cuffia del tubo radiogeno Limite CEI µGy/h	H*(10) Max µGy/h a 1 m
250	< 100

## CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE

La **ZONA CONTROLLATA** è definita, quando l'apparecchio è in funzione, nell'area distante 2 m dall'apparecchio stesso; per comodità la Zona Controllata viene estesa a tutto il locale dove viene impiegato l'apparecchio.

Le **ZONE SORVEGLIATE** coincidono con le zone controllate.



# CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

Nel punto in cui si posiziona il personale per comandare **tutti** gli apparecchi radiografici impiegati nello studio la dose efficace massima stimata da radiazione, per il carico di lavoro considerato, non supera i **100  $\mu\text{Sv}/\text{anno}$** . Questo valore tiene conto, oltre che delle condizioni normali di lavoro, anche di esposizioni particolari e anomale (i.e. medico vicino al paziente durante l'erogazione del fascio, malfunzionamento dell'apparecchio con prolungamento dell'esposizione).

La dose ricevuta dall'individuo di riferimento della popolazione risulta non distinguibile dal fondo ambientale.

Tutti i medici odontoiatri operanti all'interno dello studio vengono classificati **Lavoratori non esposti**.

Il personale amministrativo, gli assistenti alla poltrona e tutto il rimanente personale dello studio viene inserito nel **Gruppo di riferimento della popolazione**.

## VINCOLI di DOSE (Ottimizzazione)

Lavoratori non esposti:  
**0,3 mSv/anno**

Individui della popolazione:  
**0,1 mSv/anno**

# SOMMARIO

CENNI DI FISICA DELLA RADIOPROTEZIONE

MODALITA' DI CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE A RISCHIO E  
DEI LAVORATORI

## **NORME DI SICUREZZA IN RADIOPROTEZIONE**

CORRETTO UTILIZZO DEI DPI ANTI-X E DEI DOSIMETRI  
PERSONALI

# NORME GENERALI DI RADIOPROTEZIONE

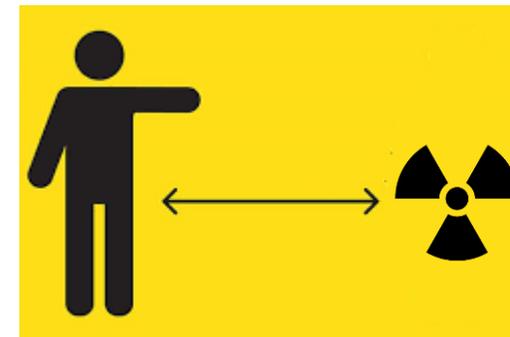
## TEMPO

La dose è direttamente proporzionale al tempo di esposizione, pertanto è necessario ridurre al minimo la durata ed il numero delle esposizioni.



## DISTANZA

L'intensità della radiazione diminuisce con il quadrato della distanza dalla sorgente, è quindi importante mantenersi alla massima distanza possibile dalla sorgente (e dal paziente) durante l'esecuzione delle indagini radiografiche.



## SCHERMO

La radiazione è assorbita da ogni tipo di materiale ed è pertanto importante porsi al riparo di una barriera quando possibile (i.e. pareti del locale, camice piombato anti-X)



# NORME SPECIFICHE DI RADIOPROTEZIONE STUDIO DENTISTICO

## Protezione dell'OPERATORE – l'operatore NON deve mai:

- Esporre il corpo o parti di esso al fascio primario
- Sorreggere il sensore con le mani durante l'erogazione del fascio
- Sostare nella Zona Controllata durante l'erogazione (a meno di casi eccezionali)

## Protezione del PUBBLICO – l'operatore prima dell'erogazione:

- Allontanare dalla sala eventuali accompagnatori
- Impedire l'accesso alla Zona Controllata di altri pazienti o accompagnatori

## Protezione del PERSONALE – l'operatore prima dell'erogazione:

- Deve allontanare tutto il personale presente nella sala
- Deve impedire la presenza di personale presso le porte di accesso alla sala
- Deve assicurarsi che il personale si trovi nella Zona libera protetto da pareti
- Avvertire a voce il personale dell'imminente erogazione



# NORME SPECIFICHE DI RADIOPROTEZIONE

## SEGNALETICA all'esterno delle Zone Classificate

Sulle porte di accesso a Zone Sorvegliate o Controllate deve essere esposta apposita cartellonistica recante il simbolo delle radiazioni ionizzanti e la dicitura «Zona Sorvegliata» o «Zona Controllata».

## INDICAZIONE delle Sorgenti

Gli apparecchi radiografici devono essere indicati mediante l'apposizione di un contrassegno autoadesivo recante il simbolo delle radiazioni ionizzanti.

## FORMAZIONE dei Lavoratori

Tutto il personale lavorativo deve essere edotto dei rischi derivanti dall'impiego delle radiazioni ionizzanti, delle modalità di esecuzione del lavoro e delle norme di protezione e sicurezza da seguire.



# SOMMARIO

CENNI DI FISICA DELLA RADIOPROTEZIONE

MODALITA' DI CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE A RISCHIO E  
DEI LAVORATORI

NORME DI SICUREZZA IN RADIOPROTEZIONE

**CORRETTO UTILIZZO DEI DPI ANTI-X E DEI DOSIMETRI  
PERSONALI**

# DISPOSITIVI DI PROTEZIONE ANTI-X

Ogni misura adottata per ridurre la dose al paziente permette di ridurre anche la dose agli operatori. Si distinguono dispositivi di protezione di tipo **collettivo** e **personale (DPI)**.

## Protezioni COLLETTIVE

- Schermi pensili
- Schermi per tavoli operatori
- Paratie fisse o mobili



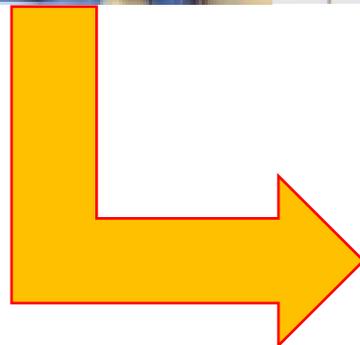
## Protezioni PERSONALI

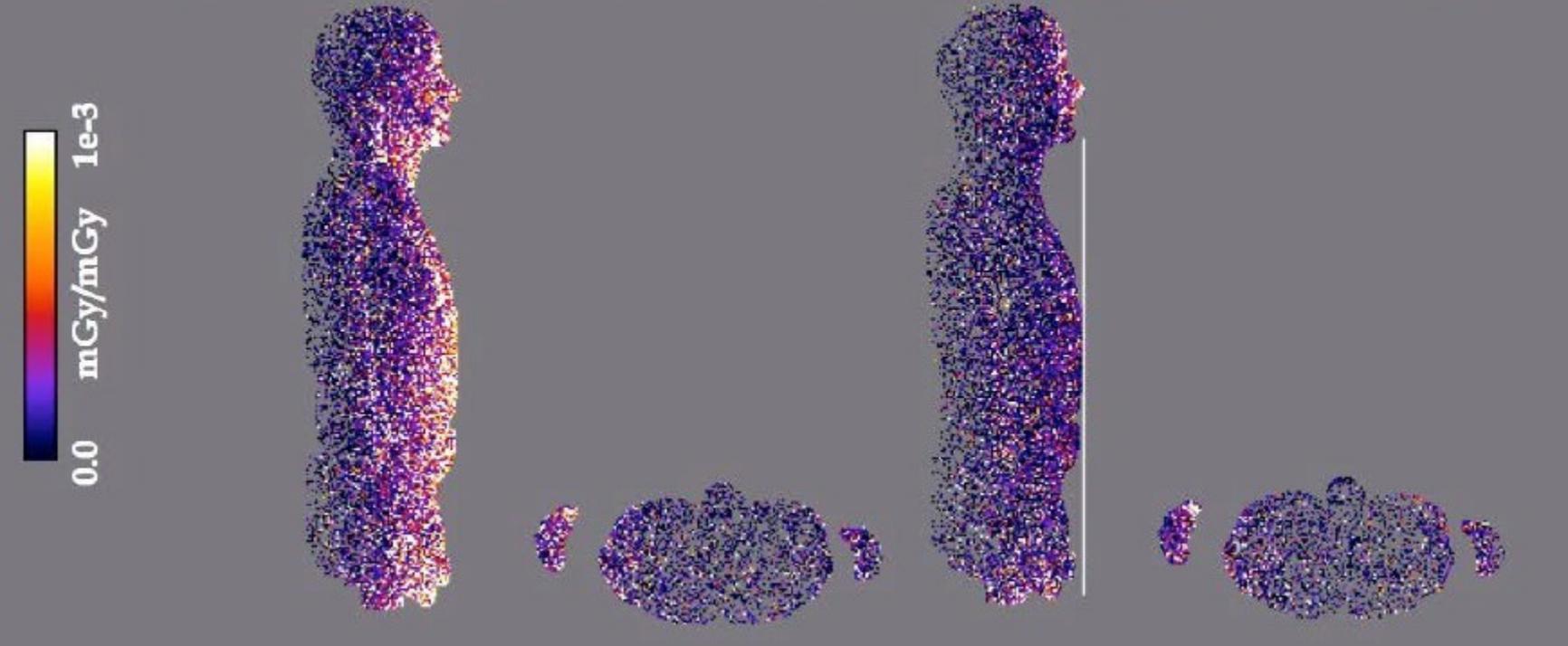
- Camici piombati
- Collare tiroideo
- Occhiali anti-X
- Guanti anti-X



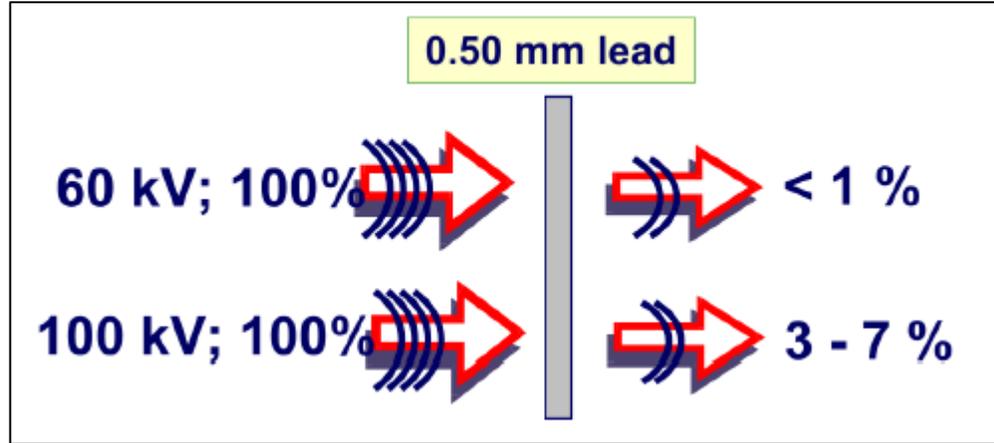
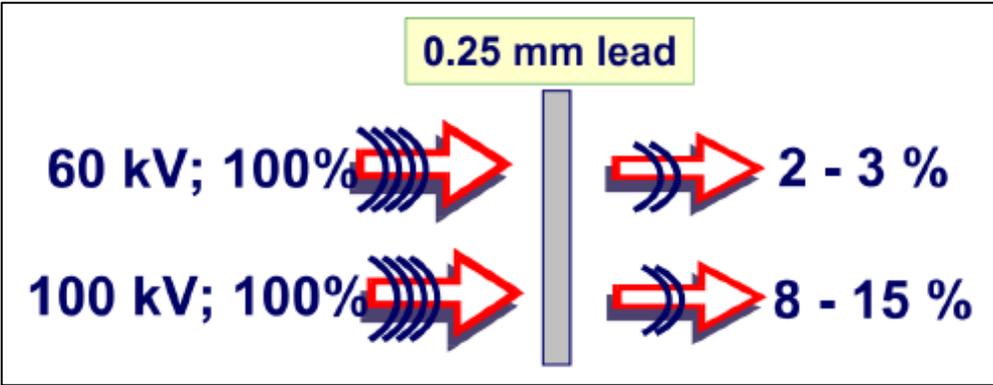
## DISPOSITIVI DI PROTEZIONE ANTI-X

Per mantenere elevata e duratura nel tempo l'efficienza dei dispositivi di protezione, questi devono essere indossati e conservati correttamente.





**N.B.:** I dispositivi di protezione individuale anti-X sono SOLO per la radiazione diffusa.



# DOSIMETRIA

Le stime di dose efficace agli operatori sono effettuate sia dalle misure di monitoraggio ambientale di routine, sia dalle misure fornite dai dosimetri **ambientali** e/o **personali** (questi ultimi in dotazione al personale esposto).

## Dosimetria AMBIENTALE

- Zona controllata
- Zona sorvegliata
- Zone limitrofe

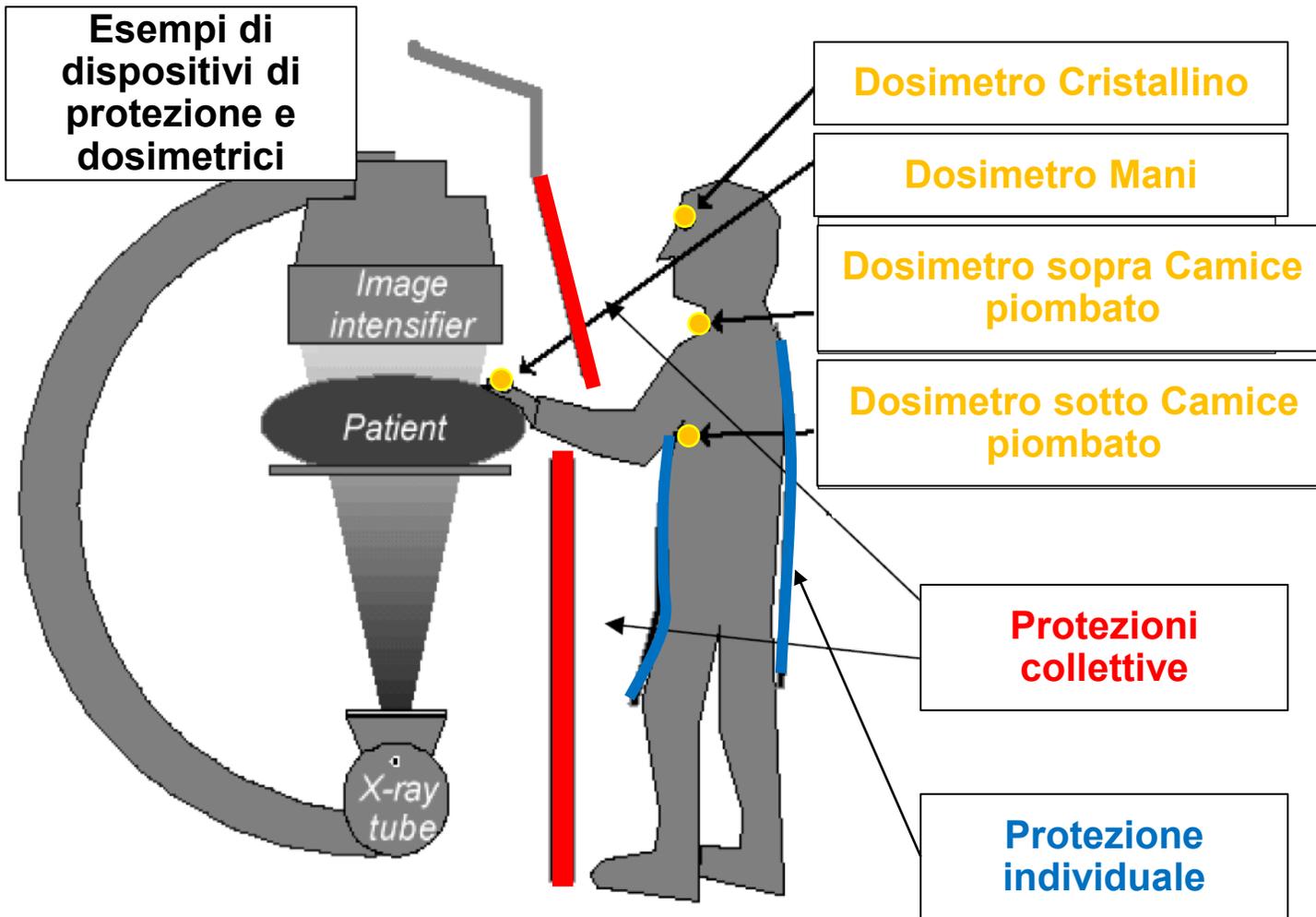


## Dosimetria PERSONALE

- Corpo intero
- Cristallino
- Estremità (bracciale)
- Mani (anello)



**N.B.:** I dosimetri personali sono tali perché ciascuno ha il proprio ... quindi non vanno scambiati!!



I principali obiettivi di un programma di monitoraggio dosimetrico sono:

- Stimare dose efficace e dose equivalente per dimostrare il rispetto dei **limiti** fissati
- Contribuire all'**ottimizzazione** delle attività svolte e delle valutazioni di RP (vincoli di dose)
- Verificare l'effettivo utilizzo dei **DPI** e il rispetto delle corrette **procedure** di lavoro

# SPUNTI SU CUI RIFLETTERE

## LA RADIOPROTEZIONE DEL PAZIENTE – CASI PARTICOLARI



## DPI IN ODONTOIATRIA

Nella pubblicazione di aprile 2019 del AAPM (Associazione Americana di Fisica Medica), recepita anche dalle associazioni italiane (AIFM) si afferma che: *«l'impiego di DPI anti-X, atti a schermare il feto e le gonadi del paziente durante l'indagine radiologica a raggi X, deve essere interrotto come pratica di routine in quanto può comprometterne i benefici».*

Le motivazioni che giustificano questa rivalutazione nella protezione del paziente sono che in nessun caso l'impiego dei DPI deve rischiare:

- Di coprire, neppure parzialmente, il distretto anatomico oggetto di indagine
- Di comportare una ripetizione dell'esame
- Di comportare un aumento dell'esposizione del paziente

Persistono tuttora alcune perplessità circa pratiche eterogenee per quanto riguarda la schermatura degli organi a rischio in radiologia odontoiatrica come gli esami occlusali e alcune particolari proiezioni che potrebbero coinvolgere la toroide. In questi casi la schermatura continua ad essere consigliata.



## DONNE IN GRAVIDANZA

Nel caso di pazienti di sesso femminile sottoposte a esame radiologico, è sempre necessario informarsi sullo stato di eventuale gravidanza. Per gravidanze accertate si possono eseguire comunque indagini radiologiche MA SOLO in **situazioni di urgenza o casi di necessità accertata** da parte del Medico Specialista e previa valutazione di dose da parte del Fisico Medico. Devono comunque essere prese in considerazione esami diagnostici alternativi che non esponano la paziente a radiazioni ionizzanti.

In caso di esposizione, quando il feto non è investito dal fascio primario, il contributo di dose è dato prevalentemente dallo scattering della radiazione all'interno del corpo della madre. Un'ottimizzazione della collimazione del fascio riduce molto la dose al feto.

Quando il feto è molto vicino alla zona investita dal fascio primario il camice piombato permette di proteggerlo dalla radiazione primaria.

Se invece il feto si trova inevitabilmente nella direzione del fascio primario (e non è oggetto di indagine), l'utilizzo del camice piombato è generalmente non raccomandato.



## ACCOMPAGNATORI

In casi di **assoluta necessità** ai fini del risultato diagnostico può essere prevista l'assistenza al paziente da parte di persone (accompagnatori) durante l'esecuzione dell'esame radiologico. Questi dovranno assistere il paziente SOLO su base volontaria e previa informazione sugli eventuali rischi associati e acquisizione scritta di consenso.

A queste persone dovranno essere forniti gli adeguati **DPI** e dovrà essere verificato dagli operatori il loro corretto utilizzo.

L'assistenza ai pazienti durante indagini radiologiche è assolutamente preclusa a minori di 18 anni e donne in stato di gravidanza.



# RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- **Fondamenti fisici della radioprotezione (1989) – M. Pelliccioni**
- **D.Lgs. 31 luglio 2021 n. 101 – Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom (Gazzetta Ufficiale)**
- **ICRP Publication 103 (2007)**
- **La radioprotezione nelle attività sanitarie e in odontoiatria alla luce del nuovo D.Lgs. 101/2020 (Capitolo 2) – V. Salamone**
- **Corso di formazione «La radioprotezione del paziente e dell'operatore» – F. Di Rosa**
- **Radioprotezione di base, Apparecchi radiologici con tensione di accelerazione inferiore a 400 kV (2008) – A. Coniglio, M. D'Arienzo, S. Sandri**
- **Odontoiatria 33: L'uso dei dispositivi di protezione a contatto in radiologia odontoiatrica nella maggior parte dei casi non è necessario (settembre 2022) – L. Rubino, L. Biazzi, F. Bonacci, P. Bregant, D. Caramella, S. Delle Canne, A. De Pasquale, E. Tumminia**



**GRAZIE  
PER  
L'ATTENZIONE**

