

Corso di formazione dei lavoratori ex art. 111 D.Lgs. 101/2020

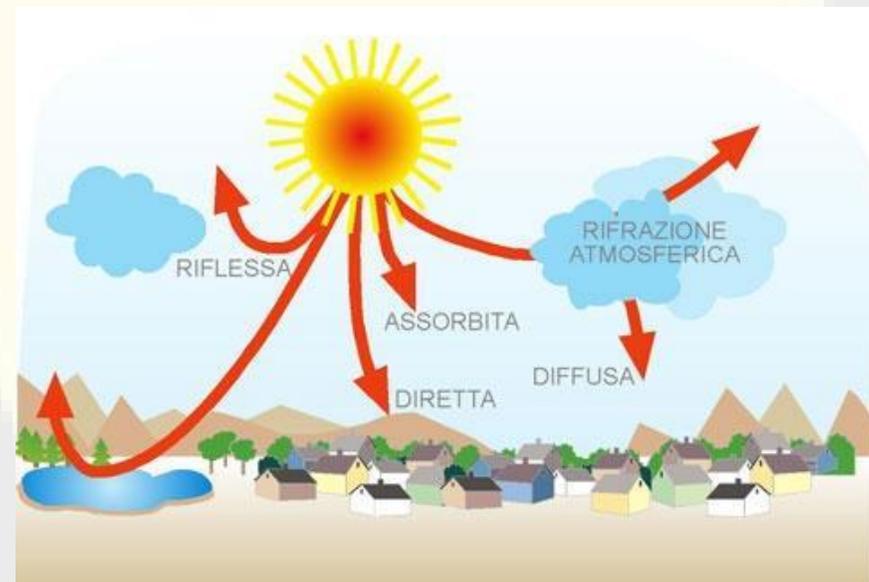
Gli effetti delle radiazioni ionizzanti

Ing. Angelo Tirabasso
Esperto di radioprotezione di III grado

LE RADIAZIONI

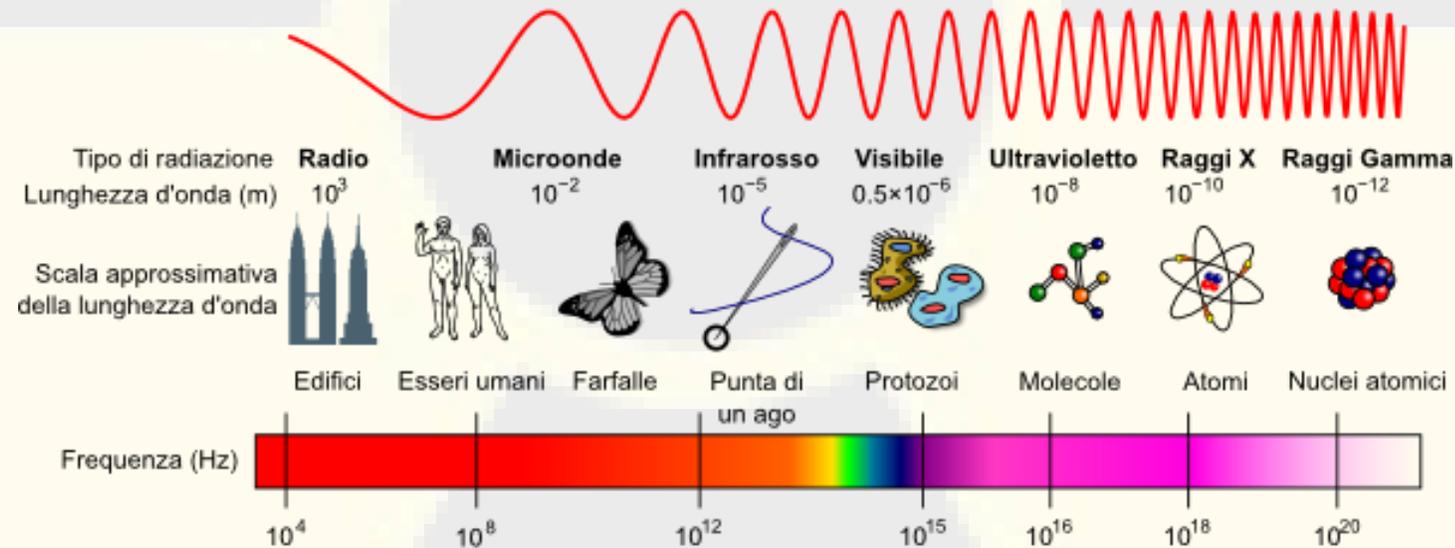
Per radiazione elettromagnetica si intende la **propagazione di energia nello spazio** (senza che vi sia contatto diretto) tramite onde e/o corpuscoli

la luce visibile è una forma di radiazione elettromagnetica, dunque l'emissione di luce da una lampada, o di calore da una fiamma



SPETTRO DELLE RADIAZIONI

Le radiazioni sono ordinate nel cosiddetto spettro elettromagnetico in funzione della **frequenza** ossia dell'energia trasportata, che determina le modalità di interazione con la materia



CALORE E IONIZZAZIONE

L'aumento di temperatura non però l'unico effetto prodotto dall'assorbimento di radiazione nella materia

L'azione delle radiazioni ionizzanti sull'organismo è una diretta conseguenza dei processi di **eccitazione e ionizzazione degli atomi** dei tessuti biologici dovuti agli urti delle particelle, che sono dette appunto radiazioni ionizzanti

Energia del fotone	Effetto	Fenomeni fisici
Inferiore a 1 eV	Termico	Oscillazioni e dislocazioni degli atomi che costituiscono le molecole mediante moti vibrazionali, rotazionali e traslazionali
Compresa tra 1 e 10 eV	Eccitante	Eccitazione degli elettroni di valenza con innesco di reazioni chimiche (fotoattivazione)
Superiore a 10 eV	Ionizzante	Eccitazione di elettroni degli orbitali più interni, transizioni nucleari con ionizzazioni atomiche e molecolari

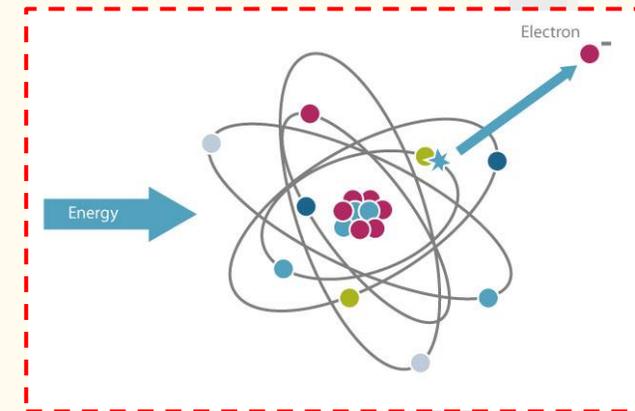
1 eV = l'energia acquistata da un elettrone quando è accelerato da una d.d.p. di 1 V

IONIZZAZIONE

Eccitazione: (*radiazioni a bassa energia*) l'energia ceduta è inferiore a quella necessaria ad espellere dall'atomo uno dei suoi elettroni più esterni (di valenza) → l'atomo passa dallo stato fondamentale a uno eccitato per spostamento di orbitale di uno o più elettroni

Ionizzazione: l'energia ceduta dalle radiazioni supera quella del legame dell'elettrone di valenza che viene quindi espulso dall'atomo

Le radiazioni ionizzanti prendono questo nome poiché, grazie all'elevata energia che trasportano, possono ionizzare un atomo, ovvero **rompere il legame tra il nucleo e gli elettroni**



Nel caso del corpo umano possono avvenire particolari reazioni all'interno della cellula coinvolta

TIPI DI RADIAZIONE

Le **particelle cariche**, dotate di massa e di carica elettrica, e i **neutroni**, dotati di massa, ma non di carica elettrica, sono radiazioni corpuscolari.

I **fotoni** invece non hanno massa né carica elettrica.

Sono radiazioni elettromagnetiche, che si propagano con la velocità della luce.

IRRADIAZIONE INTERNA E ESTERNA

Nel caso di **raggi X**, **gamma** e **neutroni**, la penetrazione nella materia è assai maggiore delle particelle cariche, in considerazione della tipologia delle loro interazioni

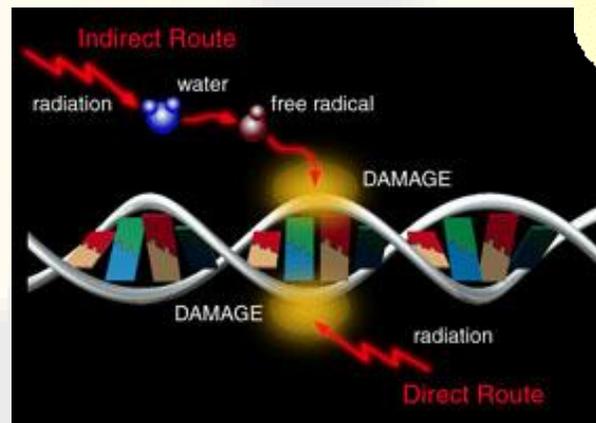
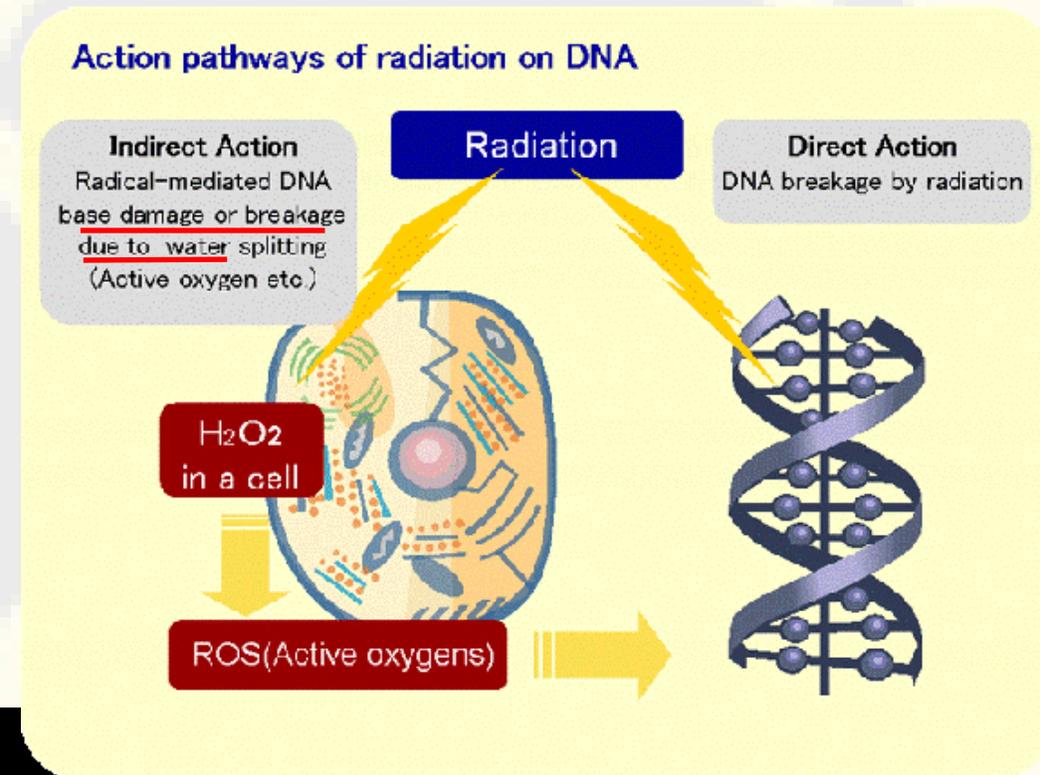


DANNO BIOLOGICO

Il danno si verifica attraverso un duplice meccanismo:

DIRETTO, in cui le macromolecole cellulari e tessutali, esse stesse bersaglio delle radiazioni, ne subiscono gli effetti ionizzanti e eccitanti;

INDIRETTO, in cui le alterazioni a carico delle macromolecole cellulari e tessutali sono dovute ai radicali liberi prodotti dall'azione delle radiazioni sull'acqua (H^+ , OH^-).

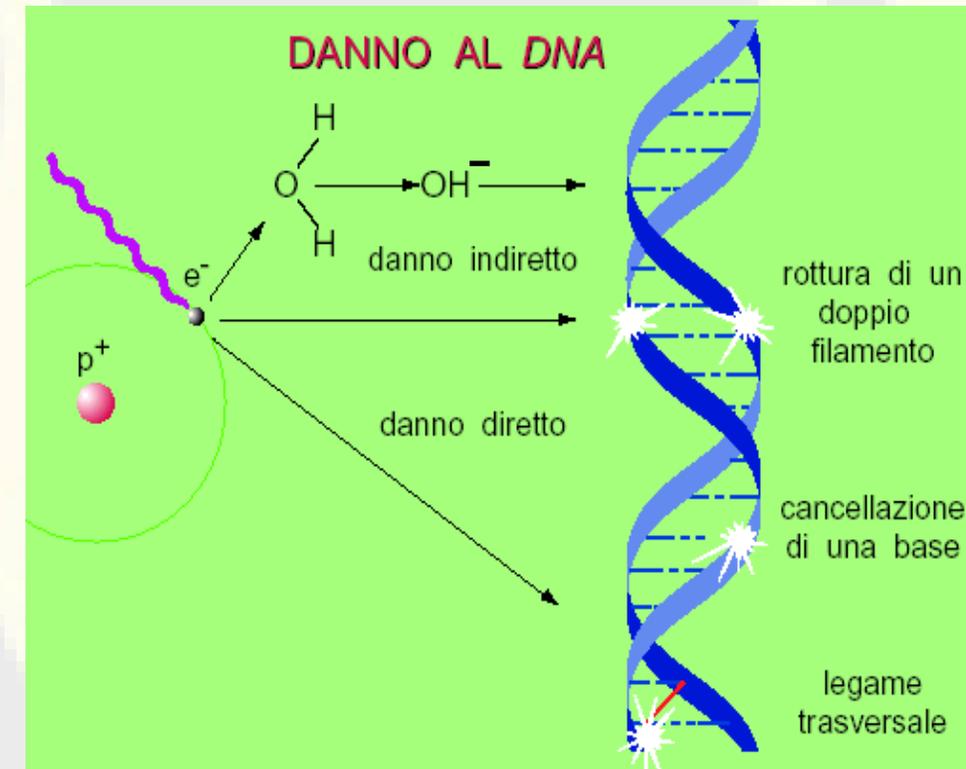


DANNO BIOLOGICO

(livello subcellulare)

Normalmente le **lesioni** più ingenti e importanti (dal punto di vista biologico), causate dalle radiazioni ionizzanti all'interno della cellula, sono rilevabili **a carico del DNA**.

1. modificazioni o **perdita di basi azotate** per rottura dei legami glicosidici (*1000 - 2000 per Gy*);
2. **rottura dei legami idrogeno** tra coppie di basi complementari appaiate (*40/Gy*);
3. **rottura dello scheletro pentoso-fosfato** dei filamenti del DNA (*1000/Gy*);
4. rottura di filamenti nucleotidici e successiva formazione di **legami crociati** all'interno di una stessa molecola di DNA o tra due molecole di DNA.

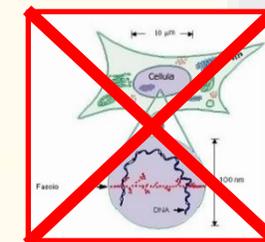
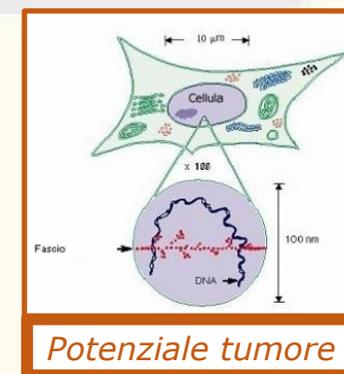
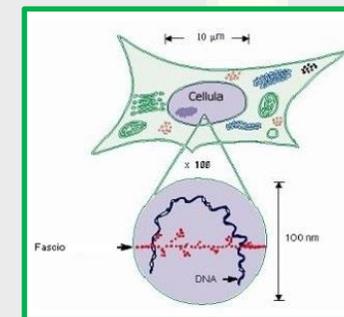


EFFETTI DELLE RADIAZIONI

(livello cellulare)

La cellula mutata può andare incontro a:

- **Sopravvivenza:** gli effetti di queste alterazioni possono essere ininfluenti, poiché la cellula è in grado di ripararne la maggior parte;
- **Mutazione:** se, però, la riparazione non viene completata o non è ripristinata fedelmente la sequenza nucleotidica originale prima che il DNA si replichi, l'alterazione può trasmettersi alle cellule figlie fissandosi permanentemente nel genoma → *effetto stocastico*;
- **Morte programmata:** le mutazioni sono incompatibili con la sopravvivenza a lungo termine → *effetto deterministico*.



EFFETTI DELLE RADIAZIONI SULL'UOMO

(livello tissutale)

I danni prodotti dalle radiazioni ionizzanti sull'uomo possono essere distinti in tre categorie principali:

- a) danni **somatici deterministici**;
- b) danni **somatici stocastici** (*probabilistici*);
- c) danni **genetici stocastici**.

*Si dicono **somatici** i danni che si manifestano **nell'individuo** irradiato, **genetici** quelli che si manifestano nella sua **progenie***

DANNI SOMATICI DETERMINISTICI

I danni deterministici sono quelli in cui la frequenza e la gravità variano con la dose e per i quali è individuabile una dose-soglia:

- compaiono soltanto al superamento di una **DOSE-SOGLIA** caratteristica di ogni effetto (*l'uccisione di poche cellule non ha conseguenze per i tessuti*);
- il superamento della dose-soglia comporta l'insorgenza dell'effetto in tutti gli irradiati, sia pure nell'ambito della variabilità individuale;
- il periodo di latenza è solitamente breve (qualche giorno o qualche settimana); in alcuni casi l'insorgenza è tardiva (qualche mese, alcuni anni);
- **la gravità** delle manifestazioni cliniche **aumenta con l'aumentare della dose.**

DANNI SOMATICI STOCASTICI

I danni somatici stocastici comprendono leucemie e tumori solidi.

Sono dovuti a mutazioni non letali di cellule normali

Soltanto la probabilità d'accadimento, e non la gravità, è in funzione della dose ed è cautelativamente esclusa l'esistenza di una dose-soglia

- a) **non** richiedono il superamento di un **valore-soglia** di dose per la loro comparsa (ipotesi cautelativa ammessa a scopo preventivo);
- b) sono a carattere **PROBABILISTICO**;
- c) sono distribuiti casualmente nella popolazione esposta;
- d) sono dimostrati dalla sperimentazione radiobiologica e dall'evidenza epidemiologica (associazione causale statistica);
- e) **la frequenza di comparsa è maggiore se le dosi sono elevate**;
- f) si manifestano **dopo anni**, talora decenni, dall'irradiazione;
- g) non mostrano gradualità di manifestazione con la dose ricevuta, quale che sia la dose;
- h) sono **indistinguibili dai tumori indotti da altri cancerogeni**.

DANNI GENETICI STOCASTICI

Non è stato possibile sinora rilevare con metodi epidemiologici un eccesso di **malattie ereditarie nella progenie** di soggetti esposti alle radiazioni ionizzanti rispetto alla progenie di soggetti non esposti

Lo studio radioepidemiologico più importante è stato quello sui **discendenti dei sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki**: *è stato effettuato un confronto tra 31000 bambini di cui almeno uno dei genitori era stato irradiato e 50000 bambini i cui genitori non erano stati irradiati*

Nessuna differenza significativa è apparsa tra i due gruppi

Studi sperimentali su piante ed animali indicano che tali danni possono insorgere

IRRADIAZIONE DEL FETO

L'embrione e il feto sono sensibili alle radiazioni ionizzanti: il danno principale è il **ritardo mentale**.

Non dovrebbe tuttavia essere apprezzabile alcun effetto sul quoziente di intelligenza fino a dosi dell'ordine di **0,1 Sv**

L'esposizione avviene nei seguenti casi:

- procedure diagnostiche che coinvolgono la gestante;
- procedure radioterapiche non evitabili;
- esposizioni lavorative precedenti al riconoscimento dello stato;
- emergenze nucleari.

GRANDEZZE RADIOPROTEZIONISTICHE

Per tener conto della diversa radiosensibilità dei diversi organi e tessuti del corpo umano per gli effetti stocastici, si introduce la **DOSE EFFICACE «E»** somma degli equivalenti di dose medi nei diversi organi e tessuti, H_T , ciascuno moltiplicato per un fattore di ponderazione w_T , che tiene conto della diversa radiosensibilità degli organi irraggiati

Per calcolare coefficienti w_T sono stati presi in considerazione solo i cancri con esito fatale

(la somma dei w_T di tutti gli organi è 1)

Tessuto	w_T	$\sum w_T$
Midollo osseo (rosso), Colon, Polmone, Stomaco Seno, Tessuti rimanenti *	0,12	0,72
Gonadi	0,08	0,08
Vescica, esofago, fegato, tiroide	0,04	0,16
Superficie dell'osso, cervello, ghiandole salivari, pelle	0,01	0,04
	Totale	1,00

* Tessuti rimanenti: ghiandole surrenali, regione extratoracica, cistifellea, cuore, reni, linfonodi, muscolo, mucosa orale, pancreas, prostata (♂), intestino tenue, milza, timo, utero/cervice (♀).

LE SORGENTI ARTIFICIALI

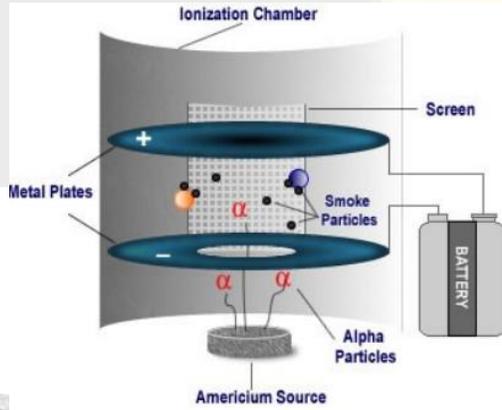
Le sorgenti di r.i. artificiali hanno **diversi campi di applicazione** (medico, industriale, energetico, bellico, geologico, di ricerca...)

Per questo ne esistono di diversa tipologia, ciascuna delle quali in grado di emettere **tipi di r.i. diversa**

LE SORGENTI ARTIFICIALI



Raggi X



alfa



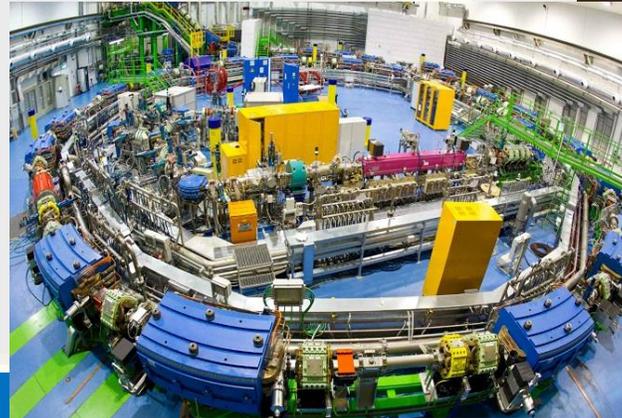
tutte



Raggi beta



tutte



tutte

tutte



Raggi X



I-131 – raggi beta

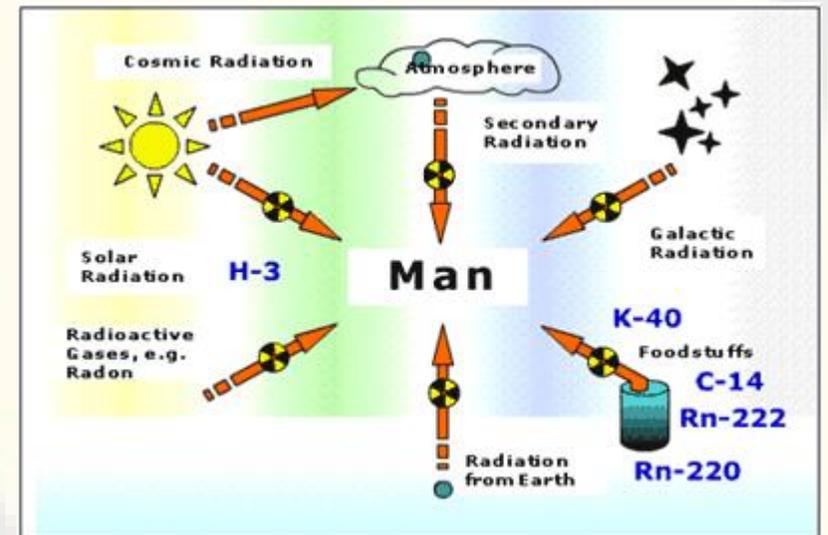


LE SORGENTI NATURALI

La radioattività è una normale componente dell'ambiente naturale:

- una componente è di **origine terrestre**, dovuta ai radionuclidi primordiali presenti nei materiali inorganici della crosta terrestre (rocce, minerali) fin dalla formazione.
- una componente è di **origine extraterrestre**, costituita dai **raggi cosmici**.

Ci si riferisce a queste sorgenti come **FONDO NATURALE DI RADIAZIONI**



LE SORGENTI NATURALI

I raggi cosmici sono **particelle cariche positivamente** (protoni, alfa, nuclei pesanti) che provengono dal profondo spazio interstellare e dalle esplosioni nucleari sul sole

Per la maggior parte sono assorbiti nello strato più alto dell'**atmosfera** → Il livello di dose aumenta con l'altitudine al ridursi dello spessore d'aria che fa da schermo

L'atmosfera produce al livello del mare una protezione equivalente a **uno schermo di calcestruzzo di circa 4 m di spessore**, mentre alla quota di 10000 m l'effetto di schermaggio si riduce a circa 1 m.

A 10 km di altitudine l'esposizione alla radiazione cosmica è quasi 100 volte più elevata di quella a livello del mare.



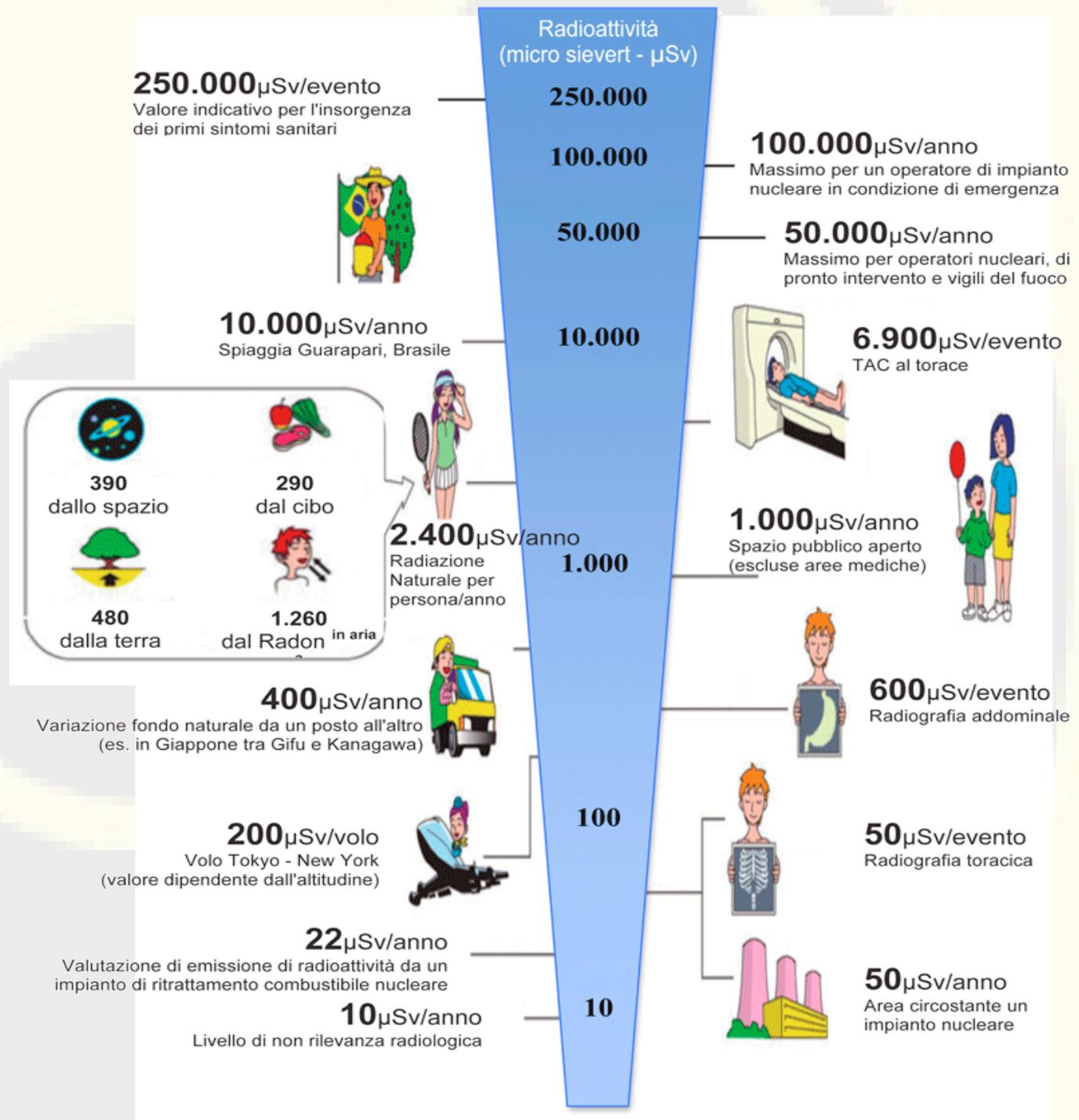
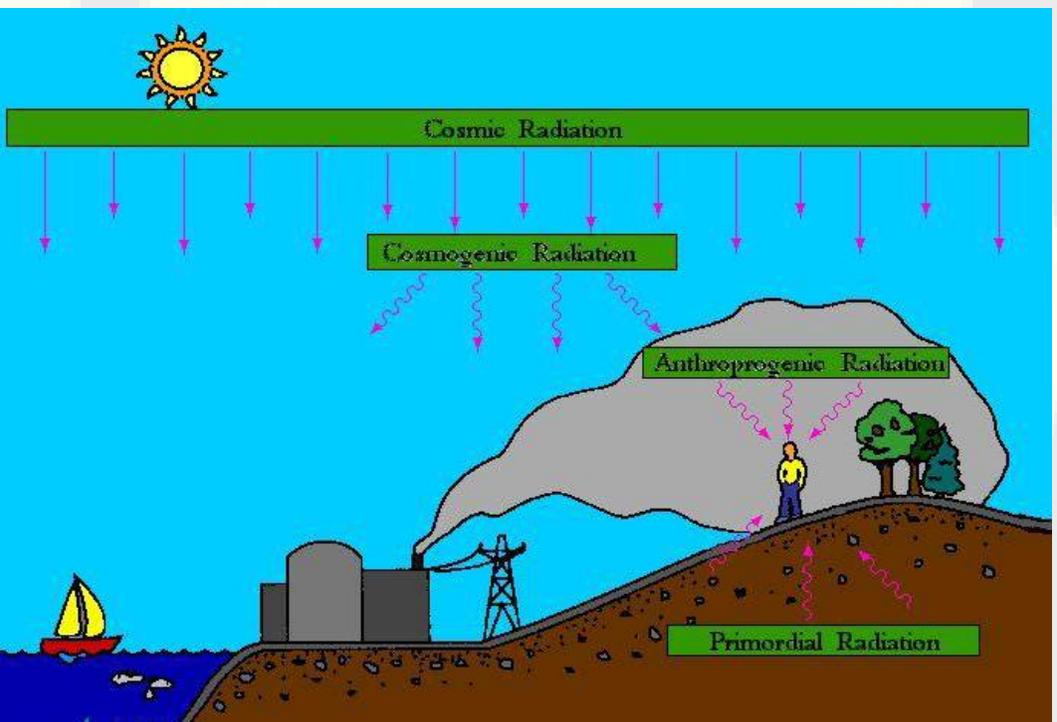
LE SORGENTI NATURALI

Attraverso **la catena alimentare** entrano nel corpo umano piccole quantità di sostanze radioattive, naturalmente presenti in natura, principalmente ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{14}C .

Alimento	^{40}K (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)
Banana	130	0,04
Noce	210	40 - 260
Carota	130	< 0,1
Patata	130	0,04 – 0,1
Birra	15	---



Ancora adesso, malgrado il largo impiego di sorgenti artificiali, **la radioattività naturale** continua a contribuire alla dose della popolazione



RADIOATTIVITÀ NEL CORPO UMANO

Noi stessi siamo radioattivi, come tutti gli organismi viventi

Nel corpo di un adulto di 70 kg: **8000 Bq**

$$^{14}\text{C} = 3,1 \text{ kBq} \text{ (0,21 Bq/g)}$$

$$^{40}\text{K} = 4,4 \text{ kBq}$$

$$^{87}\text{Rb} = 600 \text{ Bq}$$

$$^{238}\text{U} = 5 \text{ Bq}$$



IL PROBLEMA RADON

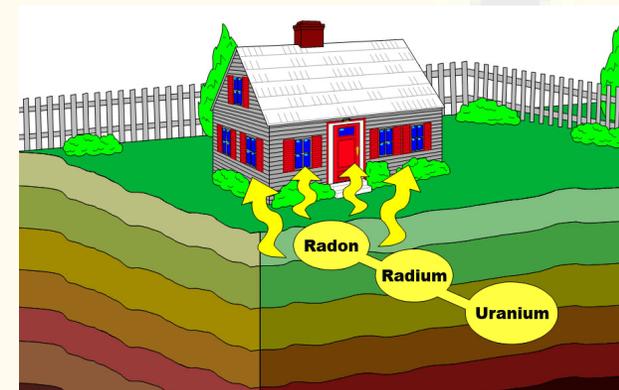
Nell'aria, la radiazione naturale è dovuta principalmente alla presenza di radon e toron, cioè di gas (7,5 volte più pesanti dell'aria) appartenenti alle famiglie dell'uranio e del torio.

Il decadimento dell' ^{238}U porta alla formazione di ^{226}Ra che, emettendo una particella alfa, decade in ^{222}Rn , cioè **RADON**

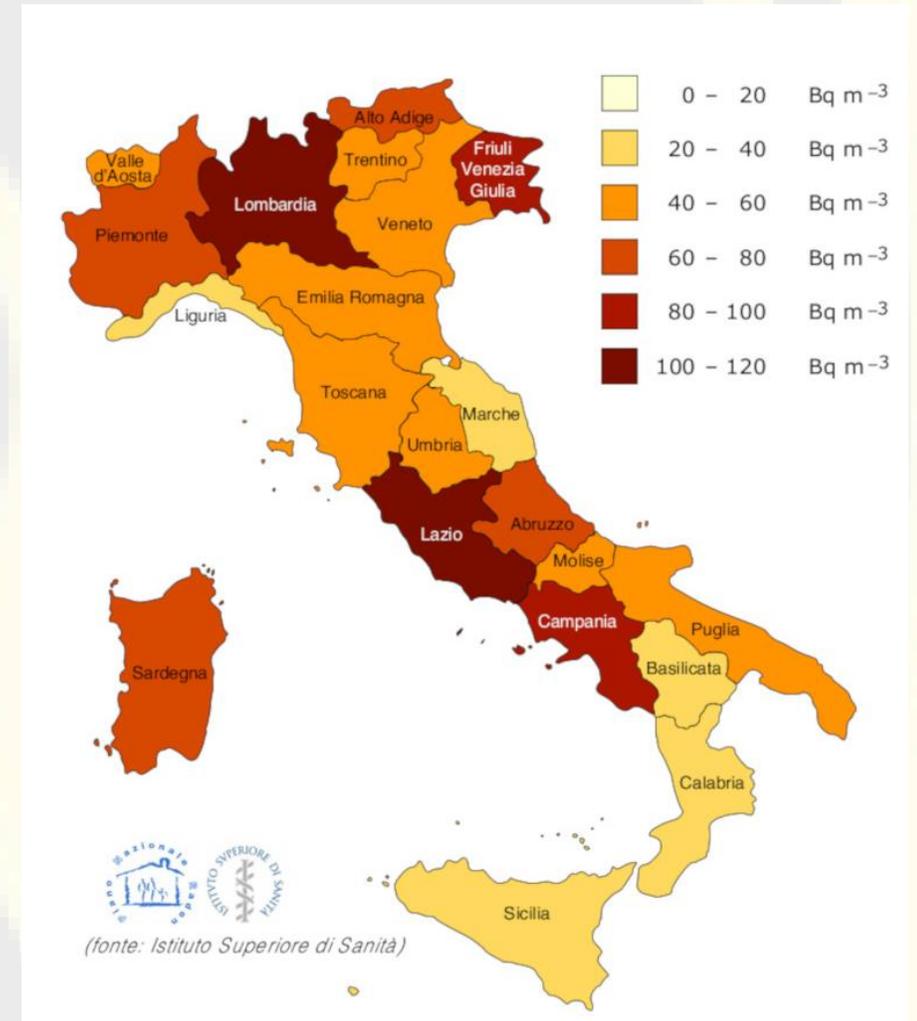
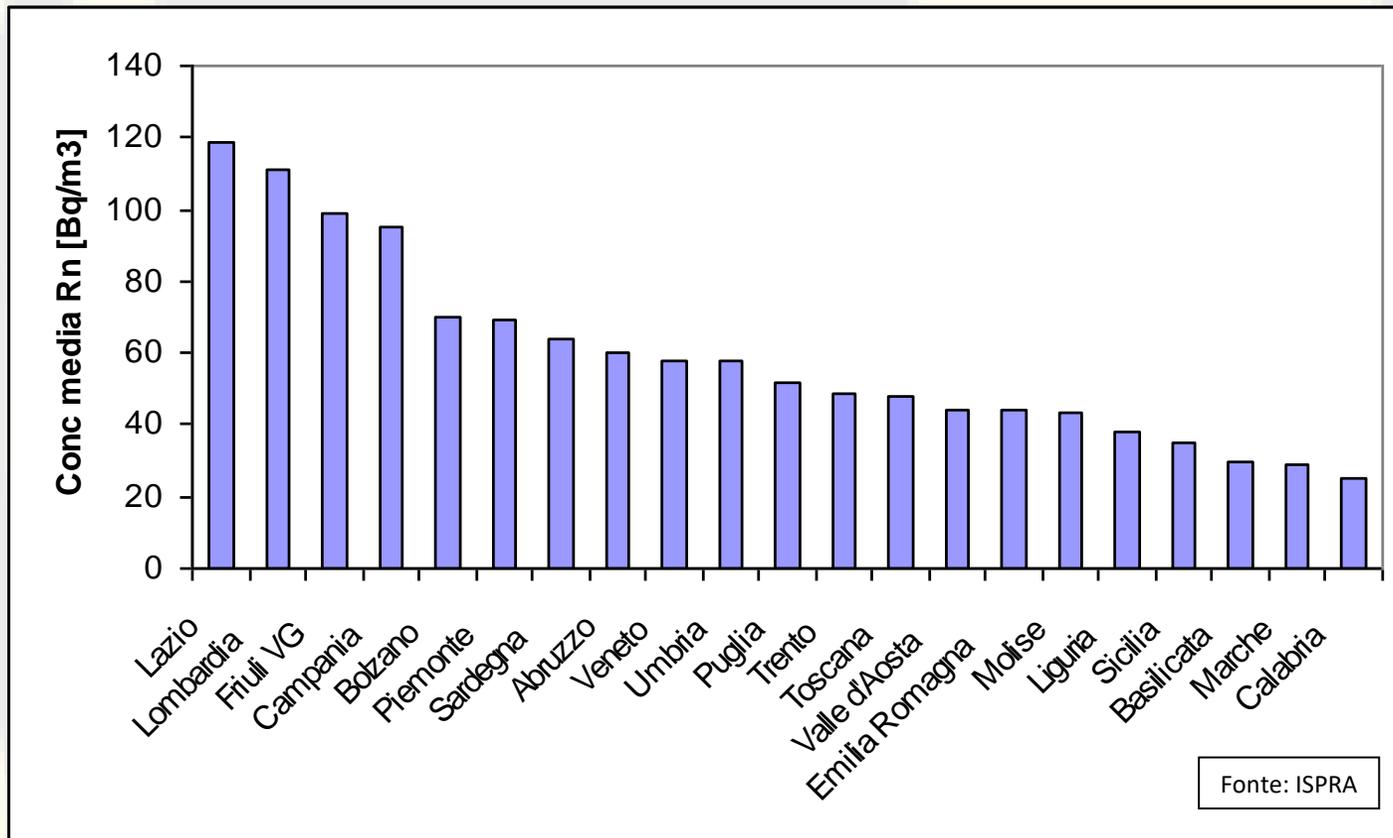
Numerosi materiali da costruzione emettono quantità relativamente modeste di radon

*Molto radioattivi sono il granito, la pietra pomice, alcuni prodotti di scarto usati nell'edilizia come il fosfato di gesso e le scorie di altiforni, e il **tufo** e la **pozzolana**, diffusamente utilizzati in Italia*

Tuttavia la principale sorgente di radon è quasi sempre **nel terreno sottostante alle case.**



IL PROBLEMA RADON



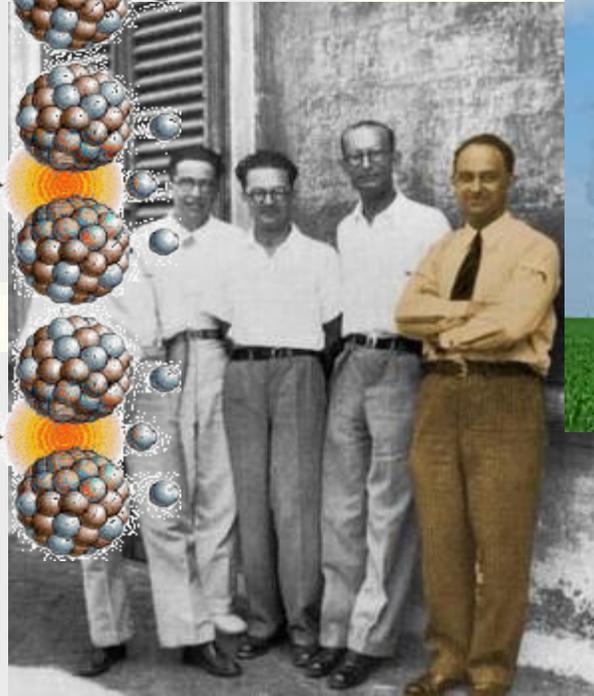
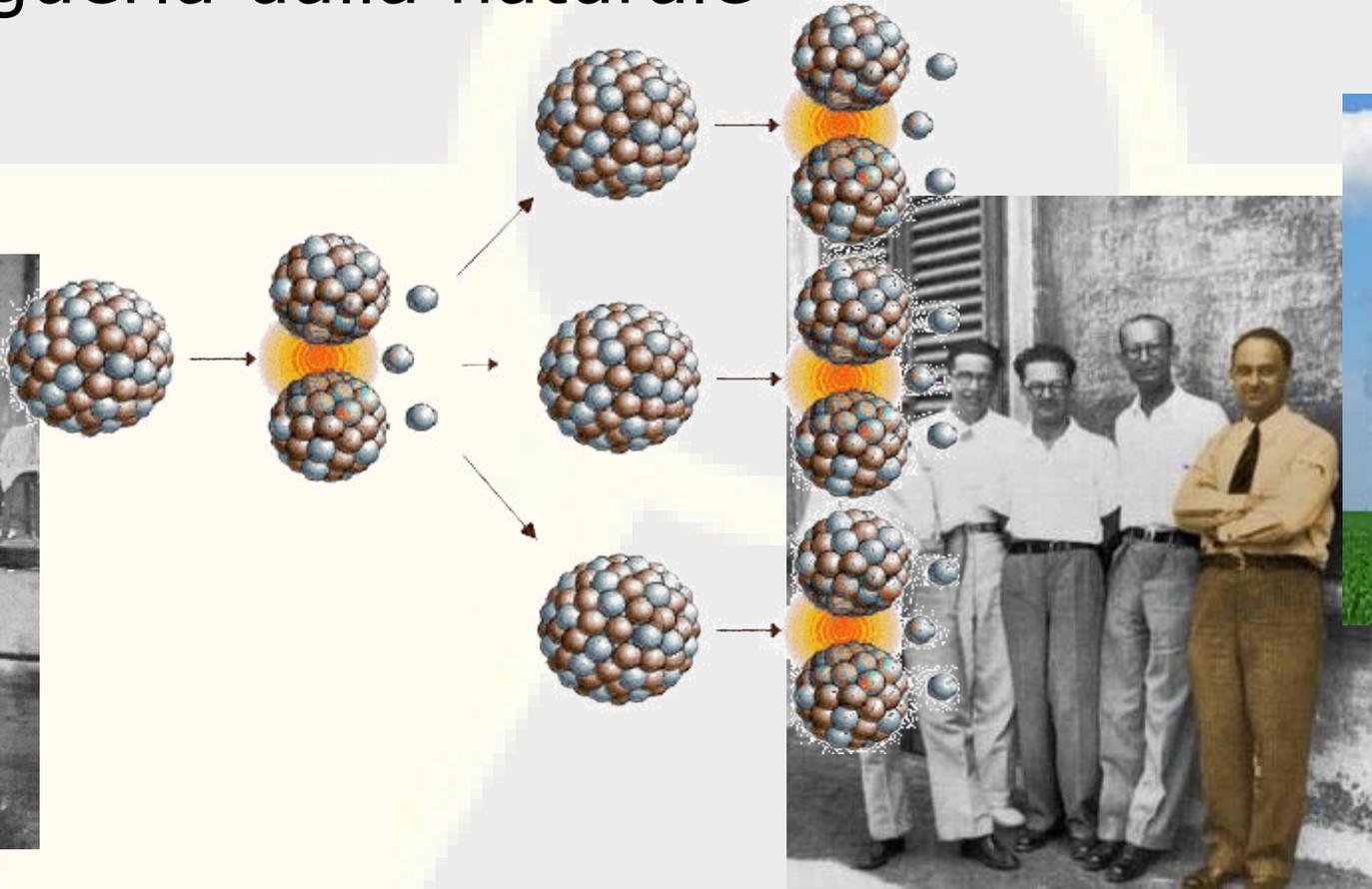
**Media mondiale:
40 Bq/m³**

**Media europea:
59 Bq/m³**

**Media italiana:
70 Bq/m³**

RADIOATTIVITÀ ARTIFICIALE

Il fenomeno della radioattività può essere indotto artificialmente in nuclei stabili attraverso le **REAZIONI NUCLEARI**. In questo caso si parla di radioattività artificiale per distinguerla dalla naturale

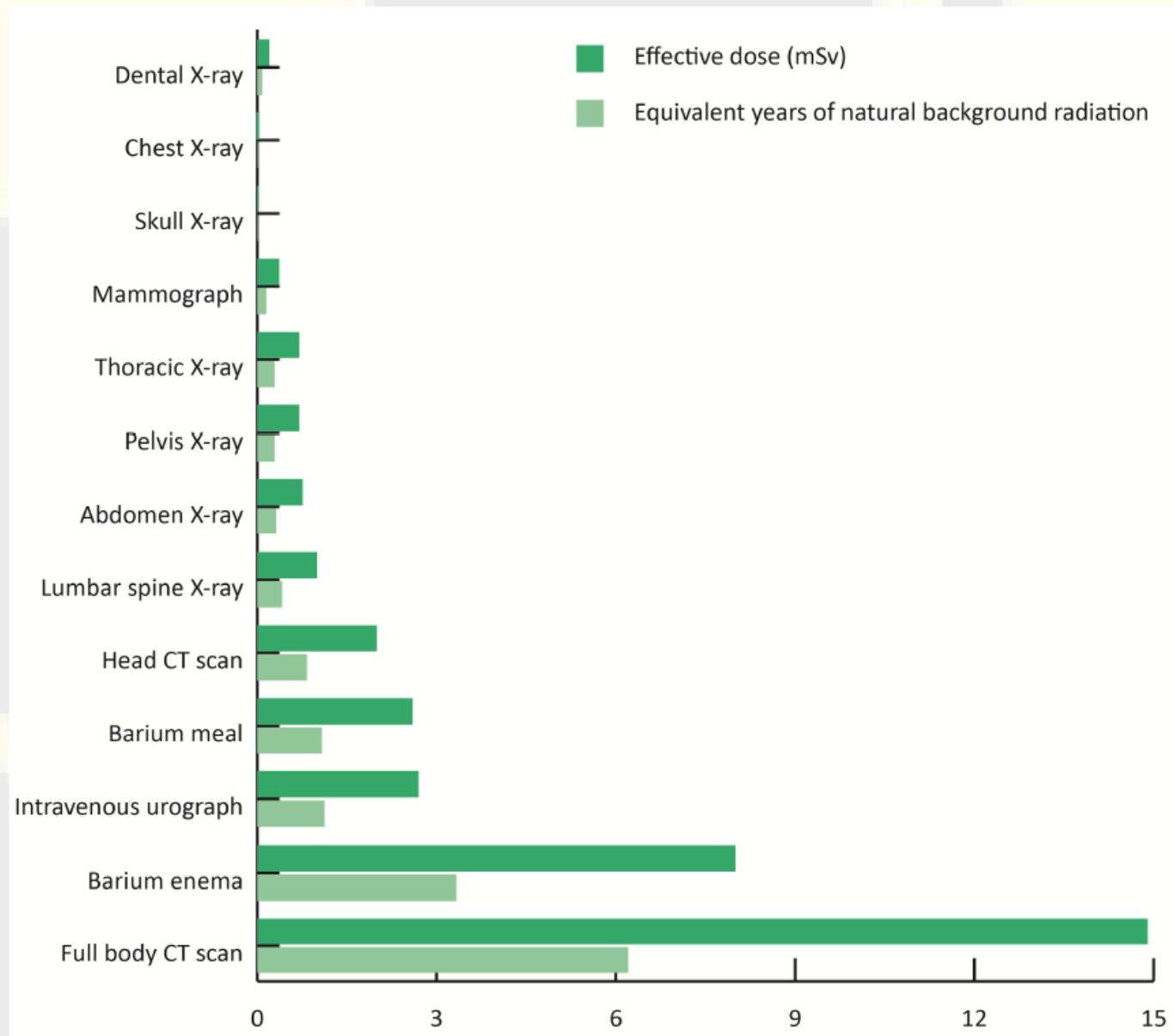


ESPOSIZIONE MEDICA

Diffusissimo impiego delle radiazioni in **DIAGNOSTICA** e in **TERAPIA**: la seconda causa di esposizione della popolazione alle radiazioni e la maggior fonte di esposizione alle radiazioni artificiali

*(300-600 esami ogni 1000 abitanti;
in Italia 100 milioni di esami l'anno)*

- apparecchiature a raggi X della radiologia;
- radioisotopi nella medicina nucleare;
- acceleratori di particelle nella radioterapia tumorale.



LA RADIOPROTEZIONE

La radioprotezione, o protezione sanitaria contro le radiazioni ionizzanti, è una disciplina a forte contenuto biologico, fisico, tecnico e naturalistico.

Essa ha **l'obiettivo di preservare lo stato di salute e di benessere dei lavoratori, degli individui componenti la popolazione, della popolazione nel suo insieme**, riducendo i rischi sanitari da radiazioni ionizzanti nella realizzazione di ATTIVITÀ UMANE che siano giustificate dai benefici che ne derivano alla società e ai suoi membri.

In funzione del suo obiettivo essa provvede inoltre alla tutela dell'**ambiente**.

(Carlo Polvani - Treccani)

FINALITÀ DELLA RADIOPROTEZIONE

- **Prevenire l'insorgenza di effetti deterministici**
si fissano i LIMITI a valori tali che nessuna soglia di dose sia mai raggiunta
- **Mantenere ad un livello accettabile l'insorgenza di effetti stocastici**
si limitano le dosi in modo da contenere gli effetti stocastici

I TRE PRINCIPI DELLA RADIOPROTEZIONE

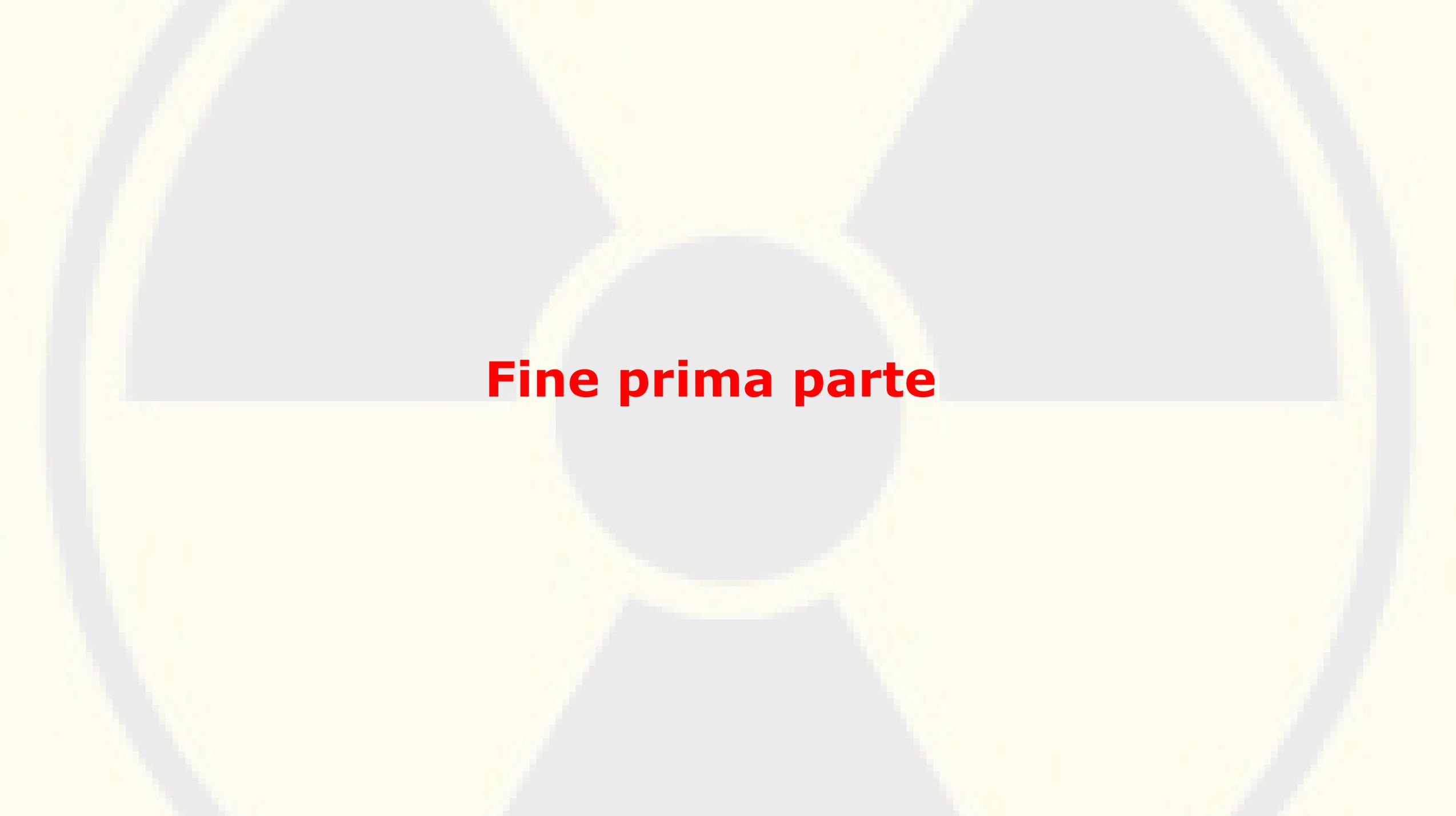
Ogni attività che comporta esposizione alle radiazioni ionizzanti deve essere preventivamente giustificata e periodicamente riconsiderata alla luce dei benefici che da essa derivano

Le esposizioni delle persone devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali (**ALARA**, As Low As Reasonably Achievable)

La somma delle dosi derivanti da tutte le pratiche non deve superare i **LIMITI** prescritti di dose annua che garantiscono la salvaguardia della salute dei lavoratori.

I LIMITI DI DOSE

	Popolazione	Lavoratori Non Esposti	Lavoratori Esposti (Cat.B)	Lavoratori Esposti (Cat.A)	Limiti Lavoratori Esposti
Dose efficace;	<1 mSv	<1 mSv	>1 mSv	>6 mSv	<20 mSv dose
Dose equivalente per il cristallino	<15 mSv	<15 mSv	>15 mSv	>15 mSv	<20 mSv
Dose equivalente per la pelle, calcolato in media su 1 cm ² qualsiasi di pelle, indipendentemente dalla superficie esposta	<50 mSv	<50 mSv	>50 mSv	>150 mSv	<500 mSv
Dose equivalente per le estremità mani, avambracci, piedi e caviglie		<50 mSv	>50 mSv	>150 mSv	<500 mSv



Fine prima parte

Corso di formazione dei lavoratori ex art. 111 D.Lgs. 101/2020

Normativa di riferimento e radioprotezione operativa

**Ing. Angelo Tirabasso
Esperto di radioprotezione di III grado**

Legislazione in materia di radioprotezione

Decreto Legislativo 101/2020

Titolo I: Campo di applicazione e principi generali

Titolo II: Definizioni

Titolo III: Autorità competenti

Titolo IV: Sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti

Titolo V: Lavorazioni minerarie

Titolo VI: Importazione produzione commercio trasporto detenzione di materiali o sorgenti radioattivi

Titolo VII: Rifiuti radioattivi

Titolo VIII: Sorgenti sigillate ad alta attività e orfane

Titolo IX: Impianti

Titolo X: Sicurezza impianti nucleari e impianti di gestione combustibile esaurito e rifiuti radioattivi

Titolo XI: Esposizione dei lavoratori

Titolo XII: Esposizione della popolazione

Titolo XIII: Esposizioni mediche

Titolo XIV: Preparazione e risposta alle emergenze

Titolo XV: Particolari situazioni di esposizione esistente

Titolo XVI: Apparato sanzionatorio

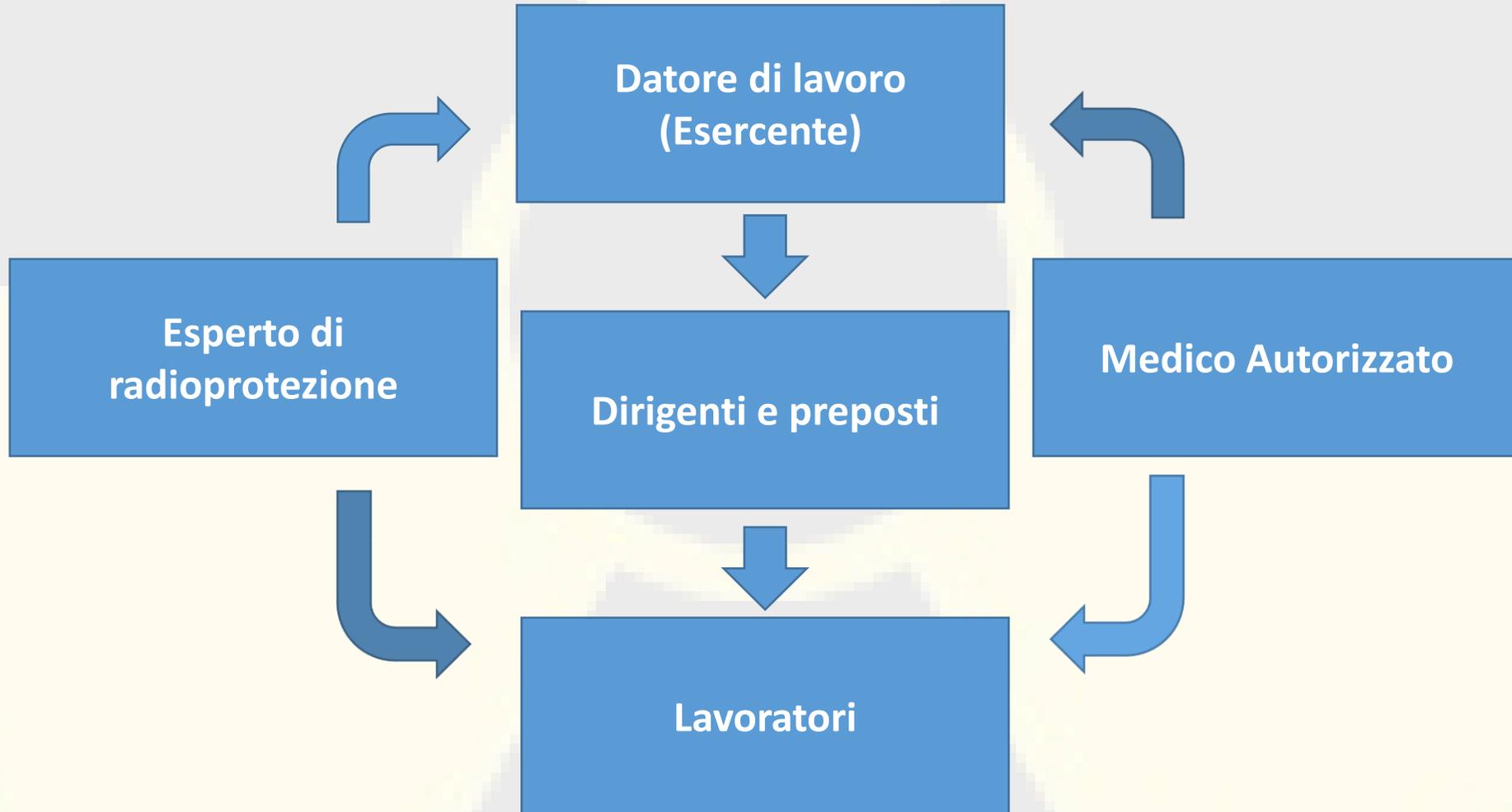
Legislazione in materia di radioprotezione

Obbligo del corso di formazione

- *Art. 111 comma 2*
- Il datore di lavoro assicura che ciascun lavoratore soggetto ai rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, in relazione alle mansioni cui è addetto, riceva una formazione sufficiente e adeguata in materia di radioprotezione anche con eventuale addestramento specifico.

Legislazione in materia di radioprotezione

Gli attori della radioprotezione



Legislazione in materia di radioprotezione

Obbligo del corso di formazione

- *Art. 111 comma 2*

• Il datore di lavoro assicura che ciascun lavoratore soggetto ai rischi derivanti

mansioni

in materia

specifiche

Art. 2 del D. Lgs 81/08: Definizione di lavoratore:

«persona che, indipendentemente dalla tipologia contrattuale, svolge un'attività lavorativa nell'ambito dell'organizzazione di un datore di lavoro pubblico o privato, con o senza retribuzione, anche al solo fine di apprendere un mestiere, un'arte o una professione»

le
ca
to

Legislazione in materia di radioprotezione

Obbligo del corso di formazione

- *Art. 111 comma 2*
- La formazione e, ove previsto, l'addestramento specifico, sono effettuati, ove possibile, sul luogo di lavoro e devono avvenire con periodicità almeno triennale, e comunque in occasione:
 - a) della costituzione del rapporto di lavoro o dell'inizio dell'utilizzazione qualora si tratti di somministrazione di lavoro;
 - b) del trasferimento o cambiamento di mansioni;
 - c) dell'introduzione di nuove attrezzature di lavoro o di nuove tecnologie che modifichino il rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Legislazione in materia di radioprotezione

Obbligo del corso di formazione

- *Art. 111 comma 5*
- L'informazione e la formazione previste nel presente articolo sono svolte nell'ambito delle rispettive competenze dagli esperti di radioprotezione e dai medici autorizzati in possesso dei requisiti previsti dalla normativa vigente concernente il riconoscimento della figura del formatore in materia di salute e sicurezza.

Legislazione in materia di radioprotezione

art. 109 comma 2

Obblighi dei datori di lavoro, dirigenti e preposti

- Prima dell'inizio delle pratiche il datore di lavoro acquisisce e sottoscrive una relazione redatta e firmata dall'esperto di radioprotezione contenente:
 - a) la descrizione della natura e la valutazione dell'entità dell'esposizione anche al fine della classificazione di radioprotezione dei lavoratori nonché la valutazione dell'impatto radiologico sugli individui della popolazione a seguito dell'esercizio della pratica;
 - b) le indicazioni di radioprotezione incluse quelle necessarie a ridurre le esposizioni dei lavoratori in tutte le condizioni di lavoro e degli individui della popolazione conformemente al principio di ottimizzazione.

Legislazione in materia di radioprotezione

art. 109 comma 6

Obblighi dei datori di lavoro, dirigenti e preposti

- Sulla base delle indicazioni della relazione di cui al comma 2 ... i datori di lavoro, i dirigenti e i preposti, nell'ambito delle rispettive competenze:
 - a) provvedere affinché gli ambienti di lavoro vengano individuati, delimitati, segnalati, classificati in zone e che l'accesso ad essi sia adeguatamente regolamentato,
 - b) provvedere affinché i lavoratori siano classificati ai fini della radioprotezione,
 - c) predisporre norme interne di protezione e sicurezza,
 - d) fornire ai lavoratori, ove necessari, i mezzi di sorveglianza dosimetrica e di protezione (ad esempio camici o collari piombati),
 - e) formare i lavoratori in relazione ai rischi specifici cui sono esposti,

Legislazione in materia di radioprotezione

art. 109 comma 6

Obblighi dei datori di lavoro, dirigenti e preposti

- Sulla base delle indicazioni della relazione di cui al comma 2 ... i datori di lavoro, i dirigenti e i preposti, ne

Negli studi dentistici solo il personale medico laureato può eseguire le radiografie!

- a) provvedere affinché segnalati, classificati regolamentato,

Gli assistenti alla poltrona o le segretarie non sono quindi di norma considerati esposti a rischio r.i.

- b) provvedere affinché i lavoratori siano classificati ai fini della radioprotezione,

- c) predisporre norme interne di protezione e sicurezza,

- d) fornire ai lavoratori, ove necessari, i mezzi di sorveglianza dosimetrica e di protezione (ad esempio camici o collari piombati),

- e) formare i lavoratori in relazione ai rischi specifici cui sono esposti,

Legislazione in materia di radioprotezione

art. 109 comma 6

Obblighi dei datori di lavoro, dirigenti e preposti

- f) provvedere affinché i singoli lavoratori osservino le norme interne e usino i mezzi di protezione,
- g) fornire al lavoratore esposto i risultati delle valutazioni di dose effettuate dall'esperto di radioprotezione che lo riguardino direttamente,

Legislazione in materia di radioprotezione

Classificazione delle aree

- Ogni area di lavoro in cui sussiste per i lavoratori il rischio di superamento di uno qualsiasi dei limiti di dose per i lavoratori esposti è classificata zona controllata.
- Ogni area di lavoro in cui sussiste per i lavoratori il rischio di superamento di uno qualsiasi dei limiti di dose per le persone del pubblico, e che non è classificata controllata, è classificata zona sorvegliata.



Legislazione in materia di radioprotezione

Classificazione delle aree



Il rischio radiologico in odontoiatria

Apparecchiature radiologiche
(raggi X)



Ortopantomografo
2D/3D (cone beam)



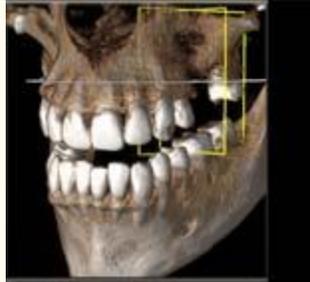
Telecranio (integrato
nell'ortopantomografo)



endorale

Il rischio radiologico in odontoatria

Apparecchiature radiologiche
(raggi X)



Ortopantomografo
2D/3D (cone beam)



endorale



Telecranio (integrato
nell'ortopantomografo)

Il rischio radiologico in odontoiatria

Dosi efficace assorbita dal paziente per alcuni tipici esami odontoiatrici:

Tipo di esame dentale	Dose Efficace (mSv)
Radiografia intraorale	1 - 8
Ortopanoramica	4 - 30
Cefalometria	2 - 3
Cone beam per piccoli volumi alveolari	34 - 652
Cone beam per grandi volumi facciali	30 - 1079

Fonte: Raccomandazioni per l'impiego corretto delle apparecchiature TC volumetriche Cone beam (GU Serie Generale n.124, maggio 2010)

Il rischio radiologico in odontoiatria

L'esposizione del paziente (sanitaria) è giustificata per rispondere al quesito diagnostico.

Quella del lavoratore, invece?

Il rischio radiologico in odontoiatria

L'esposizione del paziente (sanitaria) è giustificata per rispondere al quesito diagnostico.

Quella del lavoratore, invece?



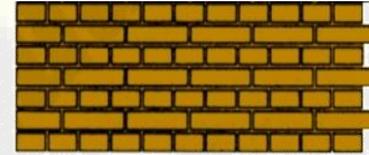
PRINCIPIO DI OTTIMIZZAZIONE

(Le esposizioni delle persone devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali)

Il rischio radiologico in odontoiatria

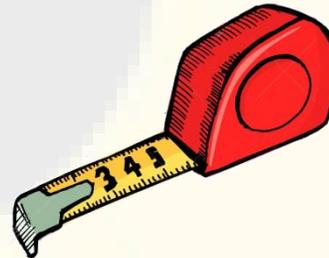
Per diminuire l'esposizione dei lavoratori l'esperto di radioprotezione valuta le eventuali misure da mettere in atto, in particolare:

Schermature



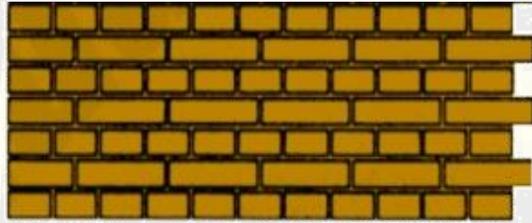
Tempo

Distanza



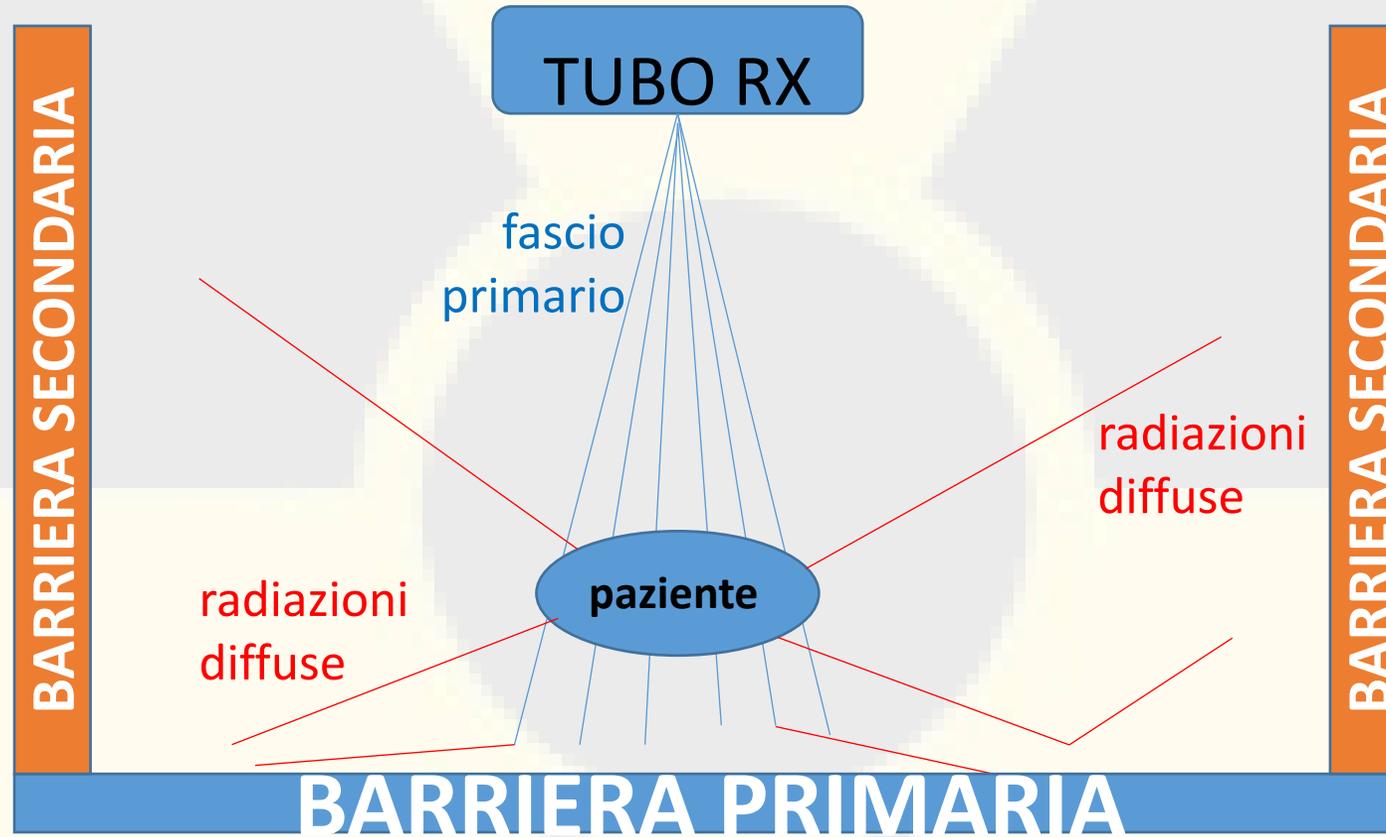
Aspetti fisici della radioprotezione

Schermature



Si distinguono in schermature (o barriere) primarie (se sono posizionate in direzione del fascio X primario) e secondarie (se vengono colpite da radiazioni X diffuse).

Aspetti fisici della radioprotezione



Aspetti fisici della radioprotezione

Schermature (per apparecchiature RX)

Per diminuire la dose trasmessa al di là di una schermatura è possibile agire:

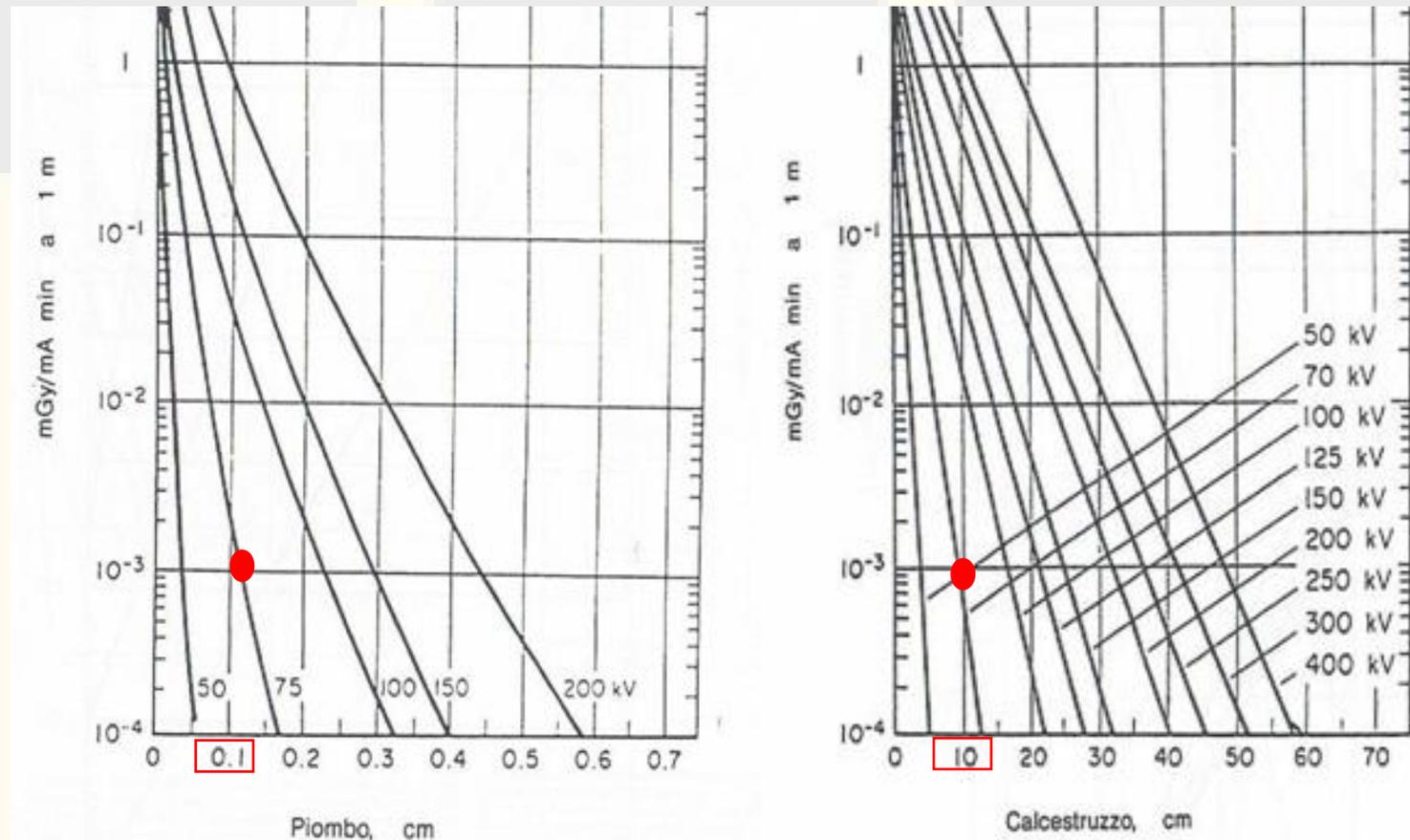
1. sul tipo di materiale (aumentando il numero atomico ovvero il “peso specifico”)
2. sullo spessore dello stesso (aumentandolo)

Aspetti fisici della radioprotezione

Schermature (per apparecchiature RX)

Ad es: per le energie tipiche degli endorali (60-70 kV):

1 mm Pb = 10 cm cemento



Aspetti fisici della radioprotezione

Tempo

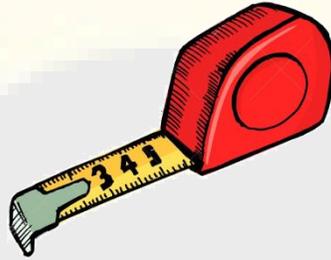


In generale per diminuire la dose associata alle esposizioni a r.i. basta diminuire il tempo delle esposizioni stesse

Ad es. dimezzare il tempo di esposizione equivale a dimezzare la dose

Aspetti fisici della radioprotezione

Distanza (per apparecchiature RX)

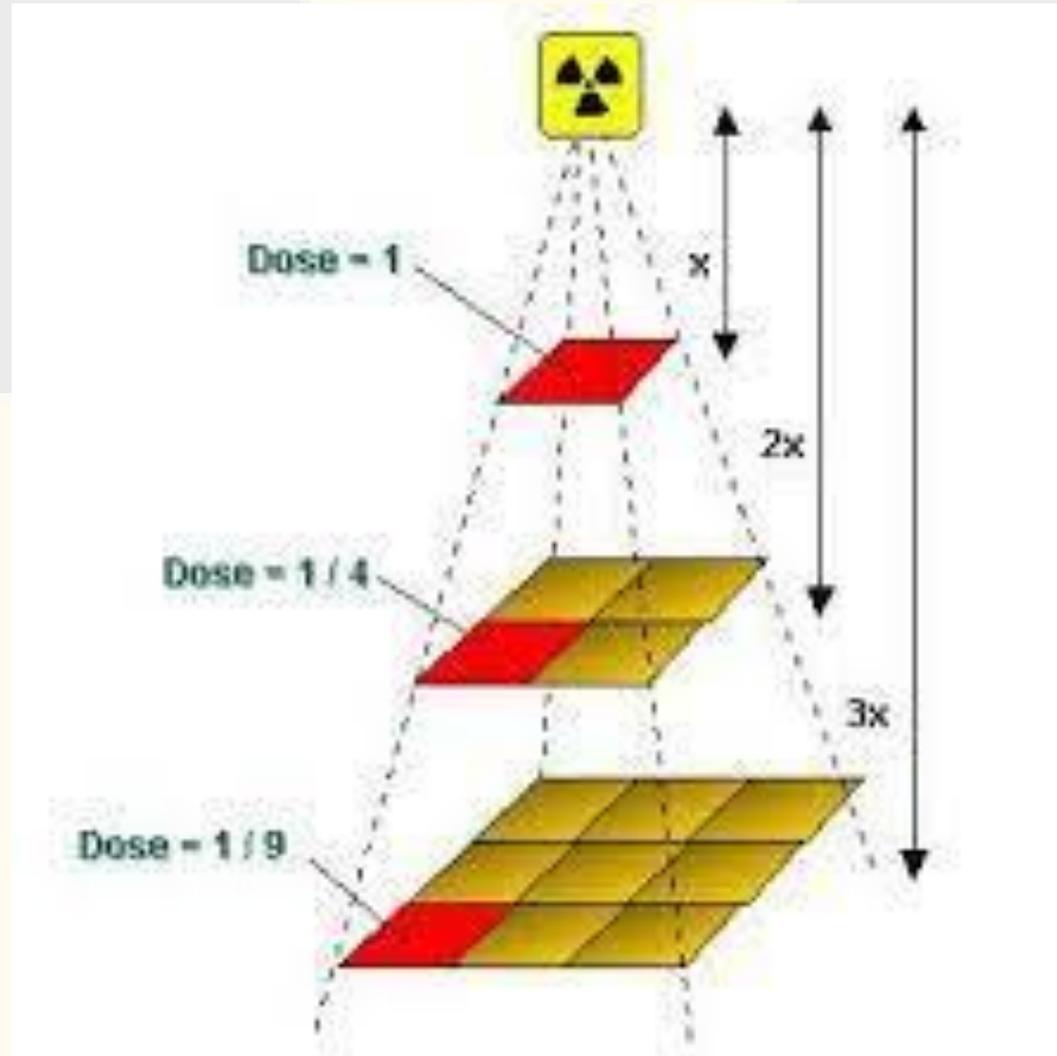


La dose $D(x)$ ad una distanza x (in metri) da una certa sorgente può essere semplicemente calcolata conoscendo la dose D_0 ad 1 metro e utilizzando la seguente relazione (legge dell'inverso del quadrato):

$$D(x) = D_0/x^2$$

Aspetti fisici della radioprotezione

Distanza (per apparecchiature RX)



Aspetti fisici della radioprotezione

I Dispositivi di protezione individuale



Aspetti fisici della radioprotezione

I Dispositivi di protezione individuale

Chi deve utilizzarli?

Aspetti fisici della radioprotezione

I Dispositivi di protezione individuale

Chi deve utilizzarli?

Solo il personale medico odontoiatrico nei casi in cui si renda necessaria l'assistenza al paziente durante l'esposizione radiologica.

Aspetti fisici della radioprotezione

Esposizioni «accidentali» ai lavoratori

Possono essere dovute a:

- Cattiva comunicazione
- Procedure mancanti/errate



**Redazione delle norme di
radioprotezione
Formazione/informazione
del personale**

Aspetti fisici della radioprotezione

Esposizioni «accidentali» ai lavoratori

Possono essere dovute a:

- Cattiva comunicazione
- Procedure mancanti/errate
- **Malfunzionamenti vari (pulsante di scatto, segnale acustico assente, ecc.)**



**Segnalazione tempestiva al
DL e all'ERP delle anomalie
Manutenzione ordinaria**

Aspetti fisici della radioprotezione

Esposizioni «accidentali» ai lavoratori

Possono essere dovute a:

- Cattiva comunicazione
- Procedure mancanti/errate
- Malfunzionamenti vari (pulsante di scatto, segnale acustico, ecc.)
- **Errata installazione dell'apparecchio RX**

Affidarsi sempre a ditte e tecnici qualificati
Attendere sempre la prima verifica dell'ERP (benestare)





GRAZIE PER L'ATTENZIONE