

Corso di informazione e  
formazione di dirigenti, preposti  
e lavoratori in materia di  
protezione radiologica  
(come disposto dagli art. 110 e  
111 del D.Lgs. 101/2020)

**D. Zafiropoulos**

**Bologna, 1-2 dicembre 2020**

La Sezione INFN di Bologna non è  
esercitante, ad oggi, di NESSUNA  
sorgente radiogena (macchine e/o  
sorgenti radioattive)

L'attività con rischio da radiazioni  
ionizzanti del personale INFN  
(dipendenti, equiparati e associati)  
è esclusivamente presso TERZI o con  
sorgenti radioattive di terzi

Il decreto sopra citato, in vigore dal 27.8.2020, è stato «costruito» per molti aspetti sulla struttura del D.Lgs 81/2008 (vedi definizioni Datore di Lavoro, lavoratore, ecc) ma introduce anche figure non presenti nel decreto sopra citato come:

- Datore di lavoro di lavoratore esterno
- Esercente
- Titolare dell'autorizzazione
- Detentore

figure, alcune, che pongono delle problematiche di carattere interpretativo difficile e altre, legate alla destinazione lavorativa del lavoratore, presentano differenze sostanziali rispetto alla normativa precedente.

### **Datore di lavoro di lavoratore esterno:**

«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;

### **Esercente:**

«esercente»: una persona fisica o giuridica che ha la responsabilità giuridica ai sensi della legislazione vigente ai fini dell'espletamento di una pratica o di una sorgente di radiazioni;

### **Detentore:**

«detentore»: qualsiasi persona fisica o giuridica che è in possesso o ha la disponibilità materiale di sostanze, materie, materiali o sorgenti radioattivi, o di rifiuti radioattivi o combustibile esaurito, ed è responsabile per tali materiali;

## D.Lgs. 81/2008

**Dirigente**: persona che, in ragione delle competenze professionali e di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, attua le direttive del datore di lavoro **organizzando l'attività lavorativa e vigilando su di essa**;

**Preposto**: persona che, in ragione delle competenze professionali e nei limiti di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, sovrintende alla attività lavorativa e garantisce l'attuazione delle direttive ricevute, controllandone la corretta esecuzione da parte dei lavoratori ed **esercitando un funzionale potere di iniziativa**;

# D.Lgs. 81/2008

«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, ...**

**è equiparato**: ...l'allievo degli istituti di istruzione ed universitari e il partecipante ai corsi di formazione professionale nei quali si faccia uso di laboratori, attrezzature di lavoro in genere, agenti chimici, fisici e biologici, ivi comprese le apparecchiature fornite di videoterminali limitatamente ai periodi in cui l'allievo sia effettivamente applicato alla strumentazioni o ai laboratori in questione; i volontari del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco e della Protezione Civile;

# Alcuni Obblighi del Datore di Lavoro

Il datore di lavoro ha l'obbligo di individuare il rischio derivante dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti e:

- incarica un Esperto di Radioprotezione (ER) il quale deve redigere un documento contenente la descrizione della natura e la valutazione dell'entità dell'esposizione, nonché le indicazioni per l'ottimizzazione per ridurre l'entità di cui sopra per lavoratori e popolazione

Il datore di lavoro deve fornire all'ER:

- descrizione degli ambienti, degli impianti e dei processi che comportano il rischio di esposizione alle radiazioni
- l'elenco delle sorgenti di radiazioni ionizzanti che si intendono impiegare
- organizzazione del lavoro
- mansioni
- ogni altra informazione ritenuta necessaria dall'esperto di radioprotezione

## Obblighi del datore di lavoro di lavoratori esterni (I)

### 1. Il datore di lavoro di lavoratori esterni:

- a) provvede alla valutazione preventiva che identifica la natura e l'entità del rischio radiologico per i lavoratori esposti avvalendosi dell'esperto di radioprotezione;
- b) provvede affinché i lavoratori interessati siano classificati ai fini della radioprotezione nel rispetto delle disposizioni di cui all'articolo 133 e informa i lavoratori stessi in merito alla loro classificazione;
- c) assicura la tutela dei lavoratori dai rischi da radiazioni ionizzanti, in conformità alle disposizioni del presente Titolo e a quelle emanate in sua applicazione, anche mediante accordi contrattuali con i terzi esercenti di zone classificate nelle quali i lavoratori sono chiamati a svolgere la loro attività;
- d) assicura per quanto di propria competenza il rispetto dei principi generali di cui all'articolo 1 e dei limiti di dose di cui all'articolo 146;
- e) rende edotti i lavoratori, nell'ambito di un programma di informazione e formazione finalizzato alla radioprotezione, delle norme di protezione sanitaria e delle altre informazioni di cui all'articolo 111, fatto salvo l'obbligo dei terzi di informazione specifica sui rischi di cui all'articolo 113;
- f) provvede affinché vengano effettuate le valutazioni periodiche della dose individuale e che le relative registrazioni siano riportate nelle schede personali dosimetriche di cui all'articolo 132;

Art. 112.

### Obblighi del datore di lavoro di lavoratori esterni (II)

- g) provvede affinché i lavoratori vengano sottoposti alla sorveglianza sanitaria di cui all'articolo 134 e che i relativi giudizi di idoneità siano riportati nel documento sanitario personale di cui all'articolo 140;
- h) provvede affinché ai lavoratori vengano forniti gli appropriati dispositivi di protezione individuale e i mezzi di sorveglianza dosimetrica individuale;
- i) istituisce per ogni lavoratore esterno di categoria A e consegna al medesimo, prima di ogni prestazione, il libretto personale di radioprotezione di cui al comma 2 e si assicura della sua compilazione in relazione alla prestazione;
- l) definisce, di concerto con l'esercente delle zone classificate, il vincolo di dose da adottare in relazione alle attività da svolgersi;
- m) acquisisce dall'esercente delle zone classificate informazioni sui rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti esistenti nella zona classificata in cui il lavoratore esterno è destinato a operare e sulle misure di prevenzione, protezione e di emergenza da adottarsi in relazione alla attività da svolgere;
- n) coopera con l'esercente della zona classificata all'attuazione delle misure e degli interventi di radioprotezione e prevenzione dai rischi cui sono esposti i lavoratori esterni, scambiando con lo stesso le informazioni necessarie anche al fine di eliminare gli eventuali rischi dovuti alle interferenze tra i lavori delle diverse imprese coinvolte nell'esecuzione dell'attività complessiva.

«vincolo di dose»: vincolo fissato come margine superiore potenziale di una dose individuale, usato per definire la gamma di opzioni considerate nel processo di ottimizzazione per una data sorgente di radiazioni in una situazione di esposizione pianificata;

# Obblighi dei dirigenti e dei preposti

## Art.109

- «...nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze, **attuano le misure di protezione e di sicurezza** previste dal presente Titolo (**Esposizione dei Lavoratori**) e dai provvedimenti emanati in applicazione di esso»

## Come le attuano?

### 1) Sulla base a quanto riportato nella relazione dell'esperto di radioprotezione:

- descrizione della natura e la valutazione dell'entità dell'esposizione (relazione sulla valutazione dei rischi)

e a quanto riportato all'art.131 ovvero,

L'ER deve prima dell'inizio delle attività procede...

- a) all'individuazione e **la classificazione delle zone** ove sussiste rischio da radiazioni;
- b) **alla classificazione dei lavoratori** addetti, previa definizione da parte del datore di lavoro delle attività che questi devono svolgere;
- c) **alla frequenza delle valutazioni** di cui all'articolo 130, che deve essere almeno annuale;
- d) **a prescrivere** tutti i provvedimenti di cui ritenga necessaria l'adozione, al fine di assicurare la sorveglianza fisica, di cui all'articolo 125, dei lavoratori esposti e della popolazione;
- e) **alla valutazione delle dosi** ricevute e impegnate, per tutti i lavoratori esposti e per gli individui dei gruppi di riferimento, con la frequenza stabilita ai sensi della lettera c) .

# Esperto di Radioprotezione

- **Chi è e cosa fa?**

- «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 di cui all'articolo 130. Le capacità e i requisiti professionali dell'esperto di radioprotezione sono disciplinate dall'articolo 130 del D.Lgs. 101/2020

*Attribuzioni dell'esperto di radioprotezione (direttiva 2013/59/EURATOM, articoli 34, 41, 43; decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, articolo 79).*

1. L'esperto di radioprotezione, nell'esercizio della sorveglianza fisica per conto del datore di lavoro:

a) effettua la valutazione di radioprotezione di cui all'articolo 109 e fornisce indicazioni al datore di lavoro sull'attuazione dei compiti di cui al comma 6 del predetto articolo a esclusione di quelli di cui alle lettere e) e g);

b) effettua l'esame e la verifica delle attrezzature, dei dispositivi di protezione e dei mezzi di misura, e in particolare:

1) 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;

2) effettua la prima verifica, dal punto di vista della sorveglianza fisica, di nuove installazioni e delle eventuali modifiche apportate alle stesse;

3) esegue la verifica periodica dell'efficacia dei dispositivi e delle procedure di radioprotezione;

4) effettua la verifica periodica delle buone condizioni di funzionamento degli strumenti di misurazione;

5) effettua la verifica di conformità degli strumenti di misura ai requisiti di cui all'articolo 155;

c) effettua una sorveglianza ambientale di radioprotezione nelle zone controllate e sorvegliate, e, ove appropriato, nelle zone con esse confinanti;

d) procede alla valutazione delle dosi e delle introduzioni di radionuclidi relativamente ai lavoratori come previsto ai commi 2, 3, 4 e 5;

e) verifica che il personale di cui all'articolo 128, comma 2, impieghi in maniera corretta gli strumenti e i mezzi di misura e svolga le attività delegate secondo le procedure definite;

f) svolge l'attività di sorveglianza sullo smaltimento dei materiali che soddisfano le condizioni di allontanamento previste dal presente decreto;

g) 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;

2. Nel caso di pratiche che comportano esposizioni a scopo medico, l'esperto di radioprotezione, coordinandosi, laddove necessario, con lo specialista in fisica medica:

a) svolge l'attività di sorveglianza fisica della radioprotezione dei lavoratori e degli individui della popolazione;

b) fornisce indicazioni al datore di lavoro in merito all'ottimizzazione della protezione dei lavoratori.

3. La valutazione delle dosi individuali da esposizioni esterne per i lavoratori esposti deve essere eseguita, a norma dell'articolo 125, mediante uno o più apparecchi di misura individuali nonché in base ai risultati della sorveglianza ambientale di cui al comma 1, lettera c), anche tenuto conto delle norme di buona tecnica applicabili.

4. La valutazione delle dosi efficaci impegnate per i lavoratori soggetti a rischi di incorporazione di sostanze radioattive deve essere effettuata in base a idonei metodi di fisica e/o radio tossicologici, anche tenuto conto delle norme di buona tecnica applicabili.

5. La valutazione delle dosi equivalente al cristallino deve essere effettuata mediante uno o più apparecchi di misura individuali, anche tenuto conto delle norme di buona tecnica applicabili.

6. La valutazione delle dosi equivalente alle estremità e alla cute deve essere effettuata mediante uno o più apparecchi di misura individuali, anche tenuto conto delle norme di buona tecnica applicabili.

7. Qualora la valutazione individuale delle dosi con i metodi di cui ai commi 2 e 3 risulti per particolari condizioni impossibile o insufficiente, la valutazione stessa può essere effettuata sulla scorta dei risultati della sorveglianza dell'ambiente di lavoro o a partire da misurazioni individuali compiute su altri lavoratori esposti.

8. L'esperto di radioprotezione comunica per iscritto al medico autorizzato, almeno ogni sei mesi, le valutazioni delle dosi ricevute o impegnate dai lavoratori di categoria A e, con periodicità almeno annuale, quelle relative agli altri lavoratori esposti. In caso di esposizioni accidentali o di emergenza la comunicazione delle valutazioni basate sui dati disponibili deve essere immediata e, ove necessario, tempestivamente aggiornata.

9. L'esperto di radioprotezione procede inoltre alle analisi e alle valutazioni necessarie ai fini della sorveglianza fisica della protezione degli individui della popolazione secondo i principi di cui al Titolo XII del presente decreto; in particolare, effettua la valutazione preventiva dell'impegno di dose derivante dall'attività e, in corso di esercizio, delle dosi ricevute o impegnate dall'individuo rappresentativo della popolazione in condizioni normali, con frequenza almeno annuale, nonché la valutazione delle esposizioni in caso di eventi anomali o incidentali. A tal fine, il predetto individuo rappresentativo della popolazione è identificato sulla base di valutazioni ambientali, adeguate alla rilevanza dell'attività stessa, che tengano conto delle diverse vie di esposizione.

10. L'esperto di radioprotezione partecipa alle riunioni previste dall'articolo 35, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, debitamente comunicate dal datore di lavoro, e relaziona in tale occasione in merito ai risultati della sorveglianza fisica relativi all'anno precedente.

11. In caso di cessazione dall'incarico, l'esperto di radioprotezione è comunque tenuto a effettuare e registrare le valutazioni dosimetriche relative a tutto il periodo del suo incarico, anche se derivanti da risultati di misurazioni resi disponibili successivamente alla data di cessazione dell'incarico.

## Art. 131.

*Comunicazioni al datore di lavoro e relativi adempimenti (direttiva 2013/59/EURATOM, articoli 32, 37; decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, articolo 80).*

1. In base alle valutazioni relative all'entità del rischio, l'esperto di radioprotezione indica, con apposita relazione scritta, trasmessa anche per via telematica al datore di lavoro:

a) l'individuazione e la classificazione delle zone ove sussiste rischio da radiazioni;

b) la classificazione dei lavoratori addetti, previa definizione da parte del datore di lavoro delle attività che questi devono svolgere;

c) la frequenza delle valutazioni di cui all'articolo 130, che deve essere almeno annuale;

d) tutti i provvedimenti di cui ritenga necessaria l'adozione, al fine di assicurare la sorveglianza fisica, di cui all'articolo 125, dei lavoratori esposti e della popolazione;

e) la valutazione delle dosi ricevute e impegnate, per tutti i lavoratori esposti e per gli individui dei gruppi di riferimento, con la frequenza stabilita ai sensi della lettera c).

2. Il datore di lavoro provvede ai necessari adempimenti sulla base delle indicazioni di cui al comma 1, si assicura altresì che l'esperto di radioprotezione trasmetta al medico autorizzato i risultati delle valutazioni di cui alla lettera e) del comma 1 relative ai lavoratori esposti, con la periodicità prevista all'articolo 130, comma 8.

# L'ER classifica le Aree di Lavoro e i Lavoratori

Per la classificazione dei lavoratori e delle aree di lavoro occorre introdurre il concetto di esposizione potenziale in quanto:

*"...l'esperto di radioprotezione, deve tener conto del rischio di esposizione interna ed esterna, secondo le modalità stabilite nell'Allegato XXIV, derivante dalla normale attività lavorativa programmata nonché dal contributo delle esposizioni potenziali conseguenti a eventi anomali e malfunzionamenti che siano suscettibili di aumentare le dosi dei singoli derivanti da detta normale attività lavorativa programmata.*

**Esposizione Potenziale:** un'esposizione che, pur non essendo certa, può verificarsi in conseguenza di un evento o di una sequenza di eventi di natura probabilistica, tra cui guasti delle apparecchiature o errore operativo

**L'esperto di radioprotezione è l'unica figura professionale che può procedere alla classificazione delle aree e dei lavoratori con rischio da radiazioni ionizzanti**

# Classificazione delle zone e dei lavoratori

- ZONE

- **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;

- **zona sorvegliata**: zona sottoposta a regolamentazione e sorveglianza ai fini della protezione contro le radiazioni ionizzanti.

- Oltre a quanto stabilito dal decreto legislativo in oggetto, si definisce:

- **zona senza restrizioni**: trattasi di zona o zone limitrofa/e alle zone classificate, non sottoposta/e a regolamentazione per l'accesso, ove si esercita la sorveglianza fisica della radioprotezione, e ove sono garantiti valori inferiori ai limiti di esposizione per gli individui della popolazione stabiliti in:

- a) 1 mSv di dose efficace per anno solare;

- b) 15 mSv per il cristallino;

- c) 50 mSv per la pelle, calcolato in media su 1 cm<sup>2</sup> di pelle, indipendentemente dalla superficie esposta.

- LAVORATORI

- Esposti, di categoria A o B

- Non Esposti

- **Apprendisti e studenti**

- **AUTONOMI**

# Criteri di Classificazione delle Aree

Le aree vengono classificate sulla base della possibilità o rischio di superamento di uno dei seguenti valori:

	<b>Zona Controllata</b>	<b>Zona Sorvegliata</b>
<i>Dose Efficace E</i>	6 mSv	1 mSv
<i>Dose Equivalente H</i> al cristallino	15 mSv	15 mSv
<i>Dose Equivalente H</i> alle estremità	150 mSv	50 mSv
<i>Dose Equivalente H</i> alla pelle (dose media su 1 cm <sup>2</sup> di superficie)	150 mSv	50 mSv

# Criteri di classificazione per i Lavoratori

I lavoratori vengono classificati sulla base della possibilità o rischio di superamento di uno dei seguenti valori:

	Lavoratori Esposti Cat. A	Lavoratori Esposti Cat. B	Lavoratori Non Esposti
<i>Dose Efficace E</i>	> 6 mSv	$1 \text{ mSv} < x \leq 6 \text{ mSv}$	1 mSv
<i>Dose Equivalente H</i> al cristallino	>15 mSv	>15 mSv	15 mSv
<i>Dose Equivalente H</i> alle estremità	> 150 mSv	$50 \text{ mSv} < x \leq 150 \text{ mSv}$	-
<i>Dose Equivalente H</i> alla pelle (dose media su 1cm <sup>2</sup> di superficie)	> 150 mSv	> 150 mSv	50 mSv

\* Non possono ricevere una dose all'estremità perché non sono lavoratori

## Obblighi dei dirigenti e dei preposti

### **Cosa gli viene chiesto nell'ambito delle rispettive competenze?**

- a) provvedere affinché gli ambienti di lavoro in cui sussiste un rischio da radiazioni vengano, nel rispetto delle disposizioni di cui all'articolo 133, individuati, delimitati, segnalati, classificati in zone e che l'accesso a esse sia adeguatamente regolamentato;
- b) provvedere affinché i lavoratori siano classificati ai fini della radioprotezione nel rispetto delle disposizioni di cui all'articolo 133 e informano i lavoratori stessi in merito alla loro classificazione;
- c) predisporre norme interne di protezione e sicurezza adeguate al rischio di radiazioni e curano che copia di dette norme sia consultabile nei luoghi frequentati dai lavoratori, e in particolare nelle zone classificate;
- d) fornire ai lavoratori, ove necessario, i mezzi di sorveglianza dosimetrica e i dispositivi di protezione individuale in relazione ai rischi cui sono esposti e ne garantiscono lo stato di efficienza e la manutenzione;
- e) provvedere affinché i singoli lavoratori osservino le norme interne di cui alla lettera c) , e usino i dispositivi e i mezzi di cui alla lettera d) ; **NO SI POSSONO AVVALERE DEL ER**
- f) provvedere affinché siano apposte segnalazioni che indichino il tipo di zona, la natura delle sorgenti e i relativi tipi di rischio e siano indicate, mediante appositi contrassegni, le sorgenti di radiazioni ionizzanti, fatta eccezione per quelle non sigillate in corso di manipolazione;
- g) fornire al lavoratore classificato esposto, o comunque al lavoratore sottoposto a dosimetria individuale, i risultati delle valutazioni di dose effettuate dall'esperto di radioprotezione, che lo riguardino direttamente, nonché assicurano l'accesso alla documentazione di cui all'articolo 132 concernente il lavoratore stesso.

**DA a) a g), ESCLUSA LA VOCE e) DATORE DI LAVORO, DIRIGENTI E PREPOSTI POSSONO AVVALERSI DEL ER**

# Obblighi dei dirigenti e dei preposti

**Cosa gli viene chiesto nell'ambito delle rispettive competenze?**

- I datori di lavoro, i dirigenti e i preposti comunicano tempestivamente all'esperto di radioprotezione e al medico autorizzato la cessazione del rapporto di lavoro con il lavoratore esposto.

**N.B Il datore di lavoro comunica** altresì preventivamente all'esperto di radioprotezione **le variazioni relative allo svolgimento della pratica**, ivi comprese quelle inerenti ai lavoratori interessati e all'organizzazione del lavoro, nonché le eventuali migliorie tecniche che si intendono apportare alla pratica stessa (azione preventiva). **Ruolo dei Dirigenti importante per ottemperare questo punto.**

# Obblighi dei dirigenti e dei preposti

## Art.117

I datori di lavoro e i dirigenti che svolgono e dirigono le attività indicate nell'articolo 2 e i preposti che vi sovrintendono, rendono edotti i **lavoratori autonomi** e, in relazione alle mansioni cui sono addetti, i lavoratori **dipendenti da terzi, che svolgono** nell'ambito aziendale **attività diverse da quelle proprie dei lavoratori esposti (parla dei N.E.)**, dei rischi specifici da radiazioni esistenti nei luoghi in cui sono chiamati a prestare la loro opera. I medesimi soggetti forniscono ai predetti lavoratori i necessari mezzi di protezione e si assicurano dell'impiego di tali mezzi.

# Obblighi dei dirigenti e dei preposti

## Art.123

«...adottano i provvedimenti idonei a evitare il superamento dei limiti di dose fissati, per le diverse modalità di esposizione, ai sensi dell'articolo 146, per:

- a) i lavoratori esposti;
- b) gli apprendisti; **Violazione degli artt. 109, comma 6 o 117 o 123 - da 3 mesi a 6 mesi o ammenda da 5.000,00 a 20.000,00€**
- c) i lavoratori sottoposti a agenti cancerogeni;
- d) i lavoratori sottoposti a agenti cancerogeni; **ammenda da 5.000,00 a 20.000,00€** all'articolo 117».

«...adottano altresì 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.»

# Obblighi dei lavoratori

Art. 118.

*Obblighi dei lavoratori (decreto legislativo  
17 marzo 1995, n. 230, articolo 68)*

1. Ogni lavoratore si prende cura della propria salute e sicurezza e di quella delle altre persone presenti sul luogo di lavoro, su cui ricadono gli effetti delle sue azioni od omissioni, conformemente alla sua formazione, alle istruzioni e ai mezzi forniti dal datore di lavoro.

2. I lavoratori:

a) contribuiscono, insieme al datore di lavoro, ai dirigenti e ai preposti, all'adempimento degli obblighi previsti a tutela della salute e sicurezza sui luoghi di lavoro;

b) osservano 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 mansioni alle quali sono addetti;

c) usano secondo le specifiche istruzioni ricevute i dispositivi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica predisposti o forniti dal datore di lavoro;

d) segnalano 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) 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 lavoratori;

f) si sottopongono alla sorveglianza sanitaria ai sensi del presente decreto;

g) partecipano ai programmi di formazione e di addestramento organizzati dal datore di lavoro.

3. I lavoratori esposti che svolgono per più datori di lavoro attività che li espongono al rischio da radiazioni ionizzanti, informano ciascun datore di lavoro delle attività che svolgono o hanno svolto in passato presso gli altri datori di lavoro, ai fini di quanto previsto dall'articolo 116.

## Regime sanzionatorio

5. La violazione degli obblighi e delle prescrizioni di cui agli articoli 114, comma 2 lettere a), b) e c), e 118, comma 2 lettere b) e c), è punita con l'ammenda da euro 150,00 ad euro 500,00.

5. Chiunque pone in essere le attività di cui all'articolo 23 o all'articolo 26 senza il titolo autorizzativo rispettivamente prescritto oppure in violazione delle prescrizioni in esso contenute è punito con l'arresto da sei mesi ad un anno e con l'ammenda da euro 30.000,00 ad euro 90.000,00.

*Allontanamento di materiali da pratiche con sorgenti di radiazioni naturali (direttiva 59/2013/EURATOM, articolo 30).*

1. I materiali solidi, liquidi o aeriformi contenenti radionuclidi di origine naturale, che provengono da pratiche soggette a notifica di cui all'articolo 24, 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

Art. 225.

*Ostacoli al controllo (decreto legislativo  
17 marzo 1995, n. 230, art 135-bis)*

1. Chiunque impedisce l'esecuzione delle ispezioni previste dal presente decreto o comunque ne ostacola l'effettuazione, ovvero non esibisce i documenti richiesti nel corso di un'ispezione, è punito con l'arresto da tre mesi a due anni o con l'ammenda da euro 3.000,00 ad euro 90.000,00.

# Attività che il Datore di Lavoro NON può delegare

a) la valutazione preventiva di cui all'articolo 109;

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

b) la nomina l'esperto di radioprotezione;

c) la nomina del medico autorizzato

# Obblighi del Datore di Lavoro

Qualora...si proceda a delega di funzioni,  
per la stessa trova applicazione quanto  
previsto dall'articolo 16 del decreto  
legislativo 9 aprile 2008, n. 81

## Articolo 16 - Delega di funzioni

1. La delega di funzioni da parte del datore di lavoro, ove non espressamente esclusa, è ammessa con i seguenti limiti e condizioni:
  - a) che essa risulti da atto scritto recante **data certa**;
  - b) che il **delegato possenga tutti i requisiti di professionalità ed esperienza** richiesti dalla specifica natura delle funzioni delegate;
  - c) **che essa attribuisca al delegato tutti i poteri di organizzazione, gestione e controllo** richiesti dalla specifica natura delle funzioni delegate;
  - d) che essa attribuisca al delegato **l'autonomia di spesa** necessaria allo svolgimento delle funzioni delegate
  - e) che la delega sia **accettata dal delegato per iscritto**.

## Articolo 16 - Delega di funzioni

2. Alla delega ...deve essere data **adeguata e tempestiva pubblicità**.

3. **La delega di funzioni non esclude l'obbligo di vigilanza in capo al datore di lavoro in ordine al corretto espletamento da parte del delegato delle funzioni trasferite**. L'obbligo ... si intende assolto in caso di **adozione ed efficace attuazione del modello di verifica e controllo di cui all'articolo 30, comma 4**.

3-bis. Il soggetto delegato può, a sua volta, previa intesa con il datore di lavoro delegare specifiche funzioni in materia di salute e sicurezza sul lavoro alle medesime condizioni di cui ai commi 1 e 2. La delega di funzioni di cui al primo periodo non esclude l'obbligo di vigilanza in capo al delegante in ordine al corretto espletamento delle funzioni trasferite. Il soggetto al quale sia stata conferita la delega di cui al presente comma non può, a sua volta, delegare le funzioni delegate

## Art. 30, comma 4, D.Lgs. 81/2008

- Il modello organizzativo deve altresì prevedere un idoneo sistema di controllo sull'attuazione del medesimo modello e sul mantenimento nel tempo delle condizioni di idoneità delle misure adottate. Il riesame e l'eventuale modifica del modello organizzativo devono essere adottati, quando siano scoperte violazioni significative delle norme relative alla prevenzione degli infortuni e all'igiene sul lavoro, ovvero in occasione di mutamenti nell'organizzazione e nell'attività in relazione al progresso scientifico e tecnologico.

## ART. 110

### Informazione e formazione dei dirigenti e dei preposti

*(direttiva EURATOM 59/2013 articoli 14, 15; decreto legislativo 230/1995 articolo 61, comma 3)*

1. Il datore di lavoro che svolge le attività disciplinate dal presente decreto, provvede affinché i dirigenti e i preposti ricevano un'adeguata informazione, una specifica formazione e un aggiornamento almeno ogni tre anni in relazione ai propri compiti in materia di radioprotezione. I contenuti dell'informazione e formazione comprendono:

- a) principali soggetti coinvolti e relativi obblighi;
- b) definizione e individuazione dei fattori di rischio derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti;
- c) modalità di valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti;
- d) individuazione delle misure tecniche, organizzative e procedurali di prevenzione e protezione dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

La formazione va effettuata, indipendentemente della scadenza, 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.

*Informazione e formazione dei lavoratori (direttiva 59/2013/EURATOM, articoli 14, 15, 82 comma 2, lettera 1); decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, articolo 61, comma3).*

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.

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. 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.

# Corso di informazione e formazione dei dirigenti e dei preposti come disposto dall'art. 110, D.Lgs. 101/2020

La legge stabilisce già i contenuti a quanto sopra:

- a) principali soggetti coinvolti e relativi obblighi;
- b) definizione e individuazione dei fattori di rischio derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti;
- c) modalità di valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti;
- d) individuazione delle misure tecniche, organizzative e procedurali di prevenzione e protezione dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

# Corso di informazione e formazione per i lavoratori come disposto dall'art. 111, D.Lgs. 101/2020

## La legge stabilisce già argomenti e contenuti

### Argomenti

- a) Rischi per la salute e la sicurezza sul lavoro connessi all'attività svolta  
**PRESSO L'ESERCENTE** (Laboratori in Italia e all'estero)
- b) Nominativi del medico autorizzato e dell'esperto di radioprotezione
- c) Rischi specifici cui sono esposti 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  
**PRESSO L'ESERCENTE**
- d) Misure e attività di protezione e prevenzione adottate  
**PRESSO L'ESERCENTE**
- e) Importanza dell'obbligo, per le lavoratrici esposte, di comunicare tempestivamente il proprio stato di gravidanza

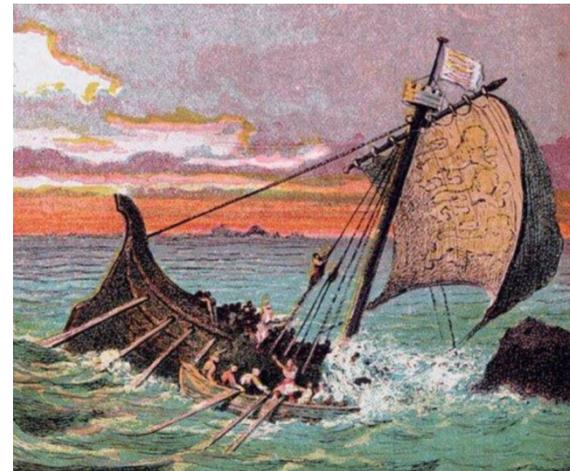
# **Definizione e individuazione dei fattori di rischio derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti**

# RISCHIO

*Inizialmente la parola «RISCHIO» era legato alla frequenza attribuita ad eventi non positivi (naufragi)*

*e non*

*a deduzioni soggettive intese a provare o sottolineare una conseguenza logica a quanto potrebbe succedere*



Pertanto dalle sue origini la parola

«rischio»

è diventata comune in tante lingue (stessa radice) ma,  
malgrado la sua universalità,

il «rischio» è stato utilizzato in modo assolutamente

**ambiguo**

con molte denotazioni e connotazioni

**Utilizzo nella valutazione di effetti di  
salute**

# Nella epidemiologia

---

- **Eccesso assoluto di rischio** = il tasso di una malattia in una popolazione studiata **meno** quello di una popolazione di riferimento
- **Eccesso relativo di rischio** = il tasso di una malattia in una popolazione studiata **diviso** quello di una popolazione di riferimento meno uno

**Utilizzo nella radioprotezione**

# ICRP

**Definisce grandezze specifiche per il rischio, come:**

- **Rischio in eccesso sulla riduzione del tempo di vita:** differenza tra la proporzione di persone esposte di una popolazione le quali sono morte o hanno sviluppato una malattia e della corrispondente proporzione di una popolazione simile non esposta
- **Rischio di morte dovuta ad esposizione**
- **Rischio di perdita di aspettativa di vita**
- **Rischio attribuibile nel corso della vita:** approssimazione del primo punto, descrive i morti in eccesso a causa di esposizione su un periodo di follow-up rispetto a quelli della popolazione considerati come di riferimento e determinati dall'esperienza di individui senza esposizione

**L'ICRP UTILIZZA QUESTO ULTIMO PUNTO PER LIMITARE  
LE DOSI**

# Rischio negli standard's di sicurezza internazionali

- **Insieme di triplette**  $R = [(S_i/p_i/X_i)]$ ,  $S_i$  descrizione di uno scenario,  $p_i$  la sua probabilità,  $X_i$  misura delle conseguenze
- **Media matematica (valore atteso)** di una specifica conseguenza (di solito non voluta)  $R = \sum_i p_i C_i$  ove,  $p_i$  la probabilità che accade uno scenario o una sequenza di eventi e  $C_i$  è la misura delle conseguenze di quel scenario o sequenza di eventi
- **Probabilità** che un effetto specifico di salute avvenga ad una persona in seguito ad una esposizione, comunemente espresso come il prodotto della probabilità che l'esposizione possa avvenire e la probabilità che tale esposizione, assumendo che avvenga, causerà quel specifico effetto sulla salute

- **Probabilità** che un effetto specifico di salute avvenga ad una persona in seguito ad una esposizione, comunemente espresso come il prodotto della probabilità che l'esposizione possa avvenire e la probabilità che tale esposizione, assumendo che avvenga, causerà quel specifico effetto sulla salute

Problema centrale della Radioprotezione consiste nel definire **Grandezze** atte a quantificare i **Rischi** da **Esposizione** ai diversi tipi di **Radiazione Ionizzante**. Grandezze che fungano, quindi, da **indicatori del rischio da radiazioni** e che consentano di darne un soddisfacente assetto preventivo.

**Dose Efficace:** è la somma delle dosi equivalenti ponderate nei tessuti ed organi del corpo causate da irradiazioni interne ed esterne;

unità di misura nel SI: **Sievert (Sv)**;

$$E = \sum_T W_R \cdot H_T = \sum_T W_T \sum_R W_R \cdot D_{T,R}$$

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

Dose equivalente

# Percezione del rischio per persone con istruzione diversa

Table 1 Ordering of perceived risk for 30 activities and technologies

**Table 3.** Ordering of perceived risks for 30 activities and technologies. The ordering is based on the geometric mean risk ratings within each group. Rank 1 represents the most risky activity or technology.

Activity or Technology	League of Women Voters	Active College Students	Club Members	Experts
Nuclear power	1	1	8	20
Motor vehicles	2	5	3	1
Handguns	3	2	1	4
Smoking	4	3	4	2
Motorcycles	5	6	2	6
Alcoholic Beverages	6	7	5	3
General (private) aviation	7	15	11	12
Police work	8	8	7	17
Pesticides	9	4	15	8
Surgery	10	11	9	5
Fire fighting	11	10	6	18
Large construction	12	14	13	13
Hunting	13	18	10	23
Spray cans	14	13	23	26
Mountain climbing	15	22	12	29
Bicycles	16	24	14	15
Commercial aviation	17	16	18	16
Electric power (non-nuclear)	18	19	19	9
Swimming	19	30	17	10
Contraceptives	20	9	22	11
Skiing	21	25	16	30
X-rays	22	17	24	7
High school and college football	23	26	21	27
Railroads	24	23	20	19
Food preservatives	25	12	28	14
Food coloring	26	20	30	21
Power mowers	27	28	25	28
Prescription antibiotics	28	21	26	24
Home appliances	29	27	27	22
Vaccinations	30	29	29	25

From Slovic, 1987. Copyright by the AAAS. Reprinted by permission.

Source: Slovic (1987).

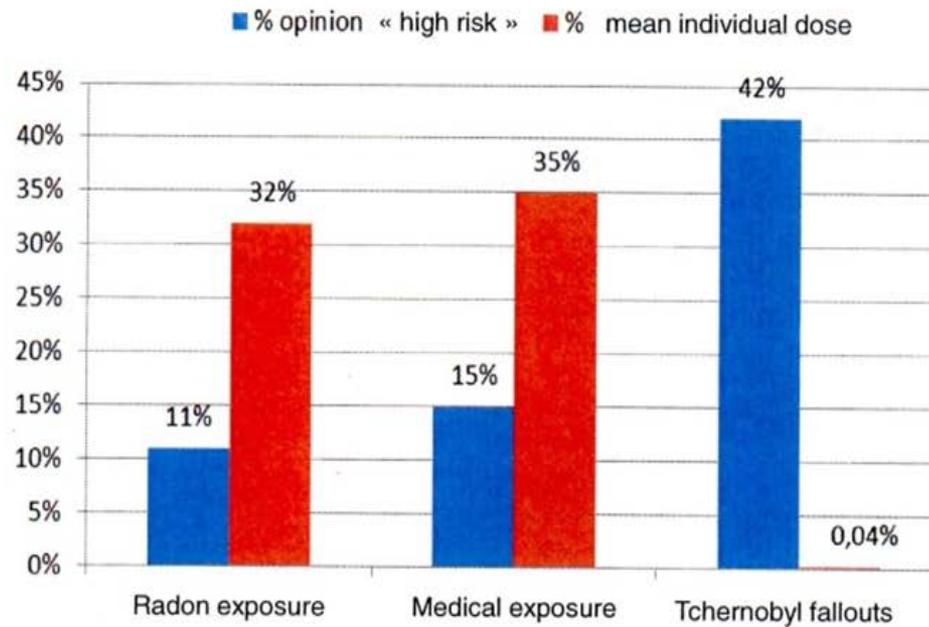
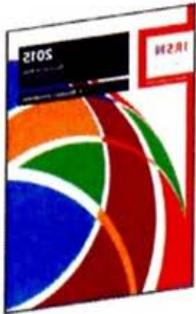
# La percezione del rischio di una attività aumenta quando l'attività è vista come:

Table 2 Table Risk perception factor (outrage factors) Perceived risk of an activity will be greater when the activity is seen as:

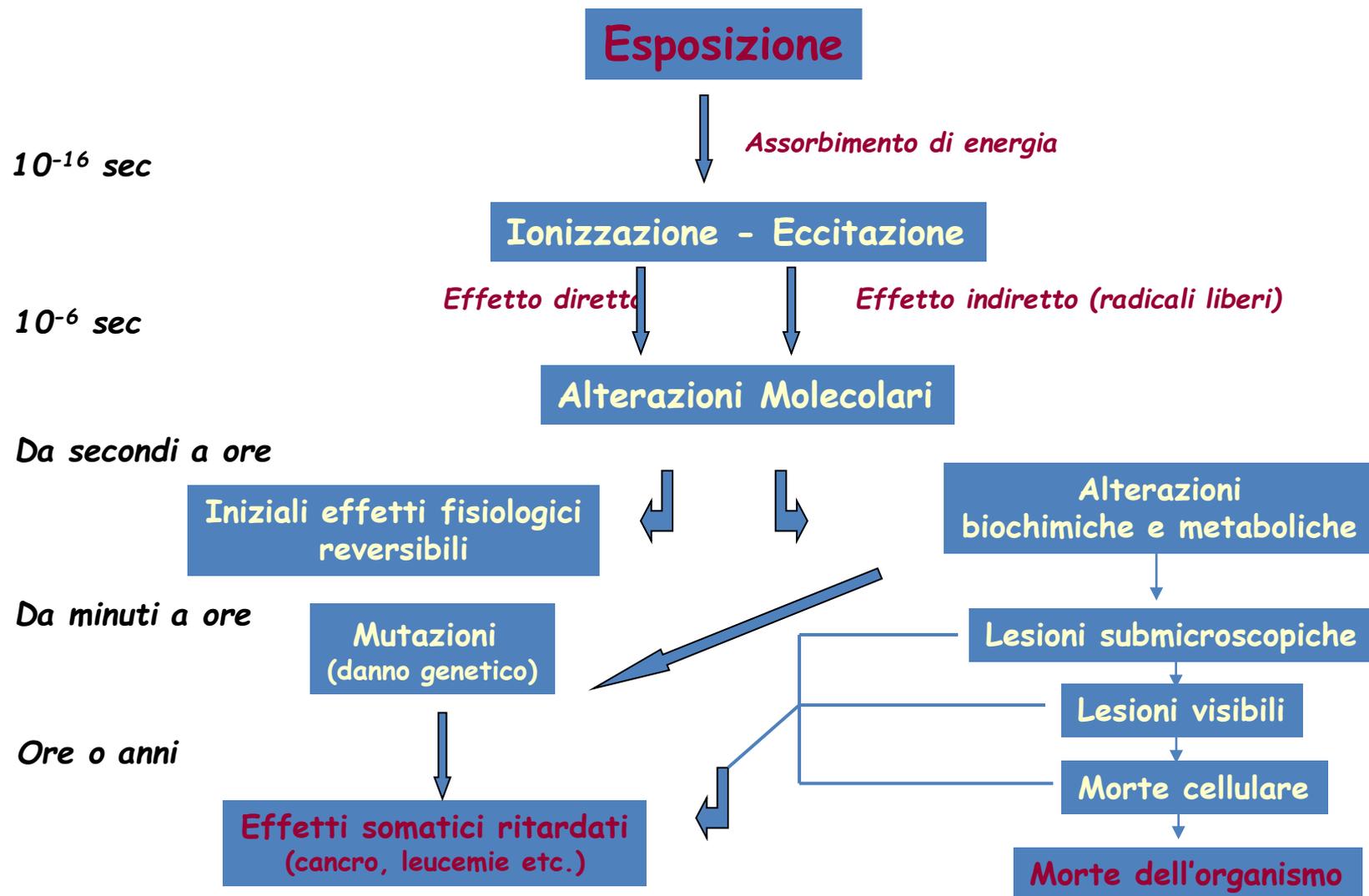
Volition	Involuntary or imposed
Controllability	Under the control of others
Familiarity	Unfamiliar
Equity	Unevenly and inequitably distributed
Benefits	Having unclear or questionable benefits
Understanding	Poorly understood
Uncertainty	Relatively unknown or having highly uncertainty
Dread	Evoking fear, terror or anxiety
Reversibility	Having potentially irreversible adverse effects
Trust in institution	Requiring credible institutional response
Personal stake	Placing people personally and directly at risk
Ethical/moral nature	Ethically objectionable or morally wrong

Source Sandman, P., 1991, 1993

## Risks perception - IRSN survey



# EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI

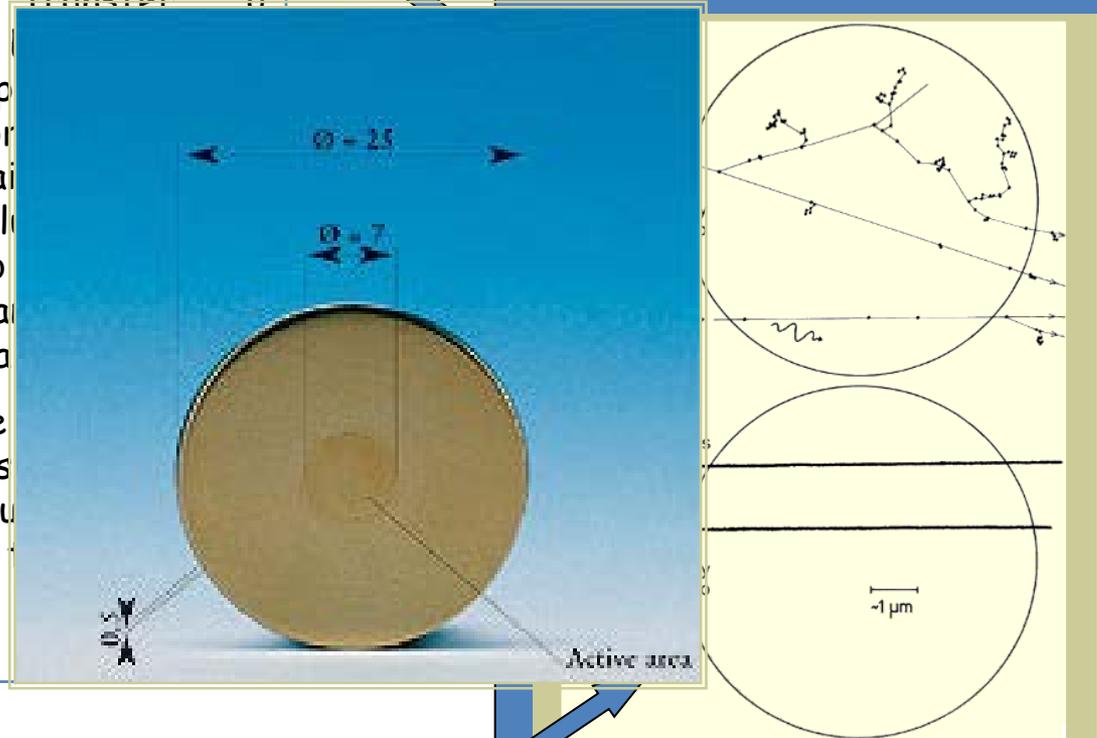


# TRASFERIMENTO LINEARE DI ENERGIA - LET

*Radiazione a basso LET*

LET (Linear Energy Transfer) o Trasferimento Lineare di energia dipende dalla quantità di energia depositata dalla radiazione per unità di percorso. Il valore del LET è legato alle caratteristiche delle radiazioni: radiazioni a lungo percorso (gamma o  $\beta$  di alta energia) hanno un LET basso, mentre radiazioni a corto percorso (alfa, nuclei, neutroni) hanno un LET alto.

L'interazione della radiazione con la cellula comporta un deposito di energia. L'effetto biologico conseguente dipende dalla quantità di energia depositata per unità di volume di tessuto con conseguente ionizzazione.



*Radiazione ad alto LET*

# Possibili Effetti Cellulari

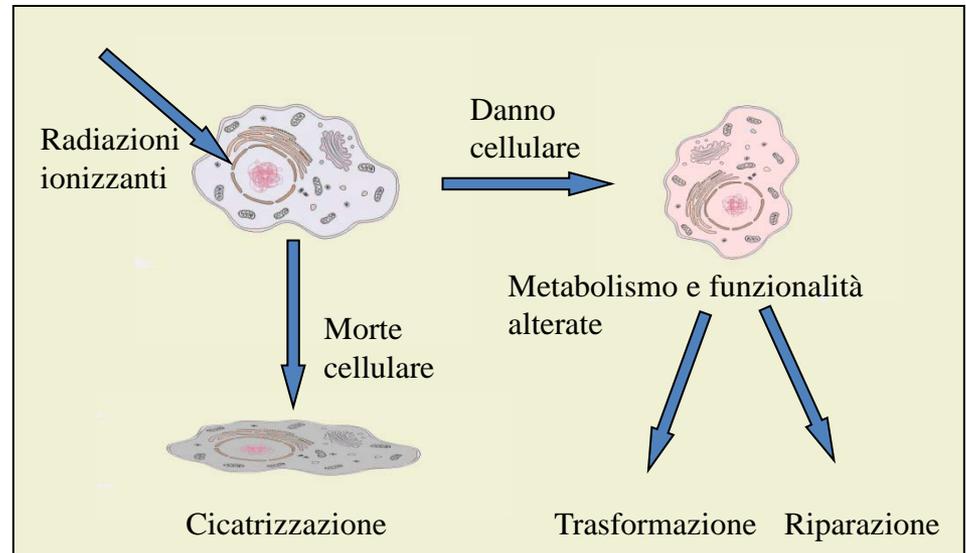
Una cellula colpita direttamente dalla radiazione può o morire o essere danneggiata.

**La radiazione** può provocare diversi tipi di danni cellulari come:

- rottura singola o doppia della elica del DNA
- aberrazioni cromosomiche

**La cellula** a sua volta può:

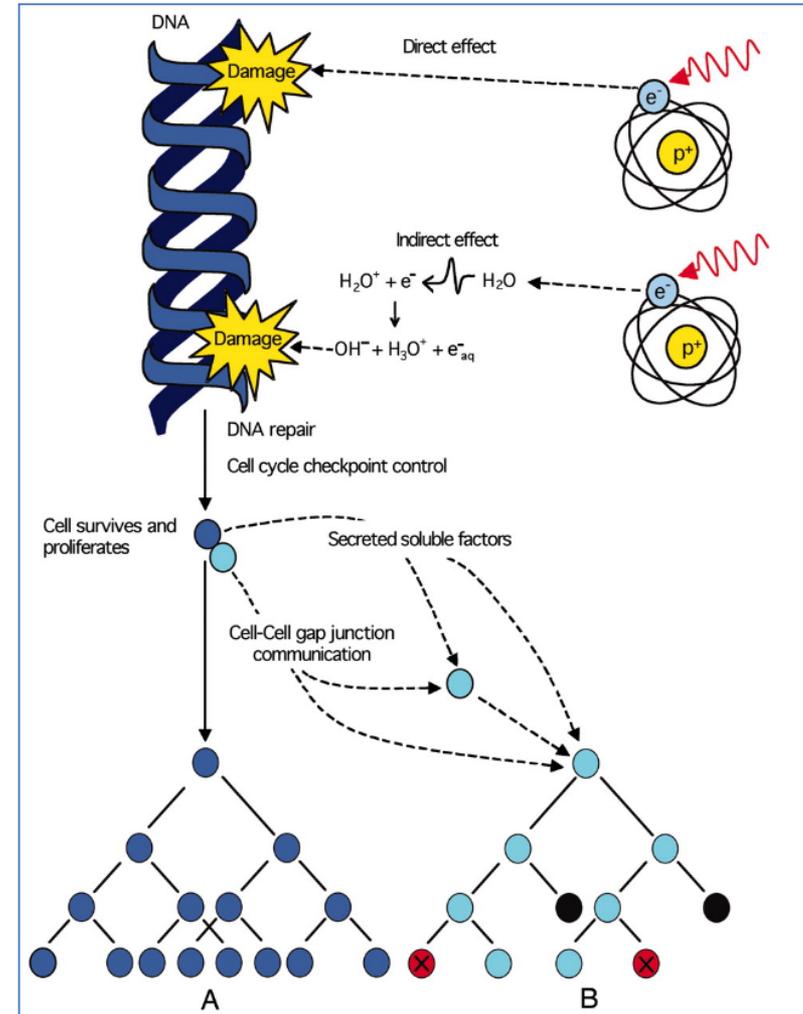
- riparare il danno subito
- morire
- mutare, cambiando la sua struttura riproduttiva e trasformandosi in una potenziale cellula pre-cancerogena.



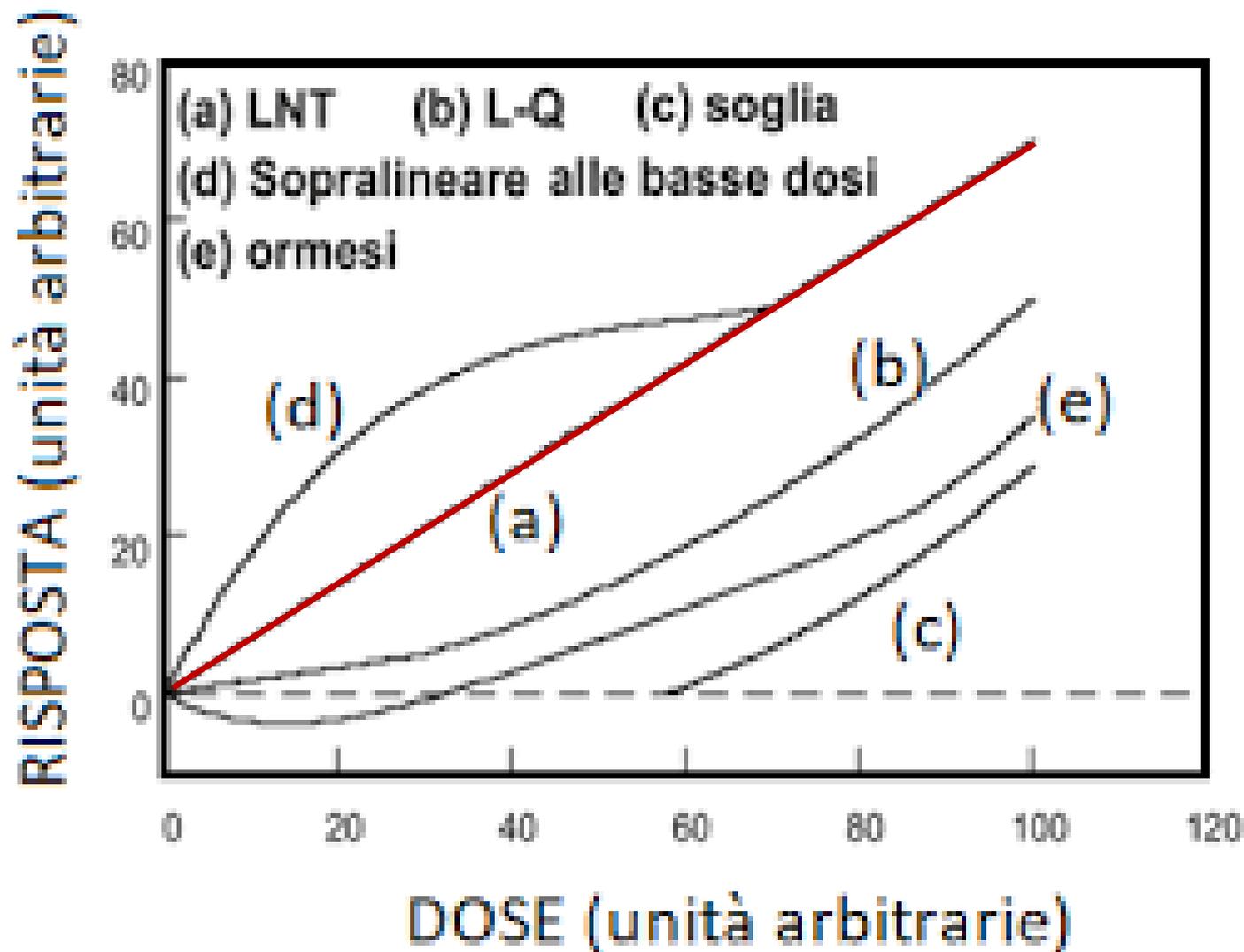
# Effetti Biologici: Azione Indiretta e Diretta

Le radiazioni ionizzanti possono **danneggiare il DNA** sia in modo diretto sia indiretto attraverso il processo della radiolisi dell'acqua.

- ▶ **azione diretta:** interazione con gli elementi critici della cellula. Processo dominante nella radiazione ad alto LET.
- ▶ **azione indiretta:** formazione di radicali liberi estremamente reattivi che possono agire come agenti ossidanti o riducenti a contatto con l'acqua formando perossidi che a loro volta possono disattivare i meccanismi cellulari o interagire con il DNA della cellula

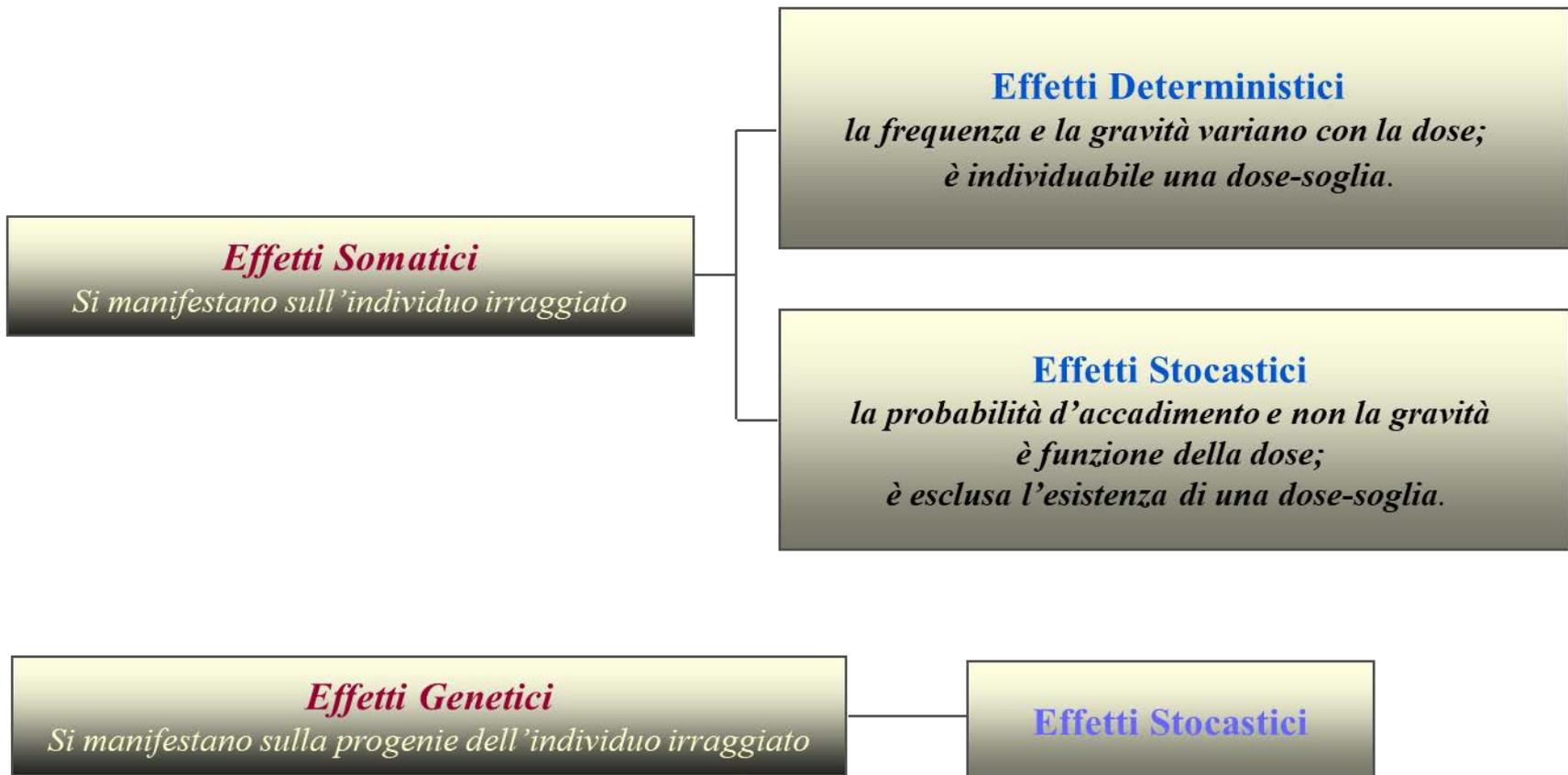


# Il danno da radiazioni è considerato senza soglia



# Effetti Indotti da Radiazioni Ionizzanti

A livello globale, gli effetti indotti dalle radiazioni ionizzanti sull'uomo possono essere classificati in due categorie: Effetti Somatici ed Effetti Genetici



# Dose Efficace e Limiti di dose

I **limiti di dose** sono stati stabiliti per poter **limitare** gli **effetti stocastici** delle radiazioni ionizzanti e prevenire completamente gli effetti deterministici

I limiti di dose è un componente fondamentale della radioprotezione e superare tali limiti è considerato, in quasi tutti i paesi, una violazione molto seria della normativa in materia.

# Principali Limiti di Dose per i Lavoratori Esposti, Non Esposti e Individuo della Popolazione

	Lavoratori Esposti	Lavoratori Non Esposti e Individuo della Popolazione
<i>Dose Efficace E</i>	20 mSv/anno solare	1 mSv/anno solare
<i>Dose Equivalente H</i> al cristallino	20 mSv/anno solare	15 mSv/anno solare
<i>Dose Equivalente H</i> alle estremità	500 mSv/anno solare	50 mSv/anno solare
<i>Dose Equivalente H</i> alla pelle (dose media su 1cm <sup>2</sup> di superficie)	500 mSv/anno solare	50 mSv/anno solare

# Effetti Stocastici - Dose-effetto

## RISCHIO ATTRIBUIBILE NEL CORSO DELLA VITA

	Rischio (% per Sv)			
Popolazione esposta	Cancro letale	Cancro non letale	Gravi effetti ereditari	Totale
Lavoratori adulti	4.0	0.8	0.8	5.6
Intera popolazione	5.0	1.0	1.3	7.3

Questo significa che se un lavoratore esposto riceve una dose di 1 Sv su corpo intero nel corso della sua vita lavorativa ha una extra probabilità del 4% di sviluppare un tumore letale dopo tot. anni rispetto alla normale probabilità (tra il 20 e il 25%) di morire di tumore

**Obbligo per le lavoratrici esposte di comunicare tempestivamente (immediatamente) al Datore di Lavoro il loro stato di gravidanza**

## **DOPO IL PARTO**

**Indispensabile comunicare l'intenzione di allattare al seno il neonato - Divieto di adibire la lavoratrice ad attività che possono comportare contaminazione interna o superficiale**

# Effetti delle Radiazioni durante la gravidanza

I tessuti del nostro corpo maggiormente interessati da una dose acuta di radiazioni sono quelli in cui le cellule si riproducono con maggiore velocità. Ad esempio: pelle, organi ematopoietici, gonadi e sistema gastro-intestinale.

Nel feto tutte le cellule si dividono molto rapidamente e quindi si è in presenza di una situazione di massimo rischio. Non esiste nessun altro momento nella vita di un individuo in cui la dose da radiazioni può avere un effetto più importante.

Il periodo più critico è quello legato alla formazione degli organi che va dal nono giorno fino alla 6<sup>a</sup> settimana dopo il concepimento.

# **Modalità di valutazione dei rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti**

**Valutazione del rischio da  
esposizione alle radiazioni  
ionizzanti significa**

**Valutare la dose**

# QUALE DOSE?

**Dose Efficace:** è la somma delle dosi equivalenti ponderate nei tessuti ed organi del corpo causate da irradiazioni interne ed esterne;  
unità di misura nel SI: **Sievert (Sv)**;

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

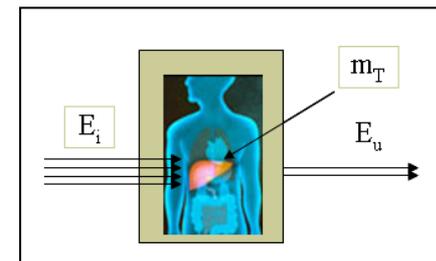
**Dose Equivalente  $H_{T,R}$ :** nel tessuto o nell'organo T dovuta alla radiazione R:  
unità di misura nel SI: **Sievert (Sv)**

**NON MISURABILE!!**

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

**La dose assorbita media nell'organo T e dovuta alla radiazione R** viene indicata con  $D_{T,R}$  unità di misura nel SI: **Gray (Gy)**

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int D dm$$



# $W_R$ e $W_T$ (uguali per tutti)

0.1.2. I valori del fattore di ponderazione delle radiazioni  $W_R$  sono i seguenti:

Fotoni	1
Elettroni e muoni	1
Protoni e pioni carichi	2
Particelle alfa, frammenti di fissione, nuclei pesanti.	20
Neutroni	
$E_n < 1 \text{ MeV}$	$2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]^{**2}/6}$
$1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ keV}$	$5,0 + 17,0 e^{-[\ln(2 E_n)]^{**2}/6}$
$E_n > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25 e^{-[\ln(0,04 E_n)]^{**2}/6}$

0.2.2. I valori del fattore di ponderazione  $W_T$  per i diversi organi o tessuti sono i seguenti:

Gonadi	<b>0,08</b>
Midollo osseo (rosso)	0,12
Colon	0,12
Polmone (vie respiratorie toraciche)	0,12
Stomaco	0,12
Mammelle	<b>0,12</b>
Vescica	<b>0,04</b>
Fegato	<b>0,04</b>
Esofago	<b>0,04</b>
Tiroide	<b>0,04</b>
Pelle	0,01
Superficie ossea	0,01
<b>Cervello</b>	<b>0,01</b>
<b>Ghiandole salivari</b>	<b>0,01</b>
Rimanenti organi o tessuti	<b>0,12</b>

Quindi la **dose efficace**, esprime la probabilità ad avere conseguenze biologiche (effetti stocastici ovvero probabilistici, non certi p.e. cancro o effetti genetici) a causa di una esposizione e dipende dalla qualità della radiazione e il tipo di organo/tessuto

**Grandezza radioprotezionistica**

E' per sua definizione una grandezza non misurabile

**ALLORA?**

Allo scopo di effettuare misure della radiazione, sono state definite dal ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements), nella sfera ICRU, le seguenti **grandezze operative**:

- Equivalente di dose ambientale  $H^*(d)$
  - Equivalente di dose personale  $H_p(d)$
  - Equivalente di dose direzionale  $H'(d, \Omega)$
- 
- Sv**

# Sfera di riferimento ICRU

Corpo introdotto dalla ICRU allo scopo di riprodurre approssimativamente le caratteristiche del corpo umano. Esso consiste in una sfera di **30 cm di diametro** costituita di **materiale equivalente al tessuto** con una densità di **1 g cm<sup>-3</sup>** e composizione di massa:

- **76.2 % ossigeno,**
- **11.1 % di carbonio,**
- **10.1 % di idrogeno**
- **2.6 % di azoto.**

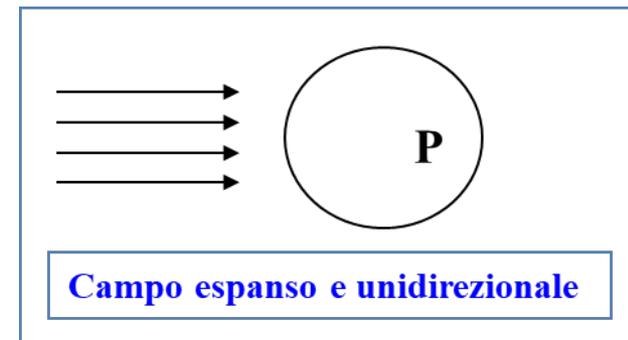
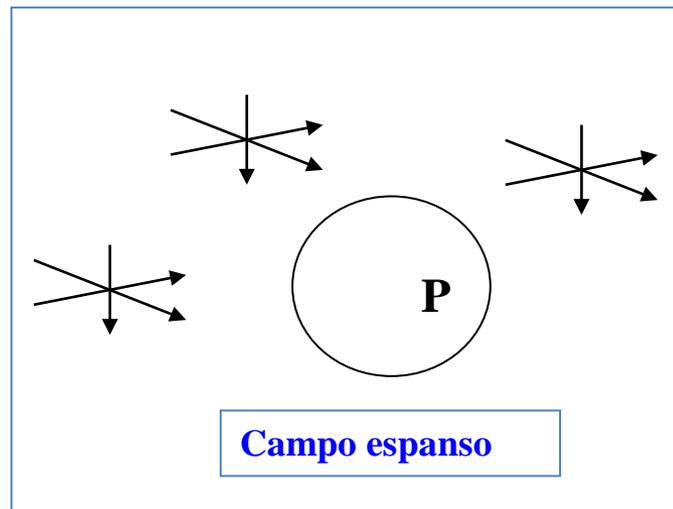
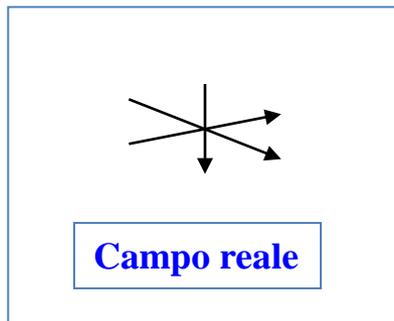
Le grandezze operative sono state definite per motivi pratici, per misure ambientali e personali. Sono definite in un punto nella sfera ICRU o nel corpo, correlano il tipo della radiazione e l'energia a quel punto e quindi possono essere calcolati sulla base della fluenza a quel punto.

Le grandezze operative servono per sostituire le grandezze radioprotezionistiche. Queste grandezze possono essere prontamente misurate sul campo oppure possono essere calcolate e quindi possono fornire una buona e ragionevole stima delle grandezze radioprotezionistiche in specifiche condizioni di esposizione

# Campo di Radiazione Espanso

**Campo Espanso:** campo derivato dal campo di radiazioni reale nel quale fluenza, distribuzione direzionale e distribuzione dell'energia, in tutto il volume di interesse, hanno valori uguali a quelli del campo reale nel punto interessato.

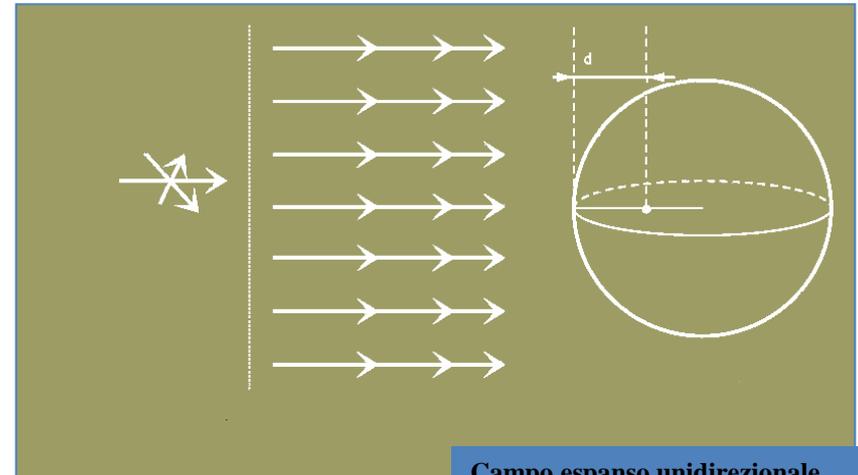
**Campo Espanso e Unidirezionale:** campo in cui la fluenza e la distribuzione di energia sono uguali a quelli del campo espanso, ma la fluenza è unidirezionale.



# Dosimetria Ambientale

**Equivalente di dose ambientale  $H^*(d)$ :** è l'equivalente di dose in un punto di un campo di radiazioni che sarebbe prodotto dal corrispondente campo espanso e unidirezionale nella sfera ICRU a una profondità  $d$ , sul raggio opposto alla direzione del campo unidirezionale.

È idoneo per la misura di **campi di radiazioni fortemente penetranti** e dare una stima della dose efficace: **distanza consigliata  $d=10$  mm**

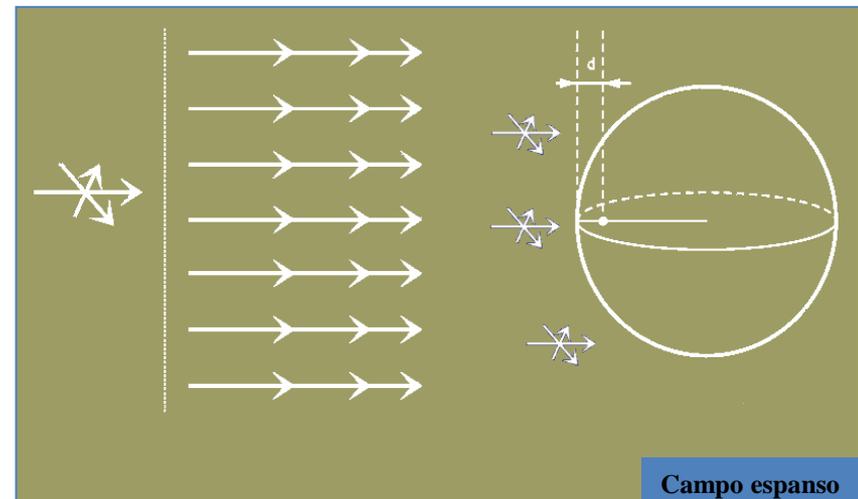


Campo espanso unidirezionale

**Equivalente di dose direzionale  $H'(d, \Omega)$ :** è l'equivalente di dose in un punto di un campo di radiazioni che sarebbe prodotto dal corrispondente campo espanso, nella sfera ICRU, a una profondità  $d$ , su un raggio in una determinata direzione  $W$ .

È idoneo per la misura di **campi di radiazioni debolmente penetranti**: **profondità consigliata  $d=0.07$  mm e 3 mm**.

**Fornisce una stima della dose alla pelle e al cristallino**



Campo espanso

# Dosimetria Individuale

**Equivalente di dose personale  $H_p(d)$ :** equivalente di dose nel tessuto molle, a una profondità appropriata  $d$ , al di sotto di un determinato punto del corpo; fornisce una stima della dose efficace

La profondità  $d$  varia a seconda del tipo di radiazione:

- ▶ per radiazioni a forte penetrazione è raccomandata una profondità di 10 mm;
- ▶ per radiazioni a debole penetrazione è raccomandata una profondità di 0.07 mm per la pelle e di 3 mm per gli occhi.

# Dosimetria Individuale

La calibrazione di un dosimetro personale avviene di norma sotto condizioni semplificate utilizzando un fantoccio con le caratteristiche della sfera ICRU.

L'equivalente di dose personale  $H_p(10)$  (in Sv) è la dose equivalente al tessuto in una profondità nel corpo pari a 10 mm e nel punto ove il dosimetro è collocato.

Dalla definizione risulta evidente che  $H_p(10)$  include già l'effetto del corpo sul campo di radiazione ovvero l'assorbimento e lo scattering.

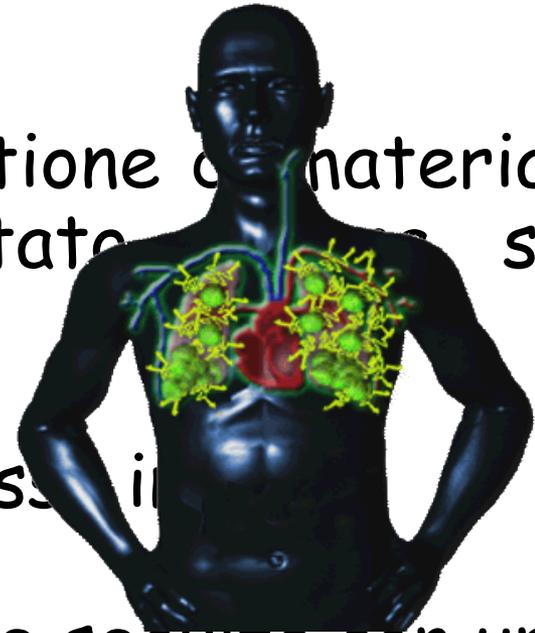
I dosimetri dei Centri di Taratura abilitati ad effettuare la dosimetria tengono già conto sia dell'assorbimento sia dello scattering.

# Introduzione nel corpo di materiale radioattivo

Contaminazione esterna

Contaminazione interna

- Nel caso di inalazione o ingestione di materiale radioattivo (MRA), il risultato è la sua introduzione nel nostro corpo
- La dose di MRA è espressa in
- Un'assunzione potrebbe essere seguita con un assorbimento di MRA in un organo o tessuto specifico



- Da sottolineare che nel percorso di introduzione del MRA una percentuale introdotta viene immediatamente eliminata
- MRA che entra in corpo verrà eliminato per decadimento e per processi di rimozione biologici.
- L'assorbimento di materiale radioattivo in Bq in un organo o tessuto determina la dose a tale organo.

# Introduzione nel corpo di materiale radioattivo

- Nota la quantità di MRA inalato o ingerito (in Bq) si può facilmente determinare la dose ricevuta consultando apposite tabelle che riportano per ogni radionuclide il fattore di conversione Sv/Bq introdotto:

ICRP n.119

# Introduzione nel corpo di materiale radioattivo

**Dose Equivalente Impegnata:** integrale rispetto al tempo dell'intensità di dose equivalente in un tessuto o organo T che sarà ricevuta da un individuo, in quel tessuto o organo per l'introduzione di uno o più radionuclidi

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_T(t) dt$$

**Dose Efficace Impegnata:** somma delle dosi equivalenti impegnate nei diversi organi o tessuti  $H_T(t)$  risultanti dall'introduzione di uno o più radionuclidi, ciascuna moltiplicata per il fattore di ponderazione del tessuto  $w_T$

$$E_{(\tau)} = \sum_T w_T H_T(\tau)$$

Nel caso dei lavoratori il calcolo delle dosi impegnate viene effettuato cautelativamente su un periodo di 50 anni a partire dall'introduzione, 70 anni per la popolazione e bambini

**Individuazione delle misure  
tecniche, organizzative e  
procedurali di prevenzione e  
protezione dall'esposizione alle  
radiazioni ionizzanti**

- **Misure tecniche**
- **Misure organizzative**
- **Misure procedurali**

**per la prevenzione e protezione  
dalle radiazioni ionizzanti**

# Misure tecniche

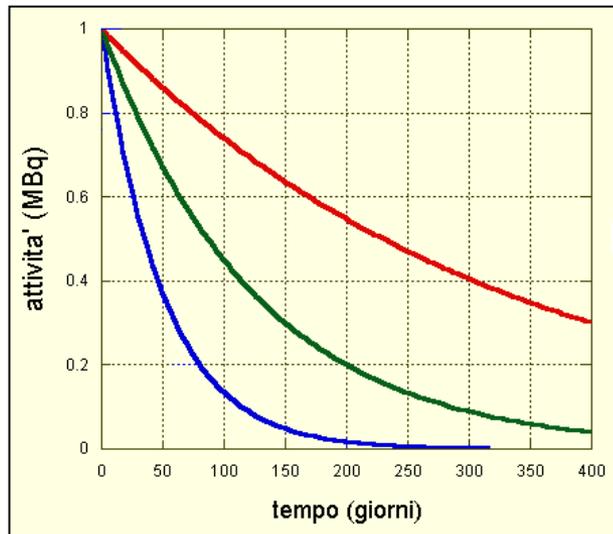
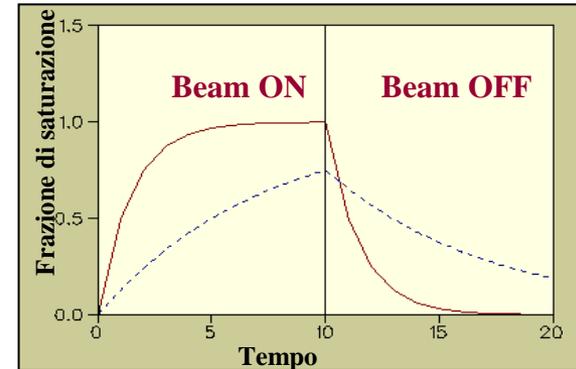
- ❖ Presenza di schermature fisse e mobili
- ❖ Rete di rivelatori attivi fissi, mobili e portatili presenti nei luoghi di lavoro
- ❖ Rete dei dosimetri ambientali e personali passivi e attivi
- ❖ Segnalazioni ottiche e acustiche specifiche
- ❖ Presenza di sistemi controllo degli accessi nelle aree interessate di macchine radiogene e sorgenti radioattive inclusi i sistemi di emergenza previsti

# Tempo e Decadimento

Il lavoro in aree con presenza di radiazioni deve essere eseguito velocemente però senza compromettere le normali pratiche di sicurezza

*L'esecuzione del lavoro va programmata in modo scrupoloso*

**Riduzione del campo di radiazioni dopo lo spegnimento della macchina**



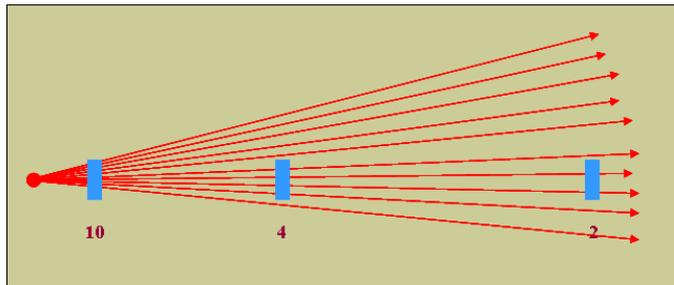
$T_{1/2} = 25$  giorni

$T_{1/2} = 80$  giorni

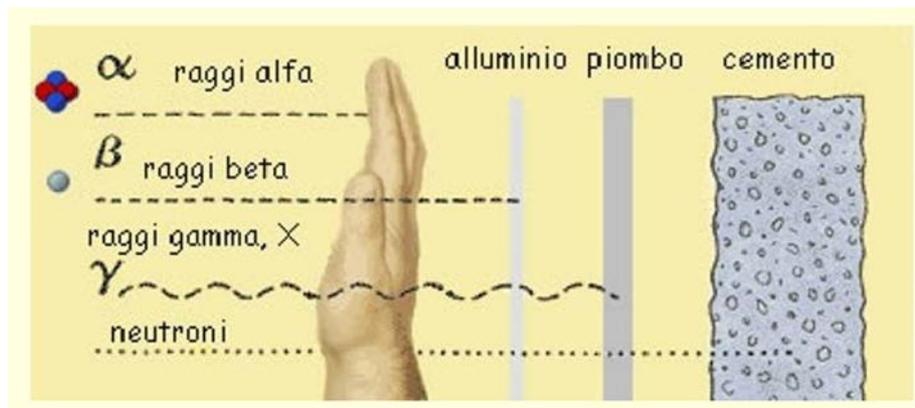
$T_{1/2} = 220$  giorni

# Distanza e schermature

$$I = I_0/r^2$$



*Flusso e intensità di flusso diminuiscono all'aumentare della distanza dalla sorgente*



# Stazioni di rivelazione mobili o fisse – Strumentazione portatile



# Dosimetri personali passivi e attivi



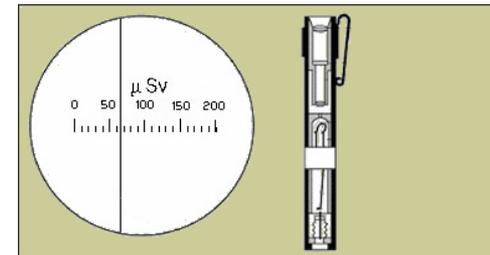
CR-39 per neutroni



TLD per fotoni



Dosimetro attivo per beta e gamma



Penna dosimetrica  
Dosimetro attivo

# Misure organizzative (I)

- ❖ Presenza di un Servizio di Radioprotezione
- ❖ Processi formativi specifici presso il Laboratorio esterno
- ❖ Limitazione al minimo possibile del numero dei lavoratori con esposizione professionale in aree predeterminate (zone controllate) e del tempo di permanenza in tali aree
- ❖ Limitazione del tempo di intervento su materiali attivati

# Misure organizzative (II)

- ❖ Disposizioni specifiche prima di allontanare materiali o oggetti che sono stati o potrebbero essere stati nelle sale degli acceleratori ed esposti a flussi di neutroni

# Misure procedurali (I)

- ❖ Ottemperare scrupolosamente a quanto riportato e disposto dal Laboratorio nelle Norme di Radioprotezione
- ❖ Corretta e **REALISTICA** compilazione per ogni lavoratore che svolge attività professionali con rischio da radiazioni ionizzanti della scheda di radioprotezione che riporta il tipo di attività da svolgere e il tipo di sorgenti radiogene da utilizzare

# Misure procedurali (II)

Controllo, anche incrociato con altri Uffici della Sezione, dell'ottemperanza delle disposizioni di legge, prima che lavoratori effettuino missioni con rischio da radiazioni ionizzanti presso altre sedi



Al Direttore dei LNL  
Dott.ssa. F. Gramegna

Sede

**Oggetto:** Individuazione e Classificazione delle aree con rischio da radiazioni ionizzanti per l'attuazione a quanto previsto dagli artt.109, comma 6, lett. a) e 131, comma 1, lett. a) del D. Lgs. 101/2020.

Caro Direttore,

in riferimento all'oggetto, ti inviamo, per opportuna conoscenza e per quanto di competenza, quanto previsto dagli artt.109, comma 6, lett.a) e 131, comma 1, lett.a) del D. Lgs. 101/2020.

Giusto come promemoria, si riportano le definizioni delle zone classificate:

- **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;
- **zona sorvegliata:** zona sottoposta a regolamentazione e sorveglianza ai fini della protezione contro le radiazioni ionizzanti.

Oltre a quanto stabilito dal decreto legislativo in oggetto, si definisce:

- **zona senza restrizioni:** trattasi di zona o zone limitrofa/e alle zone classificate, non sottoposta/e a regolamentazione per l'accesso, ove si esercita la sorveglianza fisica della radioprotezione, e ove sono garantiti valori inferiori ai limiti di esposizione per gli individui della popolazione stabiliti in:

- a) 1 mSv di dose efficace per anno solare;
- b) 15 mSv per il cristallino;
- c) 50 mSv per la pelle, calcolato in media su 1 cm<sup>2</sup> di pelle, indipendentemente dalla superficie esposta.

.....N. progr.

I  
el D.Lgs. 101/20)

i ionizzanti.  
da è terminata.

aro sono esercenti

.....  
.....  
.....  
.....

(Bq) .....  
.....  
.....  
.....

irne)

rità (uso sorgenti)

.....  
.....  
.....  
.....

di radioprotezione locale.

.....  
.....  
.....

.....  
Direttore dei LNL)

Misure  
Organizzative,

«Classificazione  
lavoratore...sche  
radioprotezione»

LAVORATORE ..... n. prog .....

<b>QUADRO B</b> (A cura della direzione dei Laboratori Nazionali di Legnaro)		
<i>Posizione nei confronti dei Laboratori Nazionali di Legnaro:</i>		
<input type="checkbox"/> Dipendente	Data di assunzione .....	
<input type="checkbox"/> Borsista o Assegnista INFN	Data fine rapporto .....	
<input type="checkbox"/> Associato (*)	Tipologia ..	.....
Datore di lavoro .....		
(*) Personale per il quale le Convenzioni con i rispettivi Enti prevedono che gli obblighi che il D.Lgs 101/20 (ex. 230/95) pone a carico del datore di lavoro, siano in carico all'INFN limitatamente agli ambiti definiti nelle Convenzioni stesse		
<input type="checkbox"/> Barrare la casella se si tratta di apprendista o studente		
Destinazione lavorativa:		
<i>Divisione/Gruppo/Esperimento</i>	<i>Mansioni</i>	<i>Responsabile Attività</i>
.....		
Organizzazione del lavoro: .....		

 .....  
 (Data)

 .....  
 (Visto della Direzione)

<b>QUADRO D</b> (A cura dell'Esperto di Radioprotezione dei Laboratori Nazionali di Legnaro)		
<b>CLASSIFICAZIONE DEL LAVORATORE (art. 131 e 133 D.Lgs 101/20)</b>		
<input type="checkbox"/> Lavoratore esposto Categoria A <input type="checkbox"/> Lavoratore esposto Categoria B <input type="checkbox"/> Non Esposto <input type="checkbox"/> Lavoratore esterno <small>(art. 7 comma 1 n. 80 del D.Lgs 101/20)</small>	<b>Apprendisti e Studenti (art.120, D.Lgs.101/20)</b> <input type="checkbox"/> comma 1 a) (età >18 anni) <small>(Classificazione da effettuare nel riquadro affianco)</small> <input type="checkbox"/> comma 1 b) (16 ≤ età ≤ 18 anni) <input type="checkbox"/> comma 1 c) (età > 16 anni) <input type="checkbox"/> comma 1 d) (età < 16 anni)	
<b>VINCOLI DI DOSE (art. 5 D.Lgs 101/20)</b>		
<i>SEDE</i>	<i>mSv</i>	<i>NOTE</i>
.....	.....	.....
.....	.....	.....
<i>L'indicazione può essere omessa se i vincoli di dose sono definiti in altra documentazione.</i>		

 .....  
 (Data)

 .....  
 (Firma dell'Esperto di Radioprotezione dei L.N.L.)



**CONCLUDENDO E CONSIDERANDO CHE LE VOSTRE ATTIVITA'  
SONO SVOLTE PREVALENTEMENTE PRESSO SEDI DI ALTRI DATORI  
DI LAVORO**

1. Seguite con attenzione i corsi di formazione predisposti dalla sede di lavoro
2. Ottemperate scrupolosamente le norme interne di radioprotezione della sede in cui lavorate; se non sono disponibili e in evidenza nei posti di lavoro chiedetele, è un vostro **diritto**
3. Per ogni dubbio in materia rivolgetevi al Servizio di Radioprotezione
4. Segnalate immediatamente, a chi di dovere, ogni malfunzionamento di sistemi di sicurezza che cade alla vostra attenzione
5. Utilizzate correttamente dosimetri e DPI

**Grazie per la vostra attenzione!!!**