

## **International Commission on Radiological Protection**

**La Commissione ICRP emana raccomandazioni il cui scopo primario è contribuire a raggiungere un adeguato livello di protezione della popolazione e dell'ambiente contro gli effetti dannosi dell'esposizione alle radiazioni, senza limitare in modo indebito le auspicabili azioni umane che possono essere associate a tale esposizione.**

**La Commissione ICRP propone un sistema di protezione radiologica che tende principalmente a proteggere la salute dell'uomo. I suoi obiettivi sanitari sono chiari e diretti a gestire e controllare le esposizioni alle radiazioni ionizzanti al fine di evitare effetti deterministici, e ridurre i rischi di effetti stocastici per quanto ragionevolmente ottenibile.**

## Energia delle radiazioni ionizzanti

Una caratteristica importante delle radiazioni è la loro energia, che si misura, in Joule , o più comunemente e diffusamente in fisica delle radiazioni in elettronvolt ( simbolo eV). Un elettronvolt è l'energia che una carica elementare (protone o elettrone) acquisisce quando attraversa un campo elettrico con differenza di potenziale di 1 Volt. Multipli sono il keV ( $10^3$  Volt), il MeV ( $10^6$  Volt), il GeV ( $10^9$  Volt) etc.

## Energia ceduta dalle radiazioni ionizzanti

Gli effetti delle radiazioni ionizzanti si manifestano soltanto allorché si verifica una cessione di energia al mezzo attraversato. In particolare il danno subito dai tessuti biologici è in relazione **all'energia assorbita per unità di massa**. Di questa circostanza si tiene conto per mezzo della **grandezza dose assorbita, D**, definita come il quoziente tra l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti alla materia in un certo elemento di volume e la massa di materia contenuta in tale elemento di volume.

La dose assorbita si misura in **gray (simbolo Gy)**

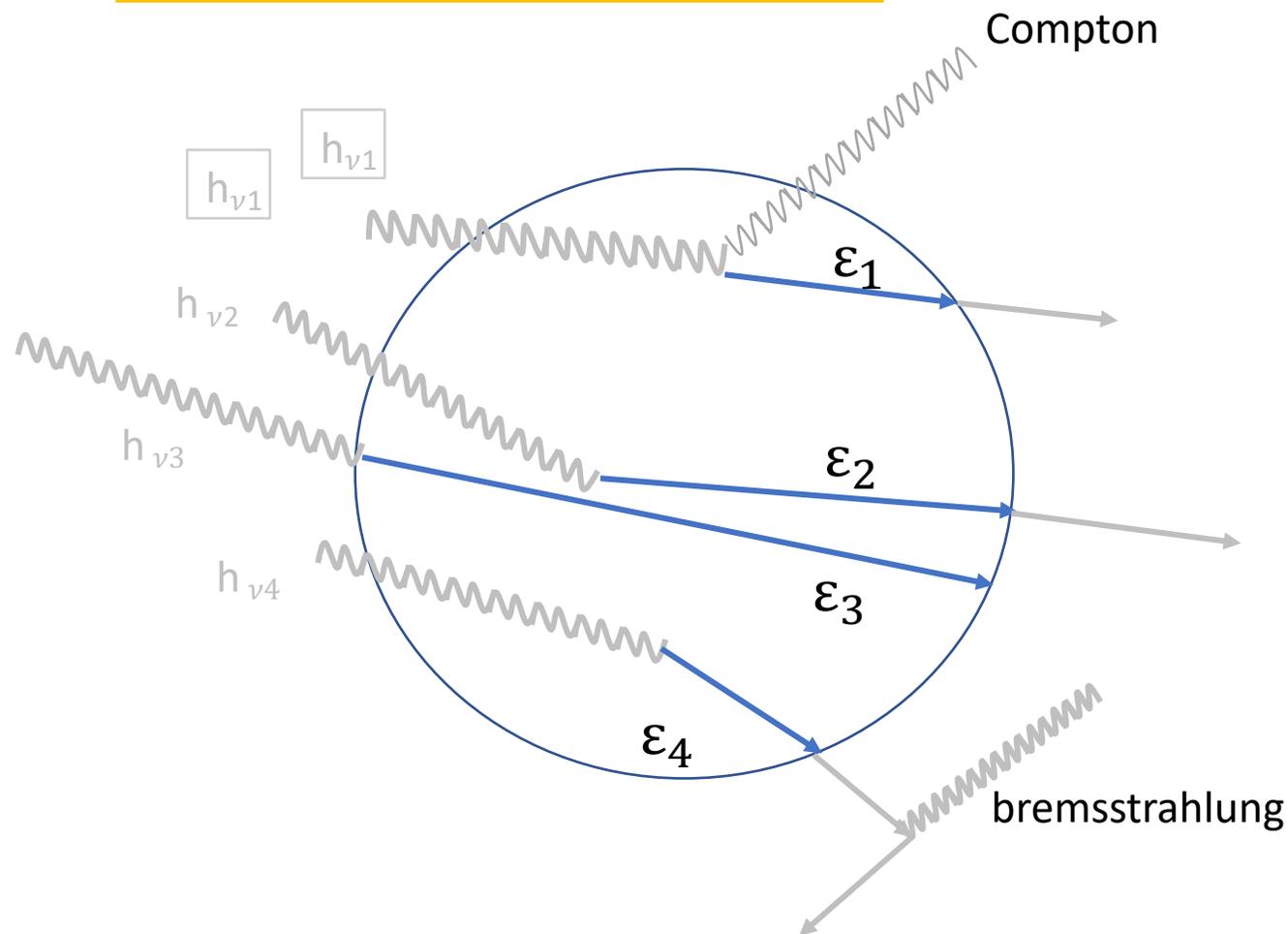
Un gray corrisponde all'assorbimento di un joule in un kg di materia

$$(1\text{Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1})$$

## Concetto di dose assorbita

La quantità  $\bar{\epsilon}$  rappresenta il valor medio dell'energia impartita alla materia in un volume infinitesimo di massa  $m$ .

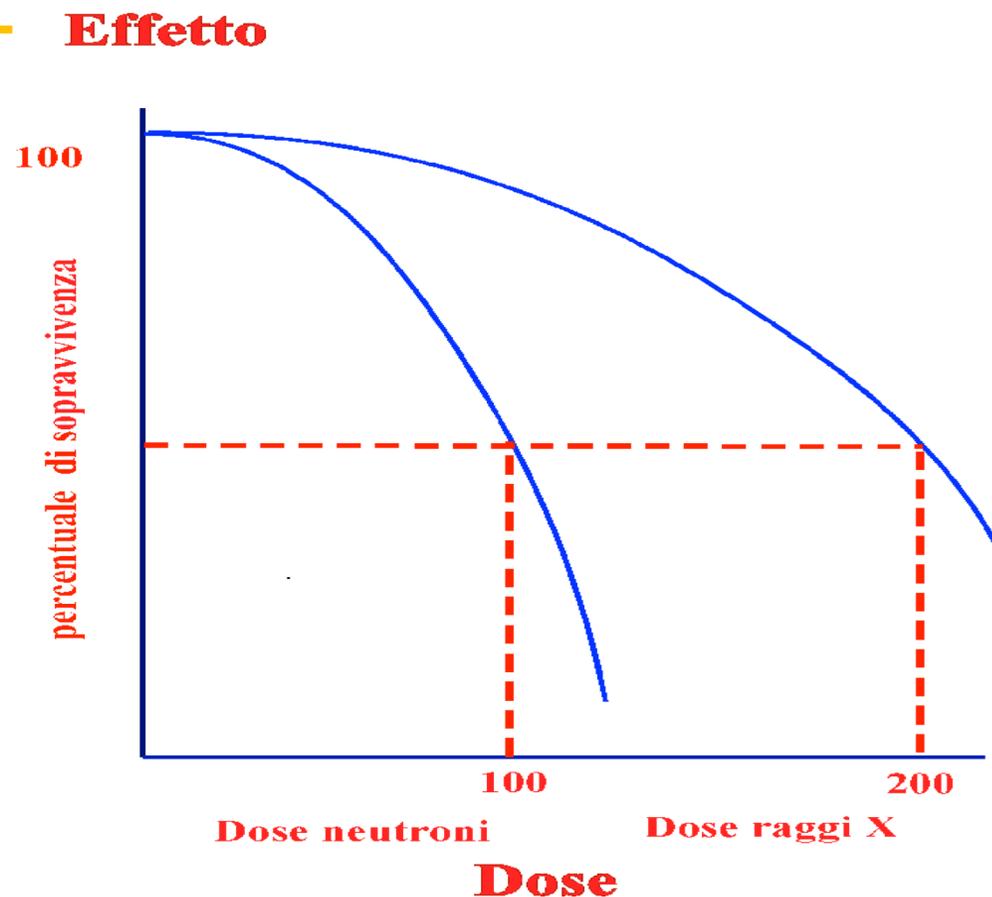
$$\bar{\epsilon} = R_{in} - R_{out} + \sum q$$



Potrebbe sembrare ragionevole utilizzare l'energia assorbita per unità di massa (**dose assorbita**) come unico termine per misurare l'esposizione in radioprotezione e per stimare il rischio associato.

Tuttavia ciò non è sufficiente, poiché gli effetti della radiazione dipendono non solo dalla dose assorbita ma anche dal **tipo di radiazione**, dalla distribuzione spaziale e temporale dell'energia assorbita all'interno del corpo umano e dalla **radiosensibilità dei tessuti o degli organi esposti**

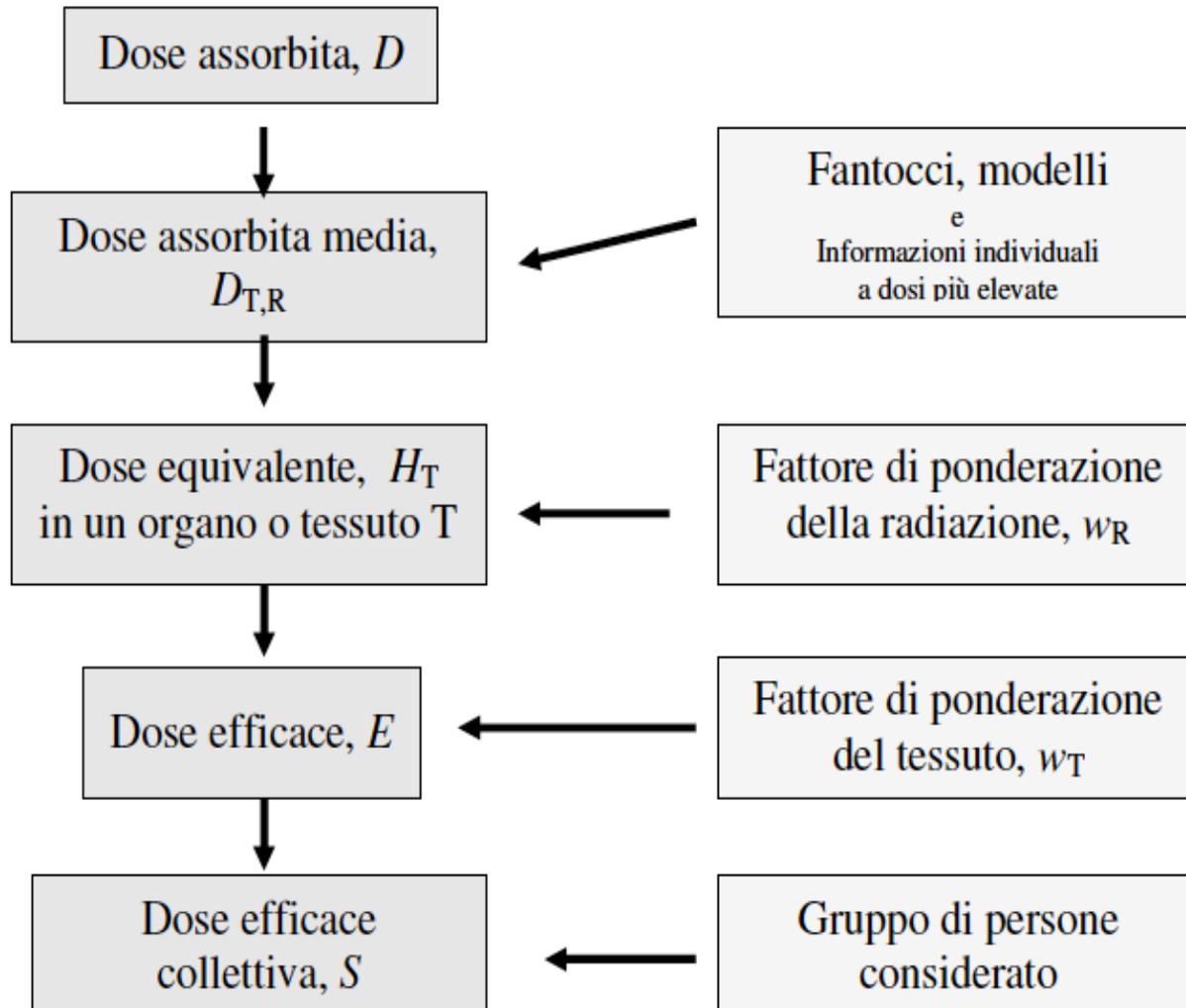
Per avere lo stesso effetto e' necessaria una dose doppia di fotoni e di conseguenza l'effetto biologico non dipende solo dalla dose



La procedura fondamentale di valutazione della dose adottata dalla Commissione, è di utilizzare il concetto di *dose assorbita* come grandezza fisica fondamentale, farne la **media sugli organi e sui tessuti** irradiati ed **applicare fattori di ponderazione** adeguatamente scelti al fine di tenere conto delle differenze nell'efficacia biologica dei diversi tipi di radiazioni e delle diverse radiosensibilità degli organi e dei tessuti rispetto all'insorgenza di effetti stocastici.

La *dose efficace* è dunque una grandezza basata sui campi di radiazione interni ed esterni, sulle loro interazioni fisiche primarie con i tessuti e sulla valutazione delle reazioni biologiche che determinano gli effetti stocastici.

## Sistema delle grandezze dosimetriche usate nella radioprotezione



**Come descritto in precedenza, la grandezza dose assorbita è definita per fornire un valore specifico in ogni punto nella materia.**

**Tuttavia, nelle applicazioni pratiche, le dosi assorbite sono spesso mediate su volumi maggiori di tessuto.**

**Si suppone così che, per basse dosi, il valore medio di dose assorbita in uno specifico organo o tessuto, possa essere correlato con la precisione sufficiente a scopi radioprotezionistici con il detrimento dovuto agli effetti stocastici in tutte le parti di quell'organo o di quel tessuto**

La grandezza radioprotezionistica **dose equivalente** in un organo o in un tessuto  $T$ ,  $H_T$ , è definita

dove  $w_R$  è il fattore di ponderazione per la radiazione  $R$ . La somma è estesa a tutti i tipi di radiazioni in causa. L'unità di misura della dose equivalente è il  $J\ kg^{-1}$  ed il suo nome speciale è il **Sievert (Sv)**

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

Tabella 2. Fattori di ponderazione per le radiazioni raccomandati

Tipo di radiazione	Fattore di ponderazione della radiazione, $w_R$
Fotoni	1
Elettroni <sup>a</sup> e muoni	1
Protoni e pioni carichi	2
Particelle alfa, frammenti di fissione, ioni pesanti	20
Neutroni	Funzione continua dell'energia del neutrone (vedi Fig. 1 e Eq. 4.3)

Tutti i valori si riferiscono alla radiazione incidente sul corpo o, per sorgenti di radiazione interne emessa dai radionuclidi incorporati.

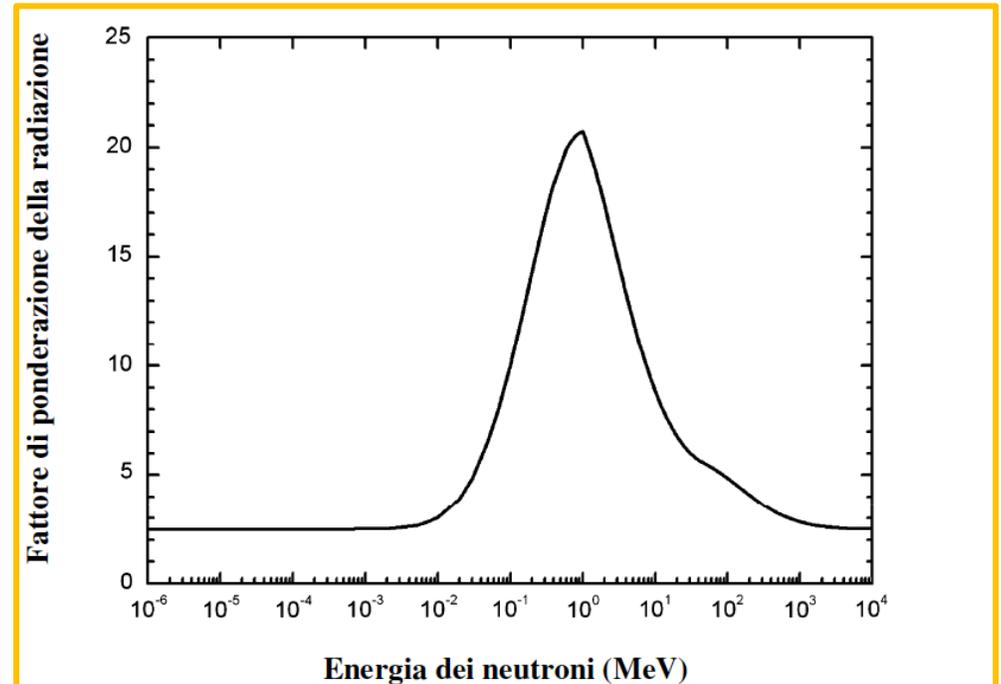


Fig 1. Fattore di ponderazione della radiazione,  $w_R$ , per i neutroni in funzione della loro energia

$$w_R = \begin{cases} 2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1\text{ MeV} \\ 5,0 + 17,0 e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1\text{ MeV} \leq E_n \leq 50\text{ MeV} \\ 2,5 + 3,25 e^{-[\ln(0,04E_n)]^2/6}, & E_n > 50\text{ MeV} \end{cases}$$

La dose efficace,  $E$ , introdotta nella Pubblicazione 60 del 1990 e reiterata nella 103 del 2007 è stata definita come:

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

La stessa unità utilizzata per la dose equivalente e la dose efficace è utilizzata anche per le grandezze operative

Nota bene la dose assorbita in un tessuto definito è una **grandezza fisica**, la dose equivalente e la dose efficace comprendono i fattori di ponderazione che sono basati su risultanze di tipo radiobiologico ed epidemiologico.

In definitiva la definizione ed il valore della dose efficace **non sono basati soltanto su proprietà fisiche**

dove  $w_T$  è il fattore di ponderazione per il tessuto  $T$ . La somma è estesa a tutti gli organi e tessuti del corpo umano considerati nella definizione di  $E$ , e per i quali in tabella sono forniti i valori di  $w_T$ . L'unità di misura della dose efficace è il **J kg<sup>-1</sup>** ed il suo nome speciale è il **Sievert (Sv)**

Tabella 3. Fattori di ponderazione per i tessuti raccomandati

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

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

**Per capire meglio facciamo un esempio.**

**Se un dato radionuclide causa un esposizione del polmone, del fegato e della superficie delle ossa, nel caso che le dosi equivalenti ai tessuti siano 200, 80 e 400 mSv, la dose efficace viene calcolata nel seguente modo:**

$$E = (200 \times 0.12) + (80 \times 0.04) + (400 \times 0.01) = 31.2 \text{ mSv}$$

**Questo calcolo mostra che il rischio di effetto dannoso da un particolare tipo di esposizione sara' lo stesso di quello causato da una dose di 31.2 mSv ricevuti uniformemente su tutto il corpo**

## Nota Bene

La definizione di dose efficace è basata sulle dosi medie assorbite dagli organi o dai tessuti del corpo umano.

Nel caso **dell'esposizione interna**, ad esempio, le dosi assorbite da un organo sono spesso determinate valutando l'incorporazione di radionuclidi ed applicando i coefficienti dosimetrici che mettono in relazione **l'incorporazione con le corrispondenti dosi medie assorbite dall'organo**. Questi coefficienti sono calcolati utilizzando modelli biocinetici e fantocci di riferimento

Ne consegue che, per una data attività di un radionuclide specifico, viene stimata la dose efficace corrispondente. Quest'approssimazione nella valutazione della dose è generalmente considerata accettabile per scopi radioprotezionistici.

L'utilizzo della **dose efficace** consente di sommare in un **unico valore** le esposizioni in situazioni molto diverse (per esempio, **esposizione interna ed esterna** dovuta a diversi tipi di radiazione).

Di conseguenza, i *limiti primari* di esposizione possono essere espressi in termini di un'unica grandezza.

Questo facilita il sistema di *limitazione e registrazione delle dosi*.

# Grandezze usate in radioprotezione

**Grandezze  
Limite**

**Dose equivalente  
all'organo T  $H_T$**   
**Dose efficace E**

**Grandezze operative  
 $H^*(10), H'(0.07) Hp(10)$**

**ALI**

**K kerma**  
**D Dose assorbita**  
**F Fluenza dN/da**  
**DAC**

**Tipo di Limite**

**Limite primario**  
**Garantisce ai singoli la  
limitazione degli effetti  
deterministici e mantiene  
entro livelli accettabili gli  
effetti stocastici**

**Limite secondario**  
**Garantisce il rispetto  
del limite primario**

**Limite derivato**  
**Garantisce il rispetto  
del limite primario e del  
Limite secondario**

# Sistema di protezione radiologica ICRP 103

Tutti gli esseri umani sono esposti alle radiazioni ionizzanti derivanti da sorgenti naturali ed artificiali.

Protoni

U-238

Na-22

Neutroni

Th-232

C-14

Elettroni

U-235

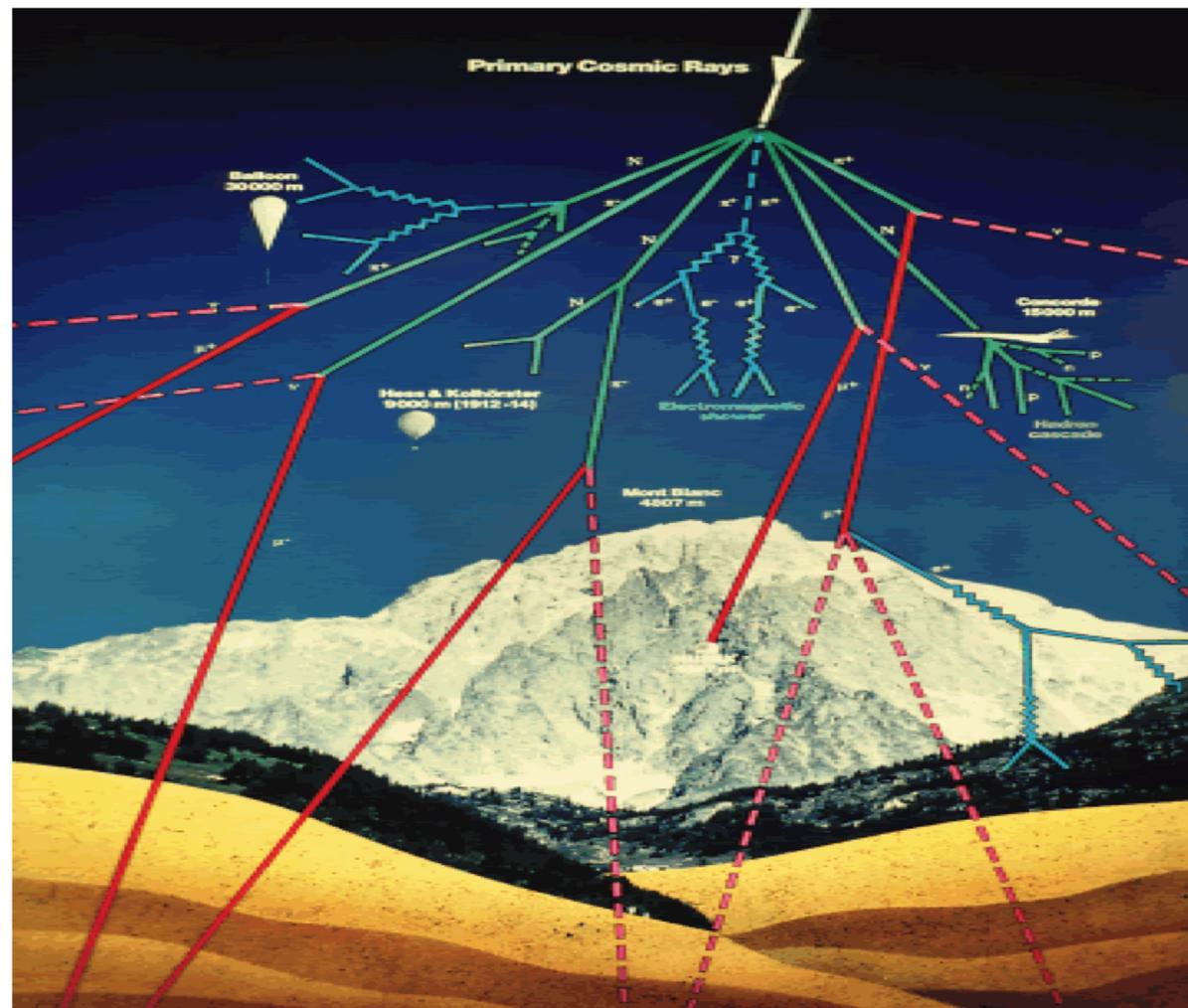
Be-7

Muoni

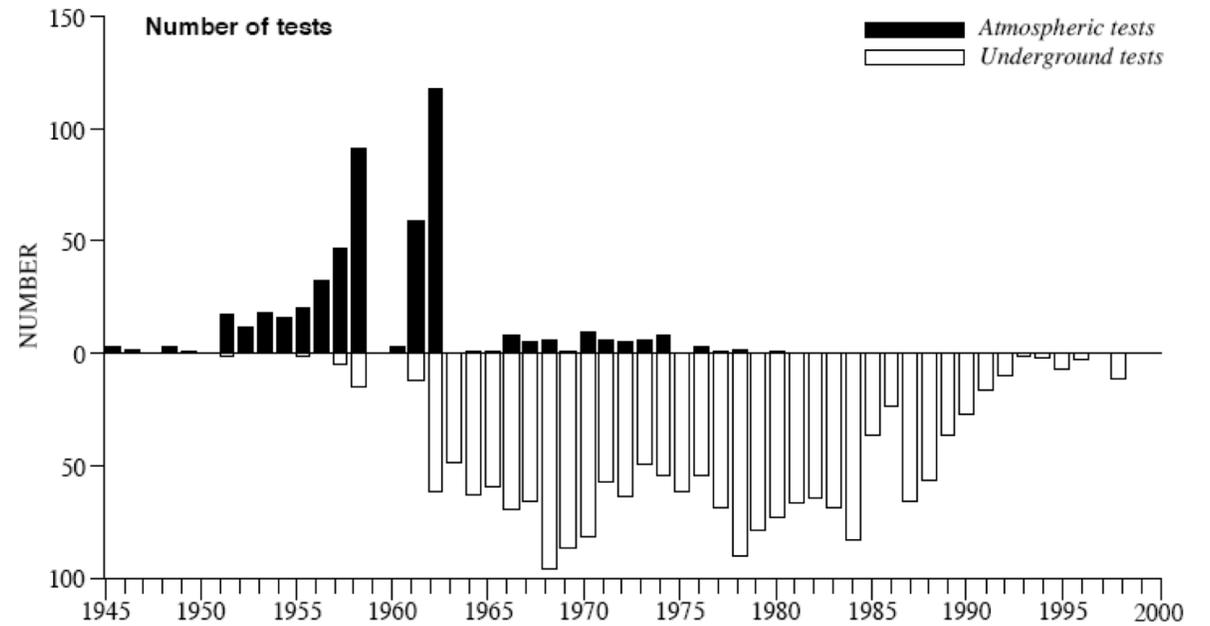
Rb-87

H-3

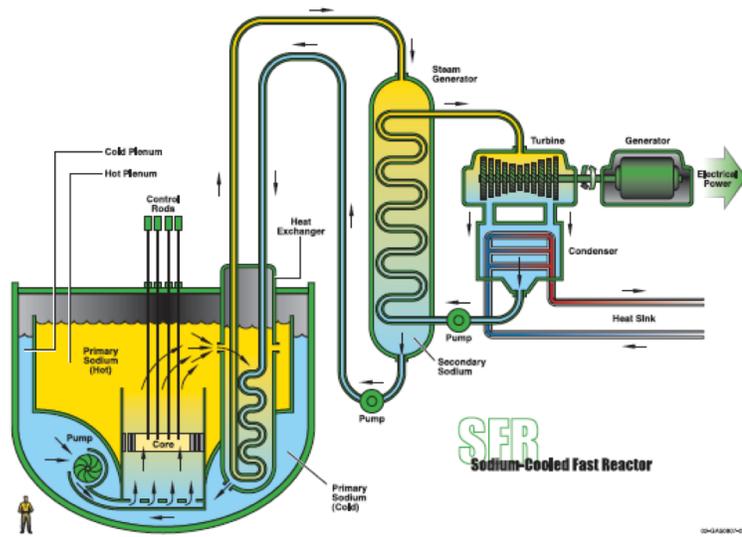
K-40



# Sorgenti da fall-out



# Sorgenti diagnostica e terapia



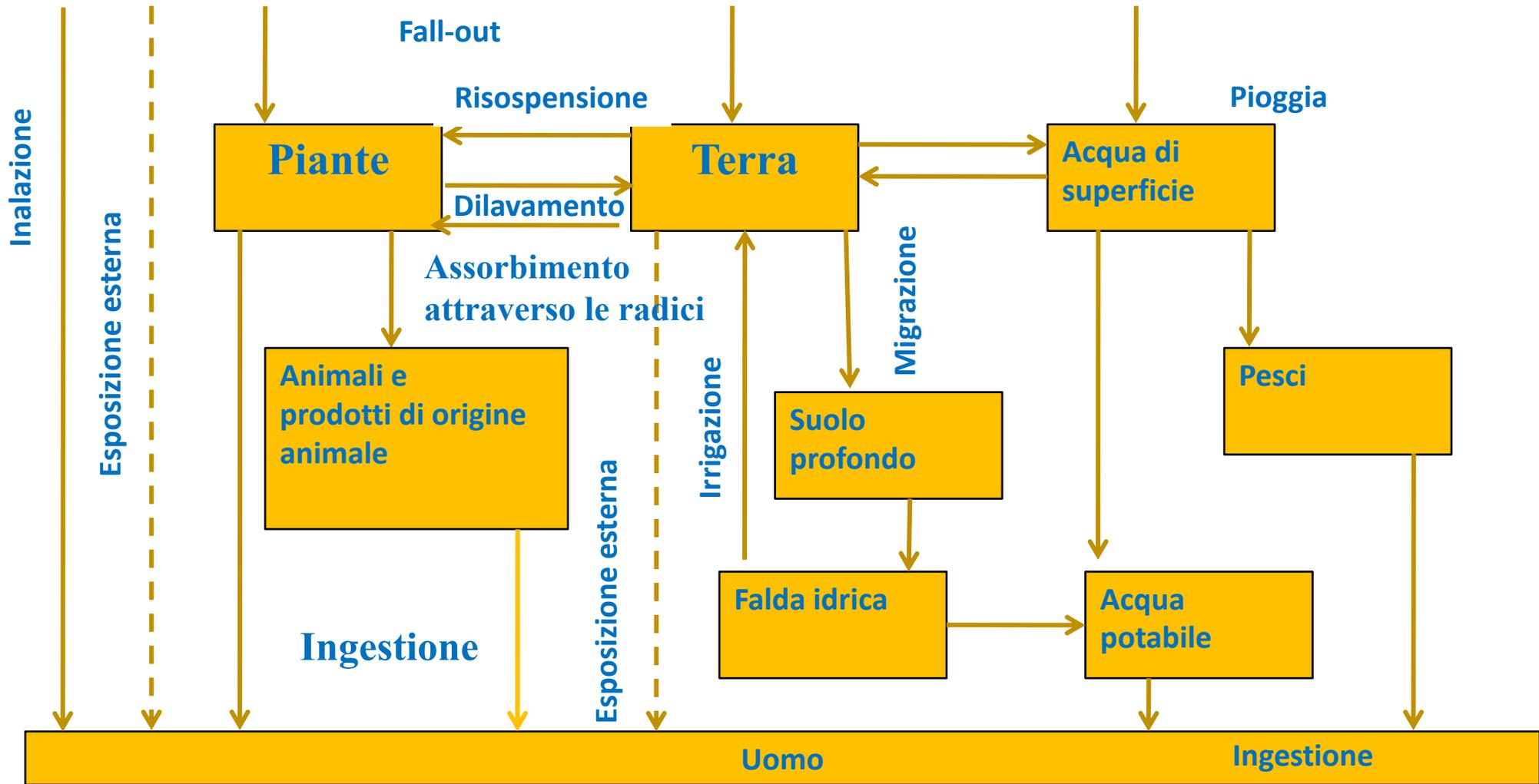
A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems



# Sorgenti sui luoghi di lavoro

La sorgente di un rilascio e le condizioni nei pressi del sito dove il rilascio avviene determinano le vie di passaggio nell'ambiente della radioattività dal punto di scarico all'uomo.

## Rilascio incontrollato di radionuclidi in atmosfera



Principali vie di ritorno all'uomo di radionuclidi rilasciati in atmosfera

Da un punto di vista generale radioprotezionistico e' conveniente pensare ai processi che causano queste esposizioni umane come ad una catena di eventi e situazioni .

**Sorgente di radiazioni**



**Esposizione degli individui alla radiazione o a materiali radioattivi**



**Dosi agli individui**

La protezione può essere raggiunta attraverso

provvedimenti alla sorgente

provvedimenti lungo il percorso di esposizione

provvedimenti sulla posizione e le caratteristiche degli esposti

sorgente

**Il termine 'sorgente' sta per indicare qualsiasi entità fisica o procedura che produce una dose da radiazione potenzialmente quantificabile ad una persona o ad un gruppo di persone**

materiale radioattivo

una macchina a raggi x

installazione

procedure

acceleratore particelle

ospedale

una centrale nucleare

medicina nucleare

radiazione ambientale

## Diverse tipologie di situazioni di esposizione ICRP 103 e D.Lgs.101/20

Le situazioni di *esposizione pianificata* sono situazioni che comprendono l'introduzione e la gestione intenzionali di sorgenti. Le situazioni di esposizione pianificata possono dare origine sia a esposizioni che si prevede debbano verificarsi (**esposizioni normali**) sia a esposizioni che non si prevede debbano verificarsi (**esposizioni potenziali**)

Le situazioni di *esposizione di emergenza* sono situazioni che possono scaturire dal verificarsi di una situazione prevista, o da un atto doloso, o da qualsiasi altra situazione inattesa e richiedono un'azione urgente che eviti o riduca le conseguenze indesiderabili.

Le situazioni di *esposizione esistenti* sono situazioni di esposizione che già esistono quando deve essere presa una decisione sul controllo, comprese le situazioni di esposizione prolungata dopo le emergenze.

**Datore di Lavoro**

**il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione nel cui ambito il lavoratore presta la propria attività, ha la responsabilità dell'organizzazione stessa o dell'unità produttiva in quanto esercita i poteri decisionali e di spesa**

**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**

**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;**

**Lavoratori  
INFN**

**I dipendenti, i borsisti, gli assegnisti e gli associati per i quali nella convenzione stipulata con l'INFN viene sottoscritto che all'INFN sono attribuiti gli adempimenti di legge in capo al Datore di Lavoro, limitatamente alle attività effettuate per conto INFN e a sue spese. art. 107**

**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 art.7 comma 79**

**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; art 7 comma 80**

**Esperto di Radioprotezione**

**Art.130 e art.109**

**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;**

**Medico Autorizzato**

**Art.139 e art.108**

**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;**

Due principi sono relativi alla sorgente e si applicano in tutte le situazioni di esposizione ICRP 103 e D.Lgs.101/20

### ***Il principio di ottimizzazione della protezione***

Un principio è riferito all'individuo e si applica alle situazioni di esposizione programmata

### ***Il principio di giustificazione***

Qualsiasi decisione che cambi la situazione di esposizione alle radiazioni dovrebbe produrre più beneficio che danno. Questo significa che, introducendo una nuova sorgente di radiazione, riducendo l'esposizione esistente, o riducendo il rischio di esposizione potenziale, si dovrebbe ottenere un beneficio individuale o sociale sufficiente a controbilanciare il detrimento causato.

La probabilità di incorrere in esposizioni, il numero di persone esposte e l'entità delle loro dosi individuali dovrebbero essere tenute tanto basse quanto ragionevolmente ottenibile, in considerazione dei fattori economici e sociali.

### ***Il principio di applicazione dei limiti di dose***

La dose totale ad ogni individuo da sorgenti regolamentate in situazioni di esposizione programmata, all'infuori dell'esposizione medica di pazienti, non dovrebbe superare gli appropriati limiti raccomandati.

#### **Esposizioni ingiustificate**

Aggiunta intenzionale di sostanze radioattive in prodotti come alimenti, bevande, cosmetici, giocattoli e gioielleria o ornamenti personali.

Esami radiologici per motivi lavorativi, per assicurazione contro malattie o per scopi legali effettuati senza riferimento a indicazioni cliniche

Parafulmini con sorgenti radioattive

# Categorie d'esposizione ICRP 103 e D.lgs.101/20

## esposizioni lavorative

esposizioni alle radiazioni a seguito di situazioni che possono ragionevolmente essere considerate di responsabilità della direzione dell'attività lavorativa

Il datore di lavoro ha la responsabilità principale della tutela dei lavoratori

Datore di lavoro  
Esercente  
Detentore

## esposizioni del pubblico

esposizioni della popolazione all'infuori delle esposizioni lavorative e delle esposizioni sanitarie dei pazienti

E' la risultante di un insieme di sorgenti di radiazione

La componente dell'esposizione del pubblico dovuta alle sorgenti naturali è di gran lunga la maggiore, ma questo non fornisce alcuna giustificazione per ridurre l'attenzione alle complessivamente inferiori, ma più facilmente controllabili, esposizioni alle sorgenti artificiali.

## esposizioni mediche di pazienti

Le esposizioni alle radiazioni di pazienti si verificano nelle procedure diagnostiche, di intervento e terapeutiche.

L'esposizione è intenzionale e per il vantaggio diretto del paziente.

In radioterapia, gli effetti biologici delle alte dosi da radiazione, per esempio, l'uccisione delle cellule, sono utilizzati a favore del paziente per trattare il cancro e altre malattie

## Individui esposti

### Lavoratori

Un lavoratore è definito come chiunque sia impiegato, a tempo pieno part-time, o temporaneamente, da un datore di lavoro e abbia diritti e funzioni riconosciuti relativamente alla protezione lavorativa dalle radiazioni.

Un lavoratore autonomo è considerato come avente le funzioni sia di datore di lavoro sia di lavoratore.

### Pubblico

Ogni individuo che riceve un'esposizione che non è né lavorativa né medica

### Pazienti

Ogni individuo che riceve un'esposizione connessa con una procedura diagnostica, di intervento, o terapeutica.

Giustificazione delle procedure sanitarie e sull'ottimizzazione della protezione e, per le procedure diagnostiche, sull'utilizzo di livelli di riferimento diagnostici

## Lavoratori esposti ICRP 103 e D.Lgs.101/20

**Un datore di lavoro e/o Esercente e/o un Detentore Responsabile della sorgente ha l'obbligo di mantenere sotto controllo le sorgenti d'esposizione e tutelare i lavoratori che sono esposti per motivi lavorativi.**

**Per ottenere questo e' necessario provvedere ad effettuare la classificazione delle zone di lavoro**

### Zona controllata

**Una zona controllata è un'area definita, nella quale misure di protezione e mezzi di sicurezza specifici sono, o potrebbero essere, richiesti per il controllo delle esposizioni normali o per la prevenzione della diffusione di contaminazione durante le condizioni di lavoro normali, e per la prevenzione o la limitazione dell'entità delle esposizioni potenziali.**

**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

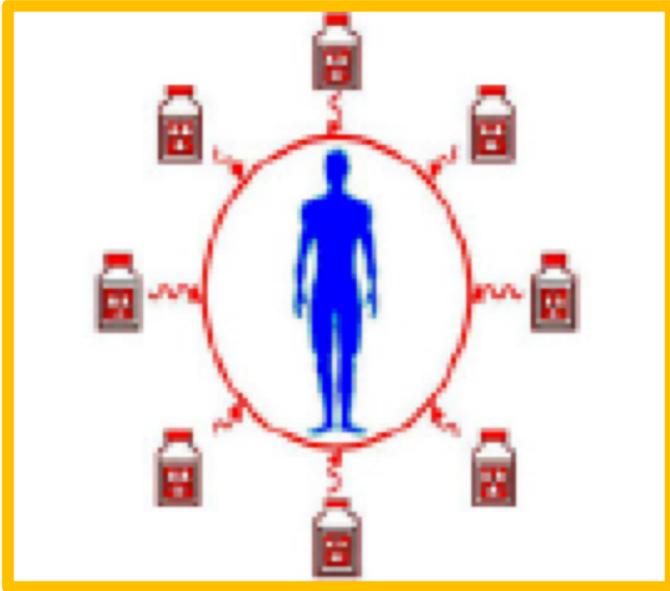
**Una zona sorvegliata è quella nella quale le condizioni di lavoro sono tenute sotto controllo, ma procedure speciali non sono normalmente necessarie. Un zona controllata si trova spesso, ma non obbligatoriamente, all'interno di una zona sorvegliata.**

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

approccio "correlato alla sorgente"

## Limiti di Dose

Proteggere i singoli lavoratori dall'esposizione lavorativa e la Persona Rappresentativa dall'esposizione del pubblico



Da tutte le sorgenti regolamentate nelle situazioni di esposizione programmata

Limiti di dose contrapposti a vincoli di dose e livelli di riferimento per la protezione di lavoratori e di membri del pubblico.

## Vincoli di dose



Da una sorgente in tutte le situazioni di esposizione

## Livelli di Riferimento

le situazioni di esposizione programmata, la restrizione correlata alla sorgente in merito alla dose a cui gli individui possono essere esposti è il vincolo di dose (dose constraint)

Per le esposizioni potenziali, il concetto corrispondente è il vincolo di rischio (risk constraint)

Per le situazioni di emergenza e di esposizione esistente, la restrizione correlata alla sorgente è il livello di riferimento (reference level) slide 24/30

## Ottimizzazione

### Vincoli di dose

Un vincolo di dose è una **restrizione**, considerata in prospettiva e **correlata alla sorgente**, sulla dose individuale dovuta alla sorgente stessa in situazioni di esposizione programmata (ad eccezione che nell'esposizione medica di pazienti), che serve nell'ottimizzazione della protezione come estremo superiore per la dose prevista da quella sorgente. È un livello di dose, per una data sorgente di esposizione, sopra il quale è **improbabile** che la protezione sia ottimizzata e per il quale, dunque, deve quasi sempre essere intrapresa un'azione.

I vincoli di dose per le situazioni programmate rappresentano un livello di protezione di base e sono sempre inferiori ai pertinenti limiti di dose

### Livelli di riferimento

In situazioni di emergenza o di esposizione esistente controllabile, i livelli di riferimento rappresentano il livello di dose o rischio, al di sopra del quale si ritiene **inappropriato** pensare di consentire il verificarsi delle esposizioni e per il quale dunque dovrebbero essere programmate ed ottimizzate le azioni protettive.  
Il valore scelto per un livello di riferimento dipenderà dalle circostanze di fatto incontrate per la situazione di esposizione oggetto di considerazione.

Tabella 5. Quadro di riferimento per vincoli di dose e livelli di riferimento correlati alla sorgente con esempi di vincoli per i lavoratori e per il pubblico da sorgenti predominanti singole per tutte le situazioni di esposizione che possono essere controllate.

Intervalli di vincoli e livelli di riferimento <sup>a</sup> (mSv)	Caratteristiche della situazione di esposizione	Requisiti di radioprotezione	Esempi
<b>Maggiore di 20 e fino a 100<sup>b,c</sup></b>	Individui esposti a sorgenti che non sono controllabili, o dove azioni per ridurre le dosi sarebbero sproporzionatamente distruttive. Le esposizioni sono di solito controllate agendo sulle vie di esposizione.	Dovrebbero essere fatte considerazioni per la riduzione delle dosi. Dovrebbero essere fatti sforzi crescenti per ridurre le dosi quando queste si avvicinano a 100 mSv. Gli individui dovrebbero ricevere informazioni sul rischio da radiazioni e sulle azioni per ridurre le dosi. Dovrebbe essere effettuata la valutazione delle dosi individuali.	Il livello di riferimento stabilito per la più elevata dose residua prevista in seguito ad un'emergenza radiologica.
<b>Maggiore di 1 e fino a 20</b>	Gli individui di solito riceveranno benefici dalla situazione che comporta esposizione ma non necessariamente dall'esposizione stessa. Le esposizioni possono essere controllate alla sorgente o, in alternativa, tramite azioni sulle vie di esposizione.	Per quanto possibile, informazioni generali dovrebbero essere messe a disposizione per consentire agli individui di ridurre le loro dosi.  Per le situazioni programmate dovrebbero avere luogo la valutazione individuale di esposizione e la formazione.	Vincoli fissati per esposizioni professionali in situazioni programmate.  Vincoli fissati per le persone che assistono e confortano pazienti trattati con radiofarmaci.  Livello di riferimento per la più elevata dose residua programmata da radon in abitazioni.
<b>1 o inferiore</b>	Gli individui sono esposti ad una sorgente che dà loro poco o nessun beneficio individuale ma che fornisce un beneficio alla società in generale.  Le esposizioni sono di solito controllate mediante provvedimenti presi direttamente sulla sorgente per la quale le esigenze di protezione radiologica possono essere programmate in anticipo	Dovrebbero essere rese disponibili informazioni generali sul livello di esposizione. Dovrebbero essere effettuati controlli periodici sulle vie di esposizione così come sui livelli di esposizione.	Vincoli fissati per l'esposizione del pubblico in situazioni programmate

<sup>a</sup> Dose acuta o annuale.

<sup>b</sup> In situazioni eccezionali, lavoratori volontari informati sui rischi possono ricevere dosi al di sopra di questo intervallo per salvare vite umane, prevenire gravi effetti sanitari radio-indotti o prevenire lo sviluppo di situazioni catastrofiche.

<sup>c</sup> Le situazioni in cui la soglia di dose per effetti deterministici in organi o tessuti pertinenti potrebbe essere superata dovrebbero sempre richiedere un'azione.

## Quadro di riferimento per vincoli di dose e livelli di riferimento da ICRP 103

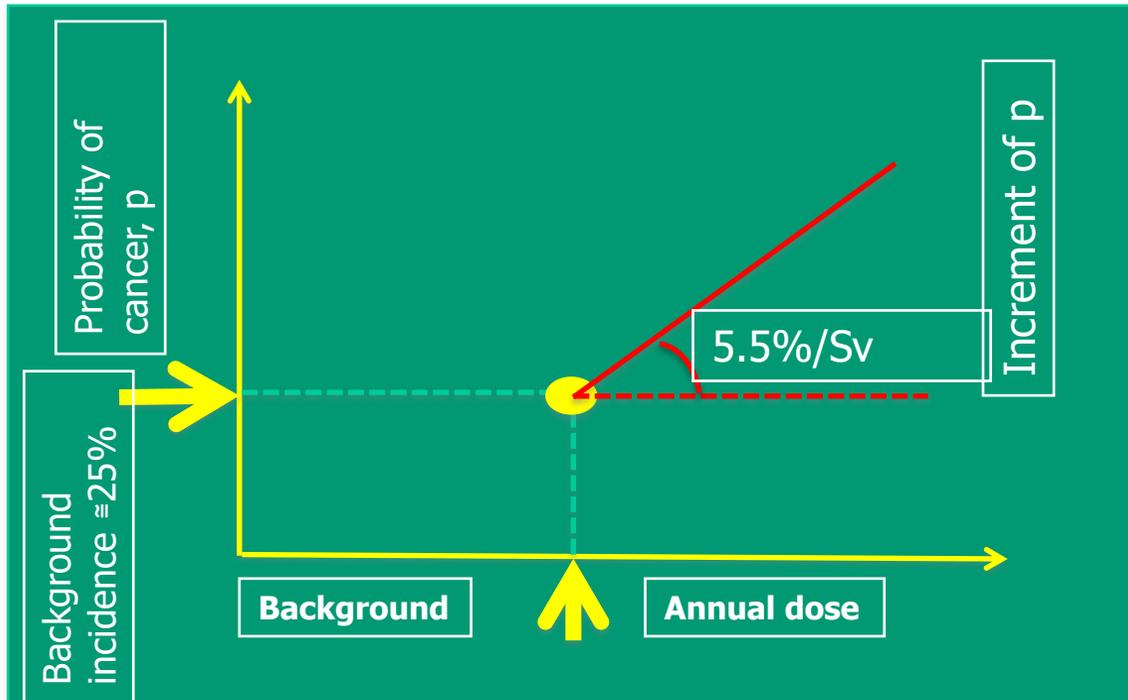
## I limiti di dose si applicano soltanto alle situazioni di esposizione programmata

**Nota bene per il cristallino  
per esposizione lavorativa  
ora 20 mSv**

Tipo di limite	Esposizione lavorativa	Pubblico
Dose efficace E	20 mSv per anno mediato su 5 anni Per anno solare DLgs 101	1mSv
Dose equivalente annuale		
Cristallino	20 mSv	15 mSv
Pelle	500 mSv	50 mSv
Estremita'	500 mSv	-----

Coefficienti di rischio nominale corretti per il detrimento ( $10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ) per effetti stocastici a seguito di esposizione a radiazione a basso rateo di dose

Popolazione esposta	Cancro		Effetti ereditari		Totale	
	Stima attuale <sup>(1)</sup>	Pub. 60	Stima attuale <sup>(1)</sup>	Pub. 60	Stima attuale <sup>(1)</sup>	Pub. 60
Intera popolazione	5,5	6,0	0,2	1,3	5,7	7,3
Adulti	4,1	4,8	0,1	0,8	4,2	5,6



<b>Limiti di base</b>	<b>Considerazioni sociali</b>
	<b>Considerazioni sanitarie</b>
	<b>Inaccettabili</b>
	<b>Limite raccomandato</b>
<b>Esposizioni</b>	<b>Tollerabili</b>
	<b>Accettabili</b>

## Evoluzione limiti nel tempo

DATA	RACCOMANDATO DA	REFERENCE	EQUIVALENTE DI DOSE GIORNALIERO APPROSSIMATIVO mSv
1902	Rollins	(Rollins 1902)	100
1925	Mutscheller	(Mutscheller 1928)	2
1925	Sievert	(Sievert 1925)	2
1926	Dutch Board of Health	(Kaye 1927)	0.4
1928	Barclay and Cox	(Barclay and Cox 1928)	1.75
1928	Kaye	(Kaye 1928)	1.5
1931	Advisory Committee on X-ray and Radium Protection of the U.S.	(NBS 1931)	2
1931	Wintz and Rump	(Wintz and Rump 1931)	2.5
1932	Failla	(Failla 1932)	0.3
1934	Internation Committee on X-ray and Radium Protection	(ICRP 1934)	2
1935	Cilley et al.	(Cilley et al. 1934)	2.5
1936	Advisory Committee on X-Ray and Radium	(NBS 1936)	1

Periodo	Equivalente di dose annuale (mSv)
1931-1936	500
1936-1948	300
1948-1958	150
1958-1990	50

Tipo di limite	Esposizione lavorativa	Pubblico
Dose efficace E	20 mSv per anno mediato su 5 anni Per anno solare DLgs 101	1mSv
Dose equivalente annuale		
Cristallino	20 mSv	15 mSv
Pelle	500 mSv	50 mSv
Estremita'	500 mSv	-----

Categorie di esposizione (Pubblicazione)	Raccomandazioni del 1990 e pubblicazioni successive	Raccomandazioni attuali <b>103</b>
<i>Situazioni di esposizione programmata</i>		
<b>Limiti di dose individuali <sup>a</sup></b>		
<b>Esposizioni lavorative (60, 68, 75), incluse le operazioni di recupero (96)</b>	20 mSv/anno di media per un predefinito periodo di 5 anni <sup>c</sup>	20 mSv/anno di media per un predefinito periodo di 5 anni <sup>c</sup>
- Cristallino	150 mSv/anno <sup>b</sup>	150 mSv/anno <sup>b</sup>
- Pelle	500 mSv/anno <sup>b</sup>	500 mSv/anno <sup>b</sup>
- Mani e piedi	500 mSv/anno <sup>b</sup>	500 mSv/anno <sup>b</sup>
- Donne incinte, resto della gravidanza	2 mSv alla superficie dell'addome o 1 mSv da incorporazione di radionuclidi	1 mSv all'embrione / feto
<b>Esposizioni della popolazione (60)</b>	1 mSv/anno	1 mSv/anno
- Cristallino	15 mSv/anno <sup>b</sup>	15 mSv/anno <sup>b</sup>
- Pelle	50 mSv/anno <sup>b</sup>	50 mSv/anno <sup>b</sup>
<b>Vincoli di dose <sup>a</sup></b>		
<b>Esposizioni lavorative (60)</b>	≤ 20 mSv/anno	≤ 20 mSv/anno
<b>Esposizioni della popolazione (77, 81, 82)</b>	-	da scegliere al di sotto di 1 mSv/anno, a seconda della situazione
- generale	-	-
- smaltimento rifiuti radioattivi	≤ 0,3 mSv/anno	≤ 0,3 mSv/anno
- smaltimento rifiuti a lungo tempo di dimezzamento	≤ 0,3 mSv/anno	≤ 0,3 mSv/anno
- esposizione prolungata	< ~1 & < ~0,3 mSv/anno <sup>f</sup>	≤ 1 & < 0,3 mSv/anno <sup>f</sup>
- esposizione a lungo termine da radionuclidi a lungo tempo di dimezzamento	≤ 0,1 mSv/anno <sup>h</sup>	≤ 0,1 mSv/anno <sup>h</sup>
<b>Esposizioni mediche (62, 94, 98)</b>		
- volontari esposti nei programmi di ricerca biomedica, in funzione del beneficio per la società:		
- basso	< 0,1 mSv	< 0,1 mSv
- modesto	0,1 - 1 mSv	0,1 - 1 mSv
- moderato	1 - 10 mSv	1 - 10 mSv
- sostanziale	> 10 mSv	> 10 mSv
- persone che confortano e assistono	5 mSv per trattamento	5 mSv per trattamento

**Nota bene per il cristallino per esposizione lavorativa ora 20 mSv**

Categorie di esposizione (Pubblicazione)	Raccomandazioni del 1990 e pubblicazioni successive	Raccomandazioni attuali <b>103</b>
<i>Situazioni di esposizione di emergenza</i>		
<b>Livelli di intervento <sup>a, d, g</sup></b>		<b>Livelli di riferimento <sup>a, g</sup></b>
<b>Esposizione lavorativa (60, 96)</b>		
- addetti al salvataggio (volontari informati)	nessun limite di dose <sup>i</sup>	nessun limite di dose se il beneficio per le altre persone sopravanza il rischio per gli addetti all'emergenza <sup>k</sup>
- altre operazioni di salvataggio urgenti	~500 mSv; ~5 Sv (pelle) <sup>i</sup>	1000 o 500 mSv <sup>k</sup>
- altre operazioni di salvataggio	...	≤ 100 mSv <sup>k</sup>
<b>Esposizioni della popolazione (63, 96)</b>		
- alimenti	10 mSv/anno <sup>1</sup>	
- distribuzione di iodio stabile	50 - 500 mSv (tiroide) <sup>h, 1</sup>	
- riparo al chiuso	5 - 50 mSv in 2 giorni <sup>1</sup>	
- evacuazione temporanea	50 - 500 mSv in una settimana <sup>1</sup>	
- trasferimento permanente	100 mSv nel primo anno o 1000 mSv <sup>1</sup>	
- tutte le misure combinate in una strategia di protezione complessiva	...	Nella pianificazione, tipicamente 20 e 100 mSv/anno, a seconda della situazione <sup>e</sup>
<i>Situazioni di esposizione di esistenti</i>		
<b>Livelli di azione <sup>a</sup></b>		<b>Livelli di riferimento <sup>a, m</sup></b>
<b>Radon (65)</b>		
- nelle abitazioni	3-10 mSv/anno (200-600 Bq/m <sup>3</sup> )	< 10 mSv/anno (< 600 Bq/m <sup>3</sup> )
- nei luoghi di lavoro	3-10 mSv/year (500-1500 Bq/m <sup>3</sup> )	< 10 mSv/year (< 1500 Bq/m <sup>3</sup> )
	<b>Livelli di riferimento generici <sup>e</sup></b>	<b>Livelli di riferimento <sup>a, m</sup></b>
<b>NORM, fondo naturale di radiazioni, residui radioattivi nello habitat umano (82)</b>		
<b>Interventi:</b>		
- con bassa probabilità di giustificazione	< ~10 mSv/anno	fra 1 e 20 mSv/anno, a seconda della situazione (vedi 5.9.2)
- che possono essere giustificati	> ~10 mSv/anno	
- con alta probabilità di giustificazione	attorno a 100 mSv/anno	