

DICI
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE E INDUSTRIALE
CIVILE E INDUSTRIALE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

**SERVIZIO
DI
RADIOPROTEZIONE**

Prof. Ing. Riccardo Ciolini

Tel. 050 2218026 - Cell.: 349 1287441 - E-mail: riccardo.ciolini@unipi.it

RISCHI FISICI:
“LE RADIAZIONI IONIZZANTI”



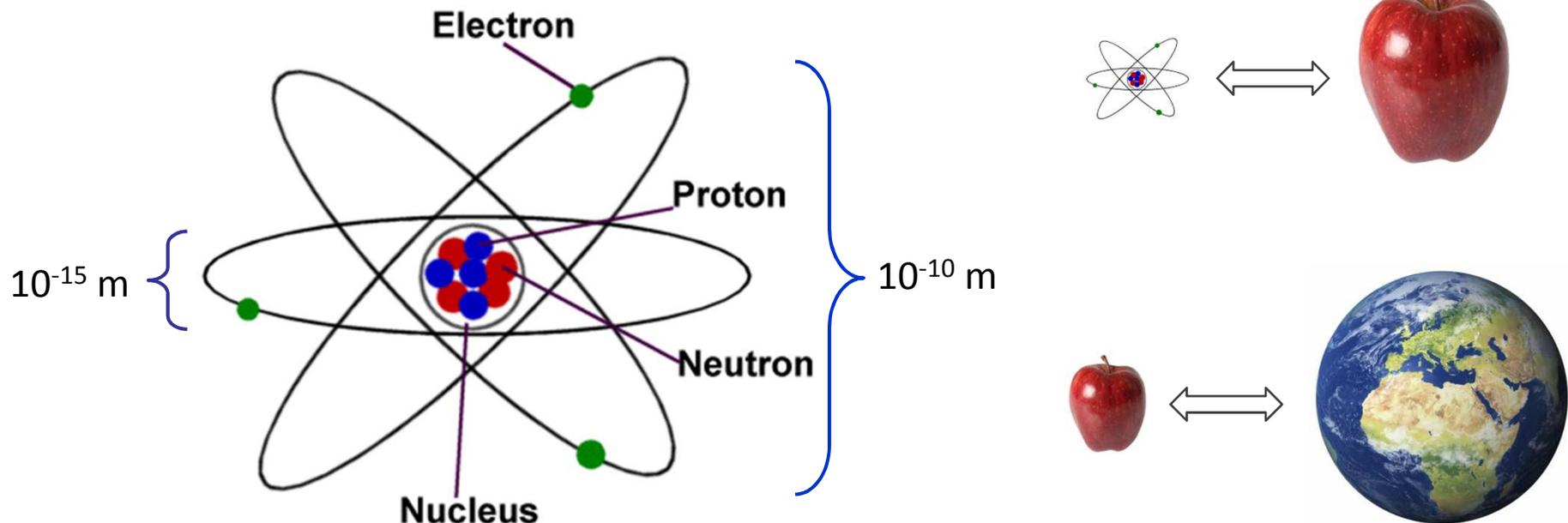
Norme di radioprotezione
Rischi connessi all'esposizione alle radiazioni ionizzanti
Sorgenti di radiazioni ionizzanti

- **Introduzione sulle radiazioni**
- **Le sorgenti di radiazioni ionizzanti**
- **Il concetto di dose**
- **I danni da radiazioni ionizzanti**
- **La Radioprotezione: obiettivi e principi**
- **La normativa in materia di radiazioni ionizzanti**
- **La sorveglianza fisica e sanitaria: l'Esperto di Radioprotezione, il Medico Autorizzato e i relativi compiti**
- **Come si riduce l'esposizione**
- **Lo smaltimento dei rifiuti radioattivi**
- **Gli obblighi dei lavoratori**



INTRODUZIONE SULLE RADIAZIONI

La materia che ci circonda (aria, acqua, terra, oggetti, esseri umani, ecc.) è fatta di atomi. L'**atomo** è la più piccola parte di un elemento che ha le stesse caratteristiche dell'elemento considerato. Anche se la parola "atomo" significa "indivisibile" (in greco), nell'atomo ci sono due regioni: il **nucleo** e la **nuvola elettronica**.



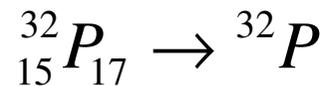
Il **nucleo** è formato da protoni ● e neutroni ● che interagiscono tra loro per mezzo delle **forze nucleari**.

- L'atomo è elettricamente neutro (il numero di elettroni è uguale al numero di protoni).
- Il nucleo è carico positivamente e contiene quasi tutta la massa dell'atomo (quindi la materia è essenzialmente vuota).

Specie nucleari

Ciascun tipo di nucleo atomico, detto anche **specie nucleare** o **nuclide**, è caratterizzato da due numeri:

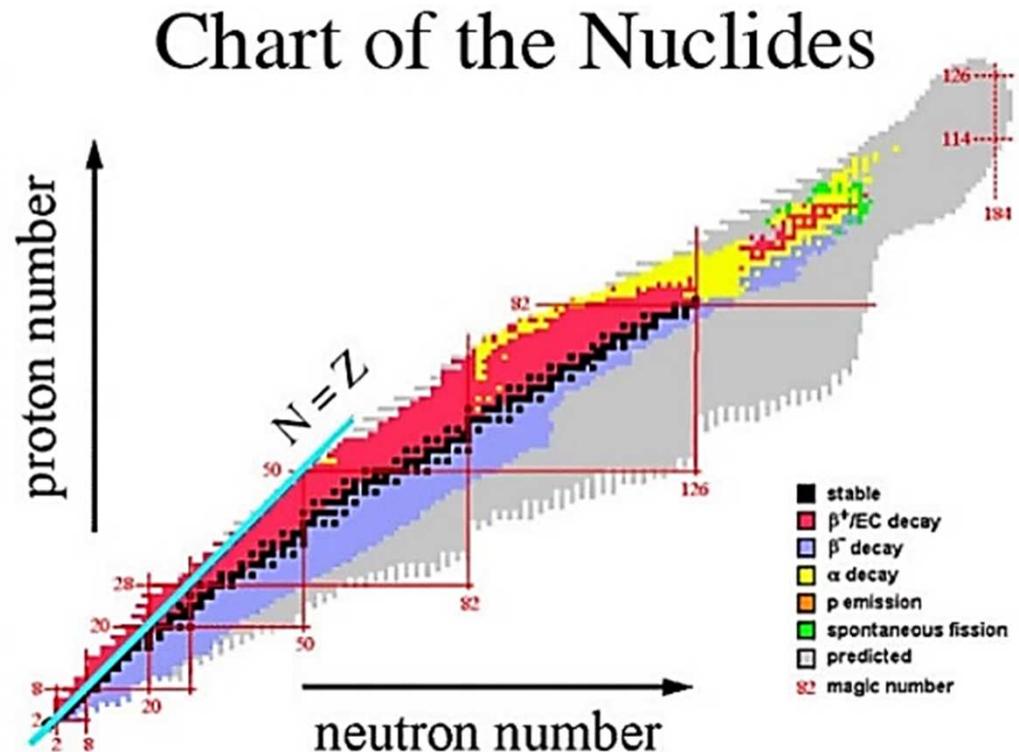
- numero atomico Z : la quantità totale di carica positiva (cioè il numero di protoni) presenti nel nucleo;
- numero di massa A : il numero di nucleoni (protoni e neutroni) nel nucleo.



Isobari: i nuclidi con lo stesso numero di massa A .

Isotopi: i nuclidi con lo stesso numero atomico Z .

- **Stabili** o **instabili** (isotopi radioattivi o radioisotopi).
- **Naturali** o **artificiali**.

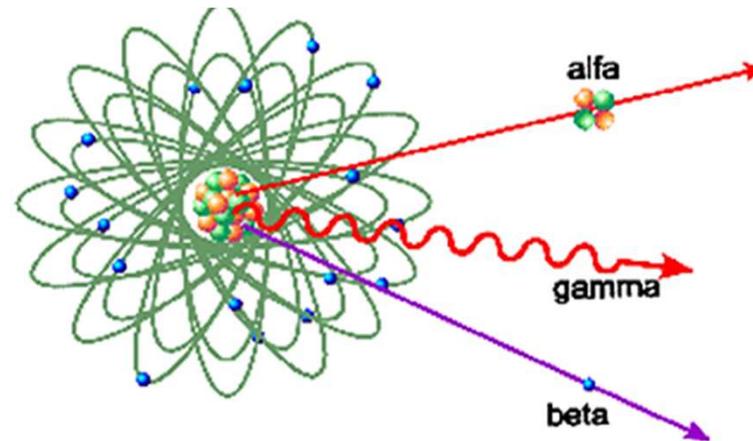


Radioattività

La radioattività (o decadimento radioattivo) è un processo nel quale **i nuclei di una sostanza radioattiva si trasformano spontaneamente, ad una velocità fissa, in altri nuclei emettendo particelle o radiazione elettromagnetica**. E' un fenomeno naturale.

Tipi di decadimento radioattivo

- α (nuclei di ^4He);
- β (elettroni, β^- , or positroni, β^+);
- γ (fotoni);
- cattura elettronica;
- conversione interna;
- fissione (emissione neutronica).



Proprietà del decadimento radioattivo

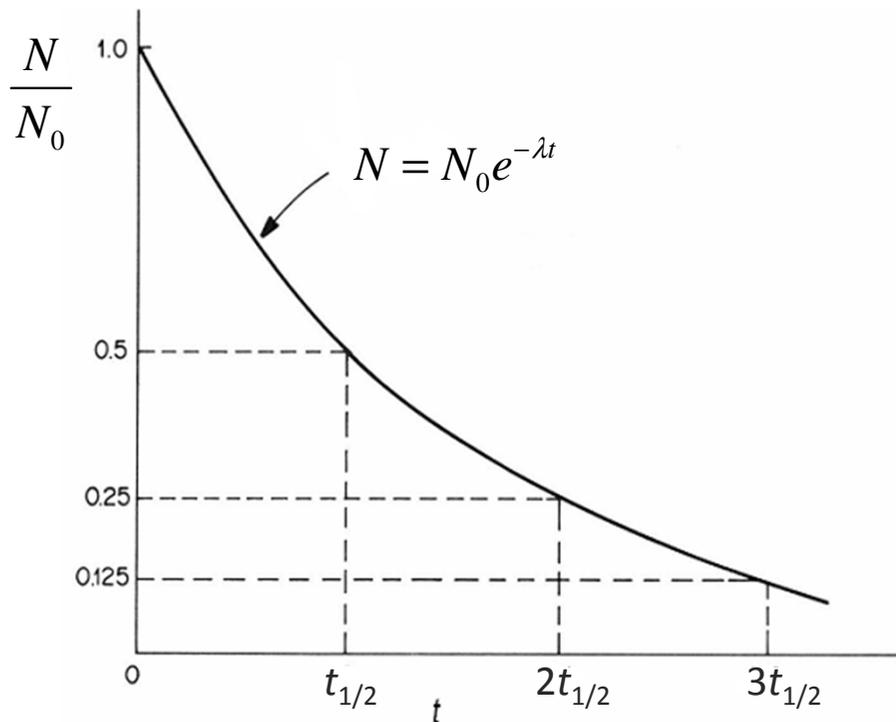
- E' un fenomeno relativo al nucleo dell'atomo, indipendente dal legame chimico dell'atomo.
- Non dipende dalla temperatura, dalla pressione, dai campi elettrici e magnetici.
- Il comportamento radioattivo di isotopi differenti dello stesso elemento non è simile.
- Tutti gli elementi con $Z \geq 84$ (Po) sono radioattivi.

Legge del decadimento radioattivo

Tutti i tipi di decadimento radioattivo (α , β , γ) seguono la **stessa** legge di decadimento. Se N_0 indica il numero iniziale di nuclei della sostanza, il numero di nuclei al tempo t è dato da:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

λ è la **costante di decadimento** ed è tipica della sostanza radioattiva considerata (le sue dimensioni sono s^{-1}).



Tempo di dimezzamento $t_{1/2}$

È il tempo richiesto affinché il numero di nuclei diventi la metà del suo valore iniziale:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

I tempi di dimezzamento dei diversi radioisotopi variano su un intervallo temporale molto grande, dai ns ai miliardi di anni.

Attività

E' la quantità fondamentale utilizzata per misurare la radioattività di una sostanza. E' definita come **il numero di trasformazioni nucleari (disintegrazioni) $-dN$ che avvengono nella sostanza nell'intervallo di tempo dt :**

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

L'attività è determinata contando il numero di particelle emesse per unità di tempo. La sua unità di misura nel Sistema Internazionale (SI) è il **becquerel (Bq)**:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ disintegrazione/s} = \text{s}^{-1}$$

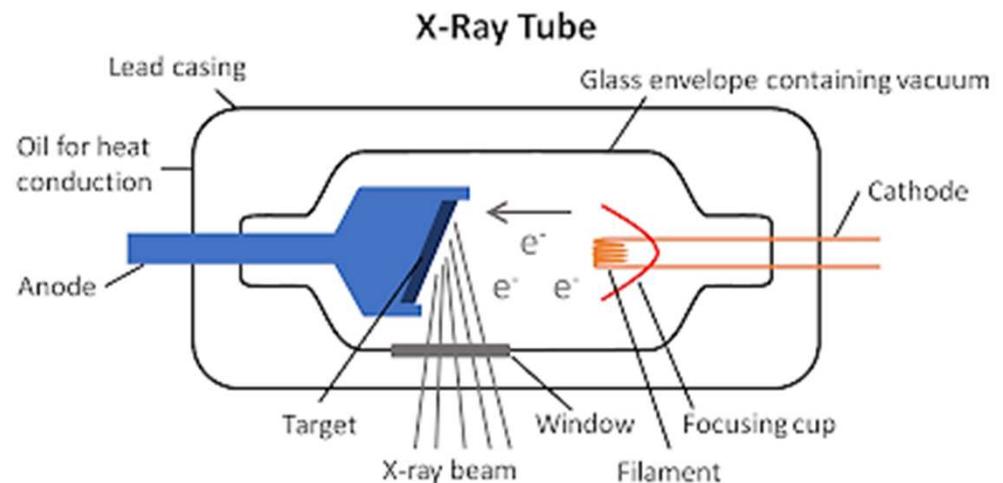
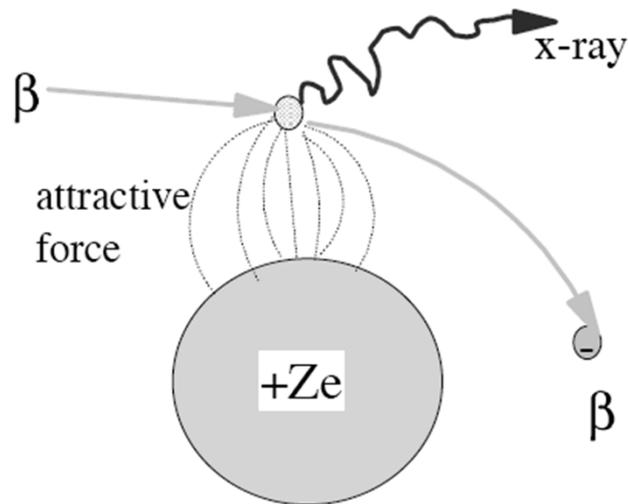
La vecchia unità di misura era il curie (Ci), che corrisponde all'attività di circa 1 g di ^{226}Ra :

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

La **vita media** del radioisotopo è il tempo che mediamente trascorre tra l'istante in cui esso viene prodotto e quello in cui decade: $\tau = 1/\lambda$

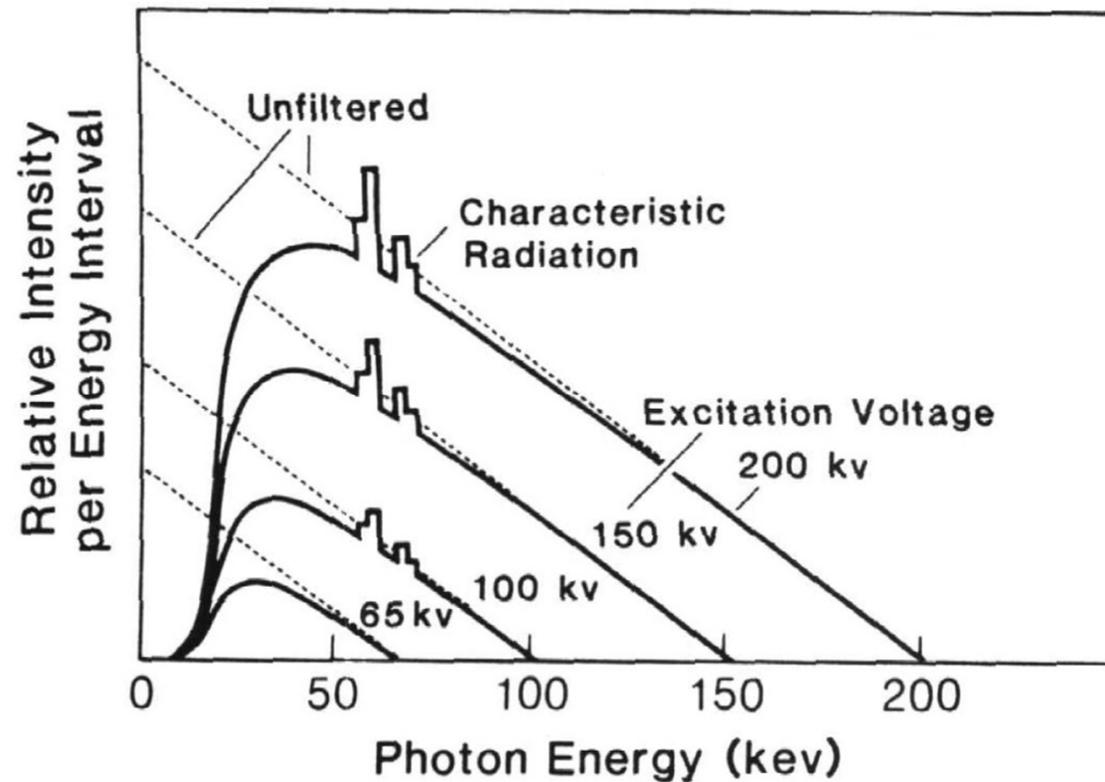
Produzione di raggi X

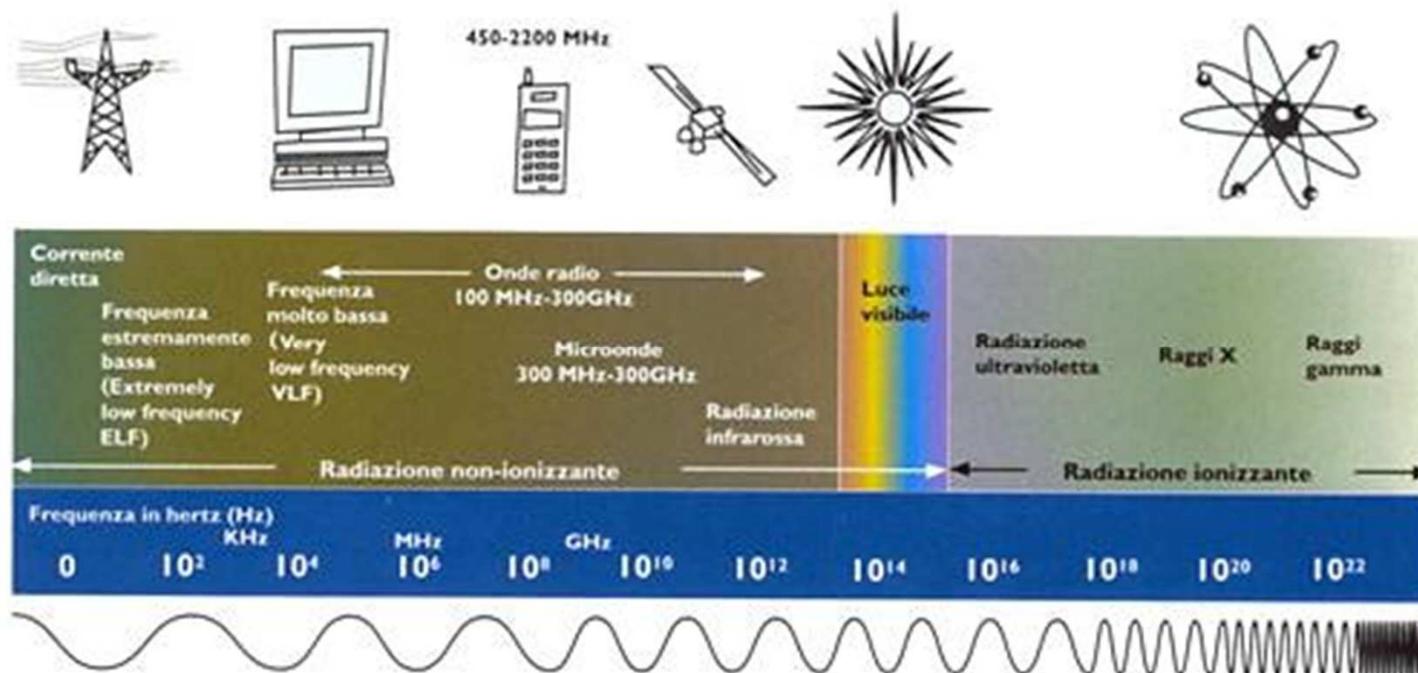
I raggi X sono prodotti per bremstrahlung (radiazione di frenamento) di particelle cariche, principalmente da fasci elettronici (l'emissione è trascurabile con fasci di particelle α).



Insieme ai raggi X ottenuti per frenamento di particelle cariche vengono emessi anche i raggi X di fluorescenza (o raggi X caratteristici): vengono prodotti quando si forma una vacanza in un certo guscio elettronico dell'atomo colpito e questa viene riempita da un elettrone che appartiene ad un guscio più esterno. L'energia emessa è uguale alla differenza tra l'energia dei due livelli coinvolti. I raggi X caratteristici sono raggruppati in **serie** (*K, L, M, ecc.*).

La radiazione X emessa ha uno **spettro energetico continuo**, sul quale si sovrappongono le linee dei **raggi X caratteristici**. L'energia di tali linee dipende dal metallo che costituisce l'anodo. L'energia massima dei raggi X dipende invece dal potenziale di accelerazione (kV).





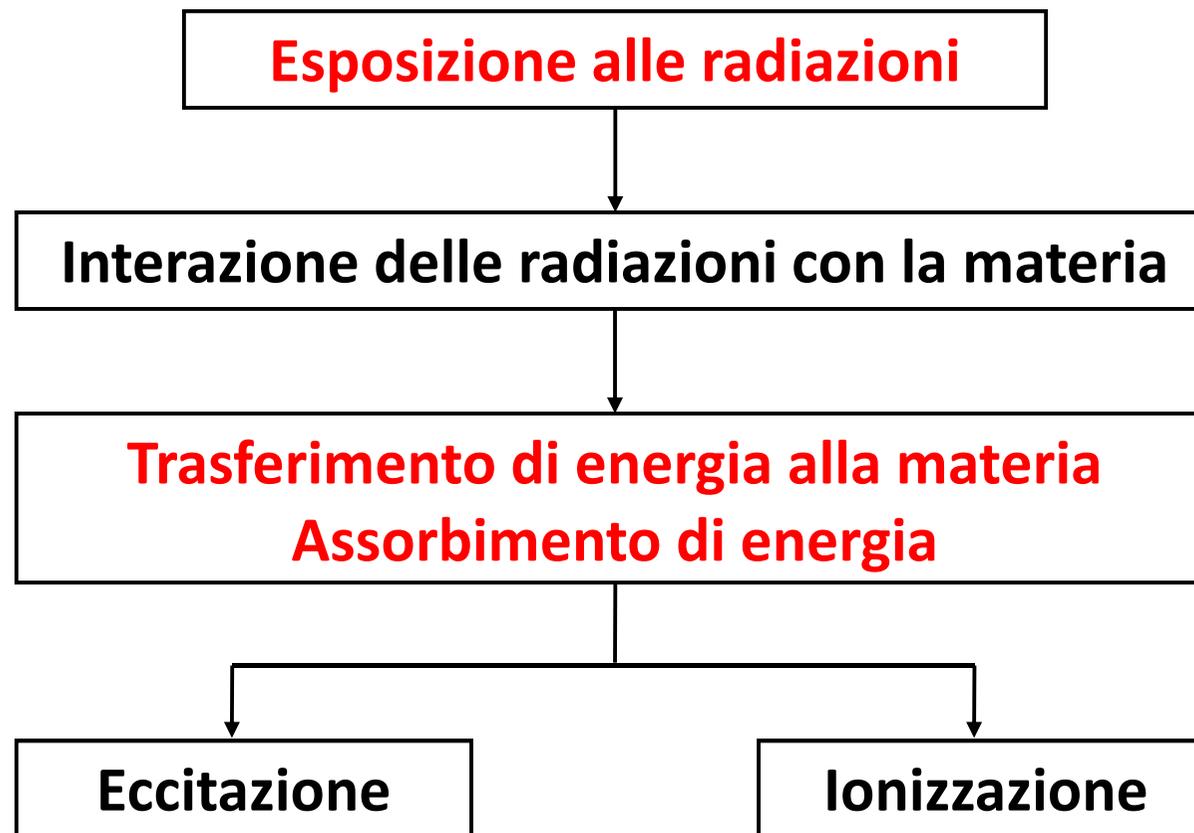
Convenzionalmente i raggi X sono definiti come radiazione elettromagnetica che è prodotta durante un processo di riarrangiamento della configurazione elettronica o emessi tramite bremsstrahlung di particelle cariche.

Sebbene siano della stessa natura, sono invece chiamati **raggi γ** tutte le radiazioni che sono originate da transizioni nucleari.

Interazioni delle radiazioni con la materia

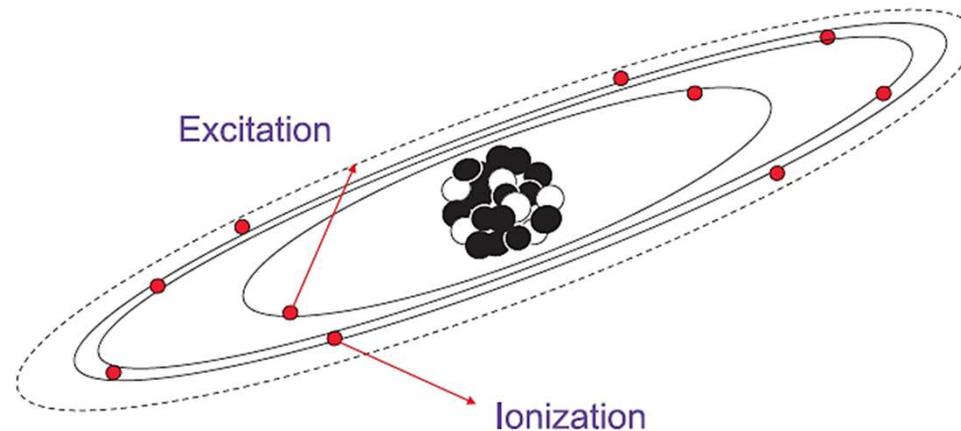
Radiazione è il termine generalmente utilizzato per descrivere **il trasporto di energia associato alla propagazione di un'onda o di una particella**. Si distingue infatti tra:

- Radiazione corpuscolare (particelle cariche pesanti, elettroni, protoni, neutroni, particelle con massa diversa da zero);
- Radiazione ondulatoria (fotoni).



Quando una radiazione è capace di produrre la ionizzazione degli atomi è definita **radiazione ionizzante** (IR = *Ionizing Radiation*).

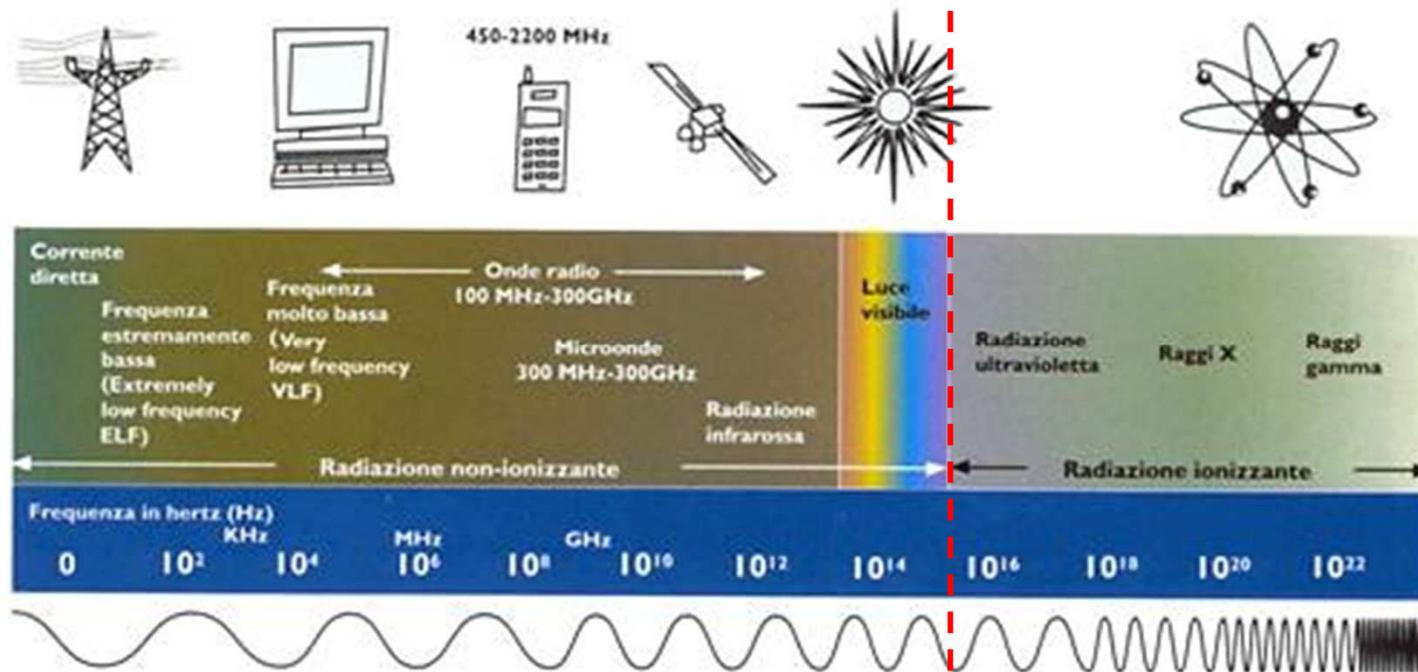
Se può produrre soltanto eccitazione degli atomi allora è definita **radiazione non ionizzante** (NIR = *Non Ionizing Radiation*).



Ionizzazione: è il processo mediante il quale un atomo, dopo aver interagito con la radiazione, perde un elettrone. Si forma una **coppia di ioni**: l'elettrone libero (negativo) e lo ione positivo (l'atomo rimanente). La più bassa energia di ionizzazione è 3.89 eV per il cesio, mentre per l'idrogeno l'energia di ionizzazione è 13.6 eV.

Eccitazione: l'elettrone di un atomo è portato in uno stato eccitato, ma rimane all'interno dell'atomo.

La ionizzazione è una caratteristica della radiazione prodotta dal decadimento di sostanze radioattive: **le emissioni radioattive, più i raggi X e i neutroni, sono complessivamente chiamati radiazioni ionizzanti.**

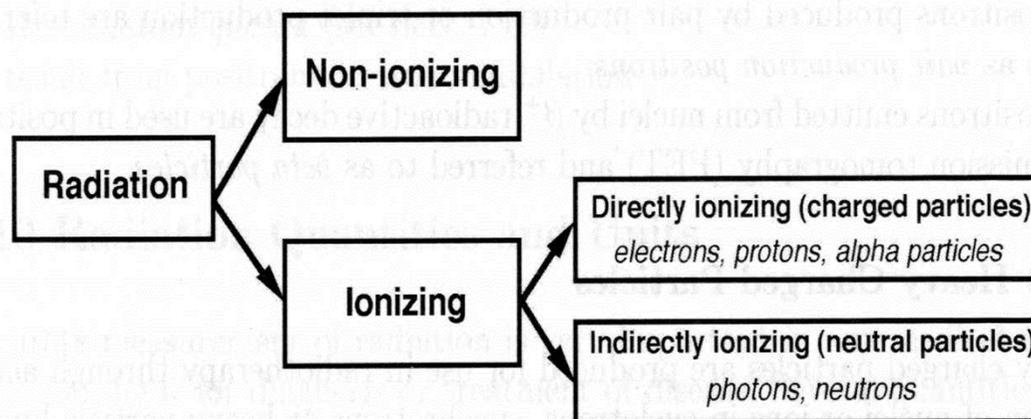


Nel caso delle onde elettromagnetiche, il confine tra radiazioni ionizzanti e non ionizzanti si ha nella regione ultravioletta, anche se non è un confine nettamente definito, poiché differenti atomi e molecole ionizzano a diverse energie. Il D. Lgs. 101/2020 assume che la radiazione ionizzante sia formata da **particelle o onde elettromagnetiche aventi una lunghezza d'onda non superiore a 100 nm** (che corrisponde, per il fotone, ad un'energia di 12.4 eV) o con frequenza non inferiore a $3 \cdot 10^{15}$ Hz, in grado di produrre ioni direttamente o indirettamente interagendo con la materia.

Quindi nello spettro elettromagnetico, i raggi gamma, i raggi X e la parte alta dell'ultravioletto sono radiazioni ionizzanti.

A sua volta, le radiazioni ionizzanti sono suddivise in:

- **radiazioni direttamente ionizzanti;**
- **radiazioni non direttamente ionizzanti.**

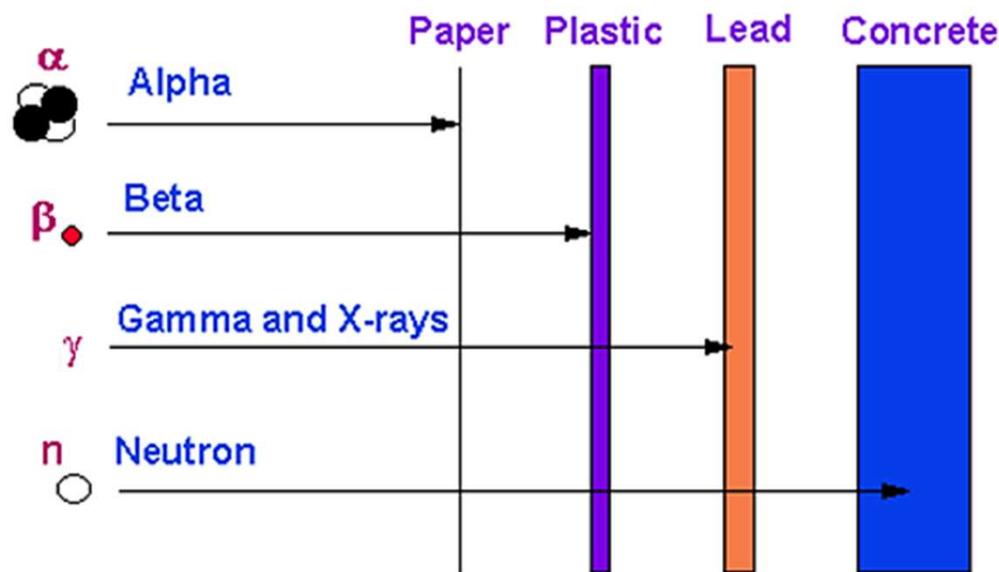


Particelle α : percorso molto breve in aria (un foglio di carta è normalmente sufficiente per fermarle).

Particelle β : percorso limitato (alcuni m) in aria (un foglio di alluminio o di plastica di alcuni mm di spessore sono sufficienti per fermarle).

Raggi X e γ : penetrazione molto elevata (centinaia di metri) in aria (pochi cm di piombo possono fermarli).

Neutroni: penetrazione molto alta (centinaia di m) in aria (uno spesso strato di cemento, acqua o paraffina è necessario per fermarli).

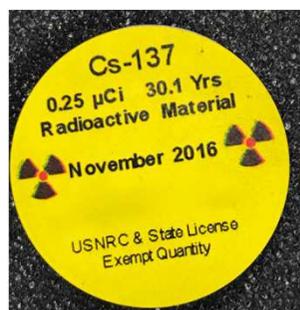


LE SORGENTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

Le sostanze radioattive (radioisotopi artificiali)

Sono prodotte artificialmente mediante l'impiego di reattori nucleari o di acceleratori di particelle, partendo da isotopi già presenti in natura. Esse danno luogo ad irradiazione con continuità fino al loro completo decadimento.

- **Sorgente sigillata**: una sorgente radioattiva in cui il materiale radioattivo è sigillato in permanenza in una capsula o incorporato in un corpo solido con l'obiettivo di prevenire, in normali condizioni di uso, qualsiasi dispersione di sostanze radioattive, secondo quanto stabilito dalle norme di buona tecnica.
- **Sorgente non sigillata**: qualsiasi sorgente che non corrisponde alle caratteristiche o ai requisiti della sorgente sigillata.

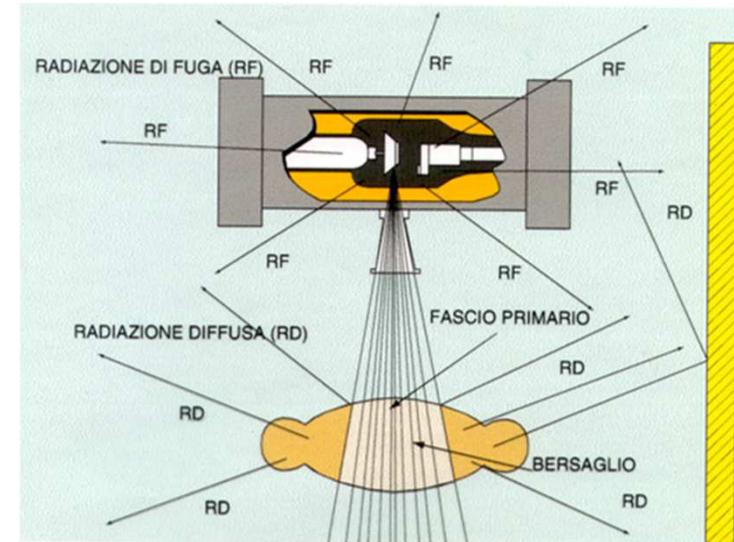


Le macchine radiogene

Apparecchi generatori di fasci di particelle cariche e/o di raggi X. Esse danno luogo a irradiazione solo durante il loro funzionamento (**se non alimentate elettricamente non emettono radiazioni**).

Schema di irraggiamento

La radiazione primaria (**fascio primario**) esce dal tubo a raggi X, delimitata dai collimatori, filtrata ed incide sul bersaglio (paziente, campione da analizzare). Parte del fascio primario interagisce con il bersaglio e viene assorbita o **diffusa** (RD) e parte attraversa il bersaglio e viene “trasmessa”. Dal tubo a raggi X “emerge” anche la **radiazione di fuga** (RF), che non è compresa nel fascio “utile”.



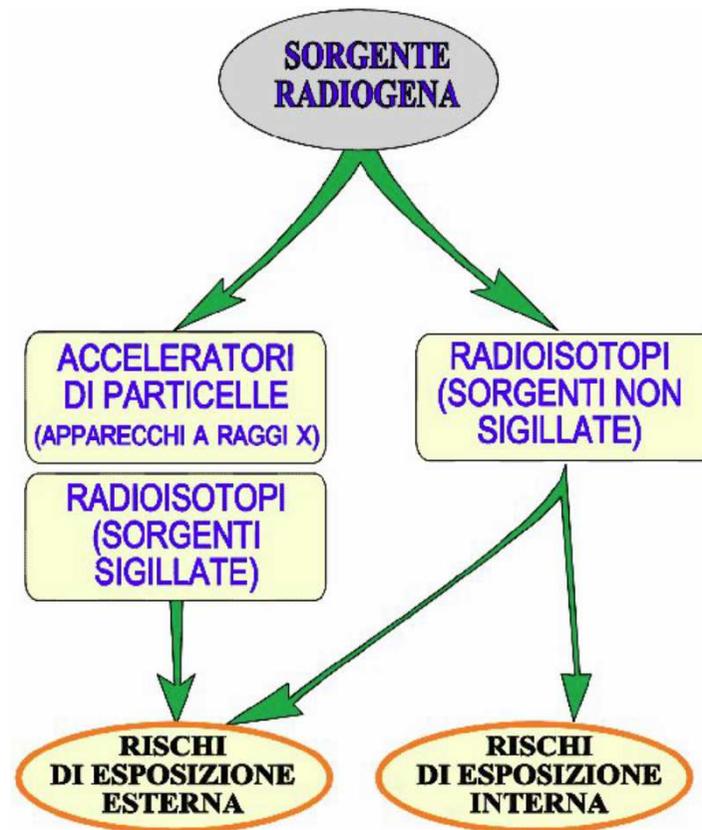
Per le macchine radiogene si definiscono:

- **differenza di potenziale applicata al tubo** V [kV] (parametro importante per gli adempimenti di legge);
- **corrente anodica** I [mA];
- **potenza del tubo** = $I \times V$ [mA·kV] o [kW];
- **filtrazione** (SEV, spessore emivalente) [mm Al o mm Cu];
- **carico di lavoro** [mA·min/sett].

Esistono diverse apparecchiature che, nel campo della ricerca, sfruttano le radiazioni ionizzanti per effettuare misure, analisi e controlli. Tra esse quelle maggiormente utilizzate sono:

- spettrometro;
- diffrattometro;
- microscopio elettronico;
- rivelatore a cattura di elettroni per gascromatografia;
- analizzatore XRF;
- apparecchiature per diagnostica per immagini.





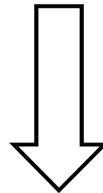
Causano:

- **Irradiazione esterna**: quando la sorgente di radiazioni ionizzanti resta all'esterno del corpo umano (sostanze radioattive in forma sigillata e macchine radiogene).
- **Irradiazione interna (contaminazione)**: può aversi quando si manipolano sostanze radioattive in forma non sigillata.

IL CONCETTO DI DOSE

Per poter studiare gli **effetti** prodotti dall'assorbimento di energia dalle radiazioni ionizzanti nell'interazione con la materia (corpo umano), il modo più semplice di definire il concetto di dose è il seguente:

DOSE



Quantità di radiazioni capaci di produrre in un materiale un certo danno

Per tenere conto delle caratteristiche del campo di radiazioni e dalle proprietà del mezzo irradiato sono state introdotte le **GRANDEZZE DOSIMETRICHE**:

- **dose assorbita;**
- **dose equivalente;**
- **dose efficace.**

Dose assorbita $D_{T,R}$

La grandezza di base associata con il danno biologico di un materiale (tessuto) irradiato è la dose assorbita $D_{T,R}$, che è definita come:

$$D_{T,R} = \frac{E}{m_T}$$

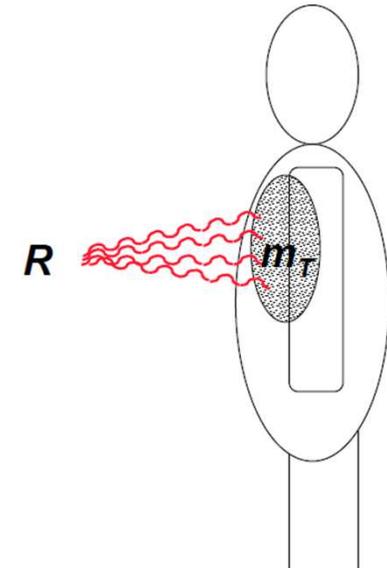
dove E è l'energia depositata dalla radiazione R nel tessuto o nell'organo T di massa m_T . Nel caso dell'irraggiamento di una massa infinitesima dm si può scrivere:

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm}$$

quindi:

$$D_{T,R} = \frac{1}{m_T} \int_{m_T} D dm$$

La dose assorbita è misurata in gray: **1 Gy = 1 J/kg**. E' una quantità definita per **tutti i tipi** di radiazioni ionizzanti in **qualsiasi mezzo**.



Dose equivalente $H_{T,R}$

La dose assorbita $D_{T,R}$ non è sufficiente per valutare il danno biologico delle radiazioni ionizzanti, perché questo dipende anche dal **tipo di radiazione**. Per tale scopo è stata introdotta la grandezza dose equivalente $H_{T,R}$ come la dose assorbita moltiplicata per il **fattore di peso della radiazione w_R** :

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

dove w_R è utilizzato per indicare il grado di risposta a ciascun tipo di radiazione e dipende dal **LET** (*Linear Energy Transfer*, trasferimento lineare di energia) della radiazione: *una radiazione ad alto LET è più efficace a produrre un danno di quanto non lo sia una radiazione a basso LET*.

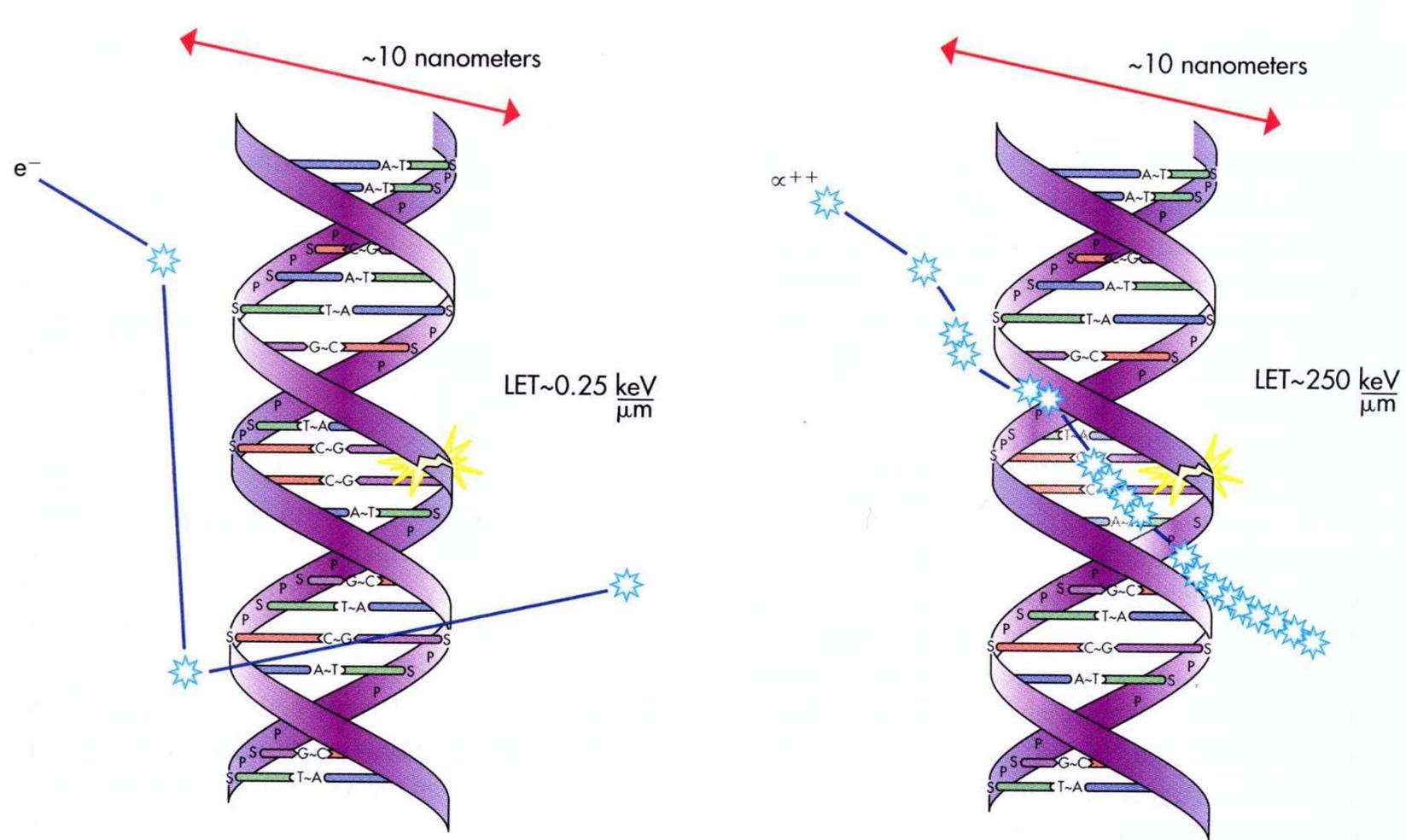
Quando il campo di radiazioni è composto da tipi ed energie con valori diversi di w_R , la dose equivalente totale è data da:

$$H_T = \sum_R H_{T,R} = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Radiazione	Fattore di peso della radiazione w_R
Fotoni, elettroni e muoni	1
Protoni e pioni carichi	2
Particelle alfa, frammenti di fissione, ioni pesanti	20
Neutroni	2.5 – 20

La dose equivalente si misura in sievert: **1 Sv = 1 J/kg**.

Importanza del trasferimento lineare di energia della radiazione (LET, *Linear Energy Transfer*)



Dose efficace E

La dose equivalente H_T non considera la distribuzione di dose nel corpo umano, cioè quali organi o tessuti siano stati irraggiati. Pertanto viene introdotta la dose efficace E , definita come la somma delle dosi equivalenti moltiplicate ciascuna per il **fattore di peso del tessuto irraggiato w_T** , che rappresenta la **radiosensibilità** dell'organo o tessuto, cioè la sua suscettibilità agli effetti dannosi delle radiazioni ionizzanti:

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

Organo o tessuto	Fattore di peso del tessuto w_T
Midollo osseo rosso, colon, polmoni, stomaco, mammelle	0,12
Gonadi	0,08
Vescica, esofago, fegato, tiroide	0,04
Superficie ossea, cervello, ghiandole salivari, pelle	0,01

La dose efficace si misura in sievert: **1 Sv = 1 J/kg**. La dose efficace è una grandezza di radioprotezione attraverso la quale si esprimono i **fattori di rischio** e i **limiti di dose**: un dato valore della dose efficace è associato ad *una data probabilità di insorgenza di un tumore o di effetti genetici* dovuti alle radiazioni, indipendentemente dal tipo di radiazione e dalla sua energia, dall'irraggiamento parziale o uniforme del corpo umano.

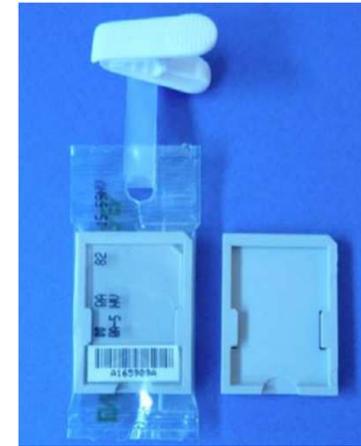
Misura della dose: i dosimetri



Dosimetri termoluminescenti



Dosimetri a film



Dosimetri a tracce

Fantocci di calibrazione (ISO 4037-3, 2019)

- **Slab**: 30 x 30 x 15 cm³ con 2.5 mm di parete frontale in PMMA, riempito con acqua; tutte le altre pareti sono spesse 10 mm; simula il **tronco umano**.
- **Pillar**: diametro 73 mm x 30 cm di altezza con 2.5 mm di parete in PMMA, riempito con acqua; le basi sono ciascuna di spessore 10 mm; simula il braccio e la parte bassa della gamba (**polso e caviglia**).
- **Rod**: barra solida di PMMA, 19 mm di diametro x 30 cm di altezza; simula un **dito**.



I DANNI DA RADIAZIONI IONIZZANTI

Irradiazione esterna

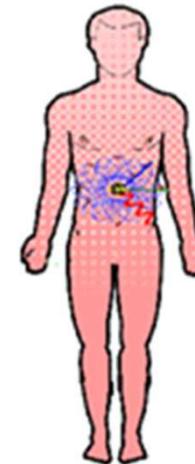
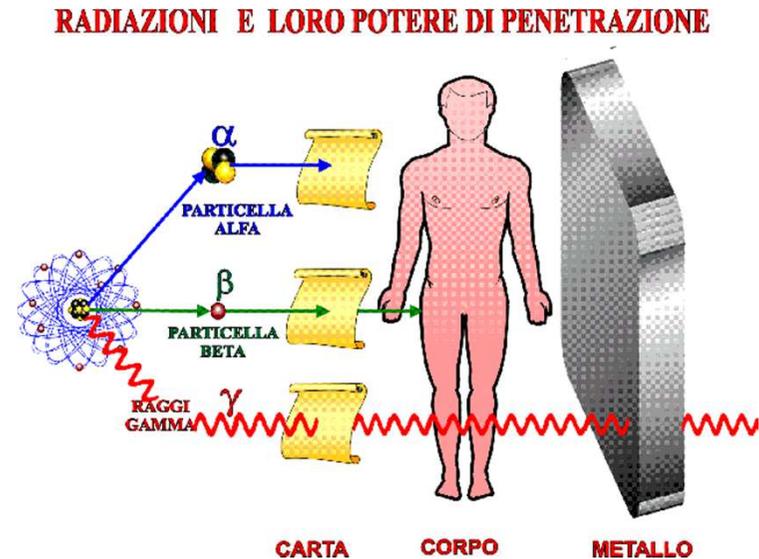
I danni da radiazioni dipendono da:

- capacità di penetrazione delle radiazioni nei tessuti corporei** (il corpo umano può essere assimilato ad acqua + aria + fosfato tricalcico, cioè $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, che rappresenta l'86% della composizione dell'osso);
- profondità e caratteristiche dei vari organi e tessuti corporei.**

Irradiazione interna

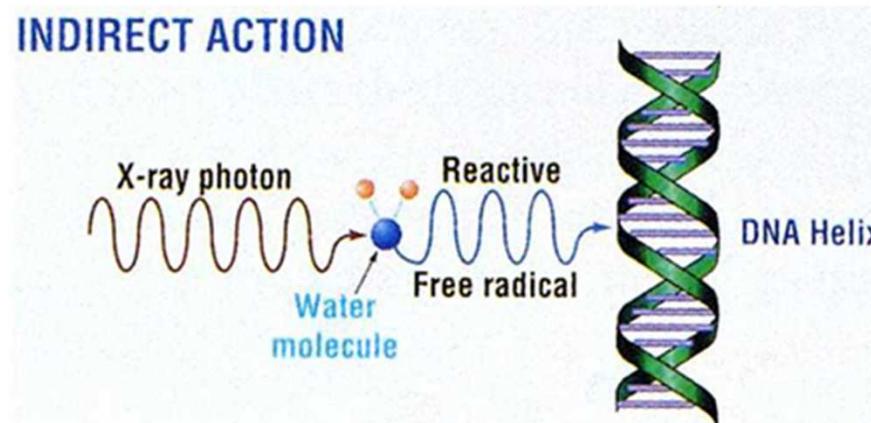
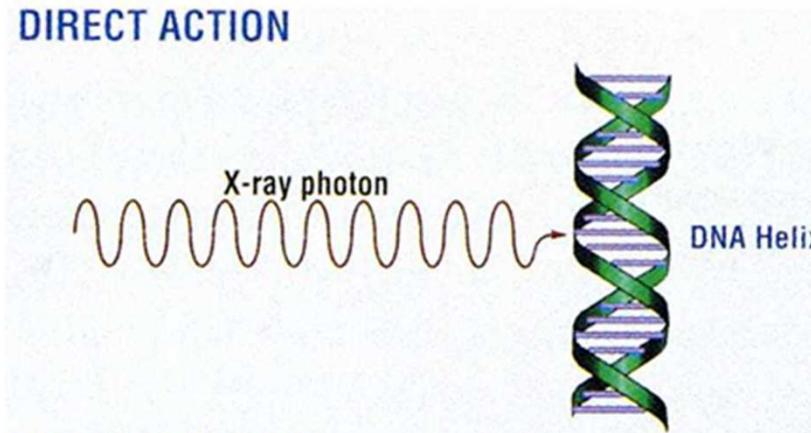
I danni da radiazioni dipendono da:

- caratteristiche fisiche e comportamento chimico dei radionuclidi** (tempo di dimezzamento radioattivo e biologico) all'interno del corpo umano;
- modalità di introduzione:** per inalazione, per ingestione, per via cutanea (adsorbimento, inoculazione, ferita).

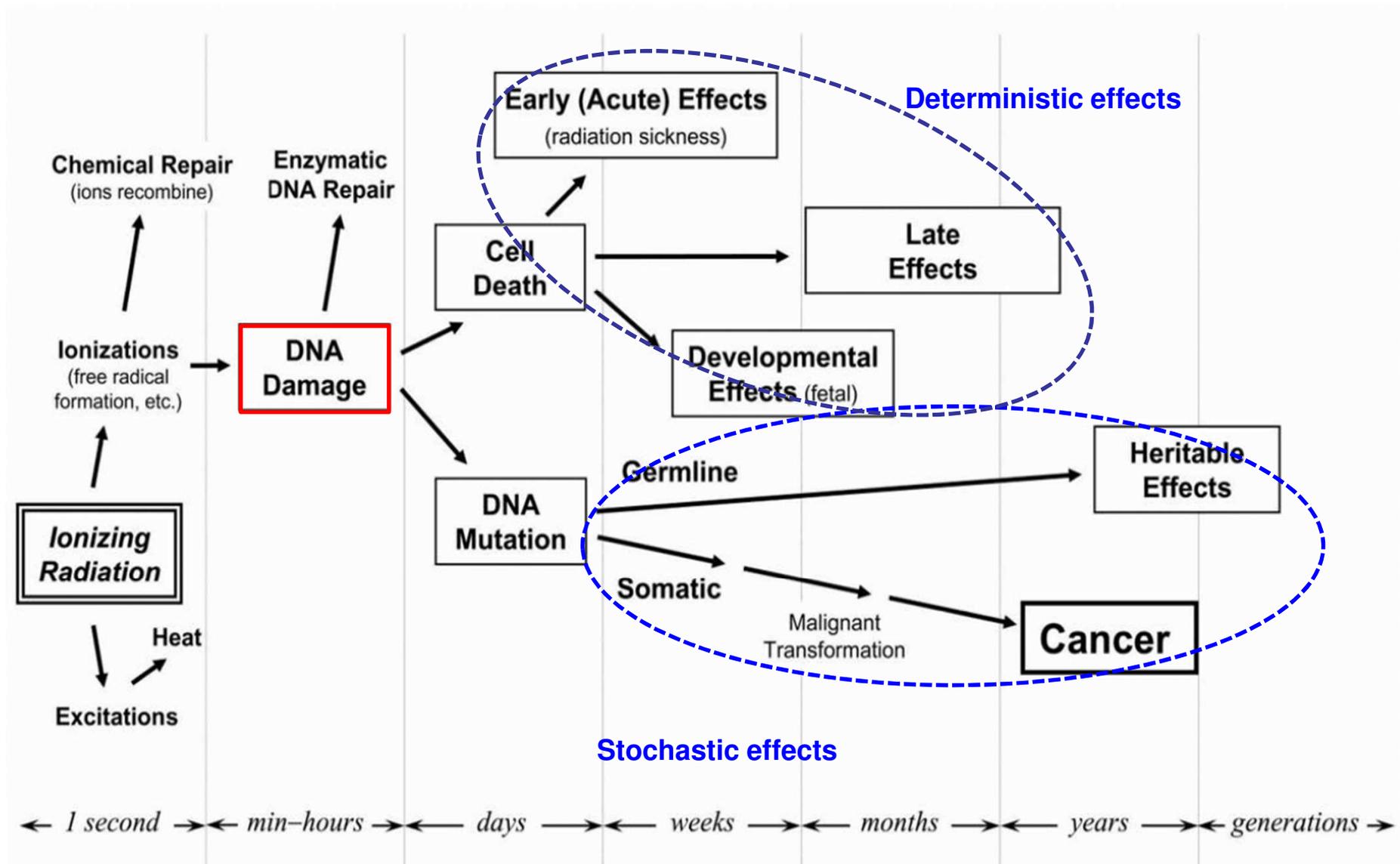


Meccanismo di danno da radiazione

Le interazioni delle radiazioni con il corpo umano producono calore (piccolissime quantità), ma gli effetti dovuti alle radiazioni sono legati alla distruzione di legami chimici nel **DNA**.



Schema del danno da radiazione ionizzante



I danni da radiazioni ionizzanti si distinguono in:

Danni somatici: si hanno nell'*individuo irraggiato* (sono dovuti ad un danno alle cellule somatiche dell'individuo irraggiato).

Danni ereditari: si manifestano nella *progenie dell'individuo irraggiato* (sono dei danni alle cellule germinali dell'individuo irraggiato causati da mutazioni cromosomiche e/o geniche).

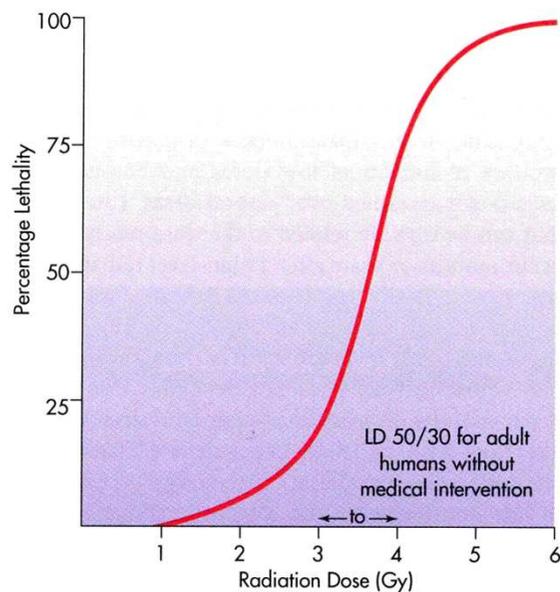
Danni deterministici: effetti somatici che si manifestano sopra una dose soglia.

Danni stocastici: effetti somatici o ereditari che avvengono in maniera probabilistica.

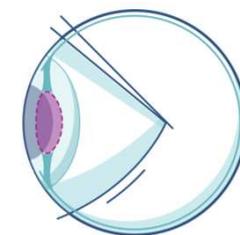
Danni deterministici

- Si manifestano al superamento di una **dose soglia**; se la dose è mantenuta sotto la soglia, l'effetto non viene osservato.
- L'**entità** del danno aumenta al crescere della dose sopra il valore di soglia.
- Si manifestano in tutti gli individui irraggiati dopo un **periodo di latenza** (che può essere breve, ore o giorni, per gli irraggiamenti acuti o più lungo per gli irraggiamenti cronici).

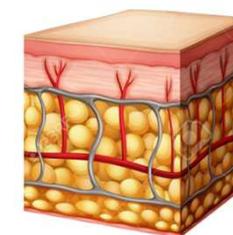
Esempi: radiodermite, sterilità, cataratta, sindrome acuta da radiazioni, ecc.



Cataratta		
Tipo di esposizione	Soglia di dose (Gy)	Tempo di manifestazione dell'effetto
Acuta	0.3–0.4 (prima: 2–7 Gy)	Mesi
Occupazionale (2 mesi)	4	Anni
Occupazionale (4 mesi)	5,5	Anni



Effetti sulla pelle		
Effetto	Soglia di dose singola (Gy)	Tempo di manifestazione dell'effetto
Eritema transitorio	2	Poche ore
Epilazione temporanea	3	3 settimane
Eritema permanente	6	10 giorni
Epilazione permanente (capelli)	7	3 settimane
Desquamazione secca	10	4 settimane
Desquamazione umida	15	4 settimane
Eritema tardivo	15	6–10 settimane
Necrosi cutanea	18	> 10 settimane
Ulcerazione cutanea	20	> 6 settimane



Corpo-intero, dosi acute elevate

Dose (Gy)	Symptoms	Remarks
0-0.25	None	No clinically significant effects.
0.25-1	Mostly none. A few persons may exhibit mild prodromal symptoms, such as nausea and anorexia	Bone marrow damaged; decrease in red and white blood-cell counts and platelet count. Lymph nodes and spleen injured; lymphocyte count decreases.
1-3	Mild to severe nausea, malaise, anorexia, infection.	Hematologic damage more severe. Recovery probable, though not assured.
3-6	Severe effects as above, plus hemorrhaging, infection, diarrhea, epilation, temporary sterility.	Fatalities will occur in the range 3.5 Gy without treatment.
More than 6	Above symptoms plus impairment of central nervous system; incapacitation at doses above ~ 10 Gy.	Death expected.

Dose letale (LD 50/30): si riferisce alla dose acuta al corpo intero che è *letale per il 50% della popolazione esposta entro 30 giorni dall'esposizione senza nessun intervento medico.*

Danni stocastici

- La **probabilità di accadimento** (cioè la frazione delle persone in una popolazione che mostrano l'effetto) è proporzionale alla dose.
 - Cautelativamente è **esclusa** l'esistenza di una dose soglia.
 - Si manifestano in modo casuale tra gli individui dopo **anni di latenza**.
 - L'entità dell'effetto non è correlata alla dose (effetto tutto o niente): una volta che l'effetto si è manifestato, la sua gravità dipende dalla natura dell'effetto stesso.
- Esempi: leucemie, tumori solidi, malattie ereditarie nella progenie.

Il tempo di latenza di questi effetti può essere molto lungo, cosa che rende difficile correlare la causa con l'effetto stesso. Inoltre, molti altri tipi di agenti possono indurre tali danni, ed è quindi difficile individuarne la causa precisa, soprattutto a bassi livelli di radiazioni (vicino ai livelli del fondo ambientale).

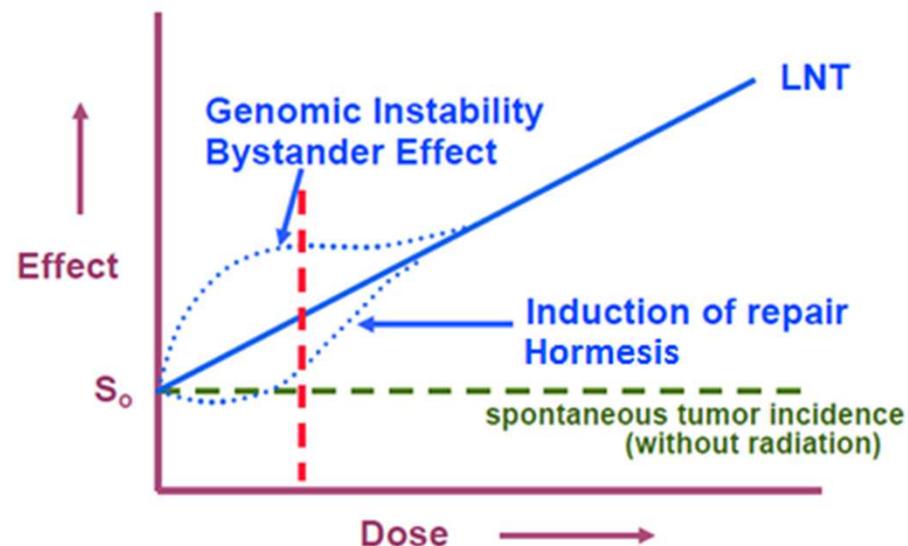
Danni all'embrione-feto

Sono danni di tipo stocastico e variano con la fase dello sviluppo.

Esempi: morte, malformazioni alla nascita, neoplasie in epoca post-natale.

Modello lineare senza soglia (LNT model) per i danni stocastici

The LNT model receives considerable, although not decisive, support from epidemiological studies of radiation-related cancer risk, in the sense that **the risk of mortality and morbidity** from all solid cancers combined in the Life Span Study is **proportional to radiation dose down to about 100 mGy, below which statistical variation in baseline risk, as well as small and uncontrollable biases, increasingly tend to obscure evidence concerning any radiation-related risk.** This uncertainty is the main reason why it is generally impossible to determine, on epidemiological grounds alone, that there is, or is not, an increased risk of cancer associated with radiation exposures of the order of a few tens of mSv and below (from ICRP 103, 2007, Annex A).



LA RADIOPROTEZIONE: OBIETTIVI E PRINCIPI

Concetto di rischio

$$R = p \times D$$

con:

R = rischio;

p = probabilità del verificarsi dell'evento;

D = entità del danno.

Cause:

- errore umano;
- mancanza di procedure di riferimento;
- mancanza di controlli.

$$R = \frac{p \times D}{k}$$

k = fattore dipendente da formazione/informazione.

La radioprotezione

La radioprotezione è la protezione delle persone dagli effetti dannosi delle radiazioni ionizzanti e i mezzi per ottenere tale protezione (definizione IAEA, International Atomic Energy Agency).



Più in generale, la radioprotezione riguarda **la protezione della salute degli individui singoli, della collettività, dei discendenti, di tutto il genere umano, come pure la protezione dell'ambiente naturale** durante le attività che comportano un'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

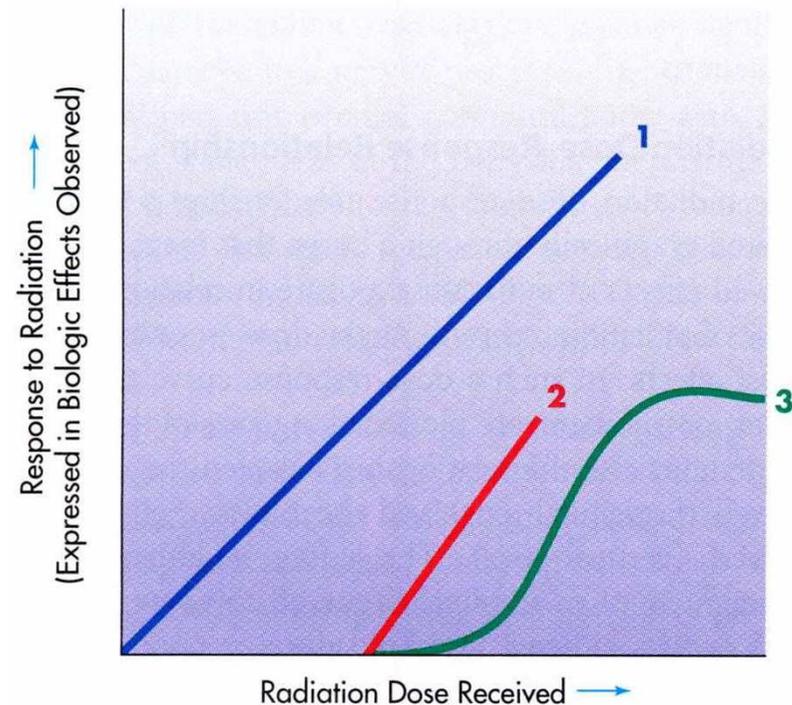
Gli obiettivi della radioprotezione sono pertanto:

- **prevenire l'occorrenza degli effetti deterministici** nelle persone esposte;
- **limitare a livelli considerati accettabili le probabilità di accadimento degli effetti stocastici** per i quali è formulata l'ipotesi di mancanza di soglia di dose; cioè (*ICRP, Pubblicazione n. 26 del 1977*):
- prevenire le forme “morbose” che seguono a forti dosi (dosi acute);
- limitare tumori e malattie ereditarie che possono derivare da piccole dosi (dosi croniche).

1. **Modello LNT (*Linearity No Threshold*):**
basandosi sul fatto che gli effetti genetici e i tumori possono risultare dal danno ad una singola cellula, **il rischio di effetti stocastici è assunto essere proporzionale alla dose senza soglia.**

2. Modello lineare con soglia.

3. Modello non lineare (per alte dosi).



Rischio da radiazione

	NCRP Report No. 91 (NCRP, 1987)	ICRP Publication 60 (ICRP, 1991a)	NCRP Report No. 116
Workers	$1.25 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for fatal cancer ^a	$4.0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for fatal cancer	$4.0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for fatal cancer
	$0.4 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for severe genetic effects ^a	$0.8 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ nonfatal cancer detriment	$0.8 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ nonfatal cancer detriment
Members of the Public	(not specifically addressed)	$0.8 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for severe genetic effects	$0.8 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for severe genetic effects
		$5.0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for fatal cancer	$5.0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for fatal cancer
		$1.0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for nonfatal cancer	$1.0 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for nonfatal cancer
Embryo-fetus		$1.3 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for severe genetic effects	$1.3 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ for severe genetic effects
	$20 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ total detriment (UNSCEAR, 1986)	(not specifically stated)	$\sim 10 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$

Principi generali della radioprotezione

In ragione dei rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, l'ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) ha elaborato, nel corso di alcuni decenni, un sistema di limitazione delle dosi ai fini della radioprotezione che è basato sui seguenti tre principi.

Principio di giustificazione

Ogni attività che comporta l'esposizione alle radiazioni deve essere preventivamente giustificata e periodicamente verificata sul fatto che il beneficio atteso per i singoli individui o per la collettività sia prevalente rispetto al detrimento sanitario che essa potrebbe causare (ciascuna esposizione, anche se di bassa entità, ha sempre un rischio associato, sulla base dell'ipotesi di linearità senza soglia), cioè si devono avere **più benefici che svantaggi**.

Principio di ottimizzazione (principio ALARA)

Deve essere assicurato che il **detrimento sanitario** della società (cioè le dosi individuali, la probabilità dell'esposizione e il numero di individui esposti) che deriva dalle esposizioni giustificate alle radiazioni ionizzanti sia **mantenuto al minimo ragionevolmente ottenibile** (ALARA, "as low as reasonably achievable"), tenendo conto dello stato delle conoscenze tecniche e dei fattori economici e sociali.

Principio di limitazione delle dosi

Nelle situazioni di esposizione giustificata e ottimizzata, la somma delle dosi assorbite e impegnate cui è esposto un individuo **non può superare i limiti** corrispondenti a dei livelli di rischio accettabile (le esposizioni mediche non sono soggette a limitazioni delle dosi).

LA NORMATIVA IN MATERIA DI RADIAZIONI IONIZZANTI

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 201 del 12 agosto 2020 - Serie generale

*Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma*

GAZZETTA  **UFFICIALE**
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Mercoledì, 12 agosto 2020

**SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI**

**DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85081 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA**

DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020, n. 101

Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117.

(entrato in vigore il 27 agosto 2020)

Il D. Lgs. 101/2020 stabilisce norme di sicurezza al fine di proteggere le persone dai pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti e disciplina (art. 1):

a) **la protezione sanitaria delle persone soggette a qualsiasi tipo di esposizione alle radiazioni ionizzanti;**

b) il mantenimento e la promozione del continuo miglioramento della sicurezza nucleare degli impianti nucleari civili;

c) la gestione responsabile e sicura del combustibile nucleare esaurito e dei rifiuti radioattivi;

d) la sorveglianza e il controllo delle spedizioni di rifiuti radioattivi e di combustibile esaurito e materie radioattive.

Il D. Lgs. 101/2020 si occupa quindi **della protezione sanitaria degli individui, della collettività, della discendenza, del genere umano nel suo insieme, nonché della tutela dei sistemi ecologici naturali** nelle attività che comportano esposizione alle radiazioni ionizzanti.

DECRETO LEGISLATIVO 9 APRILE 2008, n. 81 e s.m.i.

Art. 36 - Informazione dei lavoratori

1. Il datore di lavoro provvede affinché ciascun lavoratore riceva una adeguata informazione:

a) sui **rischi** per la salute e sicurezza sul lavoro connessi alla attività della impresa in generale;

.....

2. Il datore di lavoro provvede altresì affinché ciascun lavoratore riceva una adeguata informazione:

a) sui **rischi specifici** cui è esposto in relazione all'attività svolta, le normative di sicurezza e le disposizioni aziendali in materia;

b) sui pericoli connessi all'uso delle sostanze e delle miscele pericolose sulla base delle schede dei dati di sicurezza previste dalla normativa vigente e dalle norme di buona tecnica;

c) sulle misure e le attività di protezione e prevenzione adottate.

DECRETO LEGISLATIVO 31 LUGLIO 2020, n. 101

Art. 111 - Informazione e formazione dei lavoratori

1. Il datore di lavoro che svolge le attività disciplinate dal presente decreto provvede affinché ciascun lavoratore soggetto ai rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti riceva una adeguata informazione:

a) sui **rischi** per la salute e la sicurezza sul lavoro connessi all'attività svolta;

b) sui nominativi del medico autorizzato e dell'esperto di radioprotezione;

c) sui **rischi specifici** cui è esposto in relazione all'attività svolta, sulle norme interne di protezione e sicurezza, sulle disposizioni aziendali in materia e sulle conseguenze legate al loro mancato rispetto;

d) sulle misure e sulle attività di protezione e prevenzione adottate;

e) sull'importanza dell'obbligo, per le lavoratrici esposte di comunicare tempestivamente il proprio stato di gravidanza;

f) sull'importanza per le lavoratrici esposte di comunicare l'intenzione di allattare al seno un neonato.

Adempimenti amministrativi per le sorgenti di radiazioni ionizzanti

Pratica: un'attività umana che può aumentare l'esposizione di singole persone alle radiazioni provenienti da una sorgente di radiazioni ed è gestita come una situazione di **esposizione pianificata**.

In base alle caratteristiche delle sorgenti (attività delle sostanze radioattive, tensione delle macchine radiogene) deve essere inoltrata:

NOTIFICA DI PRATICA (Art. 46 e Allegato IX del D. Lgs. 101/20)

1. E' soggetta a notifica qualsiasi pratica giustificata, a esclusione delle pratiche soggette al regime di esenzione di cui all'articolo 47 e delle pratiche soggette a procedura di autorizzazione, nulla osta e registrazione.
2. La notifica deve essere effettuata dall'interessato, **almeno trenta giorni prima dell'inizio** della pratica, al **Comando dei vigili del fuoco**, agli organi del **Servizio sanitario nazionale**, alle **ARPA/APP**A indicando i mezzi di protezione messi in atto, nonché, ove di loro competenza, all'**Ispettorato territoriale del lavoro**, all'Autorità portuale e agli Uffici di sanità marittima, aerea e di frontiera e dei Servizi territoriali di assistenza sanitaria al personale navigante USMAF-SASN. Per le pratiche condotte con attrezzature medico-radiologiche il termine per la notifica è di almeno dieci giorni.
3. La notifica deve contenere gli elementi del processo di giustificazione e le altre informazioni di cui all'Allegato IX (atte anche a dimostrare l'idoneità della località dove la pratica verrà svolta).

RICHIESTA DI NULLA OSTA ALL'IMPIEGO (Art. 50 e Allegato XIV del D. Lgs. 101/20)

Chiunque intenda intraprendere una pratica soggetta a **nulla osta preventivo** deve presentare **apposita istanza** che, in relazione alla natura della pratica e ai rischi radiologici implicati, deve contenere gli elementi del processo di giustificazione e tutte le altre informazioni pertinenti per la radioprotezione riportate nell'Allegato XIV.

Il Nulla osta è di (Art. 51 e 52 e Allegato XIV del D. Lgs. 101/20):

Categoria A: rilasciato dal **Ministero dello sviluppo economico** di concerto con i Ministeri dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, dell'interno, del lavoro e delle politiche sociali e della salute, acquisito il parere dell'ISIN e sentite le regioni territorialmente competenti;

Categoria B: rilasciato da

- **autorità titolari** del procedimento di autorizzazione individuate con leggi delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano, per impiego medico e medico-veterinario;
- **Prefetto**, sentiti i competenti organismi tecnici, tra i quali il Comando dei Vigili del fuoco, l'Ispettorato Territoriale del lavoro e l'ARPA/ APPA secondo quanto stabilito nell'allegato XIV, per altri tipi di impiego (cioè nell'industria o nella ricerca scientifica).

CESSAZIONE DI PRATICA (Art. 53 del D. Lgs. 101/20)

1. Il soggetto che intende porre fine all'esercizio di una pratica soggetta a notifica deve effettuare, almeno **trenta giorni prima** del previsto termine dell'attività, la notifica alle medesime amministrazioni alle quali era stata inviata per l'inizio della pratica. La **notifica di cessazione** deve contenere le informazioni di cui all'allegato IX.
2. Il soggetto che intende cessare l'esercizio di una pratica soggetta a nulla osta deve presentare un'**istanza di disattivazione** alla medesima autorità che ha rilasciato il nulla osta, secondo le modalità e i contenuti stabiliti nell'Allegato XIV.

SMARRIMENTO, PERDITA, FURTO, RITROVAMENTO E USO NON AUTORIZZATO DI SORGENTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI (Art. 45 del D. Lgs. 101/20)

In caso di smarrimento, furto, uso o rilascio non autorizzato di una sorgente di radiazioni ionizzanti, il detentore deve darne **immediatamente comunicazione** agli organi del Servizio sanitario nazionale, all'ARPA/APPA e al Comando dei vigili del fuoco competenti per territorio, alla più vicina autorità di pubblica sicurezza, al Comandante del porto, e all'Ufficio di sanità marittima, aerea e di frontiera e dei Servizi territoriali di assistenza sanitaria al personale navigante USMAF-SASN, ove di loro competenza, e all'ISIN. Il detentore dà immediata comunicazione del ritrovamento delle sorgenti alle medesime amministrazioni.

Pratiche con materie radioattive (Allegato I)

Sono soggette alle disposizioni del D. Lgs. 101/20 le pratiche con materie radioattive **artificiali** o con materie radioattive **naturali, trattate per le loro proprietà radioattive, fissili o fertili**, quando per dette materie **non si possa trascurare la radioattività e la concentrazione**.

La radioattività e la concentrazione non possono essere trascurate quando, per i radionuclidi costituenti le materie radioattive che dette pratiche hanno per oggetto, si verificano **congiuntamente** le seguenti condizioni:

- a) la quantità totale di radioattività del radionuclide è **uguale o superiore** ai valori riportati nella **Tabella I-1A**;
- b) la concentrazione media del radionuclide, intesa come rapporto tra la quantità di radioattività del radionuclide e la massa della matrice in cui essa è contenuta, è **uguale o superiore** ai valori riportati nella **Tabella I-1A**.

Ove la pratica abbia per oggetto materie radioattive costituite da **miscele** di radionuclidi (esclusi i radionuclidi in equilibrio con i loro prodotti di decadimento), le condizioni di applicazione sono verificate quando sono entrambe uguali o superiori a 1:

- a) la somma dei rapporti tra la quantità di radioattività di ciascun radionuclide e quella stabilita nella Tabella I-1A;
- b) la somma dei rapporti tra la concentrazione di ciascun radionuclide e quella stabilita nella Tabella I-1A.

Tabella I-1A

Radionuclide	Concentrazione (kBq/kg)	Attività (Bq)	Radionuclide	Concentrazione (kBq/kg)	Attività (Bq)
H-3	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^9$	Ni-63	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^8$
C-14	$1,0 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^7$	I-125	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^6$
O-15	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^9$	I-131	$1,0 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^6$
F-18	$1,0 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^6$	Xe-133	$1,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^4$
Na-22	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^6$	Ba-133	$1,0 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^4$
P-32	$1,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^5$	Cs-137	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^4$
P-33	$1,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^8$	Ir-192	$1,0 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^4$
S-35	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^8$	Au-198	$1,0 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^6$
Cl-36	$1,0 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^6$	Tl-201	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^6$
Ca-45	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^7$	Ra-226	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^4$
Fe-55	$1,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^6$	Pu-239	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^4$
Co-60	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^5$	Am-241	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^4$

Per i radionuclidi non riportati nella Tabella I-1A, i valori di quantità totale di radioattività e di concentrazione da considerare sono rispettivamente:

- $1 \cdot 10^3$ Bq e 0,1 kBq/kg per i radionuclidi emettitori di radiazioni alfa o che decadono per fissione spontanea;
- $1 \cdot 10^4$ e 1 kBq/kg per i radionuclidi diversi da quelli di cui alla lettera a).

Le pratiche che impiegano sorgenti di radiazioni ionizzanti sono **esenti dall'obbligo di notifica** se ricorre **almeno una** delle seguenti condizioni stabilite tenendo conto del principio di giustificazione:

a) le quantità di materie radioattive non superano in totale le soglie di esenzione stabilite nell'Allegato I;

b) la concentrazione di attività di materie radioattive per unità di massa non supera le soglie stabilite nell'Allegato I;

Nota: si tiene conto della quantità di radioattività eventualmente detenuta come rifiuto radioattivo.

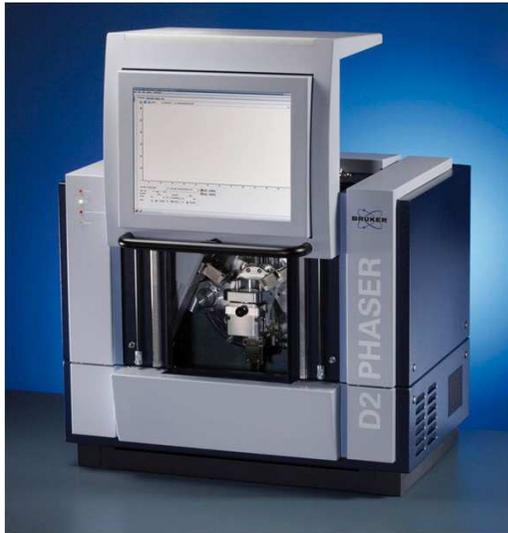
Pratiche con macchine radiogene (Art. 47)

Sono **esenti dall'obbligo notifica** gli apparecchi elettrici che soddisfano **tutti** i seguenti requisiti:

1) contengono un tubo catodico destinato a fornire immagini visive, oppure operano con una differenza di potenziale **non superiore a 30 kV**, ovvero sono di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 49;

2) in condizioni di funzionamento normale, non comportano, a una distanza di **0,1 m** da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio un'intensità di dose superiore a **1 µSv/h**.

Nei casi di apparecchiature o di sorgenti radioattive non soggette a notifica viene emessa una **relazione di radioprotezione** dall'Esperto di radioprotezione, attestante il fatto che **non sussiste l'obbligo della sorveglianza fisica** della protezione dei lavoratori ai sensi dell'Art. 125, comma 1, del D. Lgs. 101/20.



Esempi: diffrattometri Bruker mod. D2 PHASER e Malvern Panalytical mod. AERIS (per entrambe la tensione max. è 30 kV)

Nulla osta per le pratiche con sorgenti di radiazioni ionizzanti

1. Sono soggette a nulla osta preventivo le pratiche giustificate con sorgenti di radiazioni ionizzanti che impiegano (Art. 50 e Allegato XIV del D. Lgs. 101/20):

a) **generatori di radiazioni** con caratteristiche costruttive tali che l'energia massima delle particelle accelerate sia **superiore a 200 keV**;

b) sorgenti di radiazioni con produzione media nel tempo di **neutroni** su tutto l'angolo solido **superiore a 10^4 al secondo**;

c) **materie radioattive** con valore massimo della **concentrazione** di attività per unità di massa superiore ai valori indicati nell'Allegato I, se ricorre **una** delle seguenti condizioni:

- 1) l'attività totale presente nella installazione è superiore per un fattore **10^3** ai valori indicati nell'Allegato I;
- 2) l'attività totale pervenuta o prodotta nell'installazione in ragione d'anno solare è superiore per un fattore **50** ai valori indicati al precedente punto c1).

Nota: si tiene conto della quantità di radioattività eventualmente detenuta come rifiuto radioattivo.

2. Sono inoltre soggette a nulla osta preventivo le seguenti pratiche:

- a) **l'aggiunta intenzionale**, direttamente o mediante attivazione di materie radioattive nella produzione e manifattura di **prodotti di consumo**, indipendentemente dal verificarsi delle condizioni di cui al comma 1;
- b) l'impiego di acceleratori, di generatori di radiazioni o di materie radioattive per **radiografia industriale, per trattamento di prodotti e per ricerca** indipendentemente dal verificarsi delle condizioni di cui al comma 1;
- c) **la somministrazione intenzionale di materie radioattive**, a fini di diagnosi, terapia o ricerca medica o veterinaria, a persone e, per i riflessi concernenti la radioprotezione di persone, ad animali;
- d) l'impiego di acceleratori, di generatori di radiazioni o di materie radioattive per **esposizione di persone a fini di terapia medica**, indipendentemente dal verificarsi delle condizioni di cui al comma 1;
- e) l'impiego di **sorgenti sigillate ad alta attività** secondo le disposizioni di cui al Titolo VIII;
- f) **la somministrazione di sostanze radioattive** a fini diagnostici, su mezzi mobili;
- g) **l'impiego di sorgenti di radiazioni mobili** da parte dello stesso soggetto **in uno o più siti, luoghi o località non determinabili a priori** e presso soggetti differenti da quello che svolge la pratica, in relazione alle caratteristiche di sicurezza delle sorgenti e alle modalità di impiego, ai sensi di quanto previsto nei provvedimenti applicativi;
- h) **l'impiego con mezzi mobili di apparati a raggi X a scopo medico -radiodiagnostico** in uno o più siti, luoghi o località non determinabili a priori, con energia massima delle particelle accelerate maggiore o uguale a 200 keV.

Non è richiesto il nulla osta all'impiego per i microscopi elettronici.

Nulla osta all'impiego di materie radioattive di Categoria A (Allegato XIV)

a) Impiego di sorgenti non sigillate:

a-1) nei casi in cui l'attività totale presente sia uguale o superiore di un fattore **10⁶** ai valori stabiliti nell'allegato I, o

a-2) nei casi in cui l'attività totale pervenuta o prodotta in ragione di anno solare sia uguale o superiore per un fattore **50** dei valori di cui alla lettera a-1);

b) impiego di sorgenti sigillate

b-1) nei casi in cui l'attività totale presente sia uguale o superiore di un fattore **3000** ai valori di cui alla lettera a) punto a-1), o

b-2) l'attività totale pervenuta o prodotta in ragione di anno solare sia uguale o superiore per un fattore **50** dei valori di cui alla lettera b-1);

c) impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti con produzione media nel tempo di **neutroni** su tutto l'angolo solido superiore a **10⁷ n/s**, ad eccezione dei generatori di radiazioni che accelerino elettroni con energia massima di accelerazione inferiore o uguale a 25 MeV;

d) impiego di **generatori di radiazioni** che accelerino elettroni con energia massima di accelerazione **superiore a 25 MeV**.

Al di fuori dei casi di cui al paragrafo 1.1 le pratiche sono classificate in **categoria B**.

Per quanto riguarda il nulla osta, le pratiche sono classificate in **categoria B** allorché sia uguale o superiore a 1 (Allegato XIV, punto 2.2):

- a) **la somma dei rapporti delle attività presenti** di ciascun radionuclide, divisa per il pertinente valore indicato al comma 1, lettera c) punto 1, dell'articolo 50 per le sorgenti in forma sigillata e per le sorgenti in forma non sigillata;
- b) **la somma dei rapporti delle attività di ciascun radionuclide pervenuta o prodotta in ragione di anno solare**, divisa per il pertinente valore indicato al comma 1, lettera c) punto 2, dell'articolo 50 per le sorgenti in forma sigillata e per le sorgenti in forma non sigillata;
- c) la somma dei valori determinati ai sensi delle precedenti lettere a) e b) nel caso di impiego di sorgenti sigillate e non sigillate.

Per quanto riguarda il nulla osta, le pratiche sono classificate in **categoria A** allorché sia uguale o superiore a 1 (Allegato XIV, punto 2.3):

- a) **la somma dei rapporti dell'attività di ciascun radionuclide**, divisa per il pertinente valore indicato nel paragrafo 1.1 lettera a), punto a-1, per le sorgenti in forma non sigillata e paragrafo 1.1 lettera b), punto b-1 per le sorgenti in forma sigillata;
- b) **la somma dei rapporti dell'attività di ciascun radionuclide pervenuta o prodotta in ragione di anno solare**, divisa per il pertinente valore indicato nel paragrafo 1.1 lettera a, punto a-2) per le sorgenti in forma non sigillata o nel paragrafo 1.1 lettera b) punto b-2 per le sorgenti in forma sigillata;
- c) la somma dei valori determinati ai sensi delle precedenti lettere a) e b) nel caso di impiego di sorgenti sigillate e non sigillate.

LA SORVEGLIANZA FISICA E SANITARIA: L'ESPERTO DI RADIOPROTEZIONE, IL MEDICO AUTORIZZATO E I RELATIVI COMPITI

Gli attori della radioprotezione

Il D. Lgs. 101/20 (Art. 7 e altri articoli specifici) individua i vari attori della radioprotezione, di seguito indicati:

- **Autorità competente:** le autorità competenti sono il Ministero della salute, il Ministero della difesa, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, il Ministero del lavoro e delle politiche sociali, il Ministero dello sviluppo economico, il Ministero dell'interno, la Presidenza del Consiglio dei ministri – Dipartimento per la Protezione civile, le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano, ciascuno secondo le competenze individuate dal decreto.
- **Esercente (datore di lavoro):** una persona fisica o giuridica che ha la responsabilità giuridica ai sensi della legislazione vigente ai fini dell'espletamento di una pratica relativa ad una sorgente di radiazioni.
- **Esperto di radioprotezione:** la persona, incaricata dal datore di lavoro o dall'esercente, che possiede le cognizioni, la formazione e l'esperienza necessarie per gli adempimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e degli individui della popolazione. Le capacità e i requisiti professionali dell'esperto di radioprotezione sono disciplinate dalla normativa (era l'esperto qualificato prima dell'entrata in vigore del D. Lgs. 101/20).

- **Medico autorizzato**: medico responsabile della sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti, la cui qualificazione e specializzazione sono riconosciute secondo le procedure e le modalità stabilite nel presente decreto.
- **Lavoratore esposto**: qualunque lavoratore, anche autonomo, che è sottoposto a un'esposizione sul lavoro derivante da pratiche contemplate dal presente decreto e che può ricevere dosi superiori a uno qualsiasi dei limiti di dose fissati per l'esposizione degli individui della popolazione.
- **Lavoratore esterno**: qualsiasi lavoratore esposto, compresi gli apprendisti e gli studenti, che non è dipendente dell'esercente responsabile delle zone sorvegliate e controllate, ma svolge le sue attività in queste zone.
- **Apprendista (studente)**: persona che riceve presso un esercente, un'istruzione e una formazione anche per conseguire una qualifica, un diploma o un altro titolo di studio ovvero allo scopo di esercitare un mestiere specifico. La normativa suddivide gli apprendisti in 4 categorie (art. 120):
 - a) apprendisti e studenti, di **età non inferiore a 18 anni**, che **si avviano** ad una professione nel corso della quale saranno esposti alle radiazioni ionizzanti, o i cui studi implicano necessariamente l'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti;
 - b) apprendisti e studenti di **età compresa tra 16 e 18 anni**, che si trovino nelle condizioni di cui alla precedente **lettera a)**;
 - c) apprendisti e studenti di **età non inferiore a 16 anni**, che **non** si trovino nelle condizioni di cui alla **lettera a)**;
 - d) apprendisti e studenti di **età inferiore a 16 anni**.
- **Individui della popolazione**: singoli individui che possono esser soggetti a una esposizione del pubblico.
- **Individuo rappresentativo**: la persona che riceve una dose rappresentativa di quella degli individui maggiormente esposti nella popolazione, escluse le persone che hanno abitudini estreme o rare.

Come conseguire gli obiettivi della radioprotezione?

Il conseguimento degli obiettivi della radioprotezione è demandato alle azioni della:

Sorveglianza fisica: Esperto di radioprotezione;

Sorveglianza sanitaria: Medico autorizzato;

Vigilanza: Ispettori tecnici/medici.

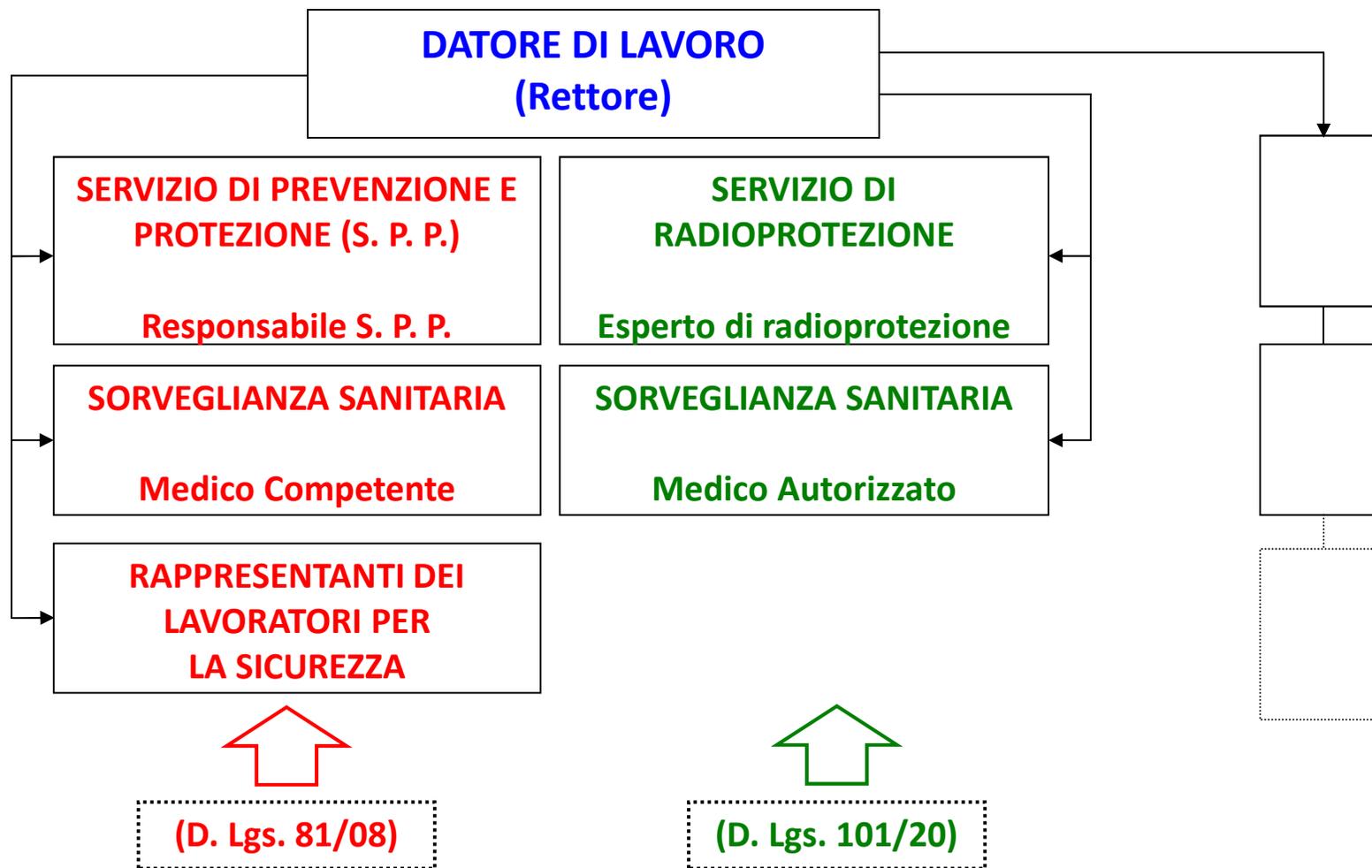
che nel loro insieme costituiscono la:

STRUTTURA OPERATIVA DEI CONTROLLI		
SCRUTINIO	LIVELLO	
	SORVEGLIANZA	VIGILANZA
Fisico-tecnico	Esperto di radioprotezione	Ispettori tecnici (ISIN, ARPA, Servizio Sanitario Nazionale, Ispettorato Nazionale del Lavoro, Vigili del fuoco, ecc.)
Medico	Medico autorizzato	Ispettori medici

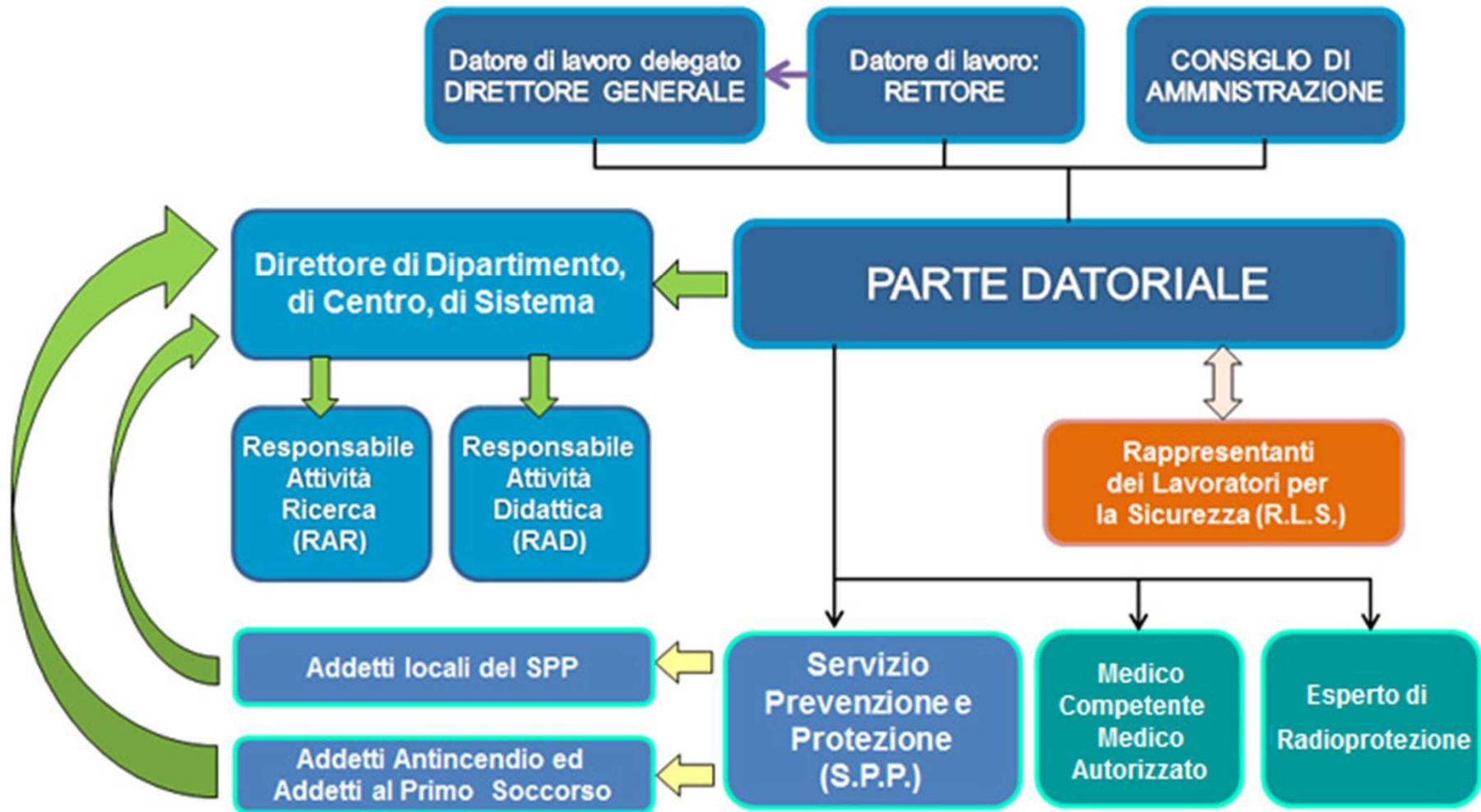
La **sorveglianza** deve essere assicurata da colui che mette in opera la situazione che comporta un RISCHIO DA RADIAZIONI, cioè dal **Datore di lavoro**.

La vigilanza deve essere assicurata dall'autorità pubblica per ogni membro della popolazione (lavoratore, studente, apprendista, generico individuo della popolazione).

Nell'ambito di una struttura lavorativa è opportuno (ed in merito la normativa vigente prevede apposite disposizioni e limitazioni) che **le mansioni di sorveglianza siano indipendenti e separate organicamente e funzionalmente** da quelle di produzione e di funzionamento.



ORGANIZZAZIONE DELLA SICUREZZA SUL LAVORO E DELLA RADIOPROTEZIONE



ORGANIZZAZIONE DELLA SICUREZZA SUL LAVORO E DELLA RADIOPROTEZIONE NELL'UNIVERSITA' DI PISA

L'Esperto di radioprotezione

- Iscritto all'Elenco Nazionale degli Esperti di Radioprotezione (Art. 129, D. Lgs. 101/20) istituito presso il Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali.
- Fornisce al Datore di lavoro, prima dell'inizio di ogni attività con rischio da radiazioni ionizzanti, **una consulenza in merito alla valutazione del rischio e dei provvedimenti da adottare, redigendo apposita relazione.**
- **Procede all'esame preventivo e rilascia il relativo benestare**, dal punto di vista della sorveglianza fisica della radioprotezione, dei progetti di installazioni che comportano rischi di esposizione, dell'ubicazione delle medesime all'interno dello stabilimento in relazione a tali rischi, nonché delle modifiche alle installazioni che implicano rilevanti trasformazioni delle condizioni, delle caratteristiche di sicurezza, dei dispositivi d'allarme, dell'uso o della tipologia delle sorgenti.
- **Effettua la prima verifica**, dal punto di vista della sorveglianza fisica, di nuove installazioni e delle eventuali modifiche apportate alle stesse.
- **Individua, classifica e delimita le aree.**

- **Classifica i lavoratori** sottoposti al rischio da radiazioni ionizzanti.
- Predispone le **norme interne**.
- **Esegue la verifica periodica** dell'efficacia dei dispositivi e delle procedure di radioprotezione (cioè esegue gli accertamenti, con frequenza prestabilita, necessari per la valutazione dell'entità del rischio).
- Effettua una **sorveglianza ambientale** di radioprotezione nelle zone controllate e sorvegliate, e, ove appropriato, nelle zone con esse confinanti.
- Predispone i **provvedimenti** necessari ad assicurare la sorveglianza fisica della protezione.
- Procedo alla **valutazione delle dosi e delle introduzioni di radionuclidi** relativamente ai lavoratori.
- **Verifica che il personale** impieghi in maniera corretta gli strumenti e i mezzi di misura e svolga le attività delegate secondo le procedure definite.
- Svolge l'attività di **sorveglianza sullo smaltimento** dei materiali.

- **Assiste**, nell'ambito delle proprie competenze, il datore di lavoro:
 - 1) nella predisposizione dei programmi di sorveglianza individuale nonché nella individuazione delle tecniche di dosimetria personale appropriate;
 - 2) nella predisposizione del programma di garanzia della qualità finalizzato alla radioprotezione dei lavoratori e degli individui della popolazione, attraverso la redazione di procedure e istruzioni di lavoro che rendano efficace ed efficiente l'organizzazione radioprotezionistica adottata;
 - 3) nella predisposizione del programma di monitoraggio ambientale connesso all'esercizio della pratica;
 - 4) nella predisposizione delle procedure per la gestione di rifiuti radioattivi;
 - 5) nella predisposizione delle procedure di prevenzione di inconvenienti e di incidenti;
 - 6) nella pianificazione e risposta nelle situazioni di emergenza;
 - 7) nella definizione dei programmi di formazione e aggiornamento dei lavoratori;
 - 8) nell'esame e nell'analisi degli infortuni, delle situazioni incidentali e nell'adozione delle azioni di rimedio appropriate;
 - 9) nell'individuazione delle condizioni di lavoro delle lavoratrici in stato di gravidanza e in periodo di allattamento;

- Compila la **Scheda personale dosimetrica** e i **Registri della sorveglianza fisica**.

- Attiva (laddove necessario) il **Servizio di dosimetria** individuale.

Classificazione delle aree di lavoro

Zona classificata: luogo di lavoro sottoposto a **regolamentazione** per motivi di protezione contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Le zone classificate possono essere zone controllate o zone sorvegliate.

Zona controllata: zona sottoposta a regolamentazione speciale ai fini della radioprotezione o della prevenzione della diffusione della contaminazione radioattiva e **il cui accesso è controllato**; per i lavoratori in essa operanti sussiste il **rischio di superamento** di uno qualsiasi dei limiti fissati **per i lavoratori esposti di categoria B**.

Zona sorvegliata: zona sottoposta a regolamentazione e sorveglianza ai fini della protezione contro le radiazioni ionizzanti; per i lavoratori in essa operanti sussiste il **rischio di superamento** di uno qualsiasi dei limiti fissati **per gli individui della popolazione**.



Le Zone sono classificate in base al rischio per i lavoratori del superamento di uno dei limiti di dose riportati nella tabella seguente.

	Limiti di dose (mSv/anno solare)	
	ZONA CONTROLLATA	ZONA SORVEGLIATA
Dose efficace	6	1
Dose equivalente al cristallino	15	15
Dose equivalente alla pelle (dose media su 1 cm ²)	150	50
Dose equivalente alle estremità (mani, avambracci, piedi, caviglie)	150	50

Le Zone classificate sono **segnalate** utilizzando la segnaletica definita dalle norme di buona tecnica o comunque in maniera visibile e comprensibile.

Le Zone sono **delimitate** e le modalità di accesso ad esse sono **regolamentate** secondo procedure scritte indicate dall'esperto di radioprotezione al datore di lavoro.

Le zone di lavoro sono classificate e delimitate dall'Esperto di radioprotezione.

Classificazione dei lavoratori

UNIVERSITÀ DI PISA SERVIZIO DI RADIOPROTEZIONE		SCHEDA INDIVIDUALE DI RADIOPROTEZIONE	N. _____
PARTE A (da compilare a cura dell'Operatore)			
Cognome e Nome: _____			
Luogo e data di nascita: _____ Sesso: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F			
Domicilio: Via/P.zza _____ a _____ C.A.P. _____			
Recapito telefonico: _____ / _____ C.F. _____			
e-mail: _____			
Esposizioni lavorative precedenti: <input type="checkbox"/> Nessuna <input type="checkbox"/> Già riportate in schede precedenti <input type="checkbox"/> Sedi e periodi _____ (specificare) _____			
Attività con rischio da radiazioni ionizzanti svolte contemporaneamente a quelle per conto dell'Università di Pisa: <input type="checkbox"/> Nessuna <input type="checkbox"/> Per conto di: _____ (specificare) _____ <input type="checkbox"/> Autonome _____			
Classificazione dell'Operatore, ai sensi del D.Lgs. 101/20 e s.m.i. (o del D. Lgs. 230/95 e s.m.i., se antecedente al 27.08.2020), in base alle attività di tipo autonomo e/o svolte per conto di enti diversi dall'Università di Pisa: <input type="checkbox"/> Esposto di Categoria A <input type="checkbox"/> Esposto di Categoria B <input type="checkbox"/> Non Esposto			
Dati relativi all'area di lavoro in cui è prevista l'attività con rischio da radiazioni ionizzanti: Struttura: _____ Sezione/Laboratorio: _____ Direttore: _____			
Posizione dell'Operatore nei confronti della Struttura: <input type="checkbox"/> Dipendente universitario (specificare qualifica) _____ <input type="checkbox"/> Studente/laureando <input type="checkbox"/> Borsista <input type="checkbox"/> Specializzando <input type="checkbox"/> Dottorando <input type="checkbox"/> Tirocinante <input type="checkbox"/> Lavoratore Autonomo <input type="checkbox"/> Dipendente da terzi _____ <input type="checkbox"/> Altro (specificare) _____			
Con la firma attesto che le informazioni di cui sopra sono esatte e mi impegno a comunicare tempestivamente ogni variazione in merito. Data _____ Firma dell'Operatore _____			
INFORMATIVA SULLA RISERVATEZZA DEI DATI PERSONALI AI SENSI DEL D. LGS. 196/2003 E S.M.I.			
Dichiaro di essere informato che il trattamento dei miei dati personali sarà effettuato per ottemperare alle disposizioni di legge in materia di radiazioni ionizzanti, secondo le modalità previste dal D. Lgs. 101/20 e s.m.i.. Data _____ Firma dell'Operatore _____			

DCI 2020 - Pag. 1 di 2

PARTE B (da compilare a cura del Direttore del Centro/Dipartimento)					
Cognome e nome dell'Operatore: _____					
SORGENTI RADIOATTIVE SIGILLATE					
Radioisotopo	Attività	Tipo sorgente	Impiego/anno	Ore/giorno	
_____	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	<input type="checkbox"/> Sorgente di taratura	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	<input type="checkbox"/> Sorgente di taratura	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	<input type="checkbox"/> Sorgente di taratura	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	<input type="checkbox"/> Sorgente di taratura	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	<input type="checkbox"/> Sorgente di taratura	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	<input type="checkbox"/> Sorgente di taratura	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
Mansioni dell'Operatore (specificare) _____					
SORGENTI RADIOATTIVE NON SIGILLATE					
Radioisotopo	Stato fisico/chimico	Attività impiegata/anno	Attività impiegata/esperienza	Manipolazione	
_____	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> AER	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	_____ <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq <input type="checkbox"/> Bq	<input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> C	
_____	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> AER	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	_____ <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq <input type="checkbox"/> Bq	<input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> C	
_____	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> AER	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	_____ <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq <input type="checkbox"/> Bq	<input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> C	
_____	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> AER	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	_____ <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq <input type="checkbox"/> Bq	<input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> C	
_____	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> AER	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	_____ <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq <input type="checkbox"/> Bq	<input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> C	
_____	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> AER	_____ <input type="checkbox"/> GBq <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq	_____ <input type="checkbox"/> MBq <input type="checkbox"/> kBq <input type="checkbox"/> Bq	<input type="checkbox"/> MS <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> C	
Mansioni dell'Operatore (specificare) _____					
Legenda: A = Soluzione Acquosa O = Soluzione Organica P = Polveri AER = Aerosol MS = Molto Semplice S = Semplice C = Complessa					
MACCHINE RADIOGENE (escluso diffrattometri)					
Sigla	Tensione (kV)	Corrente	Impiego/anno	Ore/giorno	
_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> mA <input type="checkbox"/> µA	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> mA <input type="checkbox"/> µA	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> mA <input type="checkbox"/> µA	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> mA <input type="checkbox"/> µA	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	
Mansioni dell'Operatore (specificare) _____					
DIFFRATTOMETRI					
Sigla	Tensione (kV)	Corrente (mA)	Impiego/anno	Ore/giorno	Mansione Operatore
_____	_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	<input type="checkbox"/> AF <input type="checkbox"/> NMAF <input type="checkbox"/> RD
_____	_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	<input type="checkbox"/> AF <input type="checkbox"/> NMAF <input type="checkbox"/> RD
_____	_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	<input type="checkbox"/> AF <input type="checkbox"/> NMAF <input type="checkbox"/> RD
_____	_____	_____	_____ <input type="checkbox"/> Giorni	_____	<input type="checkbox"/> AF <input type="checkbox"/> NMAF <input type="checkbox"/> RD
Legenda: AF = Allineamento Fascio NMAF = Numero Massimo Allineamenti Fascio RD = Raccolta Dati					
Data _____ Timbro e/o Firma del Direttore _____					
PARTE C (da compilare a cura dell'Esperto Qualificato)					
Ai sensi del D. Lgs. 101/20 l'Operatore, intestatario della presente scheda, ha la seguente classificazione di radioprotezione:					
<input type="checkbox"/> Esposto di Categoria A <input type="checkbox"/> Esposto di Categoria B <input type="checkbox"/> Non Esposto					
Data _____ Timbro e/o Firma dell'Esperto di Radioprotezione _____					
Attività cessata in data _____ Riferimento _____ del _____					

DCI 2020 - Pag. 2 di 2

SCHEDA INDIVIDUALE DI RADIOPROTEZIONE PER LA CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

La classificazione è effettuata in funzione dei livelli di dose di cui è **suscettibile** l'esposizione:

DOSE (mSv/anno solare)	ESPOSTO DI CATEGORIA A		ESPOSTO DI CATEGORIA B		NON ESPOSTO	POPOLAZIONE
	Valori per la Classificazione	Limite	Valori per la classificazione	Limite	Limite	Limite
Efficace, E	$E > 6$	20	$1 < E \leq 6$	20	1	1
Equivalente al cristallino, H	$H > 15$	20	$H \leq 15$	20	15	15
Equivalente alla pelle (dose media su 1 cm²), H	$H > 150$	500	$50 < H \leq 150$	500	50	50
Equivalente alle estremità (mani, avambracci, piedi, caviglie), H	$H > 150$	500	$50 < H \leq 150$	500	50	
Sorveglianza fisica	SI'		SI'		Possibile	
Sorveglianza sanitaria	SI'		SI'		NO	
Visite mediche/anno	Almeno 1 (di norma 2)		Almeno 1		NO	

DOSE (mSv/anno solare)	APPRENDISTI e STUDENTI (°) età ≥ 18 anni		APPRENDISTI e STUDENTI (°) 16 ≤ età < 18 anni	APPRENDISTI e STUDENTI (°°) età ≥ 16 anni		APPRENDISTI e STUDENTI età < 16 anni	
	Valori per la classificazione	Limite	Limite	Limite	Limite singolo (°°°)	Limite	Limite singolo (°°°)
Efficace, E	Come per il lavoratori esposti di categoria A e B	20	6	0,5	0,05	0,5	0,05
Equivalente al cristallino, H		20	15	7,5	0,75	7,5	0,75
Equivalente alla pelle (dose media su 1 cm²), H		500	150	25	2,5	25	2,5
Equivalente alle estremità (mani, avambracci, piedi, caviglie), H		500	150				

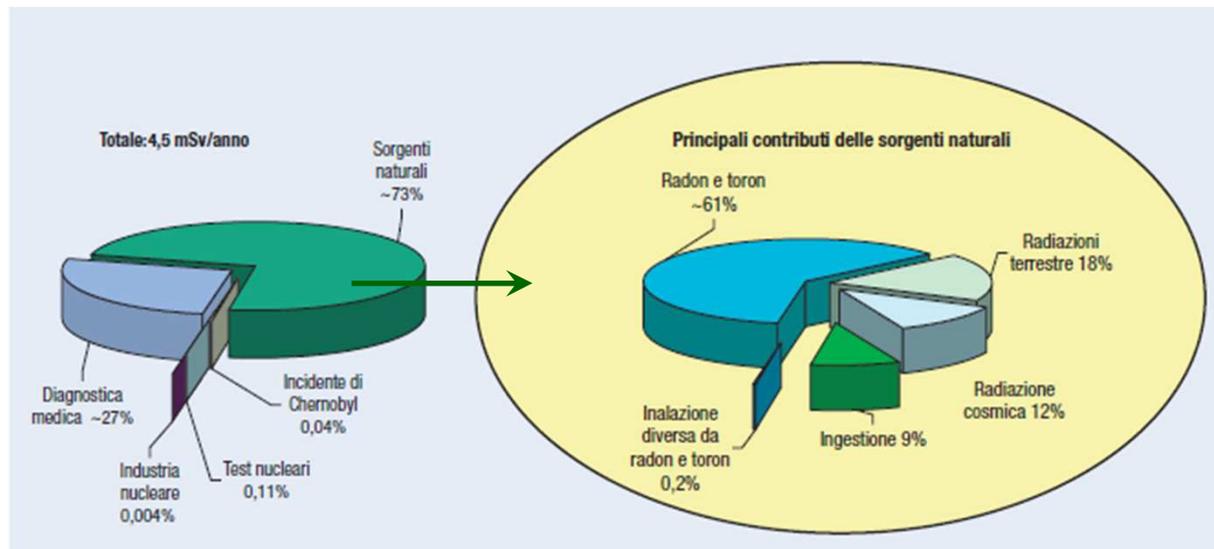
(°) che **si avviano** ad una professione nel corso della quale saranno esposti alle radiazioni ionizzanti, o i cui studi implicano necessariamente l'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti;

(°°) che **non si avviano** ad una professione nel corso della quale saranno esposti alle radiazioni ionizzanti, o i cui studi non implicano necessariamente l'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti;

(°°°) limite per ogni singola esposizione.

Stima dei contributi alla dose efficace media individuale in un anno per la popolazione italiana (ISPRA, Annuario dati ambientali 2005-2006).

Sorgente		Dose efficace media Individuale mSv/anno
Naturale	Esposizione esterna:	
	Raggi cosmici	0,4
	Radiazione gamma terrestre	0,6
	Esposizione interna:	
	Inalazione (radon e toron)	2
	Inalazione (diversa da radon e toron)	0,006
	Ingestione	0,3
TOTALE NATURALE		3,3
Artificiale	Diagnostica medica	1,2
	Incidente di Chernobyl	0,002
	Test nucleari	0,005
	Industria nucleare	0,0002
TOTALE ARTIFICIALE		1,2
TOTALE		4,5



NORME INTERNE DI PROTEZIONE E SICUREZZA RADIOLOGICA

a) Norme generali

1. I lavoratori esposti al rischio da radiazioni ionizzanti sono obbligati, ai sensi dell'Art. 118 del D.Lgs. 101/20, ad osservare le disposizioni impartite dal Datore di lavoro (o Direttore) ai fini della sicurezza e della protezione dalle radiazioni individuale, collettiva e della popolazione.
2. All'Esperto di Radioprotezione, prima dell'inizio dell'attività, deve essere trasmessa la scheda individuale di radioprotezione di ciascun lavoratore destinato all'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti anche in modo occasionale o per brevi periodi di tempo, per procedere alla relativa classificazione e all'eventuale visita medica preventiva ai sensi del D. Lgs. 101/20. Copia della scheda individuale di radioprotezione deve essere conservata a cura del Preposto.
3. Tutti i lavoratori esposti al rischio da radiazioni ionizzanti devono essere preventivamente e adeguatamente informati su tutti gli aspetti dei rischi associati alle attività con radiazioni ionizzanti. A tal fine dall'Esperto di Radioprotezione, insieme alla comunicazione della classificazione del lavoratore, verrà trasmesso un documento d'informazione sulle radiazioni ionizzanti, del quale dovrà essere dichiarata la presa visione. I lavoratori dovranno inoltre essere sottoposti ad una formazione interna, assicurata dal Responsabile dell'impiego delle sorgenti di radiazioni ionizzanti (macchine radiogene e sostanze radioattive) sulle modalità operative da seguire per la manipolazione dei prodotti radioattivi nonché per la gestione dei rifiuti radioattivi e sulle Norme Interne di Radioprotezione da rispettare.
4. L'accesso alle aree controllate e sorvegliate è consentito solo alle persone autorizzate. I nominativi delle persone autorizzate dovranno risultare su apposito elenco, compilato e firmato dal Direttore ed affisso all'ingresso delle aree classificate. Detto elenco deve essere aggiornato in caso di variazioni.
5. Della cessazione delle attività con esposizione al rischio da radiazioni ionizzanti dei lavoratori deve essere data tempestiva comunicazione all'Esperto di Radioprotezione.
6. I mezzi di protezione e di sicurezza forniti dal datore di lavoro devono essere usati con cura ed in maniera corretta. Tali mezzi non possono essere né modificati né rimossi, senza preventiva autorizzazione del datore di lavoro o del preposto.
7. Eventuali deficienze dei dispositivi di sicurezza e di protezione o la presenza di eventuali condizioni di pericolo devono essere tempestivamente comunicate dal lavoratore al datore di lavoro o al preposto.
8. Il Datore di Lavoro (Direttore) deve provvedere affinché le lavoratrici esposte ricevano un'adeguata informazione:

- sull'importanza dell'obbligo, di comunicare tempestivamente il proprio stato di gravidanza;
 - sull'importanza per le lavoratrici esposte di comunicare l'intenzione di allattare al seno un neonato.
9. E' obbligatorio sottoporsi agli accertamenti medici preventivi, periodici e straordinari previsti dagli Art. 135 e 136 del D.Lgs. 101/20, secondo le disposizioni del Datore di lavoro.
 10. Tutti gli addetti all'impiego dei prodotti radioattivi devono fare uso, ove prescritto, del dosimetro personale e degli indumenti appositamente predisposti (camici, guanti, occhiali, etc.). Il numero di tali persone deve essere ridotto al minimo indispensabile, compatibilmente con le esigenze di lavoro.
 11. Il dosimetro personale è nominativo e quindi non può essere scambiato con quello di altre persone. Il dosimetro va utilizzato con la massima cura. Esso deve essere appeso al camice all'altezza del petto per la dosimetria del corpo intero, od in corrispondenza del polso o delle dita per la dosimetria delle estremità.
 12. I lavoratori si astengono dal compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza propria o di altri.

b) Norme nell'impiego di sorgenti radioattive non sigillate

1. Tenere sempre presente i rischi da irradiazione esterna, da contaminazione per contatto e da contaminazione interna.
2. I prodotti radioattivi, quando non impiegati, vanno conservati in contenitori chiaramente contraddistinti (deve recare ben visibile al suo esterno gli estremi del prodotto contenuto: tipo radioisotopo e attività ed il segnale triangolare di materiale radioattivo) ed opportunamente chiusi all'interno degli appositi depositi (frigoriferi o freezer) che, se dotati di chiusura, devono essere mantenuti chiusi a chiave. In questi depositi è vietato conservare prodotti alimentari e/o bevande.
3. Prelevare dai depositi soltanto le quantità strettamente necessarie per le attività da svolgere.
4. Le operazioni con prodotti radioattivi devono essere eseguite unicamente nei locali appositamente destinati a tale scopo. Nel caso di trasferimento di sostanze radioattive da una zona o da un locale autorizzato ad altra zona od altro locale autorizzato, adottare tutte le necessarie precauzioni (utilizzo di vassoi e/o altro) al fine di evitare possibili contaminazioni di persone e locali non interessati.
5. La manipolazione dei prodotti radioattivi che, per la loro natura, possano comportare contaminazione dell'aria, devono essere eseguite sotto cappa.
6. La manipolazione dei prodotti radioattivi deve essere effettuata indossando guanti monouso integri ed utilizzando le attrezzature previste per la radioprotezione (es. schermi protettivi da banco). Maniglie, telefoni, rubinetti ecc. non devono essere toccati indossando guanti soggetti a possibile contaminazione.
7. La vetreria e tutto il materiale (non di tipo monouso) entrato in contatto con i

(continua)

ESEMPIO DI NORME INTERNE DI PROTEZIONE E SICUREZZA RADIOLOGICA

Il medico addetto alla sorveglianza sanitaria

- Iscritto nell'elenco nominativo dei medici autorizzati istituito presso il Ministero del lavoro e delle politiche sociali.
- Effettua **l'analisi dei rischi individuali connessi alla destinazione lavorativa e alle mansioni ai fini della programmazione della sorveglianza sanitaria del lavoratore**, anche attraverso accessi diretti negli ambienti di lavoro.
- **Istituisce ed aggiorna i documenti sanitari personali** e li consegna all'INAIL in caso di cessazione dell'attività;
- Fornisce consulenza al datore di lavoro per la messa in atto di infrastrutture e procedure idonee a **garantire la sorveglianza sanitaria dei lavori esposti, sia in condizioni di lavoro normali che in caso di esposizioni accidentali o di emergenza**.

Nota: La sorveglianza sanitaria deve essere sempre effettuata quando le attività svolte comportano **la classificazione degli operatori come Lavoratori esposti**.

La sorveglianza sanitaria

VISITA MEDICA PREVENTIVA

(Art. 135, D. Lgs. 101/20)

Il datore di lavoro assicura che i lavoratori esposti e gli apprendisti e studenti (di età non inferiore a 18 anni), prima di essere destinati ad attività che li espongono alle radiazioni ionizzanti, **siano sottoposti a visita medica** a cura del **medico autorizzato** al fine di valutare la loro idoneità alla mansione specifica.

In base alle risultanze della visita medica preventiva il medico autorizzato esprime per il lavoratore uno dei seguenti giudizi:

- a) **idoneo;**
- b) **idoneo a determinate condizioni;**
- c) **non idoneo.**

VISITE MEDICHE PERIODICHE E STRAORDINARIE

(Art. 136, D. Lgs. 101/20)

Il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti e gli apprendisti e studenti **siano sottoposti, a cura del medico autorizzato, a visita medica periodica** ALMENO UNA VOLTA OGNI DODICI MESI e, comunque, ogni qualvolta venga variata la destinazione lavorativa o aumentino i rischi connessi a tale destinazione. La visita medica periodica per i lavoratori esposti categoria A e per gli apprendisti e studenti a essi equiparati deve essere effettuata DI NORMA OGNI SEI MESI E COMUNQUE ALMENO UNA VOLTA OGNI DODICI MESI, a giudizio del medico autorizzato.

In base alle risultanze delle visite mediche periodiche i lavoratori sono classificati in:

- a) **idonei**;
- b) **idonei a determinate condizioni**;
- c) **non idonei**;
- d) **lavoratori sottoposti a sorveglianza sanitaria dopo la cessazione del lavoro che li ha esposti alle radiazioni ionizzanti.**

ALLONTANAMENTO DAL LAVORO

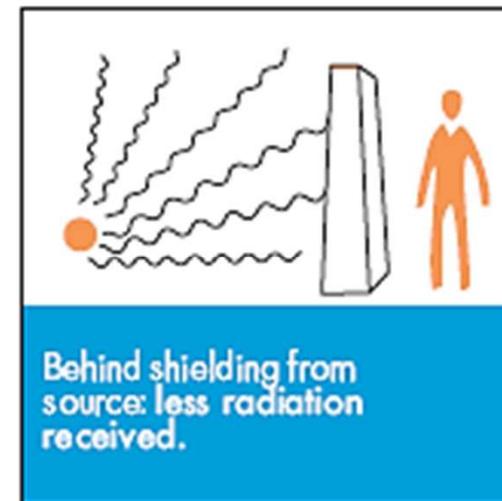
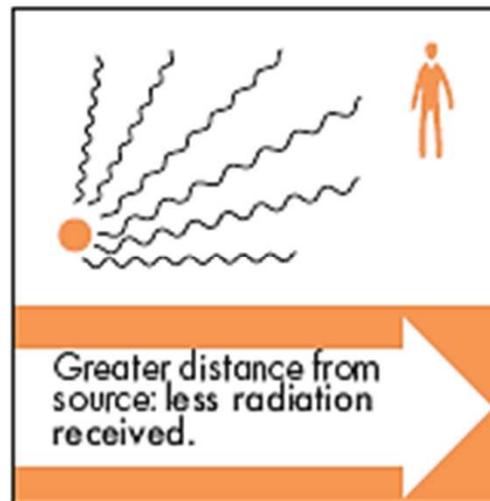
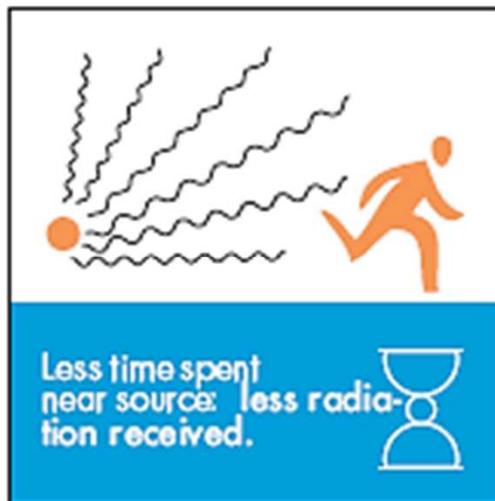
(Art. 137, D. Lgs. 101/20)

1. Il datore di lavoro ha l'obbligo di allontanare immediatamente dal lavoro comportante esposizione a rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti i lavoratori che alla visita medica risultino, a giudizio del medico, **non idonei**.
2. Detti lavoratori **non possono proseguire l'attività** cui erano adibiti, né altre attività che li esponano ai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti, se non dopo essere stati riconosciuti nuovamente idonei dal medico autorizzato.
3. Il medico autorizzato richiede al datore di lavoro l'allontanamento dal lavoro dei lavoratori non idonei e propone il reinserimento di essi quando accerta la cessazione dello stato di non idoneità.

COME SI RIDUCE L'ESPOSIZIONE

a) Da irradiazione esterna

- Aumentando la **distanza** tra la sorgente radioattiva e il corpo (l'intensità della radiazione diminuisce generalmente con il quadrato della distanza).
- Riducendo il **tempo di esposizione**.
- Interponendo delle barriere protettive (schermi, D.P.I.) fra la sorgente e il corpo umano.



Utilizzo di dispositivi di protezione (grembiule, guanti, collare):

- l'uso di un grembiule in gomma piombifera di spessore 0,25 mm Pb-eq, può ridurre da 10 a 20 volte la dose assorbita e conseguentemente il rischio professionale;
- l'uso di occhiali anti-X, quando prescritto, porta a livelli trascurabili la dose assorbita dal cristallino.



Utilizzo di segnalatori ottici di funzionamento:



b) Da irradiazione interna (contaminazione)

Oltre a quanto previsto per il caso a), se applicabile, debbono adottarsi **appropriate procedure di igiene del lavoro** che prevedano l'uso di indumenti protettivi (camici, guanti, mascherine, ecc.) o dispositivi di protezione (cappe di aspirazione, *glove-box*, ecc.), in modo da rendere improbabile l'incorporazione delle sostanze radioattive.



LO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI RADIOATTIVI



(Art. 7, D. Lgs. 101/20)

124) **Rifiuti radioattivi**: qualsiasi materiale radioattivo in forma gassosa, liquida o solida, ancorché contenuto in apparecchiature o dispositivi in genere, ivi comprese le sorgenti dismesse, per il quale **nessun riciclo o utilizzo ulteriore è previsto o preso in considerazione** dall'Ispettorato nazionale per la sicurezza nucleare e la radioprotezione (ISIN) o da una persona giuridica o fisica la cui decisione sia accettata dall'ISIN e che sia regolamentata come rifiuto radioattivo dall'ISIN, ivi inclusi i Paesi di origine e di destinazione in applicazione della sorveglianza e il controllo delle spedizioni transfrontaliere, o di una persona fisica o giuridica la cui decisione è accettata da tali Paesi, secondo le relative disposizioni legislative e Regolamentari.

89) **Materiale radioattivo**: materiale che incorpora sostanze radioattive.

147) **Sostanza radioattiva**: ogni sostanza contenente uno o più radionuclidi di cui, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività o la concentrazione.

Classificazione dei rifiuti (Decreto 7 agosto 2015 del Ministero dell'ambiente e del Ministero dello Sviluppo economico); vedi anche Guida Tecnica n. 26 dell'ANPA.

Categoria di rifiuti	Condizioni e/o concentrazioni di attività		Destinazione finale
A vita media molto breve	$T_{1/2} < 100$ giorni	Raggiungimento in 5 anni delle condizioni di esenzione	Stoccaggio temporaneo e smaltimento nel rispetto delle disposizioni del D. Lgs. 152/2006
Attività molto bassa	≤ 100 Bq/g (≤ 10 Bq/g se emettitori alfa)	Raggiungimento in un tempo ≤ 10 anni delle condizioni di esenzione	
Bassa attività		<ul style="list-style-type: none"> • Radionuclidi a vita breve ≤ 5 MBq/g • ^{59}Ni and $^{63}\text{Ni} \leq 40$ kBq/g • Radionuclidi a vita lunga ≤ 400 Bq/g 	Non raggiungimento in un tempo ≤ 10 anni delle condizioni di esenzione
Media attività	<ul style="list-style-type: none"> • Radionuclidi a vita breve > 5 MBq/g • ^{59}Ni e $^{63}\text{Ni} > 40$ kBq/g • Radionuclidi a vita lunga > 400 Bq/g • Nessuna produzione di calore 		Radionuclidi alfa emettitori ≤ 400 Bq/g e beta-gamma emettitori in concentrazioni tali da rispettare gli obiettivi di radioprotezione stabiliti per l'impianto di smaltimento superficiale
Alta attività	Produzione calore o di elevate concentrazioni di radionuclidi a lunga vita o di entrambe tali caratteristiche		

Classificazione GT n. 26	Nuova classificazione
Prima Categoria	Rifiuti radioattivi a vita media molto breve
	Rifiuti radioattivi di attività molto bassa
Seconda Categoria	Rifiuti radioattivi di bassa attività
	Rifiuti radioattivi di alta attività
Terza Categoria	Rifiuti radioattivi di media attività
	Rifiuti radioattivi di alta attività

Le macchine radiogene non rientrano tra i rifiuti radioattivi: dato che per le macchine radiogene l'emissione di radiazioni ionizzanti può avvenire solo se alimentate elettricamente **tali apparecchiature possono essere smaltite nel rispetto di quanto previsto del D. Lgs. 152/2006 (Norme in materia ambientale) e s.m.i.**



Per esse è normalmente richiesta la **dichiarazione di assenza di radioattività e di eventuali contaminazioni radioattive.**

(Art. 54, D. Lgs. 101/20)

1. I materiali solidi, liquidi o aeriformi contenenti sostanze radioattive **che provengono da pratiche soggette a notifica o autorizzazione**, escono dal campo di applicazione del presente decreto se rispettano i criteri, le modalità e i livelli di **non rilevanza radiologica** stabiliti per l'allontanamento nell'allegato I, **se è rilasciata l'autorizzazione al loro allontanamento**, e l'allontanamento è effettuato secondo i requisiti, le condizioni e le prescrizioni dell'autorizzazione.

Le emissioni in atmosfera e i materiali che soddisfano la definizione di rifiuto, per i quali è stata rilasciata l'autorizzazione all'allontanamento sono gestiti, smaltiti nell'ambiente, riciclati o riutilizzati nel rispetto della disciplina generale delle emissioni in atmosfera o della gestione dei rifiuti di cui al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

2. **È vietato** lo smaltimento nell'ambiente, il riciclo, il riutilizzo dei materiali solidi, liquidi o aeriformi contenenti sostanze radioattive per i quali **non è stata rilasciata l'autorizzazione** di cui al comma 1.

3. L'autorizzazione all'allontanamento è rilasciata dalle **Regioni** o delle Province autonome di Trento e Bolzano per i materiali radioattivi provenienti da pratiche soggette a notifica, o dall'autorità titolare del procedimento autorizzativo della pratica.

I rifiuti derivanti dalla manipolazione delle sostanze radioattive non sigillate (^3H , ^{14}C , ^{32}P , ^{33}P , ^{35}S , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{125}I , ecc.) vengono conservati in fusti metallici (appositamente identificati) e poi conferiti alla **Ditta Autorizzata** che ha in appalto il servizio di smaltimento rifiuti per le strutture universitarie.

Le varie operazioni vengono riportate nel **registro di carico-scarico** delle sorgenti presente nella struttura e periodicamente visionato dall'Esperto di radioprotezione.



- Identificazione (etichettatura).
- Schermatura (se necessaria).
- Remotizzazione (deposito temporaneo).

GLI OBBLIGHI DEI LAVORATORI

I lavoratori devono:

(Art. 118, D. Lgs. 101/20)

- a) **Contribuire** alla tutela della salute e della sicurezza sui luoghi di lavoro;
- b) **osservare le disposizioni e le istruzioni impartite dal datore di lavoro**, dai dirigenti e dai preposti, ai fini della protezione collettiva e individuale, a seconda delle loro mansioni;
- c) **usare** secondo le specifiche istruzioni ricevute **i dispositivi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica** predisposti o forniti dal datore di lavoro;
- d) **segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto la mancanza, l'insufficienza o il mancato funzionamento dei dispositivi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica**, nonché le eventuali condizioni di pericolo di cui vengono a conoscenza;
- e) **astenersi dal compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza propria o di altri lavoratori**;
- f) **sottoporsi alla sorveglianza sanitaria** ai sensi del presente decreto;
- g) **partecipare ai programmi di formazione** e di addestramento organizzati dal datore di lavoro.

I lavoratori che svolgono, per più datori di lavoro, attività che li espongano al rischio da radiazioni ionizzanti, devono rendere edotto ciascun datore di lavoro delle attività che svolgono o hanno svolto in passato presso gli altri datori di lavoro.

I lavoratori esterni di categoria A sono tenuti ad esibire il **libretto personale di radioprotezione** all'esercente le zone controllate prima di effettuare le prestazioni per le quali sono stati chiamati.

Lavoratore esterno: qualsiasi lavoratore **esposto**, compresi gli apprendisti e gli studenti, che non è dipendente dell'esercente responsabile delle **zone sorvegliate e controllate**, ma svolge le sue attività in queste zone.

Disposizioni particolari per le lavoratrici (Artt. 123 e 111, D. Lgs. 101/20)

I datori di lavoro, i dirigenti e i preposti, nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze, adottano i provvedimenti idonei ad assicurare il rispetto dei limiti e delle condizioni di esposizione fissati ai sensi dell'articolo 146 per le lavoratrici, le apprendiste e le studentesse in età fertile.

Il datore di lavoro che svolge le attività disciplinate dal presente decreto provvede affinché ciascun lavoratore soggetto ai rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti riceva una adeguata informazione:

.....

- e) sull'importanza dell'obbligo, per le lavoratrici esposte di comunicare tempestivamente il proprio stato di gravidanza;**
- f) sull'importanza per le lavoratrici esposte di comunicare l'intenzione di allattare al seno un neonato.**

Minori (Art. 121, D. Lgs. 101/20)

I minori di 18 anni non possono esercitare attività proprie dei lavoratori esposti.

Gli apprendisti e gli studenti, ancorché minori di 18 anni, non possono ricevere dosi superiori ai limiti previsti per gli individui della popolazione in relazione alle specifiche esigenze della loro attività di studio o di apprendistato, secondo le modalità di esposizione stabilite ai sensi dell'art. 146.