

FONDATA
NEL 1977

Aggiornamenti di radioprotezione

Organo ufficiale dell'Associazione Italiana di Radioprotezione Medica

VERSIONE RIDOTTA

DIVENTA SOCIO PER AVERE LA TUA COPIA COMPLETA

ASPETTI SCIENTIFICI E PROFESSIONALI

| Tra continuità e cambiamento: le linee guida ICNIRP 2020 per la protezione dalle esposizioni a campi elettromagnetici a radiofrequenza.

C. Grandi I

| L'evoluzione dei limiti di dose per esposizione alle radiazioni ionizzanti.

V. Lodi I

| Rischio di cataratta ed esposizione alle radiazioni ionizzanti negli operatori sanitari: un aggiornamento.

A. Modenese I
E. Della Vecchia
M. Muscatello
G. Rossi
F. Gobba

| L'apparato sanzionatorio relativo al Titolo XI del nuovo decreto legislativo 101/2020.

A. Arru I
F. Claudiani
R. Moccaldi

NOTIZIE DALL'ASSOCIAZIONE

| Verbale del Consiglio Direttivo del 24 ottobre 2019 a Roma.
| Candidature alle cariche sociali.

CONGRESSI, CONVEGNI E CORSI

| XXVII Congresso Nazionale AIRM - Ragusa - fine/maggio giugno 2021



Personalizzare la radioprotezione



Aggiornamenti di radioprotezione

58
DICEMBRE 2020

Associazione Italiana di Radioprotezione Medica, Via Isidoro del Lungo 7, 00137 Roma (RM) - www.airm.name

PERIODICO SEMESTRALE DESTINATO AI SOCI DELLA ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI RADIOPROTEZIONE MEDICA FONDATA DA ERNESTO STRAMBI
ANNO XXVIII, N.2 (DICEMBRE 2020)

Direttore:

Roberto Moccaldi

Responsabile:

Franco Claudiani

Redazione:

Alessandro Arru	Giulia Castellani	Valerio Ciuffa	Franco Claudiani
Giuseppe De Luca	Fabrizio Gobba	Vittorio Lodi	Roberto Moccaldi
Benedetta Persechino	Andrea Stanga	Giuseppe Taino	Massimo Virgili

Realizzazione elettronica: Dario Marino - d.marino@dmxlab.it

Il periodico è disponibile sul sito www.airm.name per i Soci AIRM in regola con le quote sociali. I contenuti degli articoli sono di esclusiva responsabilità degli autori e non implicano necessariamente la posizione ufficiale dell'Associazione. Non è consentita la riproduzione, anche parziale, senza il consenso scritto dell'Associazione. Per esigenze editoriali la redazione può apportare modifiche ai testi, informandone gli autori. Manoscritti ed altro materiale, anche se non pubblicati, non si restituiscono.

I manoscritti devono essere inviati a franco.claudiani@gmail.com.

I manoscritti devono indicare i nomi degli autori, la loro affiliazione, un recapito mail, essere in formato word; non ci sono limiti di pagine, le tabelle e le fotografie devono essere numerate e con didascalia, la bibliografia deve essere numerata secondo l'ordine di citazione nel testo.

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI RADIOPROTEZIONE MEDICA (AIRM)

Associazione culturale e professionale senza fini di lucro, istituita nel 1977, con Atto
Notaio Nazzareno Dobici, serie 1313, vol.464 - Codice Fiscale 80457430587

Consiglio Direttivo:

Presidente: Roberto Moccaldi
Vice Presidente: Fabriziomaria Gobba
Segretario: Giulia Castellani
Tesoriere: Andrea Stanga

Presidenti Emeriti:

† Ernesto Strambi
† Giorgio Trenta

Consiglieri:

Arru Alessandro - Valerio Ciuffa
Franco Claudiani - Giuseppe De Luca
Vittorio Lodi - Benedetta Persechino
Giuseppe Taino - Massimo Virgili

Segreteria:

segreteriaairm@gmail.com
Tel: 3283299877

Consiglio scientifico:

Franco Bistolfi - Guido Galli
Martino Grandolfo - Franco Ottenga
Maurizio Pelliccioni - Mario Pulcinelli

Webmaster:

Dario Marino - d.marino@dmxlab.it

Versamenti: L'AIRM si autogestisce mediante le quote dei propri Soci. Tutti i versamenti in favore dell'AIRM devono essere effettuati esclusivamente mediante bonifico bancario intestato a:

AIRM – IBAN: IT 56 L 03111 74950 00000010128

ASPETTI SCIENTIFICI E PROFESSIONALI

Tra continuità e cambiamento: le linee guida ICNIRP 2020 per la protezione dalle esposizioni a campi elettromagnetici a radiofrequenza	C. Grandi	4
L'evoluzione dei limite di dose per esposizione alle radiazioni ionizzanti	V. Lodi	31
Rischio di cataratta ed esposizione alle radiazioni ionizzanti negli operatori sanitari: un aggiornamento	A. Modenese E. Della Vecchia M. Muscatello G. Rossi F. Gobba	39
L'apparato sanzionario relativo al titolo XI del nuovo decreto legislativo 101/2020	A. Arru F. Claudiani R. Moccaldi	50

NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE

Verbale del Consiglio Direttivo del 24 ottobre 2019 a Roma		60
Candidature alle cariche sociali		64

CONGRESSI, CONVEGNI E CORSI

XXVII Congresso Nazionale AIRM - Ragusa - fine/maggio giugno 2021		85
---	--	----

L'evoluzione dei limiti di dose per esposizione alle radiazioni ionizzanti

Vittorio Lodi

U.O. Medicina del lavoro

Azienda Ospedaliero - Universitaria di Bologna

A distanza di 125 anni dalla scoperta dei raggi X le radiazioni ionizzanti rappresentano uno degli agenti fisici maggiormente studiato e più ampiamente utilizzato. Tuttavia, i numerosissimi studi sui danni indotti dalle radiazioni non sono ancora riusciti a chiarire tutti i dubbi su questi agenti fisici.

Ripercorriamo sinteticamente la storia di questa scoperta che va di pari passo con l'evidenza dei possibili danni indotti che, solo in un secondo momento, hanno portato all'elaborazione di un sistema di progressiva limitazione delle dosi.

Ricordiamo alcune date fondamentali nella storia delle radiazioni ionizzanti:

1895 (novembre) Wilhelm Conrad Roentgen scopre i raggi X;

1° marzo 1896 Antoine Henri Becquerel rileva l'immagine del cristallo di uranile impressa su lastre fotografiche avvolte in spessi fogli di carta nera, arrivando a concludere che il cristallo, o meglio l'uranio, aveva spontaneamente emesso l'energia necessaria per impressionare la lastra – si tratta, sostanzialmente, della «scoperta» dei radionuclidi;

1898 Pierre e Marie Curie esaminando alcune tonnellate di un minerale contenente uranio chiamato pechblenda, scoprirono altri due elementi attivi, che nominarono polonio e radio. In particolare, evidenziarono come un piccolo campione di radio poteva emettere più energia di chili di uranio. Questi elementi furono detti radioattivi, e questa loro proprietà radioattività;

1901 Becquerel segnalò la comparsa di un eritema della cute in corrispondenza della tasca del vestito nella quale aveva tenuto per qualche tempo una fiala di vetro contenente sali di Radio;

1901 W.H. Rollins, dentista di Boston, evidenzia come

l'irraggiamento di animali (cavia porcellus) provochi negli animali irradiati casi di aborto;

1902, a circa sei anni dalla scoperta della radioattività, viene descritto il primo caso di tumore radioindotto, si tratta di un carcinoma cutaneo sviluppato su una precedente dermatite da raggi;

1903 Becquerel e i coniugi Curie ottengono il Premio Nobel per la Fisica in virtù dei loro studi sull'uranio e sulla radioattività;

1903 si evidenzia come l'esposizione ai raggi X sia in grado di indurre sterilità negli animali da laboratorio;

1903 si scopre che le radiazioni possono provocare la morte degli animali da laboratorio irradiati;

1904, Perthes descrive l'associazione fra radioterapia e sarcoma in un paziente che aveva sviluppato un sarcoma a cellule fusate dopo radioterapia per lupus;

1911 Hesse descrive 94 casi di tumori indotti da raggi X, 50 dei quali in radiologi;

1927 il genetista Herman Muller dimostra come l'esposizione a raggi X della *Drosophila melanogaster* (mosca della frutta) può provocare mutazioni genetiche trasmesse alle generazioni successive;

1928 sono indotte mutazioni in piante (Stadler 1928) e in cellule somatiche (Patterson 1928);

1945 Esplodono le bombe nucleari ad Hiroshima e Nagasaki;

anni '50 E. B. Lewis (California Institute of Technology) ipotizza la mancanza di un valore di soglia per l'induzione della leucemia;

La scoperta della radioattività e delle radiazioni X avviene quando in Europa spira il vento della Belle Époque.

L'espressione "Belle Époque" nasce in Francia alla fine dell'Ottocento, ma la situazione economica-sociale-artistica e tecnico-scientifica si manifesta con tratti molto simili non solo in altri paesi dell'Europa occidentale ma anche in ambiti extra-europei, come gli Stati Uniti (la cosiddetta Gilded Age).

In questo periodo le invenzioni e i progressi della tecnica e della scienza si succedono ad un ritmo senza paragoni con le epoche precedenti.

Tra le varie scoperte ed invenzioni di quegli anni ricordo:

La prima lampadina - Thomas Edison - 1879; La prima radio - Guglielmo Marconi - 1899; Il primo telefono - Antonio Meucci - 1854; Il primo Tapis roulant - 1890; Il primo grattacielo (Chicago) - 1880; il Traforo del Frejus - 1857-1871; La prima ferrovia (Stockton & Darlington Railway) - 1825; Il primo volo - Fratelli Wright - 1903; Le prime automobili; La catena di montaggio (Ford, Modello T) - Frederick Taylor; La prima macchina per scrivere; Il cinema (precinema) come il Kinetoscopio di Thomas Edison e il Cinematografo dei Fratelli Lumière; Il vaccino contro la rabbia - Louis Pasteur-1885; La pastorizzazione del latte - Louis Pasteur.

I benefici di queste scoperte portarono a standard di vita notevoli, con un evidente miglioramento delle condizioni di vita e al diffondersi di un senso di ottimismo.

Simbolo di questa epoca è il Titanic



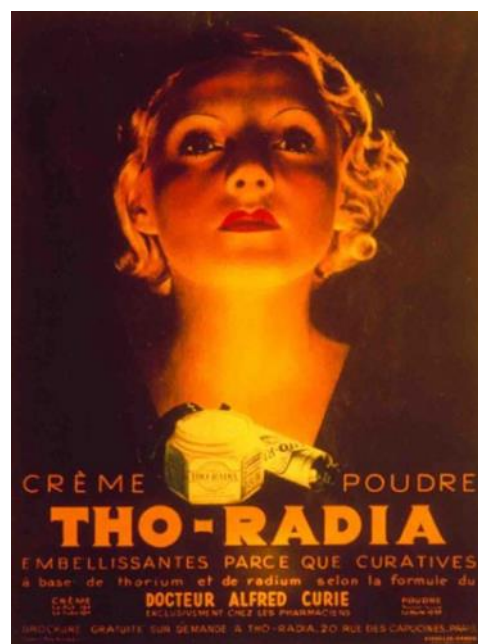
In questi anni, fine '800 primi anni del '900, nonostante le prime segnalazioni scientifiche dei possibili danni derivanti dall'esposizione a questi agenti fisici, la radioattività è utilizzata con ampia libertà e in vari

settori anche nello spettacolo.

Famosa è l'immagine della ballerina delle Folies-Bergère, che danza in uno spettacolare scintillio di luci e colori, immortalata nel famoso quadro di Toulouse Lautrec. Scintillio dovuto ai colori, contenenti radionuclidi, impiegati nella preparazione del vestito della ballerina.



Radionuclidi sono utilizzati a vari scopi in diversi prodotti per l'igiene e la cura delle persone



LA POWDRE THO-RADIA

*mate, extra-fine, adhérente, délicatement parfumée
réunit toutes ces qualités et
Illuminera votre visage*

MÉTHODE SCIENTIFIQUE DE BEAUTÉ

Le Rouge à Lèvres sain

Rouge à Lèvres THO-RADIA

ORANGÉ, FEU, VIF, MOYEN, FONCÉ.

ETUI COMPLET 16' - RECHANGE 8'

EN PHARMACIE SEULEMENT

EAU MINÉRALE NATURELLE
DE MONTCHANSON
FAVEROLLES (CANTAL)

SOURCE - ACTIVE

NATURELLEMENT GAZEUSE LITHINÉE ACIDIFIÉE

EMANATION PERMANENTE DE RADIUM DISSOUS

RADIO DIVINE

5th ANONYME DES Eaux DE MONTCHANSON FAVEROLLES (CANTAL)

POUR GUÉRIR LA PEAU
employez la pommade radioactive
RADIOCRÉMELINE

Son efficacité surprenante due aux propriétés merveilleuses de sa radioactivité officiellement contrôlée, vous assure la guérison rapide et radicale de toutes les affections de la peau des plus graves aux plus bénignes.

Tube d'essai 4 fr. 75. Toutes Pharmacies ou franco par le LABORATOIRE DE RADIUMTHÉRAPIE, 251 D Rue Vaneau, PARIS 7^e

(Demandez brochure gratuite sur les traitements radioactifs des maladies chroniques.)

Évitez et combattez la TUBERCULOSE
par la **TUBÉRADINE**
(Antiseptique pulmonaire radioactif)

Dépuratif à base de Radium
* * * **RADOL** * * *

CURE DE BOISSON RADIOACTIVE
* * * **OMIRA** * * *

Pour la Protection de l'Organisme

VARICES ET ULCÈRES VARIQUEUX
sont toujours guéris par le **RADIOVEINOLE**

LES HÉMORROÏDES
disparaissent par l'emploi du **SUPPORADOL**

Savon de Toilette Radioactif Eler

Le **SAVON RADIOACTIF ELER** présente les mêmes avantages et est basé sur les mêmes propriétés de la radioactivité que la **CRÈME ELER**. De qualité tout à fait supérieure par la finesse de sa pâte et la délicatesse de son parfum, le **SAVON RADIOACTIF ELER** est absolument hors de pair par l'action vitalisante et antiseptique qu'il exerce sur la peau.

Les Produits de Beauté Radioactifs
" ELER "

HYGIÈNE INTIME DE LA FEMME
SEPTORADOL
Antiseptique Radioactif

LES MALADIES DES FEMMES
sont dominées par le traitement radioactif combiné
* * * **MÉTRADOL** et **GYNERADINE** * * *

RADIOLE ET RADIODOSE
assurent la guérison complète des
RHUMATISMES, ARTHRITES, DOULEURS

A fronte di ciò risale ai primi anni del secolo scorso l'introduzione di accorgimenti e metodologie tese a ridurre gli effetti nocivi degli apparati a raggi X: vetri al piombo per la protezione degli occhi, filtrazione, housing in piombo, collimatori, guanti e grembiuli schermati, frazionamento delle esposizioni in fluoroscopia, uso di piastrine fotografiche per valutazione delle condizioni di esposizione, uso di rivelatori a gas per la rivelazione di radiazione, concetto di spessore di dimezzamento, tubi di Coolidge ad alto voltaggio. Nel 1910 durante l'International Congress of Radiology and Electricity a Bruxelles, presieduto da Marie Curie, viene adottata come «unità di misura» della radioattività il curie che per quasi 20 anni resta l'unica grandezza accettata universalmente. Nel 1915 per iniziativa di alcune Società nazionali di radiologia (Germania e Regno Unito) sono proposte le prime Raccomandazioni relative a misure di protezione dalle radiazioni ionizzanti. In questo ambito ebbero particolare importanza le Raccomandazioni proposte nel Regno Unito dal British X-ray and Radium Protection Committee (BXRPC), approvate nel 1921 [BXRPC1921]. Nel 1925 a Londra si svolse il 1° Congresso Internazionale di Radiologia e fu costituito l'International X-ray Unit Committee (IXUC - predecessore dell'ICRU). Nel 1928 a Stoccolma si svolse il 2° Congresso Internazionale di Radiologia e, su proposta, dell'IXUC fu adottata l'unità internazionale di intensità dei raggi X chiamata roentgen ed indicata allora con r. Nel corso dello stesso Congresso furono adottate come International Recommendations for X-ray and Radium Protection le raccomandazioni presentate dal BXRPC e fu costituito l'International X-ray and Radium Protection Committee (IXRPC - divenuto poi l'ICRP). Le raccomandazioni adottate [ICR1928b] erano rivolte agli operatori tecnici ed ai medici e riguardavano la regolamentazione delle ore di lavoro, la salubrità delle condizioni di lavoro, le precauzioni nell'uso dei generatori di tensione elettrica, le protezioni personali da adottare per le procedure diagnostiche e terapeutiche così come per le manipolazioni di sostanze radioattive, i minimi spessori equivalenti di piombo che, a seconda dei voltaggi di picco dei generatori utilizzati, dovevano schermare il tubo a raggi X, gli spessori di piombo che dovevano schermare i preparati di radio

immagazzinati a seconda della quantità in peso del radio. Tuttavia, non si faceva riferimento alle correnti utilizzate, ai tempi di effettivo irraggiamento, alla distanza degli operatori dalla sorgente a raggi X. Non erano contenute indicazioni su livelli di esposizione che potevano essere considerati adeguati. Gli effetti osservati a seguito dell'esposizione a radiazioni ionizzanti erano ritenuti conseguire a livelli di esposizione superiori ad un valore di soglia che, quindi, non doveva essere superato per evitare gli effetti indesiderati. Il primo paradigma della radioprotezione fu l'assunzione che tutti gli effetti dannosi fossero a soglia. Pertanto, si cercò rapportare il livello/soglia di esposizione sicura sul lavoro alla dose che provocava eritema sulla pelle, che rappresentava il primo segno visibile di una reazione all'esposizione a radiazioni ionizzanti. Si decise di fissare una "threshold erythema dose" standard (TED) e derivare da questa una "tolerance dose" che doveva garantire la non insorgenza di danni conseguenti all'esposizione a RI, anche qualora l'operatore fosse stato esposto a quella dose durante tutto il tempo lavorativo (American Roentgen Ray Society Meeting 1925). Fu definita una relazione tra la TED ed i valori della corrente del fascio, il tempo di esposizione e la distanza tra la sorgente e l'operatore esposto per cui da queste condizioni di lavoro ne conseguiva automaticamente un'entità di esposizione in frazione di TED. La TED "standard" espressa in unità di misura internazionalmente accettata fu valutata dall'IXRPC corrispondere a 600 roentgen. La "dose tollerata" su base annua fu stabilita ad 1/100 della TED e riportata in giorni lavorativi risultò in un "rateo di dose tollerato" di 0,2 roentgen/day. Il valore di 0,2 R/day fu adottato nelle Raccomandazioni dell'IXRPC del 1934 e costituisce il primo valore numerico di un limite posto per esigenze di radioprotezione. Questo valore in R può essere confrontato con il valore di 500 mSv/year, stabilito nell'ICRP 26 come criterio di protezione per irraggiamento della pelle in esposizione occupazionale (International Commission on Radiological Protection, "International Recommendations on Radiological Protection" Pergamon Press, Oxford, ICRP Publication n. 26, Ann ICRP 1:1-53, 1977). Una modifica radicale nella valutazione del rischio derivante dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti venne stabilita nel corso della

conferenza congiunta tra Stati Uniti d'America, Regno Unito e Canada svoltasi nel 1949 a Chalk River (TriPartite -U.S.A., U.K., Canada - Permissible Doses Conference). Infatti, stabilendo il passaggio dalla "dose tollerata" alla "dose permessa" si sottolineano le incertezze relative alla inevitabile domanda "Che quantità di radiazione può un uomo ricevere in una esposizione cronica od acuta senza alcun rischio per sé stesso o per la sua progenie"? Nel luglio 1950 nel corso del VI Congresso Internazionale di Radiologi, svoltosi a Londra, viene stabilita l'istituzione delle Commissioni ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) e ICRP (International Commission on Radiological Protection). Nel 1953 l'ICRU adotta come unità di misura della dose assorbita il Rad. Nel 1962 l'ICRU adotta come unità di misura dell'equivalente di dose il rem. Nel 1950 l'ICRP indica come "La ricerca biomedica ha consentito una maggiore conoscenza dei pericoli associati con l'esposizione alle radiazioni ionizzanti. Questa aumentata conoscenza in ambito radiobiologico ha portato non solo ad una maggiore comprensione dell'importanza di alcuni effetti, in particolare di quelli cancerogeni e genetici, ma ci ha anche fornito maggiori informazioni sui livelli permessibili di radiazioni". Così l'ICRP evidenziava la necessità di considerare i seguenti effetti nocivi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti:

- a) danni superficiali;
- b) effetti generali sul corpo, particolarmente il sangue e gli organi ematopoietici, ad es. produzione di anemia e leucemia;
- c) induzione di tumori maligni;
- d) altri effetti nocivi, compresi cataratta, obesità, compromissione della fertilità, riduzione della durata di vita;
- e) effetti genetici.

"Benché i valori proposti per le massime esposizioni permesse sono tali da determinare un rischio che è piccolo paragonato ad altri fattori di rischio, tuttavia, alla luce della mancanza di una soddisfacente evidenza dei dati sui quali dobbiamo basare le nostre valutazioni e insieme alla conoscenza che certi effetti delle radiazioni sono irreversibili e cumulativi, è altamente

raccomandato di fare ogni sforzo per ridurre l'esposizione, a qualsiasi tipo di radiazione ionizzante, al livello più basso possibile". Il valore della dose massima permessa è stabilito in 0,3 R/settimana (corpo intero). Il valore della dose massima permessa per mani e avambracci la dose è di 1,5 R/settimana. Nel 1956 a seguito anche delle preoccupazioni derivate dall'incidente del test Castle Bravo (1954), USA e Regno Unito istituiscono due enti con il compito di procedere ad una rivalutazione del rischio da esposizione a bassa dose, rispettivamente la National Academy of Sciences Committee on the Biological Effects of Atomic Radiation (BEAR) e il Medical Research Council (MRC). I rapporti dei due Comitati (1956), suggerivano che il singolo lavoratore non dovesse ricevere più di 50 R fino all'età di 30 anni. Per l'attività lavorativa successiva il BEAR suggeriva 50 R per ogni 10 anni e il MRC 200 R come dose integrata su tutto il periodo di attività lavorativa. Per la popolazione il limite suggerito dal BEAR era di 10 R, al di sopra del contributo del fondo naturale di radioattività, fino all'età di 30 anni mentre l'MRC suggeriva un limite che non fosse maggiore di 2 volte il fondo naturale. L'ICRP nel 1958 (International Commission on Radiological Protection, "International Recommendations on Radiological Protection", Pergamon Press, Oxford, ICRP Publication n. 1, 1959) definisce i seguenti nuovi obiettivi per la radioprotezione: prevenire o minimizzare effetti somatici e minimizzare il deterioramento del patrimonio genetico della popolazione. Al fine di ottenere ciò sottolinea come sia necessario di limitare le esposizioni a "dosi permesse" (permissible dose). "La dose permessa per un singolo individuo è quella dose, accumulata su un lungo periodo di tempo o derivante da una singola esposizione, che, alla luce delle attuali conoscenze, comporta una trascurabile probabilità di danni severi somatici o genetici; inoltre, corrisponde a questa definizione quella dose alla quale tutti gli effetti che ne conseguono più frequentemente sono limitati ad effetti di entità minore tali da poter essere considerati accettabili dagli individui esposti e dalle competenti autorità mediche". Sempre nella stessa pubblicazione l'ICRP riporta come "Si sottolinea che le dosi massime permesse raccomandate in questa pubblicazione sono valori massimi; la Commissione raccomanda, quindi, che

tutte le dosi siano mantenute al livello più basso tecnicamente possibile e che sia evitata qualsiasi esposizione non necessaria". Nella tabelle che seguono sono riportati i limiti per equivalente di dose definiti dall'ICRP (ICRP 1, 1958) per esposizioni professionali e i

limiti dell'equivalente di dose per le diverse categorie di esposti, professionali e popolazione (Salvatore Frullani DALL'1 (1958) AL 103 (2007) PASSANDO PER 6 (1964), 9 (1966), 26 (1977) E 60 (1990). 50 ANNI DI RACCOMANDAZIONI GENERALI DELL'ICRP).

Limiti dell'equivalente di dose definiti dall'ICRP 1 per esposizioni professionali (1958)

Organo del corpo	Equivalente di dose in 13 settimane consecutive rem/13 settimane	Equivalente di dose annuo rem/anno	Equivalente di dose cumulato ad N anni rem
Corpo intero	3	5	5(N-18)
Gonadi	3	5	5(N-18)
Midollo osseo Cristallino	3	5	5(N-18)
Pelle	8	30	
Tiroide	8	30	
Mani, piedi, arti	20	75	
Altri organi singoli	4	15	

Limiti dell'equivalente di dose per le diverse categorie di esposti (ICRP 1, 1958)

Gruppo esposto	Equivalente di dose al corpo intero (rem/y)		Equivalente di dose singoli organi (rem/y)	
	dose	rapporto	dose	rapporto
A lavoratori professionali	5	1	15	1
Ba vicino area controllata	1,5	3/10	1,5	1/10
Bb occasionali in area controllata	1,5	3/10	1,5	1/10
Bc membri pubblico vicino area contr.	0,5	1/10	1,5	1/10
C popolazione nel suo insieme geneticamente significativa	0,5 5 nei 30 anni	1/10 1/30	1,5	1/10

Sempre nella stessa Pubblicazione si definiscono limiti ad esposizioni di emergenza pianificate che non debbono superare i 12 rem e vanno computate all'interno dell'equivalente di dose cumulato con l'età. Inoltre, è ritenuta possibile un'unica esposizione accidentale eccezionale nell'arco della vita. Se l'esposizione risulta inferiore ai 25 rem, la stessa va cumulata al limite di dose integrale. Ancora si fa riferimento al ricorso alla sorveglianza medica solo nel caso di superamento dei 25 rem (250 mSv). Nell'arco di 24 anni il limite di dose in si riduce di 10 volte. L'IXRPC del 1934, che definisce il 1° valore limite, indica il valore di 0,2 R/day corrispondente a 500 mSv/anno: 1 rem/settimana (10 mSv/settimana) = 50 rem/anno (500 mSv/anno). Nel 1958 la pubblicazione 1 del ICRP fissa il limite

di 5 rem/anno (50 mSv/anno). Nel 1966 l'ICRP evidenzia come "Il meccanismo attraverso il quale le radiazioni ionizzanti inducono la comparsa di leucemia e di altri tipi di neoplasie maligne non è noto. L'effetto di induzione di neoplasie maligne risulta ad oggi chiaramente stabilito a seguito di dosi superiori a 100 rad [1Gy], ma non si sa se esista una soglia al di sotto della quale non vi è induzione di neoplasie maligne. Se questa soglia esistesse non vi sarebbe in rischio di induzione di neoplasie maligne fino a che tale soglia non fosse superata. Tuttavia, poiché non è nota una dose soglia si considera che anche le dosi più basse comportino un rischio di induzione di neoplasie maligne, seppure proporzionalmente piccolo". "Inoltre, a causa della carenza di evidenze in merito alla natura della relazione

dose-effetto nel processo di induzione delle neoplasie maligne nell'uomo – in particolare a quei livelli di dose che sono pertinenti all'ambito della protezione radiologica – la Commissione è consapevole che le supposizioni dell'assenza di una dose soglia e della totale cumulabilità di tutte le dosi possano non essere corrette ma, la Commissione si ritiene soddisfatta dalla considerazione che queste supposizioni difficilmente possano condurre ad una sottostima del rischio. Non vi sono ad oggi informazioni disponibili in grado di portare ad ipotesi alternative". "Allo stato delle attuali conoscenze e sulla base di alcuni dati teorici e sperimentali, appare ragionevole ritenere che anche quando o una dose o il rateo di dose sia molto basso, ogni effetto sarà direttamente proporzionale alla dose ed indipendente dal rateo di dose" (International Commission on Radiological Protection, "International Recommendations on Radiological Protection", Pergamon Press, Oxford, ICRP Publication n. 9, 1966). Nel 1977 l'ICRP evidenzia come "è verosimile che la frequenza reale degli effetti per unità di dose sia più bassa di quella così stimata quando l'esposizione comporti dosi basse o ratei di dose bassi" (I.C.R.P. n. 26/1977). Sempre nel 1977 l'ICRP evidenzia come "la Commissione raccomanda un sistema di limitazione della dose, i capisaldi di questo sistema sono: (a) non deve essere adottata alcuna pratica radiologica senza che la sua introduzione produca un chiaro beneficio; (b) tutte le esposizioni devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali [ALARA] ; (c) la dose equivalente alle persone non deve superare i limiti raccomandati dalla Commissione per ogni particolare circostanza" (ICRP1977a) International Commission on Radiological Protection, "International Recommendations on Radiological Protection", Pergamon Press, Oxford, ICRP Publication n. 26, Ann ICRP 1:1-53). I limiti sono fissati sulla base di stime di rischio. Un lavoratore esposto per tutta la sua vita professionale (da 18 a 65 = 47 anni di lavoro) con esposizione pari al limite stabilito dall'ICRP 26 (dose integrata = 2,35 Sv) ha una probabilità di morte attribuibile all'esposizione a radiazioni di circa il 9%, valore giudicato inaccettabile e, quindi, si stabilisce come limite di dose efficace per l'intera vita lavorativa

(arrotondata a 50 anni) 1 Sv. Da questo valore ne discende il limite come dose media di 20 mSv/anno e si stabilisce che tale valore possa essere ottenuto come valore medio su 5 anni (limite di 100 mSv in 5 anni) con valore massimo di 50 mSv per ogni singolo anno. Per gli effetti non stocastici il limite è di 500 mSv per tutti gli organi tranne che per il cristallino (150 mSv). Si passa dall'equivalente di dose alla dose equivalente ([ICRP1991] International Commission on Radiological Protection, "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", Pergamon Press, Oxford, ICRP Publication n. 60, Ann ICRP 21:1-201). Nel 2007 l'ICRP riporta come "Sebbene ci siano eccezioni riconosciute, ai fini della radioprotezione la Commissione ritiene che il peso dell'evidenza, sui processi cellulari fondamentali associati con i dati dose-risposta, sostenga l'opinione che per le basse dosi, al di sotto di circa 100 mSv, è scientificamente plausibile assumere che l'incidenza di neoplasie o di effetti ereditari aumenti in modo direttamente proporzionale con l'aumento della dose equivalente negli organi e tessuti interessati. Pertanto, il sistema pratico di protezione dalle radiazioni raccomandato dalla Commissione continuerà a essere basato sull'ipotesi che a dosi inferiori a circa 100 mSv un dato incremento della dose produca un incremento direttamente proporzionale della probabilità di insorgenza di una neoplasia o di effetti ereditari attribuibili alle radiazioni" (ICRP 103/2007). L'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica nel 2010 afferma "Gli effetti stocastici si sviluppano a causa dell'effetto mutageno di basse dosi di radiazioni, la dose soglia non è nota con precisione. Si è evidenziato che il tumore in differenti sedi insorge al di sopra di diversi range di dose. La severità dell'effetto non dipende dalla dose, ma la frequenza di comparsa dell'effetto (probabilistico) nel gruppo di popolazione esposta è dose dipendente, (nella maggior parte dei casi) cresce in modo lineare con la dose. Tuttavia, i dati oggettivi non consentono di evidenziare un rischio di tumore ad una dose inferiore a 0,1 Gy (100 mSv) per irraggiamento acuto. Nonostante ciò il rischio di tumore e la relazione dose/rischio si considerano rimanere lineari per dosi inferiori a 0,1 Gy. Questa relazione rappresenta un metodo utile e funzionale per la valutazione del rischio, ma non è

basato su alcuna evidenza scientifica (IAEA 2010). Nella tabella che segue si riporta uno schema riassuntivo dell'evoluzione nel tempo di alcuni limiti di dose annui (Salvatore Frullani DALL'1 (1958) AL 103 (2007)

PASSANDO PER 6 (1964), 9 (1966), 26 (1977) E 60 (1990). 50 ANNI DI RACCOMANDAZIONI GENERALI DELL'ICRP).

Tabella 5 Evoluzione dei limiti di dose annui nelle diverse Raccomandazioni. I valori sono stati riportati a dose efficace con aggiustamenti (Da: Salvatore Frullani Istituto Superiore di Sanità Dipartimento Tecnologie e Salute Dall'1 (1958) al 103 (2007) passando per 6 (1964), 9 (1966), 26 (1977) e 60 (1990). 50 anni di raccomandazioni generali dell'ICRP).

organo	esposizione	IXRPC 1934 (mSv)	ICRP 1950 (mSv)	ICRP 1 1958 (mSv)	ICRP9 1966 (mSv)	ICRP26 1977 (mSv)	ICRP60 1991 (mSv)	ICRRP 103 2007 (mSv)
corpo intero dose efficace	lavoratori	500	150	50	50	50	20**	20**
	popolazione			5	5	5 → 1*	1***	1***
cristallino dose equiva- lente	lavoratori			50	150	300	150	150
	popolazione			5	15	15	15	15
pelle dose equiva- lente	lavoratori	500		300	300	500	500	500
	popolazione			30	30	50	50	50
estremità dose equiva- lente	lavoratori		450	750	750	500	500	500
	popolazione			75	75	50		
altri organi dose equiva- lente	lavoratori			150	150	500	500	
	popolazione			15	15	50		

* (nel 1985) ** media su un periodo di 5 anni con valore massimo di 50 su un singolo anno

*** in speciali circostanze si può accettare un valore più alto purché la media in 5 anni sia 1 mSv

La Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio del 5 dicembre 2013, sulla base dell'ICRP n. 118 del 2012, recepita dall'Italia con il D.Lgs 101/2020, dispone i seguenti limiti di esposizione per i lavoratori:

Limite di dose efficace per l'esposizione professionale: 20 mSv/anno;

Limite di dose equivalente per il cristallino: 20 mSv/anno o 100 mSv nell'arco di cinque anni consecutivi, con una dose massima di 50 mSv in un solo anno

Limite di dose equivalente per la pelle: 500 mSv/anno; tale limite si applica alla dose calcolata in media su 1 cm² di pelle, indipendentemente dall'area esposta;

Limite di dose equivalente per le estremità: 500 mSv/anno.



**FONDATA
NEL 1977**



Personalizzare la radioprotezione