Premessa

Tra i tipi di inquinamento a cui l'uomo può essere sottoposto, quello dovuto a radiazioni ionizzanti è sicuramente il più subdolo in quanto non abbiamo organi sensoriali che ci allertino della sua presenza. Al contrario invece il lavoratore dell'industria chimica entrando in locali contaminati da sostanze inalabili, ha reazioni dell'apparato respiratorio e delle mucose in generale, che lo avvertono in tempo reale. Il lavoratore della industria nucleare e delle attività ad essa collegate, se non fornito di particolare strumentazione (contatori geiger) atta a rivelare la presenza di sostanze radioattive (radionuclidi), non può sapere se è in presenza di una sorgente contaminante in tempo reale.

1. Le disposizioni del D.Lgs. n. 230 del 17/3/1995 e s.m.i. si applicano:
a) alla costruzione, all'esercizio ed alla disattivazione degli impianti nucleari
b) a tutte le pratiche che implicano un rischio dovuto a radiazioni ionizzanti provenienti da una sorgente artificiale o da una sorgente naturale nei casi in cui i radionuclidi naturali siano o siano stati trattati per le loro proprieta' radioattive fissili o fertili e cioe':
1) alla produzione, trattamento, manipolazione, detenzione, deposito, trasporto, importazione, esportazione, impiego, commercio, cessazione della detenzione, raccolta e smaltimento di materie radioattive
2) al funzionamento di macchine radiogene
3) alle lavorazioni minerarie secondo la specifica disciplina di cui al capo IV
b-bis) alle attivita' lavorative diverse dalle pratiche di cui ai punti 1, 2 e 3 che implicano la presenza di sorgenti naturali di radiazioni, secondo la specifica disciplina di cui al capo III-bis
b-ter) agli interventi in caso di emergenza radiologica o nucleare o in caso di esposizione prolungata dovuta agli effetti di un'emergenza oppure di una pratica o di un'attivita' lavorativa non piu' in atto, secondo la specifica disciplina di cui al capo X.

1-bis. Il D.Lgs. 230/1995 e s.m.i. non si applica all'esposizione al radon nelle abitazioni o al fondo naturale di radiazioni, ossia non si applica ne' ai radionuclidi contenuti nell'organismo umano, ne' alla radiazione cosmica presente al livello del suolo, ne' all'esposizione in superficie ai radionuclidi presenti nella crosta terrestre non perturbata. Dal campo di applicazione sono escluse le operazioni di aratura, di scavo o di riempimento effettuate nel corso di attivita' agricole o di costruzione, fuori dei casi in cui dette operazioni siano svolte nell'ambito di interventi per il recupero di suoli contaminati con materie radioattive.
2. Le condizioni per l'applicazione delle disposizioni del presente decreto definite nell'allegato I sono aggiornate, in relazione agli sviluppi della tecnica ed alle direttive e raccomandazioni dell'Unione europea, con decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta dei Ministri dell'ambiente e della sanita', di concerto con i Ministri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, del lavoro e della previdenza sociale e per la funzione pubblica, sentita l'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente (ANPA), l'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza nel lavoro (ISPESL), l'Istituto superiore di sanita' (ISS) e la Conferenza Stato Regioni. Con gli stessi decreti sono altresi' individuate, in relazione agli sviluppi della tecnica ed alle direttive e raccomandazioni dell'Unione europea, specifiche modalita' di applicazione per attivita' e situazioni particolari, tra le quali quelle che comportano esposizioni a sorgenti naturali di radiazioni.
2-bis. In attesa dell'emanazione dei decreti di cui al comma 2 le condizioni di applicazione sono quelle fissate negli allegati I e I-bis.

Definizioni

1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto valgono le seguenti definizioni:
a) acceleratore: apparecchio o impianto in cui sono accelerate particelle e che emette radiazioni ionizzanti con energia superiore a un mega electron volt (1 MeV)
b) apprendista: persona che riceve in un'impresa un'istruzione e una formazione allo scopo di esercitare un mestiere specifico
c) attivazione: processo per effetto del quale un nuclide stabile si trasforma in radionuclide, a seguito di irradiazione con particelle o con raggi gamma ad alta energia del materiale in cui e' contenuto
d) attivita' (A): quoziente di dN diviso per dt in cui dN e' il numero atteso di transizioni nucleari spontanee di una determinata quantita' di un radionuclide da uno stato particolare di energia in un momento determinato, nell'intervallo di tempo dt
e) autorita' competente: quella indicata nelle specifiche disposizioni
f) becquerel (Bq): nome speciale dell'unita' di attivita' (A) un becquerel equivale ad una transizione per secondo.

$1\ Bq = 1\ s^{-1}$

I fattori di conversione da utilizzare quando l'attivita' e' espressa in curie (Ci) sono i seguenti:

$1\ Ci = 3{,}7 \times 10^{10}\ Bq$ (esattamente)

$1\ Bq = 2{,}7027 \times 10^{-11}\ Ci$

g) combustibile nucleare: le materie fissili impiegate o destinate ad essere impiegate in un impianto sono inclusi l'uranio in forma di metallo, di lega o di composto chimico (compreso l'uranio naturale), il plutonio in forma di metallo, di lega o di composto chimico ed ogni altra materia fissile che sara' qualificata come combustibile con decisione del Comitato direttivo dell'Agenzia per l'energia nucleare dell'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE)
h) contaminazione radioattiva: contaminazione di una matrice, di una superficie, di un ambiente di vita o di lavoro o di un individuo, prodotta da sostanze radioattive. Nel caso particolare del corpo umano, la contaminazione radioattiva include tanto la contaminazione esterna quanto la contaminazione interna, per qualsiasi via essa si sia prodotta
i) datore di lavoro di impresa esterna: soggetto che, mediante lavoratori di categoria A, effettua prestazioni in una o piu' zone controllate di impianti, stabilimenti, laboratori, installazioni in genere, gestiti da terzi non rientrano nella presente definizione i soggetti la cui attivita' sia la sola a determinare la costituzione di una o piu' zone controllate presso le installazioni dei terzi, ai quali soggetti si applicano le disposizioni generali del presente decreto
l) detrimento sanitario: stima del rischio di riduzione della durata e della qualita' della vita che si verifica in una popolazione a seguito dell'esposizione a radiazioni ionizzanti. Essa include la riduzione derivante da effetti somatici, cancro e gravi disfunzioni genetiche
m) dose: grandezza radioprotezionistica ottenuta moltiplicando la dose assorbita (D) per fattori di modifica determinati a norma dell'articolo 96, al fine di qualificare il significato della dose assorbita stessa per gli scopi della radioprotezione

n) dose assorbita (D): energia assorbita per unita' di massa e cioe' il quoziente di dE diviso per dm, in cui dE e' l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti alla materia in un elemento volumetrico e dm la massa di materia contenuta in tale elemento volumetrico ai fini del presente decreto, la dose assorbita indica la dose media in un tessuto o in organo. L'unita' di dose assorbita e' il gray
o) dose efficace (E): somma delle dosi equivalenti nei diversi organi o tessuti, ponderate nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione, l'unita' di dose efficace e' il sievert
p) dose efficace impegnata(E(t)): somma delle dosi equivalenti impegnate nei diversi organi o tessuti H T(t) risultanti dall'introduzione di uno o piu' radionuclidi, ciascuna moltiplicata per il fattore di ponderazione del tessuto wT la dose efficace impegnata E(t) e' definita da:

$$E(t) = \Sigma_T w_T H_T(t)$$

dove t indica il numero di anni per i quali e' effettuata l'integrazione l'unita' di dose efficace impegnata e' il sievert

g) dose impegnata: dose ricevuta da un organo o da un tessuto, in un determinato periodo di tempo, in seguito all'introduzione di uno o piu' radionuclidi
r) dose equivalente (H T): dose assorbita media in un tessuto o organo T, ponderata in base al tipo e alla qualita' della radiazione nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione l'unita' di dose equivalente e' il sievert
s) dose equivalente impegnata: integrale rispetto al tempo dell'intensita' di dose equivalente in un tessuto o organo T che sara' ricevuta da un individuo, in quel tessuto o organo T, a seguito dell'introduzione di uno o piu' radionuclidi la dose equivalente impegnata e' definita da:

$$H_T(t) = \int_{t0}^{t0+t} H_T(T)dT$$

per una singola introduzione di attivita' al tempo t0 dove t0 e' il tempo in cui avviene l'introduzione,
$H_T(\tau)$ e' l'intensita' di dose equivalente nell'organo o nel tessuto T al tempo τ, t e' il periodo di tempo, espresso in anni, su cui avviene l'integrazione
qualora t non sia indicato, si intende un periodo di 50 anni per gli adulti e un periodo fino all'eta' di 70 anni per i bambini l'unita' di dose equivalente impegnata e' il sievert
t) emergenza: una situazione che richiede azioni urgenti per proteggere lavoratori, individui della popolazione ovvero l'intera popolazione o parte di essa
u) esperto qualificato: persona che possiede le cognizioni e l'addestramento necessari sia per effettuare misurazioni, esami, verifiche o valutazioni di carattere fisico, tecnico o radiotossicologico, sia per assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi di protezione, sia per fornire tutte le altre indicazioni e formulare provvedimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione. La sua qualificazione e' riconosciuta secondo le procedure stabilite nel presente decreto
v) esposizione: qualsiasi esposizione di persone a radiazioni ionizzanti. Si distinguono:
1) l'esposizione esterna: esposizione prodotta da sorgenti situate all'esterno dell'organismo
2) l'esposizione interna: esposizione prodotta da sorgenti introdotte nell'organismo
3) l'esposizione totale: combinazione dell'esposizione esterna e dell'esposizione interna

z) esposizione accidentale: esposizione di singole persone a carattere fortuito e involontario.
2. Inoltre si intende per:
a) esposizione d'emergenza: esposizione giustificata in condizioni particolari per soccorrere individui in pericolo, prevenire l'esposizione di un gran numero di persone o salvare un'installazione di valore e che puo' provocare il superamento di uno dei limiti di dose fissati per i lavoratori esposti
b) esposizione parziale: esposizione che colpisce soprattutto una parte dell'organismo o uno o piu' organi o tessuti, oppure esposizione del corpo intero considerata non omogenea
c) esposizione potenziale: esposizione che, pur non essendo certa, ha una probabilita' di verificarsi prevedibile in anticipo
d) esposizione soggetta ad autorizzazione speciale: esposizione che comporta il superamento di uno dei limiti di dose annuale fissati per i lavoratori esposti, ammessa in via eccezionale solo nei casi indicati nel decreto di cui all'articolo 82
e) fondo naturale di radiazioni: insieme delle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, sia terrestri che cosmiche, sempreche' l'esposizione che ne risulta non sia accresciuta in modo significativo da attivita' umane
f) gestione dei rifiuti: insieme delle attivita' concernenti i rifiuti: raccolta, cernita, trattamento e condizionamento, deposito, trasporto, allontanamento e smaltimento nell'ambiente
g) gray (Gy): nome speciale dell'unita' di dose assorbita

$1\ Gy = 1\ J\ Kg^{-1}$

i fattori di conversione da utilizzare quando la dose assorbita e' espressa in rad sono i seguenti:

$1\ rad = 10^{-2}\ Gy$

$1\ Gy = 100\ rad$

h) gruppi di riferimento (gruppi critici) della popolazione: gruppi che comprendono persone la cui esposizione e' ragionevolmente omogenea e rappresentativa di quella degli individui della popolazione maggiormente esposti, in relazione ad una determinata fonte di esposizione
i) incidente: evento imprevisto che provoca danni ad un'installazione o ne perturba il buon funzionamento e puo' comportare, per una o piu' persone, dosi superiori ai limiti
l) intervento: attivita' umana intesa a prevenire o diminuire l'esposizione degli individui alle radiazioni dalle sorgenti che non fanno parte di una pratica o che sono fuori controllo per effetto di un incidente, mediante azioni sulle sorgenti, sulle vie di esposizione e sugli individui stessi
m) introduzione: attivita' dei radionuclidi che penetrano nell'organismo provenienti dall'ambiente esterno
n) lavoratore esterno: lavoratore di categoria A che effettua prestazioni in una o piu' zone controllate di impianti, stabilimenti, laboratori, installazioni in genere gestiti da terzi in qualita' sia di dipendente, anche con contratto a termine, di una impresa esterna, sia di lavoratore autonomo, sia di apprendista o studente

o) lavoratori esposti: persone sottoposte, per l'attivita' che svolgono, a un'esposizione che puo' comportare dosi superiori ai pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico. Sono lavoratori esposti di categoria A i lavoratori che, per il lavoro che svolgono, sono suscettibili di ricevere in un anno solare una dose superiore a uno dei pertinenti valori stabiliti con il decreto di cui all'articolo 82 gli altri lavoratori esposti sono classificati in categoria B
p) limiti di dose: limiti massimi fissati per le dosi derivanti dall'esposizione dei lavoratori, degli apprendisti, degli studenti e delle persone del pubblico alle radiazioni ionizzanti causate dalle attivita' disciplinate dal presente decreto. I limiti di dose si applicano alla somma delle dosi ricevute per esposizione esterna nel periodo considerato e delle dosi impegnate derivanti dall'introduzione di radionuclidi nello stesso periodo
q) livelli di allontanamento: valori, espressi in termini di concentrazioni di attivita' o di attivita' totale, in relazione ai quali possono essere esentati dalle prescrizioni di cui al presente decreto le sostanze radioattive o i materiali contenenti sostanze radioattive derivanti da pratiche soggette agli obblighi previsti dal decreto
r) livello di intervento: valore di dose oppure valore derivato, fissato al fine di predisporre interventi di radioprotezione
s) materia radioattiva: sostanza o insieme di sostanze radioattive contemporaneamente presenti. Sono fatte salve le particolari definizioni per le materie fissili speciali, le materie grezze, i minerali quali definiti dall'articolo 197 del trattato che istituisce la Comunita' europea dell'energia atomica e cioe' le materie fissili speciali, le materie grezze e i minerali nonche' i combustibili nucleari
t) materie fissili speciali: il plutonio 239, l'uranio 233, l'uranio arricchito in uranio 235 o 233 qualsiasi prodotto contenente uno o piu' degli isotopi suddetti e le materie fissili che saranno definite dal Consiglio delle Comunita' europee il termine "materie fissili speciali" non si applica alle materie grezzo
u) materie grezze: l'uranio contenente la mescolanza di isotopi che si trova in natura, l'uranio in cui il tenore di uranio 235 sia inferiore al normale, il torio, tutte le materie summenzionate sotto forma di metallo, di leghe, di composti chimici o di concentrati, qualsiasi altra materia contenente una o piu' delle materie summenzionate con tassi di concentrazione definiti dal Consiglio delle Comunita' europee
v) matrice: qualsiasi sostanza o materiale che puo' essere contaminato da materie radioattive sono ricompresi in tale definizione le matrici ambientali e gli alimenti
z) matrice ambientale: qualsiasi componente dell'ambiente, ivi compresi aria, acqua e suolo.
3. Inoltre, si intende per:
a) medico autorizzato: medico responsabile della sorveglianza medica dei lavoratori esposti, la cui qualificazione e specializzazione sono riconosciute secondo le procedure e le modalita' stabilite nel presente decreto
b) minerale: qualsiasi minerale contenente, con tassi di concentrazione media definita dal Consiglio delle Comunita' europee, sostanze che permettano di ottenere attraverso trattamenti chimici e fisici appropriati le materie grezze
c) persone del pubblico: individui della popolazione, esclusi i lavoratori, gli apprendisti e gli studenti esposti in ragione della loro attivita' e gli individui durante l'esposizione di cui all'articolo 2, comma 5, lettere a) e b)
d) popolazione nel suo insieme: l'intera popolazione, ossia i lavoratori esposti, gli apprendisti, gli studenti e le persone del pubblico

e) pratica: attivita' umana che e' suscettibile di aumentare l'esposizione degli individui alle radiazioni provenienti da una sorgente artificiale, o da una sorgente naturale di radiazioni, nel caso in cui radionuclidi naturali siano trattati per le loro proprieta' radioattive, fissili o fertili, o da quelle sorgenti naturali di radiazioni che divengono soggette a disposizioni del presente decreto ai sensi del capo III-bis. Sono escluse le esposizioni dovute ad interventi di emergenza
f) radiazioni ionizzanti o radiazioni: trasferimento di energia in forma di particelle o onde elettromagnetiche con lunghezza di onda non superiore a 100 nm o con frequenza non minore di 3·1015 Hz in grado di produrre ioni direttamente o indirettamente
g) riciclo: la cessione deliberata di materiali a soggetti al di fuori dell'esercizio di pratiche di cui ai capi IV, VI e VII, al fine del reimpiego dei materiali stessi attraverso lavorazioni
h) riutilizzazione: la cessione deliberata di materiali ai soggetti di cui alla lettera g) al fine del loro reimpiego diretto, senza lavorazioni
i) rifiuti radioattivi: qualsiasi materia radioattiva, ancorche' contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, di cui non e' previsto il riciclo o la riutilizzazione
l) servizio riconosciuto di dosimetria individuale: struttura riconosciuta idonea alle rilevazioni delle letture dei dispositivi di sorveglianza dosimetrica individuale, o alla misurazione della radioattivita' nel corpo umano o nei campioni biologici. L'idoneita' a svolgere tali funzioni e' riconosciuta secondo le procedure stabilite nel presente decreto
m) sievert (Sv): nome speciale dell'unita' di dose equivalente o di dose efficace.

Le dimensioni del sievert sono J kg^{-1}.

quando la dose equivalente o la dose efficace sono espresse in rem valgono le seguenti relazioni:

1 rem = 10^{-2} Sv

1 Sv = 100 rem

n) smaltimento: collocazione dei rifiuti, secondo modalita' idonee, in un deposito, o in un determinato sito, senza intenzione di recuperarli
o) smaltimento nell'ambiente: immissione pianificata di rifiuti radioattivi nell'ambiente in condizioni controllate, entro limiti autorizzati o stabiliti dal presente decreto
p) sorgente artificiale: sorgente di radiazioni diversa dalla sorgente naturale di radiazioni
q) sorgente di radiazioni: apparecchio generatore di radiazioni ionizzanti (macchina radiogena) o materia radioattiva, ancorche' contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, dei quali, ai fini della radioprotezione, non si puo' trascurare l'attivita', o la concentrazione di radionuclidi o l'emissione di radiazioni
r) sorgente naturale di radiazioni: sorgente di radiazioni ionizzanti di origine naturale, sia terrestre che cosmica
s) sorgente non sigillata: qualsiasi sorgente che non corrisponde alle caratteristiche o ai requisiti della sorgente sigillata
t) sorgente sigillata: sorgente formata da materie radioattive solidamente incorporate in materie solide e di fatto inattive, o sigillate in un involucro inattivo che presenti una resistenza sufficiente per evitare, in condizioni normali di impiego, dispersione di materie radioattive superiore ai valori stabiliti dalle norme di buona tecnica applicabili
u) sorveglianza fisica: l'insieme dei dispositivi adottati, delle valutazioni, delle misure e degli esami effettuati, delle indicazioni fornite e dei provvedimenti formulati dall'esperto qualificato al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione

v) sorveglianza medica: l'insieme delle visite mediche, delle indagini specialistiche e di laboratorio, dei provvedimenti sanitari adottati dal medico, al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori esposti
z) sostanza radioattiva: ogni specie chimica contenente uno o piu' radionuclidi di cui, ai fini della radioprotezione, non si puo' trascurare l'attivita' o la concentrazione.
4. Inoltre, si intende per:
a) uranio arricchito in uranio 235 o 233: l'uranio contenente sia l'uranio 235, sia l'uranio 233, sia questi due isotopi, in quantita' tali che il rapporto tra la somma di questi due isotopi e l'isotopo 238 sia superiore al rapporto tra isotopo 235 e l'isotopo 238 nell'uranio naturale
b) vincolo: valore di grandezza radioprotezionistica, fissato per particolari condizioni ai sensi del presente decreto, ai fini dell'applicazione del principio di ottimizzazione
c) zona classificata: ambiente di lavoro sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione contro le radiazioni ionizzanti. Le zone classificate possono essere zone controllate o zone sorvegliate. E' zona controllata un ambiente di lavoro, sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione dalle radiazioni ionizzanti, in cui si verifichino le condizioni stabilite con il decreto di cui all'articolo 82 ed in cui l'accesso e' segnalato e regolamentato. E' zona sorvegliata un ambiente di lavoro in cui puo' essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non e' zona controllata.

Adempimenti e frequenza di aggiornamento

j Sostanze Radioattive (D. Lgs. n. 230 del 17/3/1995 e s.m.i.).

L'iter del D.Lgs. 230/1995 prevede l'espletamento da parte del datore di lavoro dei seguenti adempimenti:

_ Lista degli adempimenti e frequenza di aggiornamento

_ Allegato I (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI APPLICAZIONE DELLE DISPOSIZIONI DEL PRESENTE DECRETO PER LE MATERIE RADIOATTIVE E PER LE MACCHINE RADIOGENE

_ Allegato I bis (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – Elenco delle attività lavorative (art. 10 bis, c. 1 lett. c, d)

_ Allegato II (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - SPEDIZIONI, IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DI RIFIUTI RADIOATTIVI

_ Allegato III (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - DETERMINAZIONE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 82 DEL PRESENTE DECRETO, DEI DECRETI PER L'ADOZIONE DELLA SORVEGLIANZA FISICA NONCHE' DEI CRITERI E DELLE MODALITA' PER LA CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI, DEGLI APPRENDISTI, DEGLI STUDENTI E DELLE AREE DI LAVORO

_ Allegato IV (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - DETERMINAZIONE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 96, DEI LIMITI DI DOSE PER I LAVORATORI, PER GLI APPRENDISTI, GLI STUDENTI E GLI INDIVIDUI DELLA POPOLAZIONE NONCHÉ DEI CRITERI DI COMPUTO E DI UTILIZZAZIONE DELLE GRANDEZZE RADIOPROTEZIONISTICHE CONNESSE.

_ Allegato V (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - ISTITUZIONE DEGLI ELENCHI DEGLI ESPERTI QUALIFICATI E DEI MEDICI AUTORIZZATI E DETERMINAZIONE AI SENSI DEGLI ARTICOLI 78 E 88 DELLE MODALITÀ, TITOLI DI STUDIO, ACCERTAMENTO DELLA CAPACITÀ TECNICO-PROFESSIONALE PER L'ISCRIZIONE

_ Allegato VI (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – DETERMINAZIONE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 74, DELLE MODALITÀ E DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE DI EMERGENZA

_ Allegato VII (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – Determinazione, ai sensi dell'art. 18 delle modalità della notifica delle pratiche di importazione e di produzione, a fini commerciali, di materie radioattive

_ Allegato VIII (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – Determinazione dei criteri e delle modalità per il conferimento della qualifica di sorgente di tipo riconosciuto, ai sensi dell'articolo 26

_ Allegato IX (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - Determinazione, ai sensi dell'art. 27, c. 2, delle condizioni per la classificazione in Categoria A ed in Categoria B dell'impiego delle sorgenti di radiazioni, delle condizioni per l'esenzione dal nulla osta e delle modalità per il rilascio e la revoca del nullaosta.

_ Allegato X (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - Determinazione, ai sensi dell'art.31 del presente decreto, delle disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione all'attività di raccolta di rifiuti radioattivi provenienti da terzi e delle esenzioni da tale autorizzazione.

_ Allegato XI (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - Determinazione, ai sensi dell'art. 62, c. 3, dell'art. 1, c. 6 e dell'*art. 90, c. 5*, delle modalità di tenuta della documentazione relativa alla sorveglianza fisica e medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti e del libretto personale di radioprotezione per i lavoratori esterni.

_ Lista di controllo per la valutazione della conformità legislativa nell'utilizzo di Sostanze Radioattive

_ Allegato XII (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) - DETERMINAZIONE, Al SENSI DELL'ART. 115 COMMA 2, DEI LIVELLI DI INTERVENTO NEL CASO DI EMERGENZE RADIOLOGICHE E NUCLEARI.

_ Allegato IX Appendice I (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – Modulo Comunicazioni di cui all'art. 27 previste al punto 2. del presente allegato

_ Allegato VII Appendice I (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – Modulo Comunicazioni di cui all'art. 18 previste al punto 2. del presente allegato

_ Allegato VII Appendice II (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – Modulo Comunicazioni di cui all'art. 22 previste al punto 2. del presente allegato

_ Tabelle da IV.1 a IV.8 (D.Lgs. 230/1995 e sm.i.) – Coefficienti di dose efficace impegnata

Allegati / Documenti Utili
- Istruzione Operativa per la gestione e il controllo delle sorgenti radiogene (esempio) - Modulo di comunicazione per la variazione dell'Esperto Qualificato (esempio) - Modulo denuncia di detenzione di apparecchiature radiogene (esempio) - Lista di controllo per la valutazione della conformità legislativa nell'utilizzo delle Sostanze Radioattive - La radioprotezione nelle attività sanitarie: manuale informativo ad uso dei lavoratori (fonte Regione Lombardia) - La radioprotezione nelle attività industriali e di ricerca: manuale informativo ad uso dei lavoratori (fonte Gruppo Reg.Lombardo ANPEQ) - Rischio Radon: cosa è, come si previene, come si misura, come si interviene (opuscolo ANPEQ)

ADEMPIMENTO	MODALITA’	FREQUENZA
Capo III -bis ESPOSIZIONI DA ATTIVITA' LAVORATIVE CON PARTICOLARI SORGENTI NATURALI DI RADIAZIONI	Art. 10-bis - Campo di applicazione 1. Le disposizioni del presente capo si applicano alle attivita' lavorative nelle quali la presenza di sorgenti di radiazioni naturali conduce ad un significativo aumento dell'esposizione dei lavoratori o di persone del pubblico, che non puo' essere trascurato dal punto di vista della radioprotezione. Tali attivita' comprendono: a) attivita' lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei; b) attivita' lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron, o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in luoghi di lavoro diversi da quelli di cui alla lettera a) in zone ben individuate o con caratteristiche determinate; c) attivita' lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e, eventualmente, di persone del pubblico; d) attivita' lavorative che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione di persone del pubblico e, eventualmente, dei lavoratori; e) attivita' lavorative in stabilimenti termali o attivita' estrattive non disciplinate dal capo IV; f) attivita' lavorative su aerei per quanto riguarda il personale navigante. 2. Le attivita' lavorative di cui al comma 1 sono quelle cui siano addetti i lavoratori di cui al capo VIII. Art. 10-ter - Obblighi dell'esercente 1. Nei luoghi di lavoro nei quali si svolgono le attivita' lavorative di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettera a), l'esercente, entro ventiquattro mesi dall'inizio dell'attivita', procede alle misurazioni di cui all'allegato I-bis, secondo le linee guida emanate dalla Commissione di cui all'articolo 10-septies. 2. Nei luoghi di lavoro nei quali si svolgono le attivita' lavorative di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettera b), in zone o luoghi di lavoro con caratteristiche determinate individuati dalle regioni e province autonome, ai sensi dell'articolo 10-sexies, ad elevata probabilita' di alte concentrazioni di attivita' di radon, l'esercente procede, entro ventiquattro mesi dall'individuazione o dall'inizio	à Entro 24 mesi dall’inizio dell’attività, effettuazione misurazioni (all.I bis) à Entro 24 mesi dall’inizio

	dell'attivita', se posteriore, alle misurazioni di cui all'allegato I-bis secondo le linee guida emanate dalla Commissione di cui all'articolo 10-septies e a partire dai locali seminterrati o al piano terreno. 3. Nei luoghi di lavoro nei quali si svolgono le attivita' lavorative di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettere c), d), limitatamente a quelle indicate nell'allegato I-bis, ed e), l'esercente, entro ventiquattro mesi dall'inizio della attivita', effettua una valutazione preliminare sulla base di misurazioni effettuate secondo le indicazioni e le linee guida emanate dalla Commissione di cui all'articolo 10-septies. Nel caso in cui le esposizioni valutate non superino il livello di azione di cui all'allegato I-bis, l'esercente non e' tenuto a nessun altro obbligo eccettuata la ripetizione delle valutazioni con cadenza triennale o nel caso di variazioni significative del ciclo produttivo. Nel caso in cui risulti superato il livello di azione, l'esercente e' tenuto ad effettuare l'analisi dei processi lavorativi impiegati, ai fini della valutazione dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti dei lavoratori, ed eventualmente di gruppi di riferimento della popolazione, sulla base della normativa vigente, delle norme di buona tecnica e, in particolare, degli orientamenti tecnici emanati in sede comunitaria. Nel caso in cui risulti superato l'80 per cento del livello di azione in un qualsiasi ambiente cui le valutazioni si riferiscano, l'esercente e' tenuto a ripetere con cadenza annuale le valutazioni secondo le indicazioni e le linee guida emanate dalla Commissione di cui all'articolo 10-septies. 4. Per le misurazioni previste dai commi 1 e 2, l'esercente si avvale di organismi riconosciuti ai sensi dell'articolo 107, comma 3, o, nelle more dei riconoscimenti, di organismi idoneamente attrezzati, che rilasciano una relazione tecnica contenente il risultato della misurazione. 5. Per gli adempimenti previsti dal comma 3, l'esercente si avvale dell'esperto qualificato. L'esperto qualificato comunica, con relazione scritta, all'esercente: il risultato delle valutazioni effettuate, i livelli di esposizione dei lavoratori, ed eventualmente dei gruppi di riferimento della popolazione, dovuti all'attivita', le misure da adottare ai fini della sorveglianza delle esposizioni e le eventuali azioni correttive volte al controllo e, ove del caso, alla riduzione delle esposizioni medesime. Art. 10-quater - Comunicazioni e relazioni tecniche 1. In caso di superamento dei livelli di azione di cui all'articolo 10-quinquies, gli esercenti che esercitano le attivita' di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettere a), b), c), d) ed e), inviano una comunicazione in cui viene indicato il tipo di attivita' lavorativa e la relazione di cui all'articolo 10-ter, commi 4 e 5, alle Agenzie regionali e delle province autonome competenti per territorio, agli organi del Servizio sanitario nazionale competenti per territorio e alla Direzione provinciale del lavoro.	dell'attività nei luoghi lavorativi ad elevata probabilita' di alte concentrazioni di attivita' di radon. à Entro 24 mesi dall'inizio dell'attività effettuazione valutazione preliminare à Invio comunicazione in caso di superamento dei livelli di azione, entro un mese dal

	2. La Direzione provinciale del lavoro trasmette i dati di cui al comma 1 al Ministero del lavoro e della previdenza sociale ai fini del loro inserimento in un archivio nazionale che il Ministero stesso organizza avvalendosi delle strutture esistenti e nei limiti delle ordinarie risorse di bilancio; detto Ministero a richiesta, fornisce tali dati alle autorita' di vigilanza e ai ministeri interessati. 3. Le comunicazioni e le relazioni di cui al comma 1 sono inviate entro un mese dal rilascio della relazione. Art. 10-quinquies - Livelli di azione 1. Per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettere a) e b), le grandezze misurate non devono superare il livello di azione fissato in allegato I-bis. 2. Nel caso in cui le grandezze di cui al comma 1 non superino il livello di azione ma siano superiori all'80 per cento del livello di azione, l'esercente assicura nuove misurazioni nel corso dell'anno successivo. 3. Nel caso di superamento del livello di azione di cui all'allegato I-bis, l'esercente, avvalendosi dell'esperto qualificato, pone in essere azioni di rimedio idonee a ridurre le grandezze misurate al di sotto del predetto livello, tenendo conto del principio di ottimizzazione, e procede nuovamente alla misurazione al fine di verificare l'efficacia delle suddette azioni. Le operazioni sono completate entro tre anni dal rilascio della relazione di cui all'articolo 10-ter, comma 4, e sono effettuate con urgenza correlata al superamento del livello di azione. Ove, nonostante l'adozione di azioni di rimedio, le grandezze misurate risultino ancora superiori al livello prescritto, l'esercente adotta i provvedimenti previsti dal capo VIII, ad esclusione dell'articolo 61, commi 2 e 3, lettera g), dell'articolo 69 e dell'articolo 79, commi 2 e 3, fintanto che ulteriori azioni di rimedio non riducano le grandezze misurate al di sotto del predetto livello di azione, tenendo conto del principio di ottimizzazione. 4. Le registrazioni delle esposizioni di cui al comma 3 e le relative valutazioni di dose sono effettuate con le modalita' indicate nell'allegato I-bis o nell'allegato IV, ove applicabile. Nel caso in cui il lavoratore sia esposto anche ad altre sorgenti di radiazioni ionizzanti di cui all'articolo 1, comma 1, le dosi dovute ai due diversi tipi di sorgenti sono registrate separatamente, fermi restando gli obblighi di cui agli articoli 72, 73 e 96. 5. L'esercente non e' tenuto alle azioni di rimedio di cui al comma 3 se dimostra, avvalendosi dell'esperto qualificato, che nessun lavoratore e' esposto ad una dose superiore a quella indicata nell'allegato I-bis; questa disposizione non si applica agli esercenti di asili-nido, di scuola materna o di scuola dell'obbligo. 6. Per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettere c), d) ed e), fermo restando	rilascio della relazione. à Misurazioni nel corso dell'anno successivo nel caso in cui le grandezze misurate non superino il livello di azione ma siano superiori all'80 per cento del livello di azione. à In caso di superamento del livello di azione, pone in essere azioni di rimedio idonee ed ulteriore verifica dell'efficacia delle azioni. Le operazioni sono completate entro tre anni dal rilascio della relazione.

	l'applicazione dell'articolo 23, se dall'analisi di cui all'articolo 10-ter risulta che la dose ricevuta dai lavoratori o dai gruppi di riferimento della popolazione supera rispettivi livelli di azione di cui all'allegato I-bis, l'esercente adotta, entro tre anni, misure volte a ridurre le dosi al di sotto di detti valori e, qualora, nonostante l'applicazione di tali misure, l'esposizione risulti ancora superiore ai livelli di azione, adotta le misure previste dal capo VIII e dal capo IX, sulla base dei presupposti previsti negli stessi capi. 7. Le registrazioni delle esposizioni di cui al comma 6 e le relative valutazioni di dose sono effettuate con le modalita' indicate nell'allegato I-bis e nell'allegato IV, ove applicabile. 8. Nel caso in cui risulta che l'esposizione dei lavoratori o dei gruppi di riferimento della popolazione non supera i livelli di azione di cui all'allegato I-bis, l'esercente esegue un controllo radiometrico, qualora variazioni del processo lavorativo o le condizioni in cui esso si svolge possano far presumere una variazione significativa del quadro radiologico. Art. 10-octies - Attivita' di volo 1. Le attivita' lavorative di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettera f), che possono comportare per il personale navigante significative esposizioni alle radiazioni ionizzanti sono individuate nell'allegato I-bis. 2. Nelle attivita' individuate ai sensi del comma 1, il datore di lavoro provvede a: a) programmare opportunamente i turni di lavoro, e ridurre l'esposizione dei lavoratori maggiormente esposti; b) fornire al personale pilota istruzioni sulle modalita' di comportamento in caso di aumentata attivita' solare, al fine di ridurre, per quanto ragionevolmente ottenibile, la dose ai lavoratori; dette istruzioni sono informate agli orientamenti internazionali in materia; c) trasmettere al Ministero della sanita' le comunicazioni in cui e' indicato il tipo di attivita' lavorativa e la relazione di cui all'articolo 10-ter, il Ministero, a richiesta, fornisce tali dati alle autorita' di vigilanza e ai ministeri interessati. 3. Alle attivita' di cui al comma 1 si applicano le disposizioni del capo VIII, ad eccezione di quelle di cui all'articolo 61, comma 3, lettere a) e g), all'articolo 62, all'articolo 63, all'articolo 79, comma 1, lettera b), numeri 1) e 2), e lettera c), e commi 2, 3, 4 e 7, all'articolo 80, comma 1, lettera a), e lettere d) ed e), limitatamente alla sorveglianza fisica della popolazione, nonche' all'articolo 81, comma 1, lettera a). La sorveglianza medica dei lavoratori di cui al comma 1, che non siano suscettibili di superare i 6 mSv/anno di dose efficace, e' assicurata, con periodicita' almeno annuale, con le modalita' di cui al decreto del D.P.R. 18/11/1988, n. 566, al decreto del Ministro dei trasporti e della navigazione del 15/09/1995, pubblicato nel S.O. n. 128 alla G.U. n. 256 del 2/11/1995, ed alla legge 30/5/1995, n. 204, con oneri a carico del datore di lavoro.	Ú Mantenimento costante Ú Sorveglianza medica dei lavoratori: annuale se non siano suscettibili di superare i 6 mSv/anno di dose efficace

	4. Nei casi di cui al comma 1, la valutazione delle dosi viene effettuata secondo le modalita' indicate nell'allegato I-bis.	

Capo IV - LAVORAZIONI MINERARIE.	Art. 11 - Campo di applicazione. 1. Le disposizioni del presente capo si applicano alle lavorazioni minerarie che si effettuano nell'area oggetto del permesso di prospezione, di ricerca o della concessione di coltivazione e che espongono al rischio di radiazioni, quando sussistono le condizioni indicate nell'allegato I. Le modalita' per verificare la sussistenza di tali condizioni sono stabilite con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con i Ministri del lavoro e della previdenza sociale, della sanita' e dell'ambiente, sentita l'ANPA. 2. La vigilanza per la tutela dai rischi derivanti da radiazioni ionizzanti dei lavoratori addetti alle attivita' di cui al comma 1 e' affidata al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, che la esercita a mezzo dell'ingegnere capo dell'ufficio periferico competente per territorio, avvalendosi, nell'ambito delle loro competenze, degli organi del servizio sanitario nazionale competente per territorio, nonche' dell'ANPA. 3. Ove ricorrano le condizioni di applicabilita' di cui al comma 1, il decreto di concessione mineraria previsto dal regio decreto 29 luglio 1927 n. 1443, e successive modifiche ed integrazioni, e' emanato sentita l'ANPA per gli aspetti di protezione dei lavoratori e della popolazione dal rischio di radiazioni ionizzanti. 4. Il decreto di concessione mineraria tiene luogo degli obblighi di cui ai capi V, VI e VII del presente decreto, attinenti alle attivita' di cui al comma 1. 5. Per quanto non disciplinato dal presente capo si applicano le disposizioni del capo VIII, estendendo all'ingegnere capo dell'ufficio periferico competente per territorio la trasmissione della documentazione concernente la sorveglianza fisica e medica cui sono tenuti, ai sensi del predetto capo VIII, i datori di lavoro nei confronti degli organi di vigilanza. Art. 12 - Competenze e mezzi - Ricorso avverso il giudizio di idoneita' medica. 1. Il datore di lavoro deve assicurare la sorveglianza fisica per mezzo di esperti qualificati a norma dell'articolo 77. 2. Il datore di lavoro e' tenuto a fornire i mezzi ed assicurare le condizioni necessarie all'esperto qualificato per lo svolgimento dei propri compiti. 3. L'entita' dei mezzi impiegati deve essere adeguata all'importanza degli impianti e la loro scelta di tipo e qualita' effettuata in funzione dell'entita' dei rischi connessi alle lavorazioni che	Ú Mantenimento costante

	espongono alle radiazioni ionizzanti. 4. Avverso il giudizio di cui agli articoli 84 e 85 in materia d idoneita' medica all'esposizione alle radiazioni ionizzanti e' ammesso ricorso, entro il termine di trenta giorni dalla data di comunicazione del giudizio stesso, all'ingegnere capo dell'ufficio periferico competente per territorio, che provvede su parere conforme dei sanitari di cui all'articolo 4 del decreto del Presidente della Repubblica 9 aprile 1959, n. 128, cosi' come modificato dall'articolo 11 della legge 30 luglio 1990, n. 221. 5. Decorsi i trenta giorni dalla data di ricevimento del ricorso senza che l'ingegnere capo abbia provveduto, il ricorso si intende respinto.	Ú Entro 30 gg dalla data di comunicazione del giudizio stesso.
	Art. 13 - Segnalazione di superamento dei limiti di dose. 1. Quando i risultati della valutazione della dose relativa ad ogni singolo lavoratore superano i limiti di dose, il direttore deve darne immediata notizia all'ingegnere capo per i provvedimenti di sua competenza.	Ú Notizia immediata all'ingegnere capo
	Art. 14 - Decontaminazione e sorveglianza medica eccezionale. 1. Nel caso in cui il medico addetto alla sorveglianza medica decida l'allontanamento del lavoratore dal posto di lavoro il direttore della miniera deve darne notizia all'ingegnere capo competente per territorio.	Ú Notizia immediata all'ingegnere capo
	Art. 15 - Limiti di dose. 1. Quando si riscontrano valori di grandezze derivate superiori ai limiti pertinenti fissati con i provvedimenti di cui all'articolo 96, il direttore della miniera adotta le misure necessarie per riportare tali valori entro i predetti limiti. In caso di impossibilita', il direttore ne da' immediato avviso all'ingegnere capo che adotta i provvedimenti di competenza.	Ú Misure immediate in caso di superamento di dose e immediata notizia all'ingegnere capo.
	Art. 16 - Acque di miniera. 1. Il direttore della miniera deve curare che non sia impiegata per la perforazione ad umido, per la irrorazione del minerale e per qualsiasi altra operazione che favorisca la diffusione delle materie radioattive contenute nelle acque stesse, acqua di miniera che presenti concentrazioni superiori ai valori fissati con il decreto di cui all'articolo 96. 2. Dette acque di miniera devono essere convogliate all'esterno per la via piu' breve ed in condotta chiusa e scaricate nel rispetto delle disposizioni di cui al capo IX del presente decreto. Art. 16	

	Art. 17 - Obblighi particolari del direttore della miniera. 1. Il direttore della miniera e' tenuto ad adottare le misure atte a ridurre, per quanto possibile, il rischio di esposizioni interne. In particolare, ove l'entita' del rischio lo richieda, deve provvedere che: a) la perforazione sia eseguita ad umido; b) i lavoratori non consumino i pasti o fumino nel sotterraneo; c) i lavoratori abbiano a disposizione e, ove necessario, utilizzino guanti, maschere o indumenti contro il rischio di contaminazione; d) gli indumenti di lavoro siano sottoposti ad adeguati processi di lavatura e bonifica; e) sul luogo della miniera siano predisposti locali adeguatamente attrezzati ove, al termine del turno di lavoro, i lavoratori possano lavarsi e cambiarsi d'abito.	Ú mantenimento costante di misure per ridurre il rischio di esposizione.

Capo V - REGIME GIURIDICO PER IMPORTAZIONE, PRODUZIONE, COMMERCIO, TRASPORTO E DETENZIONE.	Art. 18 - Importazione e produzione a fini commerciali di materie radioattive. 1. L'attivita' di importazione a fini commerciali di materie radioattive, di prodotti, apparecchiature e dispositivi in genere, contenenti dette materie, e' soggetta a notifica preventiva da effettuare almeno sessanta giorni prima dell'inizio dell'attivita' stessa. 2. La produzione a fini commerciali delle sorgenti di radiazioni di cui al comma 1 e' soggetta a notifica preventiva da effettuare almeno sessanta giorni prima dell'inizio dell'attivita' stessa. 3. Ai fini delle presenti disposizioni, e' da intendersi ricompresa nella produzione qualsiasi manipolazione, o frazionamento, o diluizione o altra operazione, effettuata sulle materie radioattive o sul dispositivo che le contenga, che siano tali da comportare l'immissione sul mercato di un prodotto, contenente la materia predetta, diverso da quello originario. 4. La notifica di cui ai commi 1 e 2 deve essere effettuata nei confronti del Ministero dell'ambiente, del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, del Ministero del lavoro e della previdenza sociale, del Ministero della sanita', del Ministero dell'interno e dell'ANPA. 5. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentiti gli altri Ministri di cui al comma 4, le altre amministrazioni eventualmente interessate e l'ANPA, sono stabilite le modalita' della notifica nonche' le condizioni per l'eventuale esenzione da tale obbligo, nell'osservanza delle disposizioni di cui all'articolo 2. 6. Per l'esercizio delle attivita' di commercio restano ferme le disposizioni di cui all'articolo 4 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860. Art. 18-bis - Beni di consumo	Ú Effettuazione notifica preventiva almeno 60 gg prima dell'inizio dell'attivita' stessa

	1. L'aggiunta intenzionale, sia direttamente che mediante attivazione, di materie radioattive nella produzione e manifattura di beni di consumo, nonche' l'importazione o l'esportazione di tali beni, e' soggetta ad autorizzazione del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, d'intesa con i Ministeri della sanita', dell'ambiente, dell'interno, del lavoro e della previdenza sociale, sentita l'ANPA. 2. Con il decreto di cui all'articolo 18, comma 5, sono determinate le disposizioni procedurali per il rilascio, la modifica e la revoca dell'autorizzazione di cui al comma 1. 3. Copia dei provvedimenti relativi al rilascio, alla modifica ed alla revoca dell'autorizzazione e' inviata dall'amministrazione che emette il provvedimento alle altre amministrazioni, agli organismi tecnici consultati nel procedimento e all'ANPA. 4. Il provvedimento di autorizzazione puo' esonerare, in tutto o in parte, il consumatore finale dagli obblighi previsti dal presente decreto. Art. 19 - Obbligo di informativa. 1. Chiunque importa o produce, a fini commerciali, o comunque commercia materie radioattive, prodotti e apparecchiature in genere contenenti dette materie, deve provvedere a che ogni sorgente immessa in commercio sia accompagnata da una informativa scritta sulle precauzioni tecniche da adottare per prevenire eventuali esposizioni indebite, nonche' sulle modalita' di smaltimento o comunque di cessazione della detenzione. 2. Con il decreto di cui all'articolo 18 sono stabilite le modalita' di attuazione dell'obbligo di informativa, nonche' le eventuali esenzioni nell'osservanza delle disposizioni di cui all'articolo 2. Art. 20 - Registro delle operazioni commerciali e riepilogo delle operazioni effettuate. 1. Chiunque importa o produce a fini commerciali, o comunque esercita commercio di materie radioattive, e' tenuto a registrare tutti gli atti di commercio relativi alle stesse, con l'indicazione dei contraenti. 2. Il riepilogo degli atti di commercio effettuati deve essere comunicato all'ANPA. 3. Ai fini delle presenti disposizioni, per atto di commercio si intende qualsiasi cessione, ancorche' gratuita, operata nell'ambito dell'attivita' commerciale. 4. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita l'ANPA, sono indicate le modalita' di registrazione, nonche' le modalita' ed i termini per l'invio del riepilogo, particolari disposizioni possono essere formulate per le materie di cui all'articolo 23. 5. Art. 21 - Trasporto di materie radioattive.	Ú Per ogni sorgente immessa in commercio Ú Mantenimento registro delle operazioni effettuate

	1. Per il trasporto delle materie di cui all'articolo 5 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, e successive modifiche e integrazioni, effettuato in nome proprio e per conto altrui, oppure in nome e per conto proprio, ancorche' avvalendosi di mezzi altrui dei quali si abbia la piena responsabilita' e disponibilita', restano ferme le disposizioni ivi contenute. Nelle autorizzazioni previste da dette disposizioni, rilasciate sentiti l'ANPA e il Ministero dell'interno, possono essere stabilite particolari prescrizioni definite dall'ANPA. 2. Con decreti del Ministro dei trasporti e della navigazione, sentita l'ANPA, sono emanate le norme regolamentari per i diversi modi di trasporto, anche in attuazione delle direttive e raccomandazioni dell'Unione europea e degli accordi internazionali in materia di trasporto di merci pericolose. 3. I soggetti che effettuano il trasporto di cui al comma 1 sono tenuti ad inviare all'ANPA un riepilogo dei trasporti effettuati con l'indicazione delle materie trasportate. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita l'ANPA, sono stabiliti i criteri applicativi di tale disposizione, le modalita', i termini di compilazione e di invio del riepilogo suddetto, nonche' gli eventuali esoneri. Art. 22 - Comunicazione preventiva di pratiche. 1. Ferme restando le disposizioni di cui all'articolo 3 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, e successive modificazioni e fuori dei casi per i quali la predetta legge o il presente decreto prevedono specifici provvedimenti autorizzativi, chiunque intenda intraprendere una pratica, comportante detenzione di sorgenti di radiazioni ionizzanti, deve darne comunicazione, trenta giorni prima dell'inizio della detenzione, al Comando provinciale dei vigili del fuoco, agli organi del Servizio sanitario nazionale, e, ove di loro competenza, all'Ispettorato provinciale del lavoro, al Comandante di porto e all'Ufficio di sanita' marittima, nonche' alle agenzie regionali e delle province autonome di cui all'articolo 03 del decreto-legge 4 dicembre 1993, n. 496, convertito, con modificazioni, dalla legge 21 gennaio 1994, n. 61, indicando i mezzi di protezione posti in atto. L'ANPA puo' accedere ai dati concernenti la comunicazione preventiva di pratiche, inviati alle agenzie predette. 2. Sono escluse dall'obbligo di comunicazione di cui al comma 1 le pratiche in cui le sorgenti di radiazioni soddisfino una delle condizioni di cui alle lettere seguenti: a) le quantita' di materie radioattive non superino in totale le soglie di esenzione determinate ai sensi del comma 5; b) la concentrazione di attivita' di materie radioattive per unita' di massa non superi le soglie determinate ai sensi del comma 5;	Ú Invio all'ANPA riepilogo dei trasporti effettuati con l'indicazione delle materie trasportate. Ú Invio entro 30 gg agli enti competenti, comunicazione per detenzione di sorgenti di radiazioni ionizzanti.

	c) gli apparecchi contenenti materie radioattive anche al di sopra delle quantita' o delle concentrazioni di cui alle lettere a) o b), purche' soddisfino tutte le seguenti condizioni: 1) siano di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 26; 2) siano costruiti in forma di sorgenti sigillate; 3) in condizioni di funzionamento normale, non comportino, ad una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio, un'intensita' di dose superiore a 1 mSv h^{-1}; 4) le condizioni di eventuale smaltimento siano state specificate nel provvedimento di riconoscimento di cui all'articolo 26; d) gli apparecchi elettrici, diversi da quelli di cui alla lettera e), che soddisfino tutte le seguenti condizioni: 1) siano di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 26; 2) in condizioni di funzionamento normale, non comportino, ad una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio un'intensita' di dose superiore a 1 mSv h^{-1} e) l'impiego di qualunque tipo di tubo catodico destinato a fornire immagini visive, o di altri apparecchi elettrici che funzionano con una differenza di potenziale non superiore a 30 kV, purche' cio', in condizioni di funzionamento normale, non comporti, ad una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio, un'intensita' di dose superiore a 1 mSv h^{-1}; f) materiali contaminati da materie radioattive risultanti da smaltimenti autorizzati che siano stati dichiarati non soggetti a ulteriori controlli dalle autorita' competenti ad autorizzare lo smaltimento. 3. I detentori delle sorgenti oggetto delle pratiche di cui al comma 1 e di quelle per cui la legge 31 dicembre 1962, n. 1860, o il presente decreto prevedono specifici provvedimenti autorizzativi devono provvedere alla registrazione delle sorgenti detenute, con le indicazioni della presa in carico e dello scarico delle stesse. 4. Con uno o piu' decreti del Ministro della sanita', di concerto con i Ministri dell'ambiente, dell'industria, del commercio e dell'artigianato, del lavoro e della previdenza sociale e dell'interno, sentita l'ANPA, sono stabiliti i modi, le condizioni e le quantita' ai fini della registrazione delle materie radioattive, i modi e le caratteristiche ai fini della registrazione delle macchine radiogene. 5. Con il decreto di cui all'articolo 18, comma 5, sono determinate le quantita' e le concentrazioni di attivita' di materie radioattive di cui al comma 2, lettere a) e b), e le modalita'	

	di notifica delle pratiche di cui al comma 1. Art. 23 - Detenzione di materie fissili speciali, materie grezze, minerali e combustibili nucleari. 1. I detentori di materie fissili speciali, di materie grezze, di minerali e di combustibili nucleari debbono farne denuncia, ai sensi dell'articolo 3 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, e, inoltre, tenerne la contabilita' nei modi e per le quantita' che sono stabiliti con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita l'ANPA. Art. 24 - Comunicazione preventiva di cessazione di pratica. 1. Chiunque intenda cessare una pratica soggetta alle disposizioni di cui all'articolo 22 deve darne comunicazione, almeno trenta giorni prima della prevista cessazione, alle amministrazioni competenti a ricevere la comunicazione di cui allo stesso articolo 22. 2. Con il decreto di cui all'articolo 22, comma 5, sono fissate le condizioni e le modalita' per la comunicazione di cui al comma 1. Art. 25 - Smarrimento, perdita, ritrovamento di materie radioattive. 1. Il detentore, nell'ipotesi di smarrimento o di perdita, per qualsiasi causa, di materie radioattive, comunque confezionate, e di apparecchi contenenti dette materie, deve darne immediatamente comunicazione agli organi del Servizio sanitario nazionale e al Comando provinciale dei vigili del fuoco competenti per territorio, alla piu' vicina autorita' di pubblica sicurezza, al Comandante di porto e all'Ufficio di sanita' marittima, ove di loro competenza, e all'ANPA. 2. Il ritrovamento delle materie e degli apparecchi di cui al comma 1 da parte di chi ha effettuato la comunicazione deve essere immediatamente comunicato alla piu' vicina autorita' di pubblica sicurezza. 3. Il ritrovamento di materie o di apparecchi recanti indicazioni o contrassegni che rendono chiaramente desumibile la presenza di radioattivita' deve essere comunicato immediatamente alla piu' vicina autorita' di pubblica sicurezza. Art. 26 - Sorgenti di tipo riconosciuto. 1. A particolari sorgenti o tipi di sorgenti di radiazioni, in relazione alle loro caratteristiche ed all'entita' dei rischi, puo' essere conferita la qualifica di sorgenti di tipo riconosciuto. 2. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con i	Ú Comunicazione entro 30 gg, in caso cessazione detenzione di sorgenti di radiazioni ionizzanti. Ú Comunicazione immediata alle autorità.

	Ministri dell'interno, della sanita', del lavoro e della previdenza sociale e dell'ambiente, sentiti l'ANPA, l'ISPESL e l'ISS, vengono stabiliti i criteri e le modalita' per il conferimento della qualifica di cui al comma 1, nonche' eventuali esenzioni, in relazione all'entita' del rischio, dagli obblighi di denuncia, di autorizzazione o di sorveglianza fisica di cui al presente decreto. 3. Il decreto di cui al comma 2 deve tenere conto della normativa comunitaria concernente il principio di mutuo riconoscimento.	

Capo VI - REGIME AUTORIZZATIVO PER LE INSTALLAZIONI E PARTICOLARI DISPOSIZIONI PER I RIFIUTI RADIOATTIVI.	Art. 27 - Nulla osta all'impiego di sorgenti di radiazioni. 1. Gli impianti, stabilimenti, istituti, reparti, gabinetti medici, laboratori, adibiti ad attivita' comportanti, a qualsiasi titolo, la detenzione, l'utilizzazione, la manipolazione di materie radioattive, prodotti, apparecchiature in genere contenenti dette materie, il trattamento, il deposito e l'eventuale smaltimento nell'ambiente di rifiuti nonche' l'utilizzazione di apparecchi generatori di radiazioni ionizzanti, debbono essere muniti di nulla osta preventivo secondo quanto stabilito nel presente capo. Le attivita' di cui al presente comma sono tutte di seguito indicate come impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti. 1-bis. Le pratiche svolte dallo stesso soggetto mediante sorgenti di radiazioni mobili, impiegate in piu' siti, luoghi o localita' non determinabili a priori presso soggetti differenti da quello che svolge la pratica sono assoggettate al nulla osta di cui al presente articolo in relazione alle caratteristiche di sicurezza delle sorgenti ed alle modalita' di impiego, ai sensi di quanto previsto nei provvedimenti applicativi. 2. L'impiego delle sorgenti di radiazioni di cui al comma 1 e' classificato in due categorie, A e B. Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con il Ministro dell'ambiente, dell'interno, del lavoro e della previdenza sociale, della sanita', sentita l'ANPA, sono stabiliti le condizioni per la classificazione nelle predette categorie in relazione ai rischi per i lavoratori e per la popolazione connessi con tali attivita', i relativi criteri di radioprotezione, le norme procedurali per il rilascio, la modifica e la revoca del nulla osta, le condizioni per l'esenzione dallo stesso nonche' gli organismi tecnici di consultazione formati in modo che siano rappresentate tutte le competenze tecniche necessarie. 2-bis. Il nulla osta di cui al comma 1 e', in particolare, richiesto per: a) l'aggiunta intenzionale sia direttamente che mediante attivazione di materie radioattive nella produzione e manifattura di prodotti medicinali o di beni di consumo; b) l'impiego di acceleratori, di apparati a raggi X o di materie radioattive per radiografia industriale, per trattamento di prodotti, per ricerca;	Ú Richiesta di nulla osta preventivo per ogni prodotto, apparecchiatura in genere, di sorgenti di radiazioni.

	c) la somministrazione intenzionale di materie radioattive, a fini di diagnosi, terapia o ricerca medica o veterinaria, a persone e, per i riflessi concernenti la radioprotezione di persone, ad animali; d) l'impiego di acceleratori, di apparati a raggi X o di materie radioattive per esposizione di persone a fini di terapia medica. 3. Le disposizioni del presente capo non si applicano alle pratiche disciplinate al capo IV ed al capo VII ed alle attivita' lavorative comportanti l'esposizione alle sorgenti naturali di radiazioni di cui al capo III-bis, con esclusione dei casi in cui l'assoggettamento a dette disposizioni sia espressamente stabilito ai sensi del capo III-bis e relativi provvedimenti di attuazione. 4. Restano ferme, per quanto applicabili, le disposizioni di cui all'articolo 13 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, e successive modifiche e integrazioni. 4-bis. Le disposizioni del presente articolo non si applicano alle pratiche di cui all'articolo 33 ed all'impiego di microscopi elettronici. 4-ter. Il nulla osta all'impiego di categoria A tiene luogo del nullaosta all'impiego di categoria B. 4-quater. Nel nulla osta di cui al comma 1 sono stabilite particolari prescrizioni per quanto attiene ai valori massimi dell'esposizione dei gruppi di riferimento della popolazione interessati alla pratica e, qualora necessario, per gli aspetti connessi alla costruzione, per le prove e per l'esercizio, nonche' per l'eventuale disattivazione delle installazioni. Art. 28 - Impiego di categoria A. 1. L'impiego di categoria A e' soggetto a nulla osta preventivo da parte del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con i Ministeri dell'ambiente, dell'interno, del lavoro e della previdenza sociale, della sanita' sentite l'ANPA e le regioni territorialmente competenti, in relazione all'ubicazione delle installazioni, all'idoneita' dei locali, delle strutture di radioprotezione, delle modalita' di esercizio, delle attrezzature e della qualificazione del personale addetto, alle conseguenze di eventuali incidenti nonche' delle modalita' dell'eventuale allontanamento o smaltimento nell'ambiente dei rifiuti radioattivi. Copia del nulla osta e' inviata dal Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato ai ministeri concertanti, al presidente della regione o provincia autonoma interessata, al sindaco, al prefetto, al comando provinciale dei vigili del fuoco competenti per territorio e all'ANPA. 2. Nel nulla osta possono essere stabilite particolari prescrizioni per gli aspetti connessi alla costruzione, per le prove e per l'esercizio, nonche' per l'eventuale disattivazione degli impianti. Art. 29 - Impiego di categoria B.	

	1. L'impiego di categoria B e' soggetto a nulla osta preventivo in relazione all'idoneita' dell'ubicazione dei locali, dei mezzi i radioprotezione, delle modalita' di esercizio, delle attrezzature e della qualificazione del personale addetto, alle conseguenze di eventuali incidenti nonche' delle modalita' dell'eventuale allontanamento o smaltimento nell'ambiente di rifiuti radioattivi. 2. Con leggi delle regioni e delle province autonome, da emanarsi entro centottanta giorni dall'entrata in vigore del decreto di cui all'articolo 27, sono stabilite le autorita' competenti per il rilascio del nulla osta di cui al comma 1, per le attivita' comportanti esposizioni a scopo medico, nonche' le modalita' per il rilascio medesimo, e sono individuati o costituiti gli organismi tecnici da consultare ai fini del rilascio di detto nulla osta; i tali organismi debbono essere rappresentate le competenze necessarie, inclusa quella del Comando provinciale dei vigili del fuoco. Negli altri casi il nulla osta e' rilasciato dal prefetto, sentiti i competenti organismi tecnici, tra i quali il Comando provinciale dei vigili del fuoco. Copia del nulla osta vene inviata all'ANPA. 3. Nel nulla osta, rilasciato sulla base della documentazione tecnica presentata, possono essere stabilite particolari prescrizioni, per le prove e per l'esercizio. Art. 30 - Particolari disposizioni per l'allontanamento dei rifiuti. 1. L'allontanamento di materiali destinati ad essere smaltiti, riciclati o riutilizzati in installazioni, ambienti o, comunque, nell'ambito di attivita' a cui non si applichino le norme del presente decreto, se non e' disciplinato dai rispettivi provvedimenti autorizzativi, e' comunque soggetto ad autorizzazione quando detti rifiuti o materiali contengano radionuclidi con tempi di dimezzamento fisico maggiore o uguale a settantacinque giorni o in concentrazione superiore ai valori determinati ai sensi dell'articolo 1. I livelli di allontanamento stabiliti negli atti autorizzatori debbono soddisfare ai criteri fissati con il decreto di cui all'articolo 1, comma 2, che terra' conto anche degli orientamenti tecnici forniti in sede comunitaria. 2. Con leggi delle regioni e delle province autonome [....] sono stabilite le autorita' competenti per il rilascio dell'autorizzazione nonche' le modalita' per il rilascio medesimo, che dovranno prevedere la consultazione degli organismi tecnici territorialmente competenti. 3. Nell'autorizzazione possono essere stabilite particolari prescrizioni, anche in relazione ad altre caratteristiche di pericolosita' dei rifiuti, diverse da quelle di natura radiologica. Copia dell'autorizzazione e' inviata ai Ministeri di cui al comma 1 e all'ANPA. Art. 31 - Attivita' di raccolta di rifiuti radioattivi per conto di terzi. 1. L'attivita' di raccolta, anche con mezzi altrui, di rifiuti radioattivi, provenienti da terzi, allo	

	scopo di conferire i medesimi ad installazioni di trattamento o di deposito oppure di procedere allo smaltimento di essi nell'ambiente ai sensi dell'articolo 30, e' soggetta ad autorizzazione del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita l'ANPA. 2. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita l'ANPA, sono determinate le disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione di cui al comma 1, nonche' eventuali esenzioni da essa. Art. 32 - Spedizioni, importazioni ed esportazioni di rifiuti radioattivi. 1. Le spedizioni di rifiuti radioattivi provenienti da Stati membri dell'Unione europea o ad essi destinate, le importazioni e le esportazioni dei rifiuti medesimi da e verso altri Stati, nonche' il loro transito sul territorio italiano debbono essere preventivamente autorizzati. 2. L'autorizzazione di cui al comma 1 e' rilasciata da: a) l'autorita' preposta al rilascio del nulla osta di cui all'articolo 29 o dell'autorizzazione di cui all'articolo 30, sentiti i competenti organismi tecnici, nei casi di spedizioni, di importazioni o di esportazioni da effettuare nell'ambito delle attivita' soggette ai provvedimenti autorizzativi di cui agli stessi articoli 29 e 30 o nell'ambito di attivita' esenti da detti provvedimenti; b) il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita l'ANPA, nei casi di spedizioni, di importazioni o d esportazioni da effettuare nell'ambito degli altri provvedimenti autorizzativi di cui al presente decreto, nonche' nei casi di transito sul territorio italiano. 3. Nei casi di spedizione verso Stati membri dell'Unione europea e nei casi di importazione o di esportazione da o verso altri Stati, l'autorizzazione e' soggetta all'approvazione da parte delle autorita' competenti degli Stati membri destinatari della spedizione o interessati dal transito sul loro territorio. L'approvazione e' richiesta dall'autorita' di cui al comma 2, competente al rilascio dell'autorizzazione, e si intende concessa in caso di mancata risposta entro due mesi dal ricevimento della richiesta stessa, salvo che lo Stato membro interessato non richieda una proroga, sino ad un mese, di tale termine o non abbia comunicato alla Commissione europea la propria mancata accettazione di tale procedura di approvazione automatica, ai sensi dell'articolo 17 della direttiva 92/3/EURATOM. 4. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con i Ministri dell'interno, del lavoro e della previdenza sociale, della sanita' e dell'ambiente, sentita l'ANPA, sono determinati i criteri, le modalita', nonche' le disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione di cui al presente articolo. Tale decreto puo' stabilire particolari esenzioni dagli obblighi e particolari divieti per l'importazione l'esportazione di rifiuti, anche in relazione ai paesi di origine o di destinazione.	

	Art. 33 - Nulla osta per installazioni di deposito o di smaltimento di rifiuti radioattivi. 1. Ferme restando le disposizioni vigenti in materia di dichiarazione di compatibilita' ambientale, la costruzione, o comunque la costituzione, e l'esercizio delle installazioni per il deposito o lo smaltimento nell'ambiente, nonche' di quelle per il trattamento e successivo deposito o smaltimento nell'ambiente, di rifiuti radioattivi provenienti da altre installazioni, anche proprie, sono soggette a nulla osta preventivo del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con i Ministeri dell'ambiente, dell'interno, del lavoro e della previdenza sociale e della sanita', sentite la regione o la provincia autonoma interessata e l'ANPA. 2. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, d'intesa con i Ministri dell'ambiente e della sanita' e di concerto con i Ministri dell'interno e del lavoro e della previdenza sociale, sentita l'ANPA, sono stabiliti i livelli di radioattivita' o di concentrazione ed i tipi di rifiuti per cui si applicano le disposizioni del presente articolo, nonche' le disposizioni procedurali per il rilascio dl nulla osta, in relazione alle diverse tipologie di installazione. Nel decreto puo' essere prevista, in relazione a tali tipologie, la possibilita' di articolare in fasi distinte, compresa quella di chiusura, il rilascio del nulla osta nonche' di stabilire particolari prescrizioni per ogni fase, ivi incluse le prove e l'esercizio. Art. 34 - Obblighi di registrazione. 1. Gli esercenti le attivita' disciplinate negli articoli 31 e 33 devono registrare i tipi, le quantita' di radioattivita', le concentrazioni, le caratteristiche fisico-chimiche di rifiuti radioattivi, nonche' tutti i dati idonei ad identificare i rifiuti medesimi ed i soggetti da cui provengono. 2. I soggetti di cui al comma 1 sono tenuti ad inviare all'ANPA e alle regioni o province autonome territorialmente competenti un riepilogo delle quantita' dei rifiuti raccolti e di quelli depositati, con l'indicazione degli altri dati di cui al predetto comma 1. 3. Con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentita l'ANPA, sono stabilite le modalita' d registrazione ed i termini della relativa conservazione, nonche' le modalita' ed i termini per l'invio del riepilogo. Art. 35 - Sospensione e revoca dei provvedimenti autorizzativi. 1. Fatti salvi i provvedimenti cautelari ed urgenti a tutela della salute pubblica, dei lavoratori o dell'ambiente, le amministrazioni titolari del potere di emanare i provvedimenti autorizzativi di cui al presente capo, quando siano riscontrate violazioni gravi o reiterate delle disposizioni del	

	presente decreto o delle prescrizioni autorizzatorie, possono disporre la sospensione dell'attivita' per un periodo di tempo non superiore a sei mesi ovvero, nei casi di particolare gravita', possono disporre la revoca del provvedimento autorizzativo. 2. Ai fini della sospensione o della revoca di cui al comma precedente, le amministrazioni incaricate della vigilanza comunicano alle amministrazioni titolari del potere autorizzativo, le violazioni gravi o ripetute risultanti dalla vigilanza stessa. 3. Le amministrazioni di cui al comma 1, prima di disporre i provvedimenti di sospensione o di revoca, contestano all'esercente le violazioni rilevate e gli assegnano un termine di sessanta giorni per produrre le proprie giustificazioni. 4. In ordine all'adozione dei predetti provvedimenti di sospensione o di revoca, per quanto attiene alla fondatezza delle giustificazioni prodotte, deve essere acquisito il parere degli organi tecnici intervenuti in fase di emanazione dei provvedimenti autorizzativi. 5. I provvedimenti di sospensione o di revoca non possono essere adottati decorsi sei mesi dalla presentazione delle giustificazioni da parte dell'esercente.	

Capo VIII - PROTEZIONE SANITARIA DEI LAVORATORI.	Art. 59 - Attivita' disciplinate - Vigilanza. 1. Le norme del presente capo si applicano alle attivita' di cui all'articolo 1 alle quali siano addetti lavoratori subordinati o ad essi equiparati ai sensi dell'articolo 60, ivi comprese le attivita' esercitate dallo Stato, dagli enti pubblici, territoriali e non territoriali, dagli organi del servizio sanitario nazionale, dagli istituti di istruzione, dalle universita' e dai laboratori di ricerca. 2. La vigilanza per la tutela dai rischi da radiazioni dei lavoratori addetti alle attivita' di cui al comma 1 e' affidata, oltre che all'ANPA, al Ministero del lavoro e della previdenza sociale, che la esercita a mezzo dell'Ispettorato del lavoro e, nel caso di macchine radiogene, agli organi del servizio sanitario nazionale competenti per territorio. 3. E' fatta salva l'apposita disciplina prevista per le attivita' di cui al capo IV. 4. Il rispetto delle norme del presente capo non esaurisce gli obblighi cui sono tenuti i datori di lavoro, i dirigenti, i preposti, i lavoratori e i medici competenti, ai sensi del D.Lgs. 626/1994, per il quale restano altresi' ferme le attribuzioni in ordine alle funzioni di vigilanza stabilite ai sensi dello stesso decreto. Art. 60 - Definizione di lavoratore subordinato. 1. Agli effetti delle disposizioni di cui all'articolo 59 per lavoratore subordinato si intende ogni persona che presti il proprio lavoro alle dipendenze di un datore di lavoro, esclusi gli addetti a servizi domestici e familiari, con rapporti di lavoro subordinato anche speciale. Sono equiparati i soci lavoratori di cooperative o di societa', anche di fatto, e gli utenti dei servizi di orientamento o di formazione scolastica, universitaria e professionale avviati presso datori di lavoro per agevolare o per perfezionare le loro scelte professionali. Sono altresi' equiparati gli allievi degli istituti di istruzione e universitari, e i partecipanti ai corsi di formazione professionale, nonche' coloro i quali, a qualsiasi titolo, prestino presso terzi la propria opera professionale. 2. E' vietato adibire alle attivita' disciplinate dal presente decreto i lavoratori di cui alla legge 18 dicembre 1973, n. 877.	

	Art. 61 - Obblighi dei datori di lavoro, dirigenti e preposti. 1. I datori di lavoro ed i dirigenti che rispettivamente eserciscono e dirigono le attivita' disciplinate dal presente decreto ed i preposti che vi sovraintendono devono, nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze, attuare le cautele di protezione e di sicurezza previste dal presente capo e dai provvedimenti emanati in applicazione di esso. 2. I datori di lavoro, prima dell'inizio delle attivita' di cui al comma 1, debbono acquisire da un esperto qualificato di cui all'articolo 77 una relazione scritta contenente le valutazioni e le indicazioni di radioprotezione inerenti alle attivita' stesse. A tal fine i datori di lavoro forniscono all'esperto qualificato i dati, gli elementi e le informazioni necessarie. La relazione costituisce il documento di cui all'articolo 4 comma 2, del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, per gli aspetti concernenti i rischi da radiazioni ionizzanti. 3. Sulla base delle indicazioni della relazione di cui al comma 2, e successivamente di quelle di cui all'articolo 80, i datori di lavoro, i dirigenti e i preposti devono in particolare: a) provvedere affinche' gli ambienti di lavoro in cui sussista un rischio da radiazioni vengano, nel rispetto delle disposizioni contenute nel decreto di cui all'articolo 82, individuati, delimitati, segnalati, classificati in zone e che l'accesso ad essi sia adeguatamente regolamentato. b) provvedere affinche' i lavoratori interessati siano classificati ai fini della radioprotezione nel rispetto delle disposizioni contenute nel decreto di cui all'articolo 82. c) predisporre norme interne di protezione e sicurezza adeguate al rischio di radiazioni e curare che copia di dette norme sia consultabile nei luoghi frequentati dai lavoratori, ed in particolare nelle zone controllate; d) fornire ai lavoratori, ove necessari, i mezzi di sorveglianza dosimetrica e di protezione, in relazione ai rischi cui sono esposti; e) rendere edotti i lavoratori, nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione, in relazione alle mansioni cui essi sono addetti, dei rischi	Ú Quando variano le situazioni di rischio prospettate all'interno dei documenti o quando si modifichino i cicli produttivi. Ú Mantenimento costante

	specifici cui sono esposti, delle norme di protezione sanitaria, delle conseguenze derivanti dalla mancata osservanza delle prescrizioni mediche, delle modalita' di esecuzione del lavoro e delle norme interne di cui alla lettera c); f) provvedere affinche' i singoli lavoratori osservino le norme interne di cui alla lettera c), usino i mezzi di cui alla lettera d) ed osservino le modalita' di esecuzione del lavoro di cui alla lettera e); g) provvedere affinche' siano apposte segnalazioni che indichino il tipo di zona, la natura delle sorgenti ed 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; h) fornire al lavoratore esposto i risultati delle valutazioni di dose effettuate dall'esperto qualificato, che lo riguardino direttamente, nonche' assicurare l'accesso alla documentazione di sorveglianza fisica di cui all'articolo 81 concernente il lavoratore stesso. 4. Per gli obblighi previsti nel comma 3 ad esclusione di quelli previsti alla lettera f), nei casi in cui occorre assicurare la sorveglianza fisica ai sensi dell'articolo 75, i datori di lavoro, dirigenti e preposti di cui al comma 1 devono avvalersi degli esperti qualificati di cui all'articolo 77 e, per gli aspetti medici, dei medici di cui all'articolo 83; nei casi in cui non occorre assicurare la sorveglianza fisica, essi sono tenuti comunque ad adempiere alle disposizioni di cui alle lettere c), e), f), nonche' a fornire i mezzi di protezione eventualmente necessari di cui alla lettera d). 4-bis. I soggetti di cui al comma 1 comunicano tempestivamente all'esperto qualificato e al medico addetto alla sorveglianza medica la cessazione del rapporto di lavoro con il lavoratore esposto. 5. Tutti gli oneri economici relativi alla sorveglianza fisica e medica della radioprotezione sono a carico del datore di lavoro. Art. 62 -Obblighi delle imprese esterne. 1. Il datore di lavoro di impresa esterna di cui all'articolo 6, lettera q) assicura, direttamente o mediante accordi contrattuali con i terzi, la tutela dei propri	

	lavoratori dai rischi da radiazioni ionizzanti in conformita' alle disposizioni del presente capo ed a quelle emanate in applicazione di esso. 2. In particolare il datore di lavoro dell'impresa esterna e' tenuto a: a) assicurare per quanto di propria competenza il rispetto dei principi generali di cui all'articolo 2, lettere a) e b) e dei limiti di esposizione di cui all'articolo 96; b) rendere edotti i lavoratori, nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione, delle norme di protezione sanitaria e delle altre informazioni di cui all'articolo 61, lettera e), fatto salvo l'obbligo dei terzi di informazione specifica sui rischi di cui all'articolo 63; c) curare che vengano effettuate le valutazioni periodiche della dose individuale e che le relative registrazioni siano riportate nelle schede personali di cui all'articolo 81; d) curare che i lavoratori vengano sottoposti alla sorveglianza medica e che i relativi giudizi di idoneita' siano riportati nel documento sanitario personale di cui all'articolo 90; e) istituire per ogni lavoratore e consegnare al medesimo, prima di ogni prestazione, il libretto personale di radioprotezione di cui al comma 3 ed assicurarsi della sua compilazione. 3. Con il decreto di cui all'articolo 81, comma 6, sono stabilite le modalita' di istituzione e di tenuta del libretto personale di radioprotezione di cui al comma 2, lettera e); il libretto deve in particolare contenere i dati relativi alla valutazione delle dosi inerenti all'attivita' svolta, nonche' i giudizi medici di idoneita' e le relative limitazioni di validita'. 4. L'attivita' di datore di lavoro delle imprese esterne e' soggetta a notifica al Ministero del lavoro e della previdenza sociale o a autorizzazione rilasciata dallo stesso Ministero, in relazione all'entita' dei rischi cui i lavoratori possono essere esposti, nei casi e con le modalita' stabilite con decreto del Ministero del lavoro e della previdenza sociale, di concerto con il Ministero della sanita', sentita l'ANPA. 5. Gli obblighi di notifica o di autorizzazione non si applicano alle amministrazioni che esercitano la vigilanza ai sensi del presente decreto.	Ú Mantenimento costante

	Art. 63 -Obblighi degli esercenti zone controllate che si avvalgono di lavoratori esterni. 1. Gli esercenti una o piu' zone controllate, i quali si avvalgono di lavoratori esterni, sono tenuti ad assicurarne la tutela dai rischi da radiazioni ionizzanti, direttamente o mediante accordi contrattuali con l'impresa esterna da cui detti lavoratori dipendono oppure con il lavoratore stesso, se autonomo, e rispondono degli aspetti della tutela che siano direttamente collegati con il tipo di zona controllata e di prestazione richiesta ai lavoratori esterni. 2. In particolare, per ogni lavoratore esterno che effettua prestazioni in zona controllata l'esercente la zona controllata e' tenuto a: a) accertarsi, tramite il libretto personale di radioprotezione di cui all'articolo 62, che il lavoratore, prima di effettuare la prestazione nella zona controllata, sia stato riconosciuto idoneo da un medico autorizzato al tipo di rischio connesso con la prestazione stessa; b) assicurarsi che il lavoratore esterno abbia ricevuto o comunque riceva, oltre alla informazione di cui all'articolo 62, lettera b), una formazione specifica in rapporto alle caratteristiche particolari della zona controllata ove la prestazione va effettuata; c) assicurarsi che il lavoratore esterno sia dotato dei mezzi di protezione individuale, ove necessari; d) accertarsi che il lavoratore esterno sia dotato dei mezzi di sorveglianza dosimetrica individuale adeguati al tipo di prestazione e che fruisca della sorveglianza dosimetrica ambientale eventualmente necessaria; e) curare il rispetto, per quanto di propria competenza, dei principi generali di cui all'articolo 2 lettere a) e b) e dei limiti di esposizione di cui all'articolo 96; f) adottare le misure necessarie affinche' vengano registrati sul libretto individuale di radioprotezione le valutazioni di dose inerenti alla prestazione. Art. 64 - Protezione dei lavoratori autonomi. 1. I lavoratori autonomi che svolgono attivita' che comportano la classificazione come lavoratori esposti sono tenuti ad assolvere, ai fini della propria tutela, agli	Ú Mantenimento costante Ú Mantenimento costante

	obblighi previsti dal presente decreto. Fermi restando gli obblighi di cui agli articoli 63 e 67 gli esercenti di installazioni presso cui i lavoratori autonomi sono esposti a rischio di radiazioni rispondono degli aspetti della tutela che siano direttamente collegati con il tipo di zona e di prestazione richiesta. Art. 65 - Altre attivita' presso terzi. 1. Fuori dei casi previsti negli articoli 62, 63 e 67, il datore di lavoro per conto del quale lavoratori subordinati o ad essi equiparati prestano la propria opera presso uno o piu' impianti, stabilimenti, laboratori o sedi gestiti da terzi, ove vengono svolte attivita' disciplinate dal presente decreto tali da comportare per i lavoratori anzidetti la classificazione di lavoratori esposti, e' tenuto ad assicurare la tutela dei lavoratori dai rischi da radiazioni ionizzanti in conformita' alle norme del presente capo ed alle disposizioni emanate in applicazione di esso, in relazione all'entita' complessiva del rischio. 2. Il datore di lavoro deve svolgere presso i terzi esercenti le azioni necessarie affinche' venga comunque assicurato il rispetto di quanto disposto al comma 1, anche ai fini del coordinamento delle misure da adottare, fermi restando gli obblighi dei terzi esercenti stessi, derivanti dalle disposizioni del presente capo, per gli aspetti operativi della radioprotezione direttamente connessi con la natura dell'attivita' da essi svolta e dell'intervento che i lavoratori sono chiamati a compiere. Art. 66 - Molteplicita' di datori di lavoro. 1. Nel caso di lavoratori quali svolgono per piu' datori di lavoro attivita' che li espongono a rischi di radiazioni ionizzanti, ciascun datore di lavoro e' tenuto a richiedere agli altri datori di lavoro ed ai lavoratori, e a fornire quando richiesto, le informazioni necessarie al fine di garantire il rispetto delle norme del presente capo e, in particolare, dei limiti di dose. Art. 67 - Lavoratori autonomi e dipendenti da terzi, con particolari compiti	Ú Mantenimento costante Ú Mantenimento costante

	nell'ambito aziendale. 1. I datori di lavoro e i dirigenti che eserciscono e dirigono le attivita' indicate nell'articolo 59 ed i preposti che vi sovraintendono, devono rendere edotti, in relazione alle mansioni cui sono addetti, i lavoratori autonomi e quelli dipendenti da terzi, che svolgono nell'ambito aziendale attivita' diverse da quelle proprie dei lavoratori esposti, dei rischi specifici da radiazioni esistenti nei luoghi in cui siano chiamati a prestare la loro opera. Essi devono inoltre fornire ai predetti lavoratori i necessari mezzi di protezione ed assicurarsi dell'impiego di tali mezzi. 2. E' vietato adibire i lavoratori di cui al comma 1 ad attivita' che li espongono al rischio di superare i limiti di dose fissati per gli stessi ai sensi dell'articolo 96. Art. 68 - Obblighi dei lavoratori. 1. I lavoratori devono: a) osservare le disposizioni impartite dal datore di lavoro o dai suoi incaricati, ai fini della protezione individuale e collettiva e della sicurezza, a seconda delle mansioni alle quali sono addetti; b) usare secondo le specifiche istruzioni i dispositivi di sicurezza, i mezzi di protezione e di sorveglianza dosimetrica predisposti o forniti dal datore di lavoro; c) segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le deficienze dei dispositivi e dei mezzi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica, nonche' le eventuali condizioni di pericolo di cui vengono a conoscenza; d) non rimuovere ne' modificare, senza averne ottenuto l'autorizzazione, i dispositivi, e gli altri mezzi di sicurezza, di segnalazione, di protezione e di misurazione; e) non compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza; f) sottoporsi alla sorveglianza medica ai sensi del presente decreto. 2. I lavoratori che svolgono, per piu' datori di lavoro, attivita' che li espongano al rischio da radiazioni ionizzanti, devono rendere edotto ciascun datore di lavoro delle attivita' svolte presso gli altri, ai fini di quanto previsto al precedente articolo 66.	Ú Mantenimento costante

	Analoga dichiarazione deve essere resa per eventuali attivita' pregresse. I lavoratori esterni sono tenuti ad esibire il libretto personale di radioprotezione all'esercente le zone controllate prima di effettuare le prestazioni per le quali sono stati chiamati. Art. 68-bis - Scambio di informazioni 1. Su motivata richiesta di autorita' competenti anche di altri paesi appartenenti all'Unione europea o di soggetti, anche di detti paesi, che siano titolari di incarichi di sorveglianza fisica o medica della radioprotezione del lavoratore, il lavoratore trasmette alle autorita' o ai soggetti predetti le informazioni relative alle dosi ricevute. La richiesta delle autorita' o dei soggetti di cui sopra deve essere motivata dalla necessita' di effettuare le visite mediche prima dell'assunzione oppure di esprimere giudizi in ordine all'idoneita' a svolgere mansioni che comportino la classificazione del lavoratore *come esposto* oppure, comunque, di tenere sotto controllo l'ulteriore esposizione del lavoratore. Art. 69 - Disposizioni particolari per le lavoratrici. [1. Ferma restando l'applicazione delle norme speciali concernenti la tutela delle lavoratrici madri, le donne gestanti non possono svolgere attivita' in zone classificate o, comunque, attivita' che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda un millisievert durante il periodo della gravidanza. 2. E' fatto obbligo alle lavoratrici di notificare al datore di lavoro il proprio stato di gestazione, non appena accertato. 3. E' altresì vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione. Art. 70 - Apprendisti e studenti. 1. Ai fini del presente capo gli apprendisti e gli studenti sono suddivisi nelle categorie definite ai sensi dell'articolo 82. Art. 71 - Minori.	

	1. I minori di anni diciotto non possono esercitare attivita' proprie dei lavoratori esposti. 2. Gli apprendisti e gli studenti, ancorche' minori di anni diciotto, possono ricevere dosi superiori ai limiti previsti per le persone del pubblico in relazione alle specifiche esigenze della loro attivita' di studio o di apprendistato, secondo le modalita' di esposizione stabilite ai sensi dell'articolo 96. Art. 72 - Ottimizzazione della protezione. 1. In conformita' ai principi generali di cui al capo I del presente decreto, nell'esercizio delle attivita' di cui all'articolo 59 il datore di lavoro e' tenuto ad attuare tutte le misure di sicurezza e protezione idonee a ridurre le esposizioni dei lavoratori al livello piu' basso ragionevolmente ottenibile, tenendo conto dei fattori economici e sociali. 2. Ai fini di quanto previsto dal comma 1, gli impianti, le apparecchiature, le attrezzature, le modalita' operative concernenti le attivita' di cui all'articolo 59 debbono essere rispondenti alle norme specifiche di buona tecnica, ovvero garantire un equivalente livello di radioprotezione. Art. 73 - Provvedimenti e misure relativi al rispetto dei limiti di esposizione. 1. I datori di lavoro, i dirigenti ed i preposti, nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze, devono adottare i provvedimenti idonei ad evitare che vengano superati i limiti di dose fissati, per le diverse modalita' di esposizione, con il decreto di cui all'articolo 96, per: a) i lavoratori esposti; b) gli apprendisti e studenti; c) i lavoratori non esposti; d) i lavoratori autonomi e dipendenti da terzi di cui al precedente articolo 67. 2. I soggetti di cui al comma 1 debbono altresi' adottare i provvedimenti idonei ad assicurare il rispetto dei limiti e delle condizioni di esposizione fissati con il decreto di cui all'articolo 96 per le lavoratrici, le apprendiste e le studentesse in eta' fertile.	Ú Mantenimento costante Ú Mantenimento costante

	3. Le disposizioni di cui al comma 1 non si applicano ai casi di cui all'articolo 96, comma 5. Art. 74 - Esposizioni accidentali o di emergenza. 1. Dopo ogni esposizione accidentale o di emergenza i datori di lavoro, i dirigenti ed i preposti, nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze, devono acquisire dall'esperto qualificato una apposita relazione tecnica, dalla quale risultino le circostanze ed i motivi dell'esposizione stessa per quanto riscontrabili dall'esperto qualificato, nonche' la valutazione delle dosi relativamente ai lavoratori interessati. Resta fermo quanto disposto dall'articolo 91. 2. I lavoratori e il personale di intervento previsto nei piani di cui al capo X devono essere preventivamente resi edotti, oltre che dei rischi connessi all'esposizione, anche del fatto che, durante l'intervento possano essere sottoposti ad esposizione di emergenza e, conseguentemente, dotati di adeguati mezzi di protezione in relazione alle circostanze in cui avviene l'intervento medesimo. 3. Con decreto del Ministro dell'interno, di concerto con i Ministri del lavoro e della previdenza sociale, della sanita', per il coordinamento della protezione civile e dell'industria del commercio e dell'artigianato sono stabilite le modalita' e i livelli di esposizione dei lavoratori e del personale di intervento. 4. Per le attivita' estrattive gli interventi di soccorso sono effettuati da personale volontario appositamente addestrato. Art. 75 - Sorveglianza fisica. 1. La sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione deve essere effettuata ove le attivita' svolte comportino la classificazione degli ambienti di lavoro in una o piu' zone controllate o sorvegliate, ovvero comportino la classificazione degli addetti come lavoratori esposti. 2. I datori di lavoro esercenti le attivita' disciplinate dal presente decreto devono provvedere ad assicurare la sorveglianza fisica, effettuata ai sensi delle disposizioni contenute nel decreto di cui all'articolo 82, sulla base delle indicazioni della relazione	Ú Mantenimento costante

	di cui all'articolo 61, comma 2, e, successivamente, di quella di cui all'articolo 80, comma 1. Art. 76 - Servizi di dosimetria. 1. Ferme restando le competenze previste dalla vigente normativa, chiunque svolge attivita' di servizio di dosimetria individuale, anche per le attivita' disciplinate al capo IV, e' soggetto alla vigilanza dell'ANPA e, a tale fine, comunica all'ANPA medesima, entro trenta giorni, l'avvenuto inizio delle attivita'. 2. I soggetti di cui al comma 1 trasmettono all'ISPESL e all'ANPA, con le modalita' da questa specificate, i risultati delle misurazioni effettuate, ai fini del loro inserimento in un archivio nazionale dei lavoratori esposti, da istituire con decreto del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, di concerto con il Ministro della sanita', sentita l'ANPA. Art. 77 - Esperti qualificati. 1. Il datore di lavoro deve assicurare la sorveglianza fisica per mezzo di esperti qualificati. 2. Il datore di lavoro deve comunicare all'Ispettorato provinciale del lavoro competente per territorio e, per le attivita' estrattive, anche all'ingegnere capo dell'ufficio periferico competente per territorio, i nominativi degli esperti qualificati prescelti, allegando altresi' la dichiarazione di accettazione dell'incarico. 3. E' consentito che mansioni strettamente esecutive, inerenti alla sorveglianza fisica della protezione contro le radiazioni, siano affidate dal datore di lavoro a personale non provvisto dell'abilitazione di cui all'articolo 78, scelto d'intesa con l'esperto qualificato e che operi secondo le direttive e sotto la responsabilita' dell'esperto qualificato stesso. 4. Il datore di lavoro e' tenuto a fornire i mezzi e le informazioni, nonche' ad assicurare le condizioni necessarie all'esperto qualificato per lo svolgimento dei suoi compiti. 5. Le funzioni di esperto qualificato non possono essere assolte dalla persona fisica	Ú Mantenimento costante Ú Al variare dell’esperto qualificato

	del datore di lavoro ne' dai dirigenti che eserciscono e dirigono l'attivita' disciplinata, ne' dai preposti che ad essa sovrintendono, ne' dagli addetti alla vigilanza di cui all'articolo 59, comma 2. Art. 78 - Abilitazione degli esperti qualificati: elenco nominativo. 1. Con decreto del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, di concerto con il Ministro della sanita', e' istituito, presso l'Ispettorato medico centrale del lavoro, un elenco nominativo degli esperti qualificati, ripartito secondo i seguenti gradi di abilitazione: a) abilitazione di primo grado, per la sorveglianza fisica delle sorgenti costituite da apparecchi radiologici che accelerano elettroni con tensione massima, applicata al tubo, inferiore a 400 kV; b) abilitazione di secondo grado, per la sorveglianza fisica delle sorgenti costituite da macchine radiogene con energia degli elettroni accelerati compresa tra 400 keV e 10 MeV, o da materie radioattive, incluse le sorgenti di neutroni la cui produzione media nel tempo, s tutto l'angolo solido, sia non superiore a 10^4 neutroni al secondo; c) abilitazione di terzo grado, per la sorveglianza fisica degli impianti come definiti all'articolo 7 del capo II del presente decreto e delle altre sorgenti di radiazioni diverse da quelle di cui alle lettere a) e b). 2. L'abilitazione di grado superiore comprende quelle di grado inferiore. 3. Con lo stesso decreto di cui al comma 1, sentita l'ANPA, sono stabiliti i titoli di studio e la qualificazione professionale, nonche' le modalita' per la formazione professionale, per l'accertamento ella capacita' tecnica e professionale richiesta per l'iscrizione nell'elenco di cui al comma 1 e per l'eventuale sospensione o cancellazione dal medesimo, fermo restando quanto stabilito all'articolo 93 per i casi di inosservanza dei compiti. Art. 79 - Attribuzioni dell'esperto qualificato. 1. L'esperto qualificato, nell'esercizio della sorveglianza fisica per conto del datore di	

	lavoro deve: a) effettuare la valutazione di radioprotezione di cui all'articolo 61 e dare indicazioni al datore di lavoro nella attuazione dei compiti di cui al predetto articolo ad esclusione di quelli previsti alle lettere f) e h); b) effettuare l'esame e la verifica delle attrezzature, dei dispositivi e degli strumenti di protezione, ed in particolare: 1) procedere all'esame preventivo e rilasciare il relativo benestare, dal punto di vista della sorveglianza fisica, dei progetti di installazioni che comportano rischi di esposizione, dell'ubicazione delle medesime all'interno dello stabilimento in relazione a tali rischi, nonche' delle modifiche alle installazioni le quali implicano rilevanti trasformazioni delle condizioni, dell'uso o della tipologia delle sorgenti; 2) effettuare la prima verifica, dal punto di vista della sorveglianza fisica, di nuove installazioni e delle eventuali modifiche apportate alle stesse; 3) eseguire la verifica periodica dell'efficacia dei dispositivi e delle tecniche di radioprotezione; 4) effettuare la verifica periodica delle buone condizioni di funzionamento degli strumenti di misurazione; c) effettuare una sorveglianza ambientale di radioprotezione nelle zone controllate e sorvegliate; d) procedere alla valutazione delle dosi e delle introduzioni di radionuclidi relativamente ai lavoratori esposti; e) assistere, nell'ambito delle proprie competenze, il datore d lavoro nell'individuazione e nell'adozione delle azioni da compiere in caso di incidente. 2. La valutazione della dose individuale per i lavoratori di categoria A derivanti da esposizioni esterne deve essere eseguita, a norma dell'articolo 75, mediante uno o piu' apparecchi di misura individuali nonche' in base ai risultati della sorveglianza ambientale di cui al comma 1, lettera c). 3. La valutazione della dose individuale per i lavoratori di categoria A derivanti da esposizioni interne deve essere eseguita in base ad idonei metodi fisici e/o radiotossicologici.	Ú Mantenimento costante da parte dell'Esperto Qualificato

	4. 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 di essa puo' essere effettuata sulla scorta dei risultati della sorveglianza dell'ambiente di lavoro o a partire da misurazioni individuali compiute su altri lavoratori esposti. 5. La valutazione della dose ricevuta o impegnata dai lavoratori esposti che non sono classificati in categoria A puo' essere eseguita sulla scorta dei risultati della sorveglianza fisica dell'ambiente di lavoro. 6. L'esperto qualificato comunica per iscritto al medico autorizzato, almeno ogni sei mesi, le valutazioni delle dosi ricevute o impegnate dai lavoratori di categoria A e con periodicita' almeno annuale, al medico addetto alla sorveglianza medica, 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. 7. L'esperto qualificato deve inoltre procedere alle analisi e valutazioni necessarie ai fini della sorveglianza fisica della protezione della popolazione secondo i principi di cui al capo IX del presente decreto; in particolare deve effettuare la valutazione preventiva dell'impegno di dose derivante dall'attivita' e, in corso di esercizio, delle dosi ricevute o impegnate dai gruppi di riferimento della popolazione in condizioni normali, nonche' la valutazione delle esposizioni in caso di incidente. A tal fine i predetti gruppi di riferimento debbono essere identificati sulla base di valutazioni ambientali, adeguate alla rilevanza dell'attivita' stessa, ce tengano conto delle diverse vie di esposizione. Art. 80 - Comunicazioni al datore di lavoro e relativi adempimenti. 1. In base alle valutazioni relative all'entita' del rischio, l'esperto qualificato indica, con apposita relazione scritta, 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 attivita' che questi debbono svolgere; c) la frequenza delle valutazioni di cui all'articolo 79;	

	d) tutti i provvedimenti di cui ritenga necessaria l'adozione, al fine di assicurare la sorveglianza fisica, di cui all'articolo 75, 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 altresi' che l'esperto qualificato trasmetta al medico addetto alla sorveglianza medica i risultati delle valutazioni di cui alla lettera e) del comma 1 relative ai lavoratori esposti, con la periodicita' prevista all'articolo 79, comma 6. 3. Il datore di lavoro garantisce le condizioni per la collaborazione, nell'ambito delle rispettive competenze, tra l'esperto qualificato e il servizio di prevenzione e protezione di cui all'articolo 8 del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626. L'esperto qualificato e' in particolare chiamato a partecipare alle riunioni periodiche di cui all'articolo 11 del decreto legislativo predetto. Art. 81 - Documentazione relativa alla sorveglianza fisica della protezione. 1. L'esperto qualificato deve provvedere, per conto del datore di lavoro, ad istituire e tenere aggiornata la seguente documentazione: a) la relazione di cui all'articolo 61, comma 2 e all'articolo 80, comma 1, relativa all'esame preventivo dei progetti e delle eventuali modifiche, nonche' le valutazioni di cui all'articolo 79, comma 1, lettera b), n. 1 e comma 7; b) le valutazioni di cui all'articolo 79, comma 1, lettera c), [....], nonche' i verbali di controllo di cui allo stesso articolo, comma 1, lettera b), nn. 3) e 4); c) i verbali dei controlli di cui al comma 1, lettera b), n. 2), dello stesso articolo 79 e dei provvedimenti di intervento da lui adottati e prescritti, nonche' copia delle prescrizioni e delle disposizioni formulate dagli organi di vigilanza divenute esecutive; d) le schede personali sulle quali devono essere annotati i risultati delle valutazioni delle dosi individuali e delle introduzioni individuali; le dosi derivanti da eventuali	Ú Mantenimento costante da parte dell'Esperto Qualificato

	esposizioni accidentali, di emergenza, da esposizioni soggette ad autorizzazione speciale o da altre modalita' di esposizione debbono essere annotati, separatamente, in ciascuna scheda; e) le relazioni sulle circostanze ed i motivi inerenti alle esposizioni accidentali o di emergenza di cui all'articolo 74, comma 1, nonche' alle altre modalita' di esposizione. e-bis) i risultati della sorveglianza fisica dell'ambiente di lavoro che siano stati utilizzati per la valutazione delle dosi dei lavoratori esposti. 2. Per i lavoratori di cui agli articoli 62 e 65 nelle schede personali devono essere annotati tutti i contributi alle esposizioni lavorative individuali con le modalità stabilite nel provvedimento di cui al comma 6. 3. Il datore di lavoro deve conservare: a) per almeno cinque anni dalla data di compilazione la documentazione di cui al comma 1, lettera b); b) sino a cinque anni dalla cessazione dell'attivita' di impresa che comporta esposizioni alle radiazioni ionizzanti la documentazione di cui al comma 1, lettere a) e c); c) sino alla cessazione del rapporto di lavoro, o dell'attivita' dell'impresa comportante esposizione alle radiazioni ionizzanti, mantenendone successivamente copia per almeno cinque anni, la documentazione di cui al comma 1, lettere d), e) ed e-bis). 4. Entro tre mesi dalla cessazione del rapporto di lavoro o dell'attivita' d'impresa comportante esposizione alle radiazioni ionizzanti la documentazione di cui al comma 1, lettere d), e) ed e-bis) va consegnata al medico addetto alla sorveglianza medica che provvede alla sua trasmissione, unitamente al documento di cui all'articolo 90 *all'ISPESL*, che assicurera' la loro conservazione nel rispetto dei termini previsti dall'articolo 90, comma 3. 5. In caso di cessazione definitiva dell'attivita' di impresa, i documenti di cui al comma 1, lettere a), b) e c), sono consegnati entro sei mesi all'Ispettorato provinciale del lavoro competente per territorio che assicurera' la loro conservazione	Ú Entro tre mesi dalla cessazione del rapporto di lavoro o dell'attivita' d'impresa

	nel rispetto dei termini e delle modalita' previsti nel presente articolo. 6. Con decreto del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, sentiti l'ANPA e l'ISPESL, sono determinate le modalita' di tenuta della documentazione e sono approvati i modelli della stessa. Art. 82 - Modalita' di classificazione degli ambienti di lavoro e dei lavoratori ai fini della radioprotezione e della sorveglianza fisica. 1. Con decreto dei Ministri del lavoro e della previdenza sociale della sanita', sentita l'ANPA, vengono stabiliti e aggiornati: a) i criteri per la classificazione in zone degli ambienti di lavoro ai fini della radioprotezione; b) i criteri per l'adozione della sorveglianza fisica e per la classificazione dei lavoratori in categorie; c) le categorie di classificazione, ai fini della radioprotezione, degli apprendisti e studenti di cui all'articolo 70. 2. Con lo stesso decreto sono disciplinate particolari modalita' di esposizione cui i lavoratori possono essere eventualmente soggetti. 3. I criteri, le categorie e le modalita' di cui al comma 1 devono, nel rispetto degli obiettivi di radioprotezione stabiliti dalle direttive del Consiglio delle Comunita' europee, garantire comunque, con la massima efficacia la tutela sanitaria dei lavoratori, degli apprendisti e degli studenti dai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Art. 83 - Sorveglianza medica. 1. Il datore di lavoro deve provvedere ad assicurare mediante uno piu' medici la sorveglianza medica dei lavoratori esposti e degli apprendisti e studenti in conformita' alle norme del presente capo ed alle disposizioni contenute nel decreto di cui all'articolo 82. Tale sorveglianza e' basata sui principi che disciplinano la medicina del lavoro. 2. La sorveglianza medica dei lavoratori esposti che non sono classificati in categoria	Ú Mantenimento costante

	A e' assicurata tramite medici competenti o medici autorizzati. La sorveglianza medica dei lavoratori di categoria A e' assicurata tramite medici autorizzati. 3. Il datore di lavoro non puo' assegnare le persone di cui al comma 1 ad alcuna attivita' che le esponga al rischio di radiazioni ionizzanti qualora le conclusioni mediche vi si oppongano. 4. Il datore di lavoro deve assicurare ai medici di cui al comma 1 le condizioni necessarie per lo svolgimento dei loro compiti. 5. Il datore di lavoro deve consentire ai medici di cui al comma 1 l'accesso a qualunque informazione o documentazione che questi ritengano necessaria per la valutazione dello stato di salute dei lavoratori esposti, e delle condizioni di lavoro incidenti, sotto il profilo medico, sul giudizio di idoneita' dei lavoratori. 6. Le funzioni di medico autorizzato e d medico competente non possono essere assolte dalla persona fisica del datore di lavoro ne dai dirigenti che eserciscono e dirigono l'attivita' disciplinata, ne' dai preposti che ad essa sovrintendono, ne' dagli addetti alla vigilanza di cui all'articolo 59, comma 2. Art. 84 - Visita medica preventiva. 1. Il datore di lavoro deve provvedere a che i lavoratori esposti e gli apprendisti e studenti di cui all'articolo 70, prima di essere destinati ad attivita' che li espongono alle radiazioni ionizzanti, siano sottoposti a visita medica a cura del medico addetto alla sorveglianza medica. 2. Il datore di lavoro deve altresi' rendere edotto il medico, all'atto della visita, della destinazione lavorativa del soggetto, nonche' dei rischi, ancorche' di natura diversa da quella radiologica, connessi a tale destinazione. 3. La visita medica preventiva deve comprendere una anamnesi completa, dalla quale risultino anche le eventuali esposizioni precedenti, dovute sia alle mansioni esercitate sia a esami e trattamenti medici, e un esame clinico generale completato da adeguate indagini specialistiche e di laboratorio, per valutare lo stato generale di salute del lavoratore. 4. In base alle risultanze della visita medica preventiva lavoratori vengono	Ú Mantenimento costante

	classificati in: a) idonei; b) idonei a determinate condizioni; c) non idonei. 5. Il medico comunica per iscritto al datore di lavoro il giudizio di idoneita' ed i limiti di validita' del medesimo. 6. Il medico, nell'ambito della visita preventiva nonche' in occasione delle visite previste dall'articolo 85, illustra al lavoratore il significato delle dosi ricevute, delle introduzioni di radionuclidi, degli esami medici e radiotossicologici e gli comunica i risultati dei giudizi di idoneita' che lo riguardano. 7. Con decreto del Ministro della sanita', di concerto con il Ministro del lavoro e della previdenza sociale, sentiti l'ISPESL, l'ISS e l'ANPA, sono definiti criteri indicativi per la valutazione dell'idoneita' all'esposizione alle radiazioni ionizzanti. Art. 85 - Visite mediche periodiche e straordinarie. 1. Il datore di lavoro deve provvedere a che i lavoratori esposti e gli apprendisti e studenti di cui all'articolo 70 siano sottoposti, a cura del medico addetto alla sorveglianza medica, a visita medica periodica almeno una volta all'anno e, comunque, ogni qualvolta venga variata la destinazione lavorativa o aumentino i rischi connessi tale destinazione. La visita medica per i lavoratori di categoria A e per gli apprendisti e studenti ad essi equiparati deve essere effettuata almeno ogni sei mesi. Le visite mediche, ove necessario, sono integrate da adeguate indagini specialistiche e di laboratorio. 2. Gli organi preposti alla vigilanza di cui al comma 2 dell'articolo 59 e i medici addetti alla sorveglianza medica possono disporre che dette visite siano ripetute con maggiore frequenza in tutti i casi in cui le condizioni di esposizione e lo stato di salute dei lavoratori lo esigano. 3. In base alle risultanze delle visite mediche di cui ai commi 1 e 2, i lavoratori sono classificati in: a) idonei;	Ú Almeno 1 volta all’anno e ogni volta che varia la destinazione lavorativa o aumentino i rischi connessi.

	b) idonei a determinate condizioni; c) non idonei; d) lavoratori sottoposti a sorveglianza medica dopo la cessazione del lavoro che li ha esposti alle radiazioni ionizzanti. 4. Il datore di lavoro ha l'obbligo di disporre la prosecuzione della sorveglianza medica per il tempo ritenuto opportuno, a giudizio del medico, nei confronti dei lavoratori allontanati dal rischio perche' non idonei o trasferiti ad attivita' che non espongono ai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Anche per tali lavoratori il medico formulera' il giudizio di idoneita' ai sensi del comma 3, al fine di un loro eventuale reinserimento in attivita' con radiazioni. 5. Prima della cessazione del rapporto di lavoro il datore di lavoro deve provvedere a che il lavoratore sia sottoposto a visita medica. In tale occasione il medico deve fornire al lavoratore le eventuali indicazioni relative alle prescrizioni mediche da osservare. 6. Ferma restando la periodicita' delle visite di cui al comma 1, nel periodo necessario all'espletamento e alla valutazione delle indagini specialistiche e di laboratorio di cui allo stesso comma, il giudizio di idoneita', di cui al comma 3, in precedenza formulato conserva la sua efficacia. Art. 86 - Allontanamento dal lavoro. 1. Il datore di lavoro ha l'obbligo di allontanare immediatamente dal lavoro comportante esposizione a rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti i lavoratori che alla visita medica risultino, a giudizio del medico, non idonei. 2. Detti lavoratori non possono proseguire l'attivita' cui erano adibiti, ne' altre attivita' che li espongano ai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti, se non dopo essere stati riconosciuti nuovamente idonei dal medico. 3. Il medico deve richiedere l'allontanamento dal lavoro dei lavoratori non idonei e proporre il reinserimento di essi quando accerti la cessazione dello stato di non idoneita'.	

	Art. 87 - Sorveglianza medica effettuata da medici autorizzati. 1. Il datore di lavoro deve far eseguire da medici autorizzati la sorveglianza medica dei lavoratori classificati in categoria A e degli apprendisti e studenti di cui all'articolo 70, ad essi equiparati ai sensi del decreto di cui all'articolo 82. 2. Il datore di lavoro deve comunicare all'Ispettorato provinciale del lavoro competente per territorio i nominativi dei medici autorizzati prescelti, con la dichiarazione di accettazione dell'incarico. Art. 88 - Elenco dei medici autorizzati. 1. Con decreto dei Ministri del lavoro e della previdenza sociale, della sanita' e dell'universita' e della ricerca scientifica e tecnologica, e' istituito, presso l'Ispettorato medico centrale del lavoro, un elenco nominativo dei medici autorizzati. 2. All'elenco possono essere iscritti, su domanda, i medici competenti ai sensi dell'articolo 2 del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626 che abbiano i requisiti stabiliti ai sensi del comma 3 e che dimostrino di essere in possesso della capacita' tecnica e professionale necessaria per lo svolgimento dei compiti inerenti alla sorveglianza medica della protezione dei lavoratori di categoria A. 3. Con lo stesso decreto di cui al comma 1, sentita l'ANPA, sono stabiliti i requisiti per l'iscrizione all'elenco e le modalita' per la formazione professionale, per l'accertamento della capacita' tecnica e professionale e per l'iscrizione all'elenco stesso, nonche' per l'eventuale sospensione o cancellazione da esso, fermo restando quanto stabilito all'articolo 93 per i casi di inosservanza dei compiti. Art. 89 - Attribuzioni del medico addetto alla sorveglianza medica. 1. Nell'esercizio delle proprie funzioni, il medico addetto alla sorveglianza medica dei lavoratori esposti e' tenuto in particolare ai seguenti adempimenti, fermi comunque restando gli altri compiti previsti nel presente capo: a) analisi dei rischi individuali connessi alla destinazione lavorativa e alle mansioni ai fini della programmazione di indagini specialistiche e di laboratorio atte a valutare lo stato di salute del lavoratore, anche attraverso accessi diretti negli ambienti di	

	lavoro; b) istituzione e aggiornamento dei documenti sanitari personali e loro consegna all'ISPESL con le modalita' previste all'articolo 90 del presente decreto; c) consegna al medico subentrante dei documenti sanitari personali di cui alla lettera b, nel caso di cessazione dall'incarico; d) consulenza al datore di lavoro per la messa in atto di infrastrutture e procedure idonee a garantire la sorveglianza medica dei lavoratori esposti, sia in condizioni di lavoro normale che in caso di esposizioni accidentali o di emergenza. Art. 90 - Documento sanitario personale. 1. Per ogni lavoratore esposto il medico addetto alla sorveglianza medica deve istituire, tenere aggiornato e conservare un documento sanitario personale in cui sono compresi: a) i dati raccolti nella visita preventiva e nelle visite mediche periodiche, straordinarie ed in occasione della sorveglianza medica eccezionale; b) la destinazione lavorativa, i rischi ad essi connessi e i successivi mutamenti; c) le dosi ricevute dal lavoratore, derivanti sia da esposizioni normali, sia da esposizioni accidentali o di emergenza ovvero soggette ad autorizzazione speciale, utilizzando i dati trasmessi dall'esperto qualificato. 2. I lavoratori hanno diritto ad accedere ai risultati delle valutazioni di dose, delle introduzioni e degli esami medici e radiotossicologici, nonche' ai risultati delle valutazioni di idoneita', che li riguardano, e di ricevere, dietro loro richiesta, copia della relativa documentazione. Copia del documento sanitario personale deve essere consegnata dal medico all'interessato alla cessazione del rapporto di lavoro. 3. Il documento sanitario personale deve essere conservato sino alla data in cui il lavoratore compie o avrebbe compiuto il settantacinquesimo anno di eta', ed in ogni caso per almeno trenta anni dopo la cessazione del lavoro comportante esposizione alle radiazioni ionizzanti. 4. Il medico addetto alla sorveglianza medica provvede entro sei mesi dalla cessazione del rapporto di lavoro o dalla cessazione dell'attivita' di impresa	Ú Per ogni lavoratore esposto

	comportante esposizioni alle radiazioni ionizzanti a consegnare i predetti documenti sanitari personali unitamente ai documenti di cui all'articolo 81, comma 1, lettere d) ed e) all'ISPELS, che assicurera' la loro conservazione nel rispetto dei termini e delle modalita' previste nel presente articolo. Su richiesta motivata del medico e valutate le circostanze dei singoli casi, l'Ispettorato medico centrale del lavoro puo' concedere proroga ai predetti termini di consegna. 5. Con decreto del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, sentiti l'ANPA e l'ISPESL, sono determinate particolari modalita' di tenuta e di conservazione della predetta documentazione e approvati i modelli della stessa, anche per i casi di esposizione contemporanea alle radiazioni ionizzanti e ad altri fattori di rischio. Art. 91 - Sorveglianza medica eccezionale. 1. Il datore di lavoro deve provvedere affinche' i lavoratori che hanno subito una contaminazione siano sottoposti a provvedimenti di decontaminazione. 2. Il datore di lavoro deve inoltre provvedere a che siano sottoposti a visita medica eccezionale, da parte di un medico autorizzato, i lavoratori che abbiano subito una esposizione tale da comportare il superamento dei valori stabiliti ai sensi dell'articolo 96. Deve altresi' provvedere a che i lavoratori in questione siano sottoposti a sorveglianza medica eccezionale, comprendente in particolare i trattamenti terapeutici, il controllo clinico e gli esami, che siano ritenuti necessari dal medico autorizzato a seguito dei risultati della visita medica. Le successive condizioni di esposizione devono essere subordinate all'assenso del medico autorizzato. 3. Nel caso in cui, nell'ambito della sorveglianza medica eccezionale di cui al comma 2, il medico autorizzato decida l'allontanamento di un lavoratore dal lavoro cui era assegnato, il datore di lavoro deve darne notizia all'Ispettorato del lavoro e agli organi del servizio sanitario nazionale competenti per territorio. Art. 92 - Segnalazione di incidenti, esposizioni rilevanti e malattie professionali. 1. Il datore di lavoro ha l'obbligo di comunicare, senza ritardo e comunque entro tre	Ú Mantenimento costante Ú Entro 3 gg

	giorni, all'ANPA, all'Ispettorato provinciale del lavoro ed agli organi del servizio sanitario nazionale, competenti per territorio, gli incidenti verificatisi nelle attivita' previste dall'articolo 59, nonche' le esposizioni che abbiano comportato il superamento di valori stabiliti ai sensi dell'articolo 96. 2. Entro tre giorni dal momento in cui ne abbia effettuato la diagnosi il medico deve comunicare all'Ispettorato provinciale del lavoro e agli organi del servizio sanitario nazionale competenti per territorio i casi di malattia professionale. 3. I medici, le strutture sanitarie pubbliche e private, nonche' gli istituti previdenziali o assicurativi pubblici o privati, che refertano casi di neoplasie da loro ritenute causate da esposizione lavorativa alle radiazioni ionizzanti, trasmettono all'ISPESL copia della relativa documentazione clinica ovvero anatomopatologica e quella inerente l'anamnesi lavorativa. 4. L'ISPESL inserisce nell'archivio nominativo di cui all'articolo 71, comma 2, del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, i casi di neoplasia di cui al comma 3. Art. 93 - Provvedimenti a carico dell'esperto qualificato e del medico autorizzato. 1. Su segnalazione degli organismi di vigilanza il capo dell'Ispettorato medico centrale puo' disporre, previa contestazione degli addebiti, senza pregiudizio delle altre sanzioni previste dalla legge, la sospensione, non superiore a sei mesi, dall'esercizio delle funzioni dell'esperto qualificato o del medico autorizzato, in caso di accertata inosservanza dei rispettivi compiti. 2. Nei casi piu' gravi il Ministro del lavoro e della previdenza sociale, su proposta del capo dell'Ispettorato medico centrale del lavoro, con le modalita' stabilite al comma 1, puo' disporre la cancellazione dell'esperto qualificato o del medico autorizzato dagli elenchi previsti rispettivamente dagli articoli 78 e 88. 3. I provvedimenti di cui ai commi 1 e 2 possono essere adottati dopo che sia stato assegnato all'interessato un termine di sessanta giorni per presentare le proprie controdeduzioni sugli addebiti contestati. Tali provvedimenti non possono essere adottati decorsi sei mesi dalla presentazione delle controdeduzioni da parte	

	dell'interessato. 4. La procedura per l'adozione dei provvedimenti di cui ai commi 1 o 2 viene iniziata d'ufficio in caso di condanna definitiva a pena detentiva del medico autorizzato o dell'esperto qualificato per reati inerenti alle funzioni attribuite. La procedura per l'adozione dei provvedimenti di cui al comma 1 viene iniziata d'ufficio anche in caso di sentenza non passata in giudicato con condanna a pena detentiva. Art. 94 - Ricorsi. 1. Le disposizioni impartite dagli ispettori del lavoro in materia di protezione sanitaria dei lavoratori sono esecutive. 2. Contro le disposizioni di cui al comma 1 e' ammesso ricorso al Ministro del lavoro e della previdenza sociale entro il termine di trenta giorni dalla data di comunicazione delle disposizioni medesime. Il ricorso deve essere inoltrato al Ministro per il tramite dell'Ispettorato del lavoro competente per territorio. Il ricorso non ha effetto sospensivo salvo i casi in cui la sospensione sia disposta dal capo dell'Ispettorato del lavoro competente per territorio o dal Ministro del lavoro e della previdenza sociale. Art. 95 - Ricorso avverso il giudizio di idoneita' medica. 1. Avverso il giudizio in materia di idoneita' medica all'esposizione alle radiazioni ionizzanti e' ammesso ricorso, entro il termine di trenta giorni dalla data di comunicazione del giudizio stesso, all'Ispettorato medico centrale del lavoro. 2. Decorsi trenta giorni dalla data di ricevimento del ricorso senza che l'Ispettorato abbia provveduto, il ricorso si intende respinto. Art. 96 - Limiti di esposizione. 1. Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro della sanita', d'intesa con i Ministri dell'ambiente, del lavoro e della previdenza sociale e della protezione civile, sentiti il CNR, l'ANPA, l'ENEA, l'ISS e l'ISPESL sono fissati, con riferimento alle diverse modalita' di esposizione di cui al decreto ai sensi	Ú Entro il termine di 30 gg dalla data di comunicazione del giudizio stesso

	dell'articolo 82: a) i limiti di dose per: 1) lavoratori esposti; 2) apprendisti e studenti; 3) lavoratori autonomi e dipendenti da terzi; 4) lavoratori non esposti. b) i valori di dose che comportano la sorveglianza medica eccezionale e l'obbligo di cui agli articoli 91 e 92; 2. Il decreto di cui al comma 1 puo' altresi' stabilire particolari limiti di dose o condizioni di esposizione per le lavoratrici in eta' fertile, nonche' per le apprendiste e studentesse in eta' fertile, di cui all'articolo 70. 3. Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri della sanita' e della protezione civile, sentiti il CNR, l'ANPA, ISS e l'ISPESL sono fissati i limiti di dose per le persone del pubblico. 4. Con i decreti di cui a commi 1 e 3 vengono definite le specifiche grandezze radioprotezionistiche, come mezzo per garantire l'osservanza dei limiti di dose, con i relativi criteri di utilizzazione, anche per i casi di esposizione esterna e interna concomitante. 5. Con i decreti di cui ai commi 1 e 3 possono essere stabiliti particolari casi per i quali non si applicano i limiti di dose di cui agli stessi decreti. 6. Nel decreto di cui al comma 1 sono altresi' stabiliti i valori di concentrazione di radionuclidi nelle acque di miniera ai fini dell'articolo 16, comma 1 [....]. 7. I limiti ed i valori di dose di cui ai commi 1 e 3 nonche' le specifiche grandezze ed i criteri di cui al comma 4 debbono essere fissati ed aggiornati nel rispetto degli obiettivi di radioprotezione stabiliti dalle direttive dell'Unione europea.	

ALLEGATO I

DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI APPLICAZIONE DELLE DISPOSIZIONI DEL PRESENTE DECRETO PER LE MATERIE RADIOATTIVE E PER LE MACCHINE RADIOGENE.

0. Criteri di non rilevanza radiologica delle pratiche

0.1. In conformità ai criteri di base di cui all'articolo 2 del presente decreto, una pratica può essere considerata, senza ulteriori motivazioni, priva di rilevanza radiologica, in particolare per gli effetti di cui agli articoli 30 e 154, purché i seguenti criteri siano congiuntamente soddisfatti in tutte le possibili situazioni:

a) la dose efficace cui si prevede sia esposto un qualsiasi individuo della popolazione a causa della pratica esente è pari o inferiore a 10 µSv all'anno;

b) la dose collettiva efficace impegnata nell'arco di un anno di esecuzione della pratica non è superiore a circa 1 Sv·persona, oppure una valutazione relativa all'ottimizzazione della protezione mostra che l'esenzione è l'opzione ottimale.

SEZIONE I

PRATICHE CON MATERIE RADIOATTIVE

1. Materie radioattive

1.1. Sono soggette alle disposizioni del presente decreto le pratiche con materie radioattive artificiali o con materie radioattive naturali che siano, o siano state, trattate per le loro proprietà radioattive, fissili o fertili, di cui al comma 1, lettera b), dell'articolo 1, allorché di dette materie non si possa trascurare la radioattività o la concentrazione.

1.2. Al fine di assicurare comunque il rispetto dei criteri di cui al paragrafo 0, fatto salvo quanto diversamente disposto ai paragrafi 4.4, 5 e 6, la radioattività e la concentrazione non possono essere trascurate allorché si verifichino congiuntamente, per i radionuclidi costituenti le materie radioattive che dette pratiche hanno per oggetto, le condizioni seguenti:

a) la quantità totale di radioattività del radionuclide è uguale o superiore ai valori riportati nella Tabella I-1;

b) la concentrazione media del radionuclide, intesa come rapporto tra la quantità di radioattività del radionuclide e la massa della matrice in cui essa è contenuta, è uguale o superiore a 1 Bq/g.

1.3. I valori indicati nella Tabella I-1 si applicano al totale delle materie radioattive che sia detenuto nell'installazione ove viene svolta la pratica.

1.4 La quantità totale di radioattività dei principali radionuclidi è riportata nella Tabella I-1 ed è aggiornata nelle forme e nei modi di cui all'articolo 1, comma 2. In attesa dell'aggiornamento, per i radionuclidi non riportati nella Tabella la quantità totale di radioattività di cui al paragrafo 1.2, lettera a), deve essere considerata pari a:

a) $1 \cdot 10^3$ Bq per i radionuclidi emettitori di radiazioni alfa;

b) $1 \cdot 10^4$ Bq per i radionuclidi diversi da quelli di cui alla lettera a);

a meno che la quantità totale di radioattività stessa non sia altrimenti nota sulla base delle indicazioni dell'Unione Europea o di competenti organismi internazionali.

2. Radionuclidi in equilibrio

2.1. Nel caso di radionuclidi in equilibrio con i loro prodotti di decadimento, le quantità di radioattività di cui al paragrafo 1.2, lettera a), e le concentrazioni medie di cui al paragrafo 1.2, lettera b) sono quelle del radionuclide capostipite.

2.2. Sono riportati in Tabella I-2 alcuni radionuclidi in equilibrio, indicati con il suffisso '+' oppure 'sec', ai quali si applica la presente disposizione; sono fatte salve eventuali indicazioni al riguardo da parte dell'Unione Europea o di competenti organismi internazionali.

3. Materie radioattive costituite da miscele di radionuclidi

3.1. Fuori dei casi di cui al paragrafo 2, ove la pratica abbia per oggetto materie radioattive costituite da miscele di radionuclidi, le condizioni di applicazione previste nel paragrafo 1.2 per la quantità di radioattività e per la concentrazione si intendono verificate allorchè sia uguale o superiore a 1 sia la somma dei rapporti tra la quantità di radioattività di ciascun radionuclide e quella prevista nella Tabella I-1 che la somma delle concentrazioni di ciascun radionuclide.

4. Materie radioattive naturali

4.1 Ai fini dell'applicazione del presente decreto sono considerate materie radioattive naturali l'Uranio naturale (U nat) ed il Torio naturale (Th nat), con i loro prodotti di decadimento, e il ^{40}K.

4.2 L'Uranio naturale è formato da una miscela di U^{235}, con concentrazione ponderale come si trova in natura (0,72% circa), di U^{238} e dei prodotti di decadimento di tali radioisotopi. Il Torio naturale è formato da Th^{232} e dai relativi prodotti di decadimento. Le miscele di Uranio contenenti U^{235} in percentuale ponderale minore di quella sopra definita sono denominate Uranio impoverito.

4.3 Ai fini dell'applicazione del presente decreto, per capostipiti dell'U nat e del Th nat devono intendersi rispettivamente l'U^{238} ed il Th^{232}.

4.4. Le condizioni di applicazione per le attività lavorative aventi per oggetto materie radioattive naturali in cui i radionuclidi naturali non siano, o non siano stati, trattati per le loro proprietà radioattive, fissili o fertili sono fissate nel Capo III bis del presente decreto e nei relativi provvedimenti di applicazione.

5. Coltivazioni minerarie

5.1. Sono soggette alle disposizioni del presente decreto le lavorazioni minerarie di cui all'articolo 11, in cui il minerale grezzo coltivato, nella sua composizione media, abbia un tasso di uranio naturale e/o torio naturale uguale o superiore all'1 per cento in peso.

6. Condizioni di applicazione per particolari pratiche

6.1 Sono soggette alle disposizioni del presente decreto, anche per quantità di radioattività o concentrazioni inferiori ai valori stabiliti ai sensi del paragrafo 1, le pratiche comportanti:

a) somministrazione intenzionale di materie radioattive a persone e, per quanto riguarda la radioprotezione di persone, ad animali a fini di diagnosi, terapia o ricerca medica o veterinaria;

b) aggiunta intenzionale, sia direttamente che mediante attivazione, nella produzione, manifattura ed immissione sul mercato di materie radioattive nei beni di consumo e nelle attività di cui all'articolo 98, comma 1, nonché l'importazione o l'esportazione di tali beni;

c) smaltimento nell'ambiente di rifiuti radioattivi provenienti da installazioni di cui all'articolo 22 o di cui ai Capi IV, VI e VII, fatte salve le disposizioni di cui all'articolo 154, commi 2 e 3;

d) riciclo o riutilizzazione di materiali contenenti sostanze radioattive dalle installazioni di cui all'articolo 22 o di cui ai Capi IV, VI e VII, fatte salve le disposizioni di cui all'articolo 154, commi 2 e 3.

SEZIONE II

PRATICHE CON MACCHINE RADIOGENE

8. Sono soggette alle disposizioni del presente decreto le macchine radiogene che abbiano una delle seguenti caratteristiche:

a) tubi, valvole e apparecchiature in genere, che accelerino particelle elementari cariche con energie:

1) superiori a 30 KeV;

2) superiori a 5 KeV ed inferiori o eguali a 30 KeV, quando l'intensità dell'equivalente di dose, in condizioni normali di funzionamento, sia eguale o superiore a 1 µSv/h a una distanza di 0,1 m da qualsiasi punto della superficie esterna dell'apparecchiatura;

b) tubi catodici in apparecchiature che forniscono immagini visive, quando l'intensità dell'equivalente di dose, in condizioni normali di funzionamento, sia eguale o superiore a 5 µSv/h a una distanza di 0,05 m da qualsiasi punto della superficie esterna dell'apparecchiatura.

TABELLA I-1

Valore della quantità totale di radioattività per radionuclide

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
H-3	$5 \cdot 10^6$
Be-7	$5 \cdot 10^6$
C-14	$5 \cdot 10^5$
O-15	$5 \cdot 10^4$
F-18	$1 \cdot 10^6$
Na-22	$5 \cdot 10^5$
Na-24	$1 \cdot 10^5$
Si-31	$1 \cdot 10^6$
P-32	$1 \cdot 10^5$
P-33	$5 \cdot 10^5$
S-35	$5 \cdot 10^6$
Cl-36	$5 \cdot 10^5$
Cl-38	$1 \cdot 10^5$
Ar-37	$5 \cdot 10^6$
Ar-41	$5 \cdot 10^5$
K-40	$1 \cdot 10^6$
K-42	$5 \cdot 10^5$
K-43	$5 \cdot 10^5$
Ca-45	$5 \cdot 10^5$
Ca-47	$5 \cdot 10^5$
Sc-46	$5 \cdot 10^5$
Sc-47	$5 \cdot 10^5$
Sc-48	$1 \cdot 10^5$
V-48	$1 \cdot 10^5$
Cr-51	$5 \cdot 10^6$
Mn-51	$1 \cdot 10^5$
Mn-52	$1 \cdot 10^5$
Mn-52m	$1 \cdot 10^5$
Mn-53	$5 \cdot 10^6$
Mn-54	$5 \cdot 10^5$
Mn-56	$1 \cdot 10^5$
Fe-52	$5 \cdot 10^5$
Fe-55	$5 \cdot 10^5$
Fe-59	$5 \cdot 10^5$
Co-55	$5 \cdot 10^5$

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
Co-56	$1 \cdot 10^5$
Co-57	$5 \cdot 10^5$
Co-58	$5 \cdot 10^5$
Co-58m	$5 \cdot 10^6$
Co-60	$5 \cdot 10^4$
Co-60m	$1 \cdot 10^6$
Co-61	$1 \cdot 10^6$
Co-62m	$1 \cdot 10^5$
Ni-59	$5 \cdot 10^6$
Ni-63	$5 \cdot 10^5$
Ni-65	$1 \cdot 10^6$
Cu-64	$1 \cdot 10^6$
Zn-65	$5 \cdot 10^5$
Zn-69	$1 \cdot 10^6$
Zn-69m	$5 \cdot 10^5$
Ga-72	$1 \cdot 10^5$
Ge-71	$5 \cdot 10^6$
As-73	$5 \cdot 10^5$
As-74	$5 \cdot 10^5$
As-76	$1 \cdot 10^5$
As-77	$5 \cdot 10^5$
Se-75	$5 \cdot 10^5$
Br-82	$5 \cdot 10^5$
Kr-74	$5 \cdot 10^5$
Kr-76	$5 \cdot 10^6$
Kr-77	$5 \cdot 10^5$
Kr-79	$1 \cdot 10^5$
Kr-81	$5 \cdot 10^6$
Kr-83m	$5 \cdot 10^6$
Kr-85	$1 \cdot 10^4$
Kr-85m	$5 \cdot 10^6$
Kr-87	$5 \cdot 10^5$
Kr-88	$5 \cdot 10^5$
Rb-86	$1 \cdot 10^5$
Sr-85	$5 \cdot 10^5$

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
Sr-85m	$5 \cdot 10^6$
Sr-87m	$1 \cdot 10^6$
Sr-89	$5 \cdot 10^5$
Sr-90+	$1 \cdot 10^4$
Sr-91	$1 \cdot 10^5$
Sr-92	$5 \cdot 10^5$
Y-90	$1 \cdot 10^5$
Y-91	$5 \cdot 10^4$
Y-91m	$1 \cdot 10^6$
Y-92	$1 \cdot 10^5$
Y-93	$1 \cdot 10^5$
Zr-93+	$5 \cdot 10^4$
Zr-95	$5 \cdot 10^5$
Zr-97+	$1 \cdot 10^5$
Nb-93m	$5 \cdot 10^5$
Nb-94	$5 \cdot 10^4$
Nb-95	$5 \cdot 10^5$
Nb-97	$1 \cdot 10^6$
Nb-98	$1 \cdot 10^5$
Mo-90	$5 \cdot 10^5$
Mo-93	$5 \cdot 10^5$
Mo-99	$5 \cdot 10^5$
Mo-101	$1 \cdot 10^6$
Tc-96	$5 \cdot 10^5$
Tc-96m	$5 \cdot 10^6$
Tc-97m	$5 \cdot 10^5$
Tc-97	$5 \cdot 10^6$
Tc-99	$5 \cdot 10^6$
Tc-99m	$5 \cdot 10^6$
Ru-97	$5 \cdot 10^5$
Ru-103	$5 \cdot 10^5$
Ru-105	$5 \cdot 10^5$
Ru-106+	$5 \cdot 10^4$
Rh-103m	$5 \cdot 10^6$
Rh-105	$5 \cdot 10^5$
Pd-103	$5 \cdot 10^5$
Pd-109	$5 \cdot 10^5$
Ag-105	$5 \cdot 10^5$
Ag-108m+	$5 \cdot 10^4$
Ag-110m	$5 \cdot 10^4$
Ag-111	$5 \cdot 10^5$
Cd-109	$5 \cdot 10^4$

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
Cd-115	$5 \cdot 10^5$
Cd-115m	$5 \cdot 10^4$
In-111	$5 \cdot 10^5$
In-113m	$1 \cdot 10^6$
In-114m	$5 \cdot 10^4$ *
In-115m	$1 \cdot 10^6$
Sn-113	$5 \cdot 10^5$
Sn-125	$1 \cdot 10^5$
Sb-122	$1 \cdot 10^4$
Sb-124	$5 \cdot 10^5$
Sb-125	$5 \cdot 10^5$
Te-123m	$5 \cdot 10^5$
Te-125m	$5 \cdot 10^5$
Te-127	$1 \cdot 10^6$
Te-127m	$5 \cdot 10^5$
Te-129	$1 \cdot 10^6$
Te-129m	$5 \cdot 10^5$
Te-131	$1 \cdot 10^5$
Te-131m	$5 \cdot 10^5$
Te-132	$5 \cdot 10^5$
Te-133	$1 \cdot 10^5$
Te-133m	$1 \cdot 10^5$
Te-134	$1 \cdot 10^6$
I-123	$5 \cdot 10^5$
I-125	$5 \cdot 10^4$
I-126	$5 \cdot 10^4$
I-129	$1 \cdot 10^5$
I-130	$5 \cdot 10^5$
I-131	$5 \cdot 10^4$
I-132	$1 \cdot 10^5$
I-133	$5 \cdot 10^5$
I-134	$1 \cdot 10^5$
I-135	$5 \cdot 10^5$
Xe-131m	$1 \cdot 10^4$
Xe-133	$1 \cdot 10^4$
Xe-135	$5 \cdot 10^6$
Cs-129	$1 \cdot 10^5$
Cs-131	$1 \cdot 10^6$
Cs-132	$1 \cdot 10^5$
Cs-134	$1 \cdot 10^4$
Cs-134m	$1 \cdot 10^5$
Cs-135	$5 \cdot 10^6$

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
Cs-136	$1 \cdot 10^5$
Cs-137+	$1 \cdot 10^4$
Cs-138	$1 \cdot 10^4$
Ba-131	$5 \cdot 10^5$
Ba-140+	$1 \cdot 10^5$
La-140	$1 \cdot 10^5$
Ce-139	$5 \cdot 10^5$
Ce-141	$5 \cdot 10^5$
Ce-143	$5 \cdot 10^5$
Ce-144+	$5 \cdot 10^4$
Pr-142	$1 \cdot 10^5$
Pr-143	$5 \cdot 10^5$
Nd-147	$5 \cdot 10^5$
Nd-149	$1 \cdot 10^6$
Pm-147	$5 \cdot 10^5$
Pm-149	$5 \cdot 10^5$
Sm-151	$5 \cdot 10^4$
Sm-153	$5 \cdot 10^5$
Eu-152	$5 \cdot 10^4$
Eu-152m	$5 \cdot 10^5$
Eu-154	$5 \cdot 10^4$
Eu-155	$5 \cdot 10^4$
Gd-153	$5 \cdot 10^5$
Gd-159	$5 \cdot 10^5$
Tb-160	$5 \cdot 10^5$
Dy-165	$1 \cdot 10^6$
Dy-166	$5 \cdot 10^5$
Ho-166	$1 \cdot 10^5$
Er-169	$5 \cdot 10^5$
Er-171	$5 \cdot 10^5$
Tm-170	$5 \cdot 10^5$
Tm-171	$5 \cdot 10^5$
Yb-175	$5 \cdot 10^5$
Lu-177	$5 \cdot 10^5$
Hf-181	$5 \cdot 10^5$
Ta-182	$1 \cdot 10^4$
W-181	$5 \cdot 10^6$
W-185	$5 \cdot 10^5$
W-187	$5 \cdot 10^5$
Re-186	$5 \cdot 10^5$
Re-188	$1 \cdot 10^5$
Os-185	$5 \cdot 10^5$

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
Os-191	$5 \cdot 10^5$
Os-191m	$5 \cdot 10^6$
Os-193	$5 \cdot 10^5$
Ir-190	$5 \cdot 10^5$
Ir-192	$1 \cdot 10^4$
Ir-194	$1 \cdot 10^5$
Pt-191	$5 \cdot 10^5$
Pt-193m	$5 \cdot 10^5$
Pt-197	$5 \cdot 10^5$
Pt-197m	$1 \cdot 10^6$
Au-198	$5 \cdot 10^5$
Au-199	$5 \cdot 10^5$
Hg-197m	$5 \cdot 10^5$
Hg-197	$5 \cdot 10^5$
Hg-203	$1 \cdot 10^5$
Tl-200	$5 \cdot 10^5$
Tl-201	$1 \cdot 10^6$
Tl-202	$5 \cdot 10^5$
Tl-204	$1 \cdot 10^4$
Pb-203	$5 \cdot 10^5$
Pb-210+	$5 \cdot 10^3$
Pb-212+	$5 \cdot 10^4$
Bi-206	$1 \cdot 10^5$
Bi-207	$5 \cdot 10^5$
Bi-210	$5 \cdot 10^4$
Bi-212+	$1 \cdot 10^5$
Po-203	$1 \cdot 10^6$
Po-205	$1 \cdot 10^6$
Po-207	$1 \cdot 10^6$
Po-210	$5 \cdot 10^3$
At-211	$5 \cdot 10^4$
Rn-220+	$5 \cdot 10^6$
Rn-222+	$5 \cdot 10^5$
Ra-223+	$5 \cdot 10^3$
Ra-224+	$5 \cdot 10^4$
Ra-225	$5 \cdot 10^3$
Ra-226+	$5 \cdot 10^3$
Ra-227	$1 \cdot 10^6$
Ra-228+	$5 \cdot 10^3$
Ac-228	$5 \cdot 10^4$
Th-226+	$5 \cdot 10^5$
Th-227	$5 \cdot 10^3$

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
Th-228+	$5 \cdot 10^3$
Th-229+	$1 \cdot 10^3$
Th-230	$5 \cdot 10^3$
Th-231	$5 \cdot 10^5$
Th-232sec	$1 \cdot 10^3$
Th-234+	$1 \cdot 10^5$
Pa-230	$5 \cdot 10^4$
Pa-231	$1 \cdot 10^3$
Pa-233	$5 \cdot 10^5$
U–230+	$5 \cdot 10^3$
U-231	$5 \cdot 10^5$
U–232+	$1 \cdot 10^3$
U-233	$5 \cdot 10^3$
U-234	$5 \cdot 10^3$
U–235+	$1 \cdot 10^4$
U-236	$1 \cdot 10^4$
U-237	$5 \cdot 10^5$
U-238sec	$1 \cdot 10^3$
U–238+	$1 \cdot 10^4$
U-239	$1 \cdot 10^6$
U-240	$5 \cdot 10^5$
U-240+	$5 \cdot 10^5$
Np-237+	$1 \cdot 10^3$
Np-239	$5 \cdot 10^5$
Np-240	$1 \cdot 10^6$
Pu-234	$5 \cdot 10^5$
Pu-235	$5 \cdot 10^6$
Pu-236	$5 \cdot 10^3$
Pu-237	$5 \cdot 10^5$
Pu-238	$5 \cdot 10^3$
Pu-239	$5 \cdot 10^3$
Pu-240	$1 \cdot 10^3$
Pu-241	$5 \cdot 10^3$
Pu-242	$5 \cdot 10^3$
Pu-243	$5 \cdot 10^6$
Pu-244	$1 \cdot 10^4$
Am-241	$5 \cdot 10^3$
Am-242m+	$5 \cdot 10^3$
Am-242	$5 \cdot 10^4$
Am-243+	$1 \cdot 10^3$
Cm-242	$5 \cdot 10^3$
Cm-243	$5 \cdot 10^3$

Radionuclide	Quantità radioattività (Bq)
Cm-244	$5 \cdot 10^3$
Cm-245	$1 \cdot 10^3$
Cm-246	$1 \cdot 10^3$
Cm-247	$5 \cdot 10^3$
Cm-248	$1 \cdot 10^3$
Bk-249	$5 \cdot 10^4$
Cf-246	$5 \cdot 10^4$
Cf-248	$5 \cdot 10^3$
Cf-249	$1 \cdot 10^3$
Cf-250	$5 \cdot 10^3$
Cf-251	$1 \cdot 10^3$
Cf-252	$5 \cdot 10^3$
Cf-253	$5 \cdot 10^4$
Cf-254	$1 \cdot 10^3$
Es-253	$5 \cdot 10^4$
Es-254	$5 \cdot 10^3$
Es-254m	$5 \cdot 10^4$
Fm-254	$5 \cdot 10^4$
Fm-255	$5 \cdot 10^4$

*** N.R. La Direttiva 96/29/EURATOM riporta 10^6.**

TABELLA I-2

Elenco dei radionuclidi in equilibrio secolare

Nuclide padre	Nuclidi figli
Sr-80+	Rb-80
Sr-90+	Y-90
Zr-93+	Nb-93m
Zr-97+	Nb-97
Ru-106+	Rh-106
Ag-108m+	Ag-108
Cs-137+	Ba-137
Ba-140+	La-140
Ce-134+	La-134
Ce-144+	Pr-144
Pb-210+	Bi-210, Po-210
Pb-212+	Bi-212, Tl-208, Po-212
Bi-212+	Tl-208, Po-212
Rn-220+	Po-216
Rn-222+	Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223+	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224+	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Ra-226+	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Pb-210, Bi-210, Po-210, Po-214
Ra-228+	Ac-228

Th-226+	Ra-222, Rn-218, Po-214
Th-228+	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Th-229+	Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213, Pb-209
Th-232sec	Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Th-234+	Pa-234m
U-230+	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-232+	Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
U-235+	Th-231
U-238+	Th-234, Pa-234m
U-238sec	Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Pb-210, Bi-210, Po-210, Po-214
U-240+	Np-240
Np-237+	Pa-233
Am-242m+	Am-242
Am-243+	Np-239

ALLEGATO I bis

1. Elenco delle attività lavorative di cui all'articolo 10 bis, comma 1, lettere c) e d):

a) industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso di fertilizzanti;
b) lavorazione di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite;
c) lavorazione di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari;
d) lavorazione di terre rare;
e) lavorazione ed impiego di composti del torio, per quanto concerne elettrodi per saldatura con torio, produzione di lenti o vetri ottici e reticelle per lampade a gas;
f) produzione di pigmento al biossido di titanio;
g) estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, per quanto concerne presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori.

2. Definizioni

Livello di azione
Valore di concentrazione di attività di radon in aria o di dose efficace, il cui superamento richiede l'adozione di azioni di rimedio che riducano tale grandezza a livelli più bassi del valore fissato.

Radon
Deve intendersi l'isotopo 222 del radon.

Toron
Deve intendersi l'isotopo 220 del radon.

3. Misurazioni
Le misurazioni di cui all'articolo 10 ter, commi 1 e 2, sono fissate in concentrazioni di attività di radon medie in un anno.

4. Livelli di azione
a) Per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10.bis, comma 1, lettere a) e b), il livello di azione è fissato in termini di 500 Bq/m^3 di concentrazione di attività di radon media in un anno.
b) Per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10.bis, comma 1, lettere c), d) ed e) il livello di azione per i lavoratori è fissato in termini di 1 mSv/anno di dose efficace. In questo livello di azione non si tiene conto dell'eventuale esposizione a radon derivante dalle caratteristiche geofisiche e costruttive dell'ambiente su cui viene svolta l'attività lavorativa, per la quale esposizione si applica il livello di azione di cui alla lettera a), fatta eccezione per gli stabilimenti termali.,
c) Per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10.bis, comma 1, lettere c) e d), il livello di azione per le persone del pubblico è fissato ***(…)*** in 0,3 mSv/anno di dose efficace.
d) Il datore di lavoro non è tenuto, ai sensi dell'art.10.quinquies comma 8, a porre in essere azioni di rimedio ove la dose di cui allo stesso comma non sia superiore a 3 mSv/anno.

5. Registrazioni
Le registrazioni di cui all'art.10.quinquies comma 4 sono eseguite in termini di esposizione individuale: in Bq m^{-3} e ore di esposizione oppure in Bq h m^{-3} e ore di esposizione.

6. Fattore convenzionale di conversione

Per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori a concentrazione di attività di radon si applica il fattore convenzionale di conversione $3 \cdot 10^{-9}$ Sv di dose efficace per unità di esposizione espressa in Bq h m^{-3} di dose efficace.

7. Attività di volo

Criteri di individuazione delle attività di navigazione aerea

Sono soggette alle disposizioni del presente decreto le attività di navigazione aerea in relazione alle quali il personale navigante sia suscettibile di ricevere, per i voli effettuati, una dose efficace superiore a 1 mSv per anno solare; è considerato suscettibile di ricevere una dose efficace superiore a 1 mSv per anno solare il personale navigante che effettui voli a quote non inferiori a 8.000 metri.

Modalità di valutazione e di registrazione della dose efficace

Nel caso in cui vengano effettuati voli a quote inferiori a 15.000 metri, la valutazione della dose ricevuta dal personale navigante è effettuata mediante appositi codici di calcolo, accettati a livello internazionale e validati da misure su aeromobili in volo su almeno due rotte di lungo raggio a latitudini diverse.

Nel caso in cui vengano, di regola, effettuati voli a quote uguali o superiori a 15.000 metri, la valutazione della dose efficace ricevuta dal personale navigante è eseguita oltre che avvalendosi dei suindicati codici di calcolo, mediante dispositivi di misura attivi in grado di rivelare variazioni significative di breve durata dei livelli di radiazioni ionizzanti dovuti ad attività solare.

ALLEGATO II. - SPEDIZIONI, IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DI RIFIUTI RADIOATTIVI

1. Esenzioni

1.1. Le disposizioni di cui all'articolo 32 , comma 1 del presente decreto non si applicano:
a) ai rifiuti radioattivi nei quali la concentrazione di radionuclidi è inferiore a 100 Bq/g, ovvero a 500 Bq/g nel caso di sostanze radioattive naturali solide
b) alle sorgenti sigillate che vengano rispedite dall'utilizzatore al fornitore e che non contengano materie fissili speciali.

2. Invio di rifiuti radioattivi verso Stati membri dell'Unione Europea.

2.1. Il detentore di rifiuti radioattivi sul territorio italiano che intenda spedirli o farli spedire in altro Stato membro dell'Unione Europea deve far pervenire all'Autorità competente di cui all'articolo 32, comma 2, la domanda di autorizzazione alla spedizione dei rifiuti utilizzando la parte 1 del Documento uniforme riportato nell'Appendice 1 del presente Allegato. Copia della domanda deve essere inviata anche all'ANPA.
2.2. L'Autorità competente italiana, acquisisce, ove previsto, il parere dell'ANPA ed invia per l'approvazione la domanda alle Autorità competenti del Paese di destinazione e degli eventuali Paesi di transito, indicate nell'Appendice 2.
2.3. Se tutte le necessarie approvazioni previste per la spedizione sono state concesse, l'Autorità competente italiana autorizza il detentore dei rifiuti a procedere all'invio degli stessi, trasmettendogli la parte 3 del Documento uniforme succitato. Copia di detto documento viene trasmessa dalla Autorità competente italiana alle Autorità che hanno comunicato la loro approvazione, nonché all'ANPA e ai Ministeri dell'Interno, della Sanità, del Lavoro e Previdenza Sociale, dell'Ambiente e dell'Industria, Commercio e Artigianato, ove quest'ultimo non sia l'Autorità competente italiana.
2.4. L'Autorità competente italiana invia copia dell'attestato di ricevimento dei rifiuti radioattivi, trasmessogli dalla Autorità competente del paese di destinazione, al detentore che ha proceduto all'invio degli stessi.

3. Ricevimento di rifiuti radioattivi da Stati membri della Unione Europea.

3.1. L'Autorità competente italiana che ha ricevuto dall'Autorità competente di un Paese membro dell'Unione Europea la richiesta per la spedizione o il transito sul territorio nazionale di rifiuti radioattivi, sentita ove previsto l'ANPA, comunica all'Autorità competente del Paese richiedente la propria approvazione, con eventuali condizioni, oppure il diniego motivato di approvazione, trasmettendole la parte 2 del Documento uniforme. Copia dello stesso documento viene trasmessa all'ANPA e ai Ministeri dell'Interno, della Sanità, del Lavoro e Previdenza Sociale, dell'Ambiente e dell'Industria, Commercio e Artigianato, ove quest'ultimo non sia l'Autorità competente italiana.
3.2. Entro quindici giorni dal ricevimento dei rifiuti radioattivi il destinatario sul territorio italiano trasmette all'Autorità competente italiana e all'ANPA l'attestato di ricevimento, utilizzando il modello di cui alla parte 5 del Documento uniforme,
3.3. L'Autorità competente italiana invia copia dell'attestato alle Autorità degli altri Paesi coinvolti nell'operazione.

4. Transito per spedizioni tra Stati membri dell'Unione Europea.

4.1. Nel caso di transito sul territorio italiano di rifiuti radioattivi oggetto di spedizione tra Stati membri dell'Unione Europea, il Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato sentita l'ANPA, trasmette all'Autorità competente del paese membro dell'Unione Europea che ne ha fatto richiesta la propria approvazione, con eventuali condizioni, oppure il diniego motivato, utilizzando la parte 2 del Documento uniforme.
4.2. Copia dello stesso documento viene trasmessa all'ANPA e ai Ministeri dell'Interno, della Sanità, del Lavoro e Previdenza Sociale e dell'Ambiente.

5. Importazione di rifiuti radioattivi nell'Unione Europea

5.1. Per l'importazione sul territorio italiano di rifiuti radioattivi provenienti da un Paese esterno all'Unione Europea, si segue la procedura indicata al paragrafo 2, con esclusione del punto 2.4. Il destinatario sul territorio italiano deve agire come se fosse il detentore di detti rifiuti.
5.2. L'Autorità competente italiana verifica preventivamente che il destinatario dei rifiuti radioattivi abbia negoziato una clausola con il detentore nel Paese terzo, la quale obblighi il detentore stesso a riprendere i rifiuti qualora la

spedizione non possa essere ultimata.

6. Esportazione di rifiuti radioattivi dall'Unione Europea.
6.1. Per l'esportazione di rifiuti radioattivi dal territorio italiano verso un Paese esterno all'Unione Europea, il detentore presenta domanda di autorizzazione alla spedizione all'Autorità competente italiana, utilizzando la parte 1 del Documento uniforme. L'Autorità italiana, acquisito, ove previsto, il parere dell'ANPA, trasmette la domanda all'Autorità del Paese di destinazione e alle Autorità degli eventuali Paesi di transito.
6.2. L'Autorità competente italiana verifica preventivamente che il detentore dei rifiuti abbia negoziato con il destinatario degli stessi una clausola contrattuale che obblighi quest'ultimo a rendere tempestivamente una dichiarazione o un attestato dell'avvenuto arrivo dei rifiuti, indicante altresì il valico di frontiera d'ingresso nel Paese di destinazione.
6.3. Acquisite le approvazioni degli eventuali Paesi di transito, l'Autorità competente italiana autorizza il detentore ad effettuare la spedizione, trasmettendogli la parte 3 del Documento uniforme e invia copia di detto documento all'Autorità del Paese di destinazione e alle Autorità degli eventuali Paesi di transito. Copia dello stesso documento viene trasmessa all'ANPA e ai Ministeri dell'Interno, della Sanità, del Lavoro e Previdenza Sociale, dell'Ambiente e dell'industria, Commercio e Artigianato, ove quest'ultimo non sia l'Autorità competente italiana.
6.4. Entro due settimane a decorrere dalla data di arrivo a destinazione dei rifiuti radioattivi, il detentore iniziale dei rifiuti stessi, utilizzando la parte 5 del Documento uniforme, notifica all'Autorità competente italiana che detti rifiuti hanno raggiunto la loro destinazione, indicando l'ultimo valico di frontiera dell'Unione Europea attraversato.

7. Transito di rifiuti radioattivi provenienti e destinati a un Paese non facente parte dell'Unione Europea.
7.1. Per il transito sul territorio italiano di rifiuti radioattivi provenienti e destinati verso un Paese non facente parte dell'Unione Europea, per i quali l'Italia è il paese d'ingresso nell'Unione va seguita la procedura indicata al paragrafo 2, con esclusione del punto 2.4. E' considerato detentore il responsabile della spedizione sul territorio italiano.
7.2. Il Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato verifica preventivamente che il detentore dei rifiuti radioattivi con sede nel Paese esterno all'Unione Europea si sia impegnato formalmente, mediante una dichiarazione, a riprendere i rifiuti qualora la spedizione non possa essere ultimata.

8. Documentazione di accompagnamento delle spedizioni di rifiuti radioattivi
8.1. Il detentore di rifiuti radioattivi, prima di ciascuna spedizione, compila un elenco dei colli oggetto della spedizione stessa, utilizzando la parte 4 del Documento uniforme. Detto elenco deve accompagnare, insieme alle Parti 1 e 3 del Documento uniforme, i rifiuti radioattivi durante la spedizione e dovrà essere allegato all'attestato di ricevimento.

9. Criteri per le autorizzazioni
9.1. Non possono essere autorizzate esportazioni di rifiuti radioattivi:
a) con destinazione a sud della latitudine 60° sud
b) verso uno Stato che non sia membro dell'Unione Europea e che sia parte della quarta Convenzione ACP-CEE, salvo quanto previsto al punto 9.2., lettere *a*) e *b*)
c) verso un paese esterno all'Unione Europea che, in base ai criteri definiti dalla Commissione Europea ai sensi dell'articolo 20 della direttiva 92/3/EURATOM, non possegga risorse tecniche, giuridiche o amministrative atte a garantire una gestione sicura dei rifiuti.
9.2. Se sono rispettate le disposizioni di legge applicabili, le autorizzazioni di cui all'articolo 32, comma 1 non possono essere rifiutate:
a) per il ritorno al paese di origine di rifiuti radioattivi equivalenti a quelli che siano stati in precedenza spediti o esportati ai fini del loro trattamento
b) per il ritorno al paese di origine dei rifiuti radioattivi e degli altri materiali prodotti dal ritrattamento di combustibile nucleare irradiato che sia stato effettuato in un paese diverso
c) per il ritorno dei rifiuti al detentore che ha effettuato la spedizione, nel caso in cui questa non possa essere ultimata.
9.3. Una domanda può riguardare più di una spedizione purché:
a) i residui radioattivi a cui essa si riferisce presentino essenzialmente le stesse caratteristiche fisiche, chimiche e

radioattive, e
b) si tratti di spedizioni dal medesimo detentore al medesimo destinatario e siano coinvolte le stesse autorità competenti, e
c) gli inoltri previsti, qualora le spedizioni interessino paesi terzi, siano effettuati attraverso lo stesso valico di frontiera di entrata e/o di uscita dell'Unione Europea e attraverso lo stesso valico di frontiera del paese terzo o dei paesi terzi interessati, salvo diverso accordo tra le autorità competenti interessate.
9.4. L'autorizzazione è valida per un periodo non superiore a tre anni.
9.5. Le condizioni di cui ai punti 3.1 e 4.1 eventualmente definite dall'Autorità competente italiana non possono essere più gravose di quelle previste per analoghe spedizioni nazionali.

ALLEGATO III

DETERMINAZIONE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 82 DEL PRESENTE DECRETO, DEI CRITERI PER L'ADOZIONE DELLA SORVEGLIANZA FISICA NONCHÉ DEI CRITERI E DELLE MODALITÀ PER LA CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI, DEGLI APPRENDISTI, DEGLI STUDENTI E DELLE AREE DI LAVORO.

0. Definizioni

0.1. Ai fini del presente Allegato valgono, oltre quelle di cui al Capo II, le definizioni di cui all'Allegato IV.

1. Classificazione dei lavoratori ai fini della radioprotezione

1. Classificazione dei lavoratori ai fini della radioprotezione

1.1. Sono classificati lavoratori esposti i soggetti che, in ragione della attività lavorativa svolta per conto del datore di lavoro, sono suscettibili di ***superare in un anno solare uno o più dei seguenti valori:***

a) 1 mSv di dose efficace;

b) 15 mSv di dose equivalente per il cristallino;

c) 50 mSv di dose equivalente per la pelle, calcolato in media su 1 cm^2 qualsiasi di pelle, indipendentemente dalla superficie esposta;

d) 50 mSv di dose equivalente per mani, avambracci, piedi, caviglie.".

1.2. Sono considerati lavoratori non esposti i soggetti sottoposti, in ragione dell'attività lavorativa svolta per conto del datore di lavoro, ad una esposizione che non sia suscettibile di superare uno qualsiasi dei limiti fissati per le persone del pubblico dall'Allegato IV.

2. Apprendisti e studenti

2.1. Ai fini dell'applicazione delle disposizioni del presente decreto gli apprendisti e gli studenti esposti al rischio derivante dalle radiazioni ionizzanti, in ragione della attività di studio o di apprendistato, vengono suddivisi nelle seguenti categorie:

a) apprendisti e studenti, di età non inferiore a 18 anni, che si avviano ad una professione nel corso della quale saranno esposti alle radiazioni ionizzanti, o i cui studi implicano necessariamente l'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti;

b) apprendisti e studenti di età compresa tra 16 e 18 anni, che si trovino nelle condizioni di cui alla precedente lettera a);

c) apprendisti e studenti di età non inferiore a 16 anni, che non si trovino nelle condizioni di cui alla lettera a);

d) apprendisti e studenti di età inferiore a 16 anni.

3. Classificazione dei lavoratori esposti, degli apprendisti e degli studenti

3.1. Sono classificati in Categoria A i lavoratori esposti che, sulla base degli accertamenti compiuti

dall'esperto qualificato ai sensi del paragrafo 5, sono suscettibili di un'esposizione superiore, in un anno solare, ad uno dei seguenti valori:

a) 6 mSv di dose efficace;

b) i tre decimi di uno qualsiasi dei limiti di dose equivalente fissati al paragrafo 2 dell'Allegato IV, per il cristallino, per la pelle nonchè per mani , avambracci, piedi e caviglie, con le modalità di valutazione stabilite al predetto paragrafo.

3.2. I lavoratori esposti non classificati in Categoria A ai sensi del paragrafo 3.1 sono classificati in Categoria B.

3.3. Agli apprendisti ed agli studenti di cui alla lettera a) del paragrafo 2.1 si applicano le modalità di classificazione stabilite per i lavoratori al paragrafo 1 e ai paragrafi 3.1 e 3.2.

3.4. Sono classificati in categoria A i prestatori di lavoro addetti alle lavorazioni minerarie disciplinate dal Capo IV del presente decreto, salvo esplicita dimostrazione di non necessità da parte di un esperto qualificato.

4. Classificazione e delimitazione delle aree di lavoro

4.1. Ogni area di lavoro in cui, sulla base degli accertamenti e delle valutazioni compiuti dall'esperto qualificato ai sensi del paragrafo 5 del presente Allegato, sussiste per i lavoratori in essa operanti il rischio di superamento di uno qualsiasi dei valori di cui al precedente paragrafo 3.1 è classificata Zona Controllata.

4.2. Ogni area di lavoro in cui, sulla base degli accertamenti e delle valutazioni compiuti dall'esperto qualificato ai sensi del paragrafo 5 del presente Allegato, sussiste per i lavoratori in essa operanti il rischio di superamento di uno dei limiti di dose fissati per le persone del pubblico nell'Allegato IV, ma che non debba essere classificata Zona Controllata ai sensi del paragrafo 4.1, è classificata Zona Sorvegliata.

4.3. Le Zone Controllate e le Zone Sorvegliate sono segnalate utilizzando la segnaletica definita dalle norme di buona tecnica o comunque in maniera visibile e comprensibile. Le Zone Controllate sono delimitate e le modalità di accesso ad esse sono regolamentate secondo procedure scritte indicate dall'esperto qualificato al datore di lavoro ai sensi dell'articolo 61, comma 2, e dell'articolo 80 del presente decreto legislativo.

4.4. Nelle procedure di cui al paragrafo 4.3 sono, tra l'altro, previste istruzioni di radioprotezione, adeguate al rischio derivante dalle sorgenti di radiazioni e dalle attività svolte nelle zone controllate e sorvegliate nonché quelle ai fini del controllo di persone e di attrezzature in uscita dalle zone in cui sussista un rischio significativo di diffusione di contaminazione.

5. Accertamenti dell'esperto qualificato

5.1. L'accertamento delle condizioni di cui ai paragrafi 1, 3 e 4 deve essere effettuato da un esperto qualificato di cui all'articolo 77 e da questi comunicato al datore di lavoro ai sensi degli articoli 61, comma 2, e 80.

5.2. Nell'accertamento di cui al paragrafo 5.1. si deve tener conto del rischio di esposizione interna ed esterna, secondo le modalità stabilite nell'Allegato IV, 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.

6. Sorveglianza fisica della radioprotezione

6.1. La sorveglianza fisica della radioprotezione deve essere effettuata, ai sensi dell'articolo 75, ove le attività svolte comportino la classificazione delle aree di lavoro in una o più Zone Controllate o in una o più Zone Sorvegliate oppure comportino la classificazione degli addetti alle attività come lavoratori esposti, anche di categoria B, o come apprendisti e studenti ad essi equiparati ai sensi dei paragrafi 3.3 e 3.4.

6.2. La sorveglianza fisica deve comunque essere effettuata nelle seguenti installazioni:

a) impianti nucleari di cui all'articolo 7;

b) miniere di cui al Capo IV;

c) installazioni soggette all'autorizzazione di cui all'articolo 33;

d) installazioni soggette al nulla osta di Categoria B ai sensi dell'articolo 29;

e) installazioni soggette all'autorizzazione di cui all'articolo 13 della Legge 31 dicembre 1962, n. 1860;

f) installazioni soggette al nulla osta di Categoria A ai sensi dell'articolo 28.

6.3. Fermo restando quanto stabilito al paragrafo 6.1, la sorveglianza fisica può non essere effettuata per le installazioni di cui alle lettera d) del paragrafo 6.2, quando sia data esplicita dimostrazione di non necessità da parte di un esperto qualificato nella relazione di radioprotezione di cui all'articolo 61, comma 2, o di cui all'articolo 80 del presente decreto.

7. Valutazione della dose efficace e delle dosi equivalenti

7.1. La valutazione delle dosi efficaci e delle dosi equivalenti ricevute o impegnate deve essere effettuata, in modo sistematico, dall'esperto qualificato mediante apparecchi o metodiche di misura di tipo individuale per i lavoratori classificati in categoria A.

7.2. Con motivata relazione, ai sensi dell'articolo 80, l'esperto qualificato indica, per gli effetti di cui all'articolo 79, comma 4, se le valutazioni individuali di cui al paragrafo precedente siano impossibili o insufficienti, in quanto tecnicamente non significative in relazione al tipo ed alle caratteristiche delle sorgenti di radiazioni, alle specifiche modalità delle esposizioni ed alla sensibilità delle metodiche di misura.

7.3. Nei casi in cui sia stata ritenuta la non significatività tecnica delle valutazioni individuali, nella relazione di cui al paragrafo 7.2 vengono indicati i criteri e le modalità specifiche con cui sono utilizzati, sempre ai fini delle valutazioni individuali di cui al paragrafo 7.1, i dati della sorveglianza dell'ambiente di lavoro o quelli relativi a misurazioni individuali su altri lavoratori esposti classificati in categoria A.

8. Sorveglianza fisica ambientale nelle Zone Controllate e nelle Zone Sorvegliate

8.1. L'esperto qualificato, nell'ambito della sorveglianza fisica della protezione nelle Zone Controllate e nelle Zone Sorvegliate, deve effettuare le seguenti valutazioni nell'ambiente di lavoro:

a) delle grandezze operative di radioprotezione di cui al paragrafo 12 dell'Allegato IV ai fini della valutazione della dose equivalente e della dose efficace [delle esposizioni esterne e delle relative intensità];

b) della concentrazione volumetrica o superficiale dei radionuclidi contaminanti e della natura, stato fisico e forma chimica di essi.

9. Altre modalità di esposizione. Esposizioni soggette ad autorizzazione speciale.

9.1. In situazioni eccezionali, esclusi gli interventi per emergenze radiologiche e nucleari, lavoratori classificati in categoria A possono essere sottoposti ad esposizioni superiori ai limiti di dose per i lavoratori esposti, quando non si possano utilizzare altre tecniche che permettano di evitarlo e previa autorizzazione speciale da parte delle autorità di vigilanza territorialmente competenti ai sensi dell'articolo 59.

9.2. Le esposizioni di cui al paragrafo 9.1 sono inerenti a situazioni specifiche limitate nel tempo, circoscritte a determinate aree di lavoro e non possono superare i limiti fissati per il caso specifico dalle autorità di vigilanza di cui al paragrafo 9.1 stesso nonché, comunque, il doppio dei limiti di dose fissati nei paragrafi 1 e 2 dell'Allegato IV.

9.3. I datori di lavoro, i dirigenti ed i preposti, nell'ambito delle rispettive attribuzioni e competenze, possono adibire alle operazioni che comportano le esposizioni di cui al paragrafo 9.1 soltanto lavoratori scelti tra quelli preventivamente indicati dal medico autorizzato sulla base dell'età e dello stato di salute.

9.4. Non possono essere in nessun caso sottoposti alle esposizioni di cui al paragrafo 9.1:

a) le donne in età fertile;

b) gli apprendisti e studenti;

b) i lavoratori che abbiano subito, nei dodici mesi precedenti, per qualsiasi motivo, esposizioni comportanti dosi superiori ai valori dei limiti stabiliti ai paragrafi 1 e 2 dell'Allegato IV.

9.5. Le modalità tecniche delle esposizioni di cui al paragrafo 9.1 debbono essere preventivamente valutate ed approvate per iscritto, con apposita relazione, dall'esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica della protezione.

9.6. La richiesta alle autorità di vigilanza territorialmente competenti per l'autorizzazione alle esposizioni di cui al paragrafo 9.1 deve essere corredata di:

a) adeguata descrizione delle operazioni da eseguire;

b) motivazione della necessità delle esposizioni di cui al paragrafo 9.1;

c) relazione dell'esperto qualificato di cui al paragrafo 9.5;

d) resoconti di riunione o riunioni in cui le esposizioni siano state discusse con i lavoratori interessati, i loro rappresentanti, il medico autorizzato e l'esperto qualificato.

9.7. Alle esposizioni di cui al paragrafo 9.1 si applicano le disposizioni di cui all'articolo 91.

ALLEGATO IV

DETERMINAZIONE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 96, DEI LIMITI DI DOSE PER I LAVORATORI, PER GLI APPRENDISTI, GLI STUDENTI E GLI INDIVIDUI DELLA POPOLAZIONE NONCHÉ DEI CRITERI DI COMPUTO E DI UTILIZZAZIONE DELLE GRANDEZZE RADIOPROTEZIONISTICHE CONNESSE.

0. Definizioni

Ai fini del presente allegato valgono, oltre a quelle di cui al Capo II, le definizioni di cui ai paragrafi seguenti.

0.1. Dose equivalente. Fattori di ponderazione delle radiazioni

0.1.1. La dose equivalente $H_{T,R}$ nel tessuto o nell'organo T dovuta alla radiazione R è data da:

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

dove:
$D_{T,R}$ è la dose assorbita media nel tessuto o nell'organo T, dovuta alla radiazione R;
w_R è il fattore di ponderazione per la radiazione R, che dipende dal tipo e dalla qualità del campo di radiazioni esterno, oppure dal tipo e dalla qualità delle radiazioni emesse da un radionuclide depositato all'interno dell'organismo.

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

Fotoni, tutte le energie		1
Elettroni e muoni, tutte le energie		1
Neutroni con energia	< 10 keV	5
con energia	10 keV - 100 keV	10
con energia	> 100 keV - 2 MeV	20
con energia	> 2 MeV - 20 MeV	10
con energia	> 20 MeV	5
Protoni, esclusi i protoni di rinculo, con energia > 2 MeV		5
Particelle alfa, frammenti di fissione, nuclei pesanti		20.

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

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

0.1.4. Per esprimere la dose equivalente totale in modo alternativo, la dose assorbita può essere espressa come distribuzione continua di energia, in cui ciascun elemento della dose assorbita, dovuto ad un'energia compresa tra E ed E + dE, va moltiplicato per il valore di w_R ricavato dal paragrafo 0.1.2 o, nel caso dei neutroni, come approssimazione della funzione continua di cui al paragrafo 0.1.5, integrando sull'intero spettro di energia.

0.1.5. Per i neutroni, ove sorgano difficoltà nell'applicazione dei valori a gradino riportati nel paragrafo 0.1.2, possono essere utilizzati i valori risultanti dalla funzione continua descritta dalla seguente relazione:

$$w_R = 5 + 17 \exp(-((\ln 2E)^2)/6)$$

dove E è l'energia del neutrone espressa in MeV.

0.1.6. Per i tipi di radiazioni e per le energie non comprese nella tabella si può ottenere un valore approssimato di w_R calcolando il fattore di qualità medio $\overline{Q}$, definito nel paragrafo 04, lettera b), ad una profondità di 10 mm nella sfera ICRU di cui al paragrafo 0.4, lettera j).

0.1.7. Il fattore di qualità Q è una funzione del trasferimento lineare di energia non ristretto $L\infty$, di cui al paragrafo 0.4, lettera a), impiegato per la ponderazione delle dosi assorbite in un punto al fine di tener conto della qualità della radiazione.

0.2. Dose efficace

0.2.1. La dose efficace è definita come somma delle dosi equivalenti ponderate nei tessuti ed organi del corpo causate da irradiazioni interne ed esterne ed è data da:

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

dove:
H_T è la dose equivalente nell'organo o tessuto T;
w_T è il fattore di ponderazione per l'organo o il tessuto T;
w_R è il fattore di ponderazione per la radiazione R;
$D_{T,R}$ è la dose assorbita media, nel tessuto o nell'organo T, dovuta alla radiazione R.

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

Gonadi	0,20
Midollo osseo (rosso)	0,12
Colon	0,12
Polmone (vie respiratorie toraciche)	0,12
Stomaco	0,12
Vescica	0,05
Mammelle	0,05
Fegato	0,05
Esofago	0,05
Tiroide	0,05
Pelle	0,01
Superficie ossea	0,01
Rimanenti organi o tessuti	0,05.

0.2.3. I valori dei fattori di ponderazione w_T, determinati a partire da una popolazione di riferimento costituita di un ugual numero di persone di ciascun sesso e di un'ampia gamma di età si applicano, nella definizione della dose efficace, ai lavoratori, alla popolazione e ad entrambi i sessi.

0.2.4. Ai fini del calcolo della dose efficace, per rimanenti organi e tessuti s'intendono: ghiandole surrenali, cervello, vie respiratorie extratoraciche, intestino tenue, reni, tessuto muscolare, pancreas, milza, timo e utero.

0.2.5. Nei casi eccezionali in cui un unico organo o tessuto tra i rimanenti riceva una dose equivalente superiore alla dose più elevata cui è stato sottoposto uno qualsiasi dei dodici organi per cui è specificato il fattore di ponderazione, a tale organo o tessuto si applica un fattore di ponderazione specifico pari a 0,025 e un fattore di ponderazione di 0,025 alla media della dose negli altri rimanenti organi o tessuti come definiti sopra.

0.3. Definizione di particolari grandezze dosimetriche. Sfera ICRU

a) Trasferimento lineare di energia non ristretto ($L\infty$): grandezza definita dalla formula $L\infty = dE/dl$, in cui dE è l'energia media ceduta dalla particella carica nell'attraversamento della distanza dl. Nel presente allegato il mezzo attraversato è l'acqua e $L\infty$ è indicato come L.

b) Fattore di qualità medio $\overline{Q}$: valore medio del fattore di qualità in un punto del tessuto quando la dose assorbita è impartita da particelle aventi diversi valori di L. Tale fattore è calcolato secondo la relazione

$$\overline{Q} = \frac{1}{\overline{D}} \int_0^\infty Q(L) D(L) dL$$

dove D(L)dL è la dose assorbita a 10 mm di profondità nell'intervallo di trasferimento lineare di energia L e L + dL, Q(L) è il fattore di qualità in tale punto. La relazione tra il fattore di qualità, Q(L), ed il trasferimento lineare non ristretto di energia L in keV μm^{-1} nell'acqua è riportata di seguito:

L ($keV \cdot \mu m^{-1}$)	**Q(L)**
< 10	1
10-100	0,32·L- 2,2
> 100	300/√L.

c) Fluenza Φ: quoziente di dN diviso per da, $\Phi = dN/da$, in cui dN è il numero di particelle che entrano in una sfera di sezione massima da;

d) Campo espanso: un campo derivato dal campo di radiazioni reale, in cui la fluenza e le distribuzioni direzionale e di energia hanno valori identici, in tutto il volume interessato, a quelli del campo reale nel punto di riferimento;

e) Campo espanso e unidirezionale: campo di radiazioni in cui la fluenza e la distribuzione d'energia sono uguali a quelle del campo espanso, ma la fluenza è unidirezionale;

f) Equivalente di dose ambientale H*(d): 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; l'unità di misura dell'equivalente di dose ambientale è il sievert;

g) Equivalente di dose direzionale H'(d, Ω): 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 Ω; l'unità di misura dell'equivalente di dose direzionale è il sievert;

h) Equivalente di dose personale $H_p(d)$: equivalente di dose nel tessuto molle, ad una profondità appropriata d, al di sotto di un determinato punto del corpo; l'unità di misura dell'equivalente di dose personale è il sievert;

i) Energia potenziale alfa (dei prodotti di decadimento del ^{222}Rn e del ^{220}Rn): l'energia totale alfa emessa durante il decadimento dei discendenti del ^{222}Rn fino al ^{210}Pb escluso e durante il decadimento dei discendenti del ^{220}Rn fino al ^{208}Pb stabile. L'unità di misura dell'energia potenziale alfa è il joule (J); l'unità di esposizione a una data concentrazione in un determinato periodo di tempo, è il Jhm^{-3}.

j) Sfera ICRU: corpo introdotto dalla ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) allo scopo di riprodurre approssimativamente le caratteristiche del corpo umano per quanto concerne l'assorbimento di energia dovuto a radiazioni ionizzanti; esso consiste in una sfera di 30 cm di diametro costituita da materiale equivalente al tessuto con una densità di 1 $g \cdot cm^{-3}$ e la seguente composizione di massa: 76,2 % di ossigeno, 11,1 % di carbonio; 10,1 % di idrogeno e 2,6 % di azoto;

k) Concentrazione di energia potenziale alfa in aria: somma dell'energia potenziale alfa di tutti i prodotti di decadimento a breve tempo di dimezzamento del ^{222}Rn o del ^{220}Rn presenti nell'unità di volume di aria. L'unità di misura della concentrazione di energia potenziale alfa è il $J \cdot m^{-3}$;

l) Concentrazione equivalente all'equilibrio in aria (di una miscela non in equilibrio dei prodotti di decadimento a breve tempo di dimezzamento del ^{222}Rn o del ^{220}Rn): concentrazione in aria del ^{222}Rn o del ^{220}Rn in equilibrio radioattivo con i relativi prodotti di decadimento a breve tempo di dimezzamento che ha la stessa concentrazione di energia potenziale alfa della miscela non in equilibrio dei prodotti di decadimento del ^{222}Rn o del ^{220}Rn.

1. Limiti di dose efficace per i lavoratori esposti

1.1. Il limite di dose efficace per i lavoratori esposti è stabilito in 20 mSv in un anno solare.

2. Limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti per i lavoratori esposti

2.1. Per i lavoratori esposti, fermo restando il rispetto del limite di cui al paragrafo 1, devono altresì essere rispettati, in un anno solare, i seguenti limiti di dose equivalente:

a) 150 mSv per il cristallino;

b) 500 mSv per la pelle; tale limite si applica alla dose media, su qualsiasi superficie di 1 cm^2, indipendentemente dalla superficie esposta;

c) 500 mSv per mani, avambracci, piedi, caviglie.

3. Limiti di esposizione per apprendisti e studenti

3.1. I limiti di dose per gli apprendisti e per gli studenti di cui al paragrafo 2 dell'Allegato III del presente decreto sono stabiliti nei paragrafi seguenti, in relazione alla suddivisione dei medesimi in ragione dell'età e del tipo di attività lavorativa o di studio.

3.2. Per gli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 2.1, lettera a), dell'Allegato III i limiti di dose efficace e di dose equivalente per particolari organi o tessuti, sono uguali ai limiti fissati per i lavoratori esposti ai sensi dei paragrafi 1 e 2.

3.3. Per gli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 2.1, lettera b), dell'Allegato III, il limite di dose efficace è fissato in 6 mSv per anno solare.

3.4. I limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti relativamente agli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 2.1, lettera b), dell'Allegato III sono fissati, per anno solare, in:

a) 50 mSv per il cristallino;

b) 150 mSv per la pelle; tale limite si applica alla dose media, su qualsiasi superficie di 1 cm^2, indipendentemente dalla superficie esposta;

c) 150 mSv per mani, avambracci, piedi, caviglie.

3.5. Per gli apprendisti e gli studenti di cui al paragrafo 2.1, lettere c) e d), dell'Allegato III i limiti annuali di dose efficace nonché di dose equivalente per particolari organi o tessuti sono rispettivamente uguali alla metà di quelli stabiliti nei paragrafi 7 e 8 per gli individui della popolazione; per detti soggetti, inoltre, ogni singola esposizione correlata alla loro attività non può superare un ventesimo dei limiti annuali di cui agli stessi paragrafi 7 e 8.

4. Metodi di valutazione delle esposizioni per lavoratori, apprendisti e studenti

4.1. La somma delle dosi efficaci ricevute per esposizione esterna, in un anno solare, e impegnate per inalazione o per ingestione a seguito di introduzioni, verificatesi nello stesso periodo, deve rispettare i limiti fissati per i lavoratori nel paragrafo 1.1 e quelli fissati nel paragrafo 3.2 per apprendisti e studenti di cui allo stesso paragrafo.

4.2. Per gli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 3.3 la somma delle dosi ricevute e impegnate, in un anno solare, per esposizione esterna nonché per inalazione o per ingestione che derivino da introduzioni verificatesi nello stesso periodo, deve rispettare il limite di dose efficace cui allo stesso paragrafo 3.3.

4.3. Resta fermo il rispetto dei limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti stabiliti nei paragrafi 2, 3.4.

4.4. Ai fini delle valutazioni di cui ai paragrafi 4.1 e 4.2 si impiega la seguente relazione:

$$E = E_{est} + \Sigma_j\, h(g)_{j,ing}\, J_{j,ing} + \Sigma_j\, h(g)_{j,ina}\, J_{j,ina}$$

dove:
E_{est} è la dose efficace derivante da esposizione esterna;
$h(g)_{j,ing}$ e $h(g)_{j,ina}$ rappresentano la dose efficace impegnata per unità di introduzione del radionuclide j (Sv/Bq) rispettivamente ingerito o inalato da un individuo appartenente al gruppo d'età g pertinente;
$J_{j,ing}$ e $J_{j,ina}$ rappresentano rispettivamente l'introduzione tramite ingestione o tramite inalazione del radionuclide j (Bq).

4.5. I valori di dose efficace impegnata per unità di introduzione tramite ingestione e inalazione, ad eccezione della dose efficace dovuta ai prodotti di decadimento del radon e del toron, da usare nella relazione di cui al paragrafo 4.4 sono riportati:

a) per i lavoratori esposti e per gli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 3.2, nella tabella IV.1 del presente allegato per quanto concerne l'inalazione e l'ingestione e nella tabella IV.2 per quanto concerne l'esposizione a gas reattivi o solubili nonché a vapori;

b) per gli apprendisti e studenti di cui ai paragrafi 3.3 e 3.5, nelle tabelle IV.3 e IV.4 del presente allegato rispettivamente per quanto concerne l'inalazione e l'ingestione nonché nella tabella IV.2 per quanto concerne l'esposizione a gas reattivi o solubili e a vapori, secondo le classi di età dei medesimi soggetti.

4.6. In caso di esposizione per sommersione a nube di gas inerti si applicano i valori di dose efficace per unità di concentrazione integrata in aria riportati nella tabella IV.7.

4 bis. Particolari condizioni i di esposizione

4.bis 1. Qualora per i lavoratori esposti e per gli apprendisti e gli studenti ad essi equiparati ai sensi del paragrafo 3.3 dell'Allegato III sia superato, anche a seguito di esposizioni accidentali, di emergenza o esposizioni soggette ad autorizzazione speciale di cui al paragrafo 9 dell'Allegato III stesso, il limite annuale di dose efficace di 20 mSv di cui al paragrafo 1, le successive esposizioni devono essere limitate, per anno solare, a 10 mSv sino a quando la media annuale delle esposizioni stesse per tutti gli anni solari seguenti, compreso l'anno del superamento, risulti non superiore a 20 mSv.

4 bis 2. Ove in epoca anteriore all'applicazione del presente paragrafo 4 bis sia stato superato il limite annuale di dose efficace di 50 mSv stabilito ai sensi delle norme previgenti, si applicano, ove necessario, le disposizioni di cui al paragrafo 4.bis 1 a partire dall'anno in cui acquistano efficacia le presenti norme".

5. Sorveglianza medica eccezionale

5.1. L'obbligo della sorveglianza medica eccezionale previsto dall'articolo 91 del presente decreto sussiste per i lavoratori esposti, gli apprendisti e gli studenti che, nel corso delle loro attività lavorative o di studio, abbiano subito, in un anno solare:

a) un'esposizione maggiore del limite di 20 mSv fissato al paragrafo 1 per la dose efficace, determinata in base alle indicazioni di cui al paragrafo 4, oppure

b) un'esposizione maggiore di uno dei limiti fissati nel paragrafo 2 per particolari organi o tessuti.

5.2 L'obbligo di comunicazione di cui all'articolo 92 del presente decreto sussiste ove si sia verificata anche una delle condizioni di cui al paragrafo 5.1.

6. Lavoratori autonomi, dipendenti da terzi e lavoratori non esposti

6.1. I limiti di dose per i lavoratori che, in relazione alle proprie occupazioni, sono considerati, ai sensi del paragrafo 1.2 dell'Allegato III, lavoratori non esposti, nonché per i lavoratori autonomi e dipendenti da terzi, di cui all'articolo 67, sono, con riferimento all'attività lavorativa di tali soggetti, pari ai corrispondenti limiti fissati nei paragrafi 7 e 8 per gli individui della popolazione.

7. Limiti di dose efficace per gli individui della popolazione

7.1. Il limite di dose efficace per gli individui della popolazione è stabilito in 1 mSv per anno solare.

8. Limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti per gli individui della popolazione

8.1. Fermo restando il rispetto del limite di cui al paragrafo **7**, per gli individui della popolazione devono altresì essere rispettati in un anno solare i seguenti limiti di dose equivalente:

a) 15 mSv per il cristallino;

b) 50 mSv per la pelle, calcolato in media su 1 cm^2 di pelle, indipendentemente dalla superficie esposta.

9. Metodi di valutazione delle esposizioni per individui della popolazione

9.1. La somma delle dosi efficaci ricevute per esposizione esterna in un anno solare e impegnate per inalazione o per ingestione a seguito di introduzioni verificatesi nello stesso periodo, deve rispettare il limite fissato per gli individui della popolazione nel paragrafo 7.

9.2. Resta fermo il rispetto dei limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti stabiliti nel paragrafo 8.

9.3. Ai fini delle valutazioni di cui al paragrafo 9.1 si impiega la seguente relazione:

$$E = E_{est} + \Sigma_j\, h(g)_{j,ing}\, J_{j,ing} + \Sigma_j\, h(g)_{j,ina}\, J_{j,ina}$$

dove:
E_{est} è la dose efficace derivante da esposizione esterna; $h(g)_{j,ing}$ e $h(g)_{j,ina}$ rappresentano la dose efficace impegnata per unità di introduzione del radionuclide j (Sv/Bq) rispettivamente ingerito o inalato da un individuo appartenente al gruppo d'età g pertinente;
$J_{j,ing}$ e $J_{j,ina}$ rappresentano rispettivamente l'introduzione tramite ingestione o tramite inalazione del radionuclide j (Bq).

9.4. I valori di dose efficace impegnata relativi agli individui della popolazione per unità di introduzione tramite ingestione e inalazione, ad eccezione della dose efficace dovuta ai prodotti di decadimento del radon e del toron, da usare nella relazione di cui al paragrafo 9.3, sono riportati, per sei classi di età, nelle tabelle IV.3 e IV.4 del presente allegato rispettivamente per l'inalazione e per l'ingestione.

9.5. In caso di esposizione per sommersione a nube di gas inerti si applicano i valori di dose efficace per unità di concentrazione integrata in aria riportati nella tabella IV.7.

10. Valutazione di precedenti esposizioni

10.1. Ai fini delle valutazioni inerenti alla sorveglianza di lavoratori, apprendisti, studenti ed individui della popolazione, nonché, in particolare, al rispetto dei limiti di dose per precedenti esposizioni, non è necessario apportare correzioni ai valori determinati ai sensi delle previgenti disposizioni. È altresì consentito sommare valori di equivalente di dose e di equivalente di dose efficace, ottenuti ai sensi delle disposizioni previgenti, rispettivamente a valori di dose equivalente e di dose efficace determinati ai sensi delle disposizioni di questo Allegato.

11. Grandezze operative per la sorveglianza dell'esposizione esterna

11.1. Per la sorveglianza individuale dell'esposizione esterna si usa l'equivalente di dose personale $H_p(d)$ definito nel paragrafo **0.3**.

11.2. Per la sorveglianza dell'esposizione esterna nelle aree di lavoro e nell'ambiente si usano l'equivalente di dose ambientale $H^*(d)$ e l'equivalente di dose direzionale $H'(d, \Omega)$ definiti nel paragrafo **0.3**.

11.3. Per radiazioni a forte penetrazione è raccomandata una profondità di 10 mm; per le radiazioni a debole penetrazione è raccomandata una profondità di 0,07 mm per la pelle e di 3 mm per gli occhi.

12. Esposizione a materie radioattive naturali e a ^{222}Rn, ^{220}Rn. Acque di miniera.

12.1. Le disposizioni concernenti i limiti di dose e le relative modalità di valutazione si applicano alle esposizioni a materie radioattive naturali, ivi comprese quelle relative a ^{222}Rn, ^{220}Rn e relativi prodotti di decadimento, derivanti dalle pratiche di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), incluse le lavorazioni minerarie di cui al capo IV.

12.2. Per i prodotti di decadimento del radon e del toron si applicano i seguenti fattori convenzionali di conversione che esprimono la dose efficace per unità di esposizione all'energia potenziale alfa:

a) ^{222}Rn nelle abitazioni: 1,1 Sv per $J \cdot h \cdot m^{-3}$

b) ^{222}Rn sui luoghi di lavoro: 1,4 Sv per $J \cdot h \cdot m^{-3}$

c) ^{220}Rn sui luoghi di lavoro: 0,5 Sv per $J \cdot h \cdot m^{-3}$.

12.3. Per i prodotti di decadimento del radon e del toron si applicano i seguenti coefficienti di conversione che forniscono l'esposizione espressa in $J \cdot h \cdot m^{-3}$ a partire dall'esposizione unitaria a una concentrazione equivalente all'equilibrio in aria di discendenti a breve tempo di dimezzamento del ^{222}Rn e del ^{220}Rn:

a) $5{,}56 \cdot 10^{-9}$ $J \cdot h \cdot m^{-3}$ per $Bq \cdot h \cdot m^{-3}$ di ^{222}Rn;

b) $7{,}58 \cdot 10^{-8}$ $J \cdot h \cdot m^{-3}$ per $Bq \cdot h \cdot m^{-3}$ di ^{220}Rn.

12.4. I limiti di dose relativi ad esposizioni lavorative a ^{222}Rn possono essere espressi, oltre che in Sv o sottomultipli, come: 14 $mJ \cdot h \cdot m^{-3}$ in un anno solare.

12.5. Il valore relativo alle acque di miniera, di cui all'articolo 16, comma 1, del presente decreto, è pari a 10^3 $Bq \cdot m^{-3}$.

13. Casi di non applicazione

13.1. Ai sensi dell'articolo 96, comma 5, i limiti di dose di cui al presente Allegato non si applicano:

a) alle esposizioni ricevute in situazioni di emergenza e durante gli interventi, fermo restando quanto disposto per i lavoratori nel caso di esposizioni prolungate di cui all'articolo 126 bis;

b) alle esposizioni soggette ad autorizzazione speciale di cui al paragrafo 9 dell'Allegato III, fermo restando il rispetto dei particolari limiti e condizioni stabiliti nello stesso paragrafo 9 dell'Allegato III;

14. Tabelle e relative modalità di applicazione

14.1. Tabella IV.1 - Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per inalazione e per ingestione per i lavoratori. La tabella contiene, per l'ingestione, valori corrispondenti a diversi

fattori f_1 di transito intestinale. Per quanto riguarda l'inalazione, la tabella contiene valori relativi a diversi tipi di assorbimento polmonare (F, M, S), con valori f_1 appropriati per il componente dell'attività introdotta trasferito nel tratto gastrointestinale, nonché a due valori , 1 μm e 5 μm, dello AMAD (Activity Median Aerodynamic Diameter); in mancanza di informazioni specifiche sul valore di detta grandezza, si usano i coefficienti di dose relativi a 5 μm. Per indicazioni sui valori f_1 di transito intestinale, nei casi di introduzione per ingestione, relativi a composti chimici si veda la tabella IV.5. Per indicazioni sui tipi di assorbimento polmonare e sui valori f_1 relativi a composti chimici si veda la tabella IV.6.

14.2. Tabella IV.2 - Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per inalazione di gas solubili o reattivi e vapori. La tabella è suddivisa in sei classi di età; i valori per gli adulti con età maggiore di 17 anni sono applicabili anche ai lavoratori esposti. La tabella contiene valori relativi a diversi tipi di assorbimento polmonare (F, V), con valori f_1 appropriati per il componente dell'introduzione espulso nel tratto gastrointestinale.

14.3. Tabella IV.3 - Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per inalazione per individui della popolazione. La tabella è suddivisa in sei classi di età e contiene valori relativi a diversi tipi di assorbimento polmonare (F, M, S), con valori f_1 appropriati per il componente dell'introduzione espulso nel tratto gastrointestinale. Per gli individui della popolazione i tipi di assorbimento polmonare e i fattori di transito intestinale f_1 devono tener conto, in base ai più recenti orientamenti internazionali disponibili, della forma chimica in cui si trova l'elemento; se non sono disponibili informazioni recenti su questi parametri, viene utilizzato il valore più restrittivo. Per le indicazioni sui tipi di assorbimento polmonare raccomandati si veda la tabella IV.8.

14.4. Tabella IV.4 - Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per ingestione per individui della popolazione. La tabella è suddivisa in sei classi di età e contiene coefficienti di dose corrispondenti a diversi fattori f_1 di transito intestinale relativi a bambini di età non superiore ad un anno e a soggetti di età maggiore.

14.5. Tabella IV.5 - Valori di f_1 per il calcolo dei coefficienti della dose efficace da ingestione per lavoratori. La tabella contiene, distinti per elemento, i valori del fattore f_1 di transito intestinale per i diversi composti chimici, nei casi di introduzione tramite ingestione.

14.6. Tabella IV.6 - Composti, tipi di assorbimento polmonare e valori di f_1 per il calcolo di coefficienti di dose efficace per unità di introduzione da inalazione per i lavoratori esposti, gli apprendisti e gli studenti di 18 o più anni di età. La tabella contiene, distinti per elemento, i tipi di assorbimento polmonare ed i valori dei fattori f_1 di transito intestinale per i diversi composti chimici.

14.7. Tabella IV.7 - Dose efficace per esposizione di adulti a gas inerti. La tabella contiene i valori dei coefficienti di dose efficace per unità di concentrazione integrata in aria, nei casi di esposizione per sommersione nube, applicabili a lavoratori esposti ed a individui adulti della popolazione. Per l'esposizione ai prodotti di decadimento dei gas ^{222}Rn e ^{220}Rn, si veda il paragrafo 12.2.

14.8. Tabella IV.8 - Tipi di assorbimento polmonare (F, M, S, G) per il calcolo dei coefficienti della dose efficace da inalazione di particolato, gas e vapori per gli individui della popolazione. La tabella contiene, per elemento, l'indicazione, tramite asterisco, del tipo di assorbimento polmonare raccomandato.

ALLEGATO V

ISTITUZIONE DEGLI ELENCHI DEGLI ESPERTI QUALIFICATI E DEI MEDICI AUTORIZZATI E DETERMINAZIONE AI SENSI DEGLI ARTICOLI 78 E 88 DELLE MODALITÀ, TITOLI DI STUDIO, ACCERTAMENTO DELLA CAPACITÀ TECNICO-PROFESSIONALE PER L'ISCRIZIONE.

1. Elenchi nominativi

1.1. Sono istituiti presso il Ministero del Lavoro- Direzione Generale Rapporti di Lavoro- gli elenchi nominativi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati, incaricati rispettivamente della sorveglianza fisica e della sorveglianza medica della radioprotezione, secondo quanto stabilito dagli artt. 78 e 88.

1.2. Gli elenchi nominativi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati, costituiti separatamente, devono contenere, per ciascuno degli iscritti , il cognome, il nome, il luogo e la data di nascita, il domicilio, il codice fiscale, la data ed il numero di iscrizione.

1.3. Per l'iscrizione negli elenchi di cui al punto 1.1 devono essere osservate le modalità stabilite nel presente allegato.

2. Requisiti per l'iscrizione

2.1. Agli elenchi nominativi di cui al precedente punto 1.1. possono essere iscritti. su domanda diretta al Ministero del Lavoro - Direzione Generale Rapporti di Lavoro- coloro che:

a) siano cittadini italiani o di Stati membri dell'Unione Europea, ovvero cittadini di altri Stati nei cui confronti vige un regime di reciprocità;

b) godano dei diritti politici e non risultino essere stati interdetti;

c) siano in possesso dei titoli previsti dal successivo punto 9, se aspiranti all'iscrizione nell'elenco degli esperti qualificati, ovvero dei titoli previsti dal successivo punto 14 se aspiranti all'elenco dei medici autorizzati;

d) siano dichiarati abilitati dalle competenti Commissioni di cui ai punti 3 e 4 allo svolgimento dei compiti di sorveglianza fisica e medica della radioprotezione;

e) non siano stati cancellati dagli elenchi nominativi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati negli ultimi cinque anni ai sensi del punto 15 lettere a) e b).

3. Commissione per l'iscrizione nell'elenco nominativo degli esperti qualificati.

3.1. Presso il Ministero del lavoro- Direzione Generale Rapporti di Lavoro- è istituita la Commissione per l'iscrizione nell'elenco nominativo degli esperti qualificati.

3.2. La Commissione è composta da laureati in materia tecnico-scientifiche, esperti in sorveglianza fisica della protezione dalle radiazioni ionizzanti di cui:

- due designati dal Ministero del lavoro e della previdenza sociale tra i propri funzionari
- uno designato dal Ministero della sanità tra i propri funzionari
- uno designato dall'Istituto superiore di sanità;
- uno designato dall'Istituto superiore per la sicurezza sul lavoro;
- uno designato dal Ministero dell'università e della ricerca scientifica e tecnologica tra i professori universitari di ruolo;

- due designati dall'Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente, di cui uno esperto in sorveglianza medica della radioprotezione.

Le funzioni di segreteria della Commissione sono espletate da un funzionario del Ministero del Lavoro.

3.3. I componenti della Commissione, il presidente, scelto tra i membri del Ministero del Lavoro, ed il segretario sono nominati con decreto del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, durano in carica cinque anni e possono essere riconfermati.
In corrispondenza di ogni membro effettivo è nominato un supplente.

4. Commissione per l'iscrizione nell'elenco nominativo dei medici autorizzati.

4.1. Presso il Ministero del lavoro- Direzione Generale Rapporti di Lavoro- è istituita la Commissione per l'iscrizione nell'elenco nominativo dei medici autorizzati.
4.2. La Commissione è composta da laureati , esperti in materia di sorveglianza medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti, di cui:

- due designati dal Ministero del lavoro e della previdenza sociale tra i propri funzionari tecnici;
- uno designato dal Ministero della sanità tra i propri funzionari tecnici;
- uno designato dall'Istituto superiore di sanità;
- uno designato dall'Istituto superiore per la sicurezza sul lavoro;
- uno designato dal Ministero dell'università e della ricerca scientifica e tecnologica tra i professori universitari di ruolo;
- due designati dall'Agenzia nazionale per la proiezione dell'ambiente, di cui uno laureato in materie scientifiche esperto in sorveglianza fisica della radioprotezione.

Le funzioni di segreteria della Commissione sono espletate da un funzionario del Ministero del Lavoro.

4.3. I componenti della Commissione, il presidente, scelto tra i membri del Ministero del Lavoro, ed il segretario sono nominati con decreto del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, durano in carica cinque anni e possono essere riconfermati.
In corrispondenza di ogni membro effettivo è nominato un supplente.

5. **Compiti e deliberazioni delle Commissioni**

5.1. Alle Commissioni di cui ai punti 3 e 4 spettano le deliberazioni relative all'iscrizione nell'elenco nominativo di rispettiva competenza.

5.2. Esse decidono, nel merito tecnico e scientifico, sulla validità ed idoneità della documentazione comunque esibita dagli interessati ai fini dell'iscrizione. Le Commissioni esprimono altresì proposte o pareri nel merito della sospensione e della cancellazione dagli elenchi e sottopongono all'esame di abilitazione i richiedenti che vi siano stati ammessi.
La Commissione di cui al punto 4 esprime inoltre pareri in merito ai ricorsi di cui all’art.95.

5.3 Le deliberazioni delle Commissioni sono valide in presenza della metà più uno dei componenti e sono adottate a maggioranza. In caso di parità dei voti prevale il voto del presidente.

5.4. Le deliberazioni delle Commissioni sono definitive.

6. Accertamento della capacita. tecnica e professionale

6.1. L'abilitazione, prevista al punto 2 lettera d), è conseguita dal richiedente l'iscrizione con il superamento di un esame i cui contenuti sono definiti nei successivi punti 10, 11 e 12 per l'iscrizione negli elenchi degli esperti qualificati e nel punto 14 per l'iscrizione nell'elenco dei medici autorizzati.

6.2 In base all'esito del predetto esame il richiedente viene considerato "abilitato' o "non abilitato".
Limitatamente agli esperti qualificati, l'abilitazione può essere riconosciuta per gradi inferiori a quello richiesto.

7. Modalità per l'ammissione e lo svolgimento dell'esame di abilitazione.

7.1. Con la domanda di ammissione all'esame di abilitazione per l'iscrizione negli elenchi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati il candidato deve dimostrare il possesso, anche nei modi e nelle forme stabilite dalla legge 4 gennaio 1968, n. 15, di tutti i requisiti previsti dal punto 2 lettere a), b) ed e) e dei titoli di studio indicati alla lettera c), nonché di aver provveduto al pagamento della tassa d'esame, valido per una sola sessione. Alla domanda di ammissione va anche allegato l'attestato di tirocinio di cui al punto 9.3

7.2. La frequenza delle sessioni di esame è annuale: ai predetti esami vengono ammessi i richiedenti che abbiano prodotto domanda entro il 31 dicembre del precedente anno solare.

7.3. Gli esami di abilitazione si svolgono a Roma; la relativa data e sede sono comunicate agli interessati almeno quindici giorni prima dello svolgimento delle prove stesse.

7.4. La mancata presentazione, per qualunque motivo, all'esame di abilitazione è considerata come rinuncia.

7.5. L'esame di abilitazione per l'accertamento del possesso da parte del richiedente l'iscrizione nell'elenco degli esperti qualificati dei requisiti di preparazione, verte sui principi teorici delle materie indicate nei punti 10, 11 e 12 nonché su argomenti concernenti l'applicazione pratica dei principi e delle tecniche di radioprotezione e dosimetria.

7.6. L'esame di cui al punto 7.5 può essere completato a giudizio della Commissione con l'effettuazione di prove pratiche e scritte.

7.7. L'esame di abilitazione per l'accertamento del possesso da parte del richiedente l'iscrizione nell'elenco nominativo dei medici autorizzati dei requisiti di preparazione verte sulle materie ed argomenti relativi alle attribuzioni e compiti del medico autorizzato ed indicate al successivo punto 14.

8. Iscrizione negli elenchi

8.1. Coloro che sono stati dichiarati abilitati dalle Commissioni di cui al punti 3 e 4 possono essere iscritti nei relativi elenchi previa domanda redatta su carta legale e diretta al Ministero del Lavoro- Direzione Generale Rapporti di Lavoro.

8.2. Alla domanda di cui al punto 8.1 devono essere allegati:
a) certificati in bollo dei titoli posseduti;
b) attestazione del versamento della relativa tassa di concessione governativa nella misura prevista dalle norme in corso;
c) codice fiscale.
d) marca da bollo per il rilascio del certificato di iscrizione.

9. Titoli per l'ammissione all'esame di abilitazione per l'iscrizione nell'elenco degli esperti qualificati.

9.1. Per l'accesso ai vari gradi di abilitazione previsti dall'articolo 78 sono richiesti:
a) per l'abilitazione di primo grado:
- laurea o diplomi universitari (laurea breve) in fisica, o in chimica, o in chimica industriale o in ingegneria e un periodo di tirocinio di almeno 120.giorni lavorativi presso strutture che utilizzano sorgenti per le quali è richiesta l'abilitazione di I grado e sotto la guida del relativo esperto qualificato.

b) per l'abilitazione di II grado:
- laurea o diplomi universitari (laurea breve) in fisica, o in chimica, o in chimica industriale o in ingegneria, il periodo di tirocinio di cui al punto a) ed un periodo di tirocinio di almeno 120 giorni lavorativi presso strutture che utilizzano sorgenti per le quali è richiesta l'abilitazione di II grado e sotto la guida del relativo esperto qualificato.

c) per l'abilitazione di III grado:
- laurea in fisica, o in chimica o in chimica industriale o in ingegneria, i periodi di tirocinio di cui ai punti a) e b) ed un periodo di tirocinio di almeno 120 giorni lavorativi presso strutture che utilizzano acceleratori di elettroni di energia superiore a 10 MeV o acceleratori di particelle diverse dagli elettroni, o presso impianti di cui al Capo VII, sotto la guida del relativo esperto qualificato.

9.2. L'inizio del tirocinio di cui al punto 9.1 deve essere comunicato alla Direzione Provinciale del Lavoro competente per territorio, che provvede ad effettuare i necessari controlli.

9.3. L'attestazione di tirocinio deve essere rilasciata dall'esercente delle sorgenti presso le quali viene effettuato il tirocinio stesso.

9.4. Il tirocinio non è richiesto per coloro che sono in possesso di diploma di specializzazione post-laurea in fisica sanitaria o specializzazioni equipollenti.

10. Contenuto dell'esame per l'iscrizione nel primo grado di abilitazione dell'elenco degli esperti qualificati.

10.1 Il richiedente l'iscrizione al primo grado di abilitazione deve dimostrare di possedere un'adeguata conoscenza in materia di:

- Fisica nucleare e fisica atomica di base;
- Biologia di base;
- natura e proprietà della radiazione elettromagnetica ionizzante, modalità di interazione con la materia;
- caratteristiche di funzionamento delle apparecchiature emittenti raggi X, parametri

radioprotezionistici, carico di lavoro, barriere primarie e secondarie, loro progettazione e verifica;
- tipi e usi delle sorgenti RX : attrezzature sanitarie per diagnostica e terapia, industriali, per la ricerca scientifica (es.cristallografia).
- protezione del paziente, in particolare legislazione nazionale e comunitaria in materia di radioprotezione del paziente, incluse le disposizioni relative alle esposizioni potenziali e alle attrezzature;
- problemi specifici del controllo delle esposizioni del personale e del pubblico in ambito sanitario;
- grandezze e unità di misura;
- rilevazione e dosimetria dei raggi X: principi teorici, teoria della cavità, metodi e strumenti di misura (incluse le incertezze e i limiti di rivelazione), loro taratura e collaudo ;
- dosimetria personale per esposizione a raggi X, dosimetri e principi di funzionamento;
- effetti biologici delle radiazioni ionizzanti;
- principi fondamentali delle norme di radioprotezione (epidemiologia, ipotesi lineare degli effetti stocastici, effetti deterministici);
- principi ICRP: giustificazione, ottimizzazione, limitazione delle dosi;
- raccomandazioni/convenzioni internazionali;
- disposizioni legislative nazionali e comunitarie e normative tecniche sulla tutela contro il rischio da radiazioni ionizzanti;
- protezione della popolazione: concetto di gruppo di riferimento, calcolo di dose per tale gruppo;
- valutazione e riduzione dei rischi;
- monitoraggio delle zone classificate;
- ergonomia;
- norme operative e pianificazione per le emergenze;
- procedure di emergenza;
- analisi degli infortuni passati;
- organizzazione della radioprotezione: ruolo degli esperti qualificati, cultura in materia di sicurezza (importanza del comportamento umano), abilità a comunicare (capacità di instillare una cultura della sicurezza negli altri), registrazione (sorgenti, dosi, eventi anomali), permessi di lavoro ed altre autorizzazioni, definizione delle zone e classificazione dei lavoratori, controlli di qualità per sorgenti che richiedono il I grado di abilitazione, relazioni con gli esercenti.

11. **Contenuto dell'esame per l'iscrizione nel secondo grado di abilitazione dell'elenco degli esperti qualificati**

11.1 Il richiedente l'iscrizione al secondo grado di abilitazione deve dimostrare di possedere un'adeguata conoscenza, oltre che degli argomenti indicati al precedente punto 10. anche in materia di:
- argomenti di cui al punto 10 riferiti alle sostanze radioattive;
- rilevazione e misura dei raggi X e gamma di energia fino a 10 Mev;
- interazione delle particelle elementari cariche con la materia;
- rilevazione e misure di flusso delle particelle elementari cariche, dose assorbita;
- tipi di sorgenti: sigillate, non sigillate, acceleratori di elettroni con energia fino a 10 MeV;
- principali impieghi delle sostanze radioattive nell'industria, nella ricerca scientifica

e nella medicina;

- pratiche ed interventi (inclusa la radiazione naturale, in specie il radon);
- controllo delle emissioni e impatto ambientale delle stesse;
- manipolazione di materie radioattive, progettazione di laboratori e reparti per impieghi medici, industriali e nella ricerca scientifica, contaminazione superficiale ed interna, limiti derivati, sistemi di rilevazione e misura per i singoli radioisotopi, inclusi i radionuclidi di origine naturale (in particolare radon e toron);
- dosimetria interna (inclusa la dosimetria per radionuclidi specifici, molecole complesse ecc.)
- calcolo della dose efficace per contaminazione interna, inclusa la dose da radionuclidi naturali;
- problemi speciali di decontaminazione;
- contenimento e filtrazione;
- fisiologia specifica dell'inalazione e dell'ingestione;
- misure di protezione contro l'incorporazione;
- rischi legati alla produzione ed all'uso di isotopi
- uso delle sorgenti sigillate nell'industria: controllo dell'accesso in località periferiche, trasporto, esposizione accidentale dei lavoratori non addetti all'uso delle sorgenti, corretta manipolazione, rischi potenziali, esempi di incidenti che si sono verificati
- rischi specifici associati alla radioattività naturale;
- azioni di rimedio per ridurre le esposizioni nelle attività lavorative con le materie radioattive naturali di cui al Capo III bis;
- gestione dei rifiuti e principi per l'eliminazione degli stessi;
- trasporto di materiali radioattivi;
- cenni sulla radiazione neutronica;
- controlli di qualità per sorgenti che richiedono il II grado di abilitazione.

12. **Contenuto dell'esame per l'iscrizione nel terzo grado di abilitazione dell'elenco degli esperti qualificati**.

12.1 il richiedente l'iscrizione al terzo grado di abilitazione deve dimostrare di possedere un'adeguata conoscenza, oltre che degli argomenti indicati nei precedenti punti 10 e 11, anche in materia di:

- processo e prodotti di fissione e di fusione;
- ingegneria dei reattori;
- fabbricazione del combustibile, tossicità e problemi di misurazione associati agli elementi di alto numero atomico;
- trattamento del combustibile: chimica del processo, telemanipolazione, problemi specifici dello stoccaggio del combustibile e della gestione dei residui;
- criticità;
- misura e rilevazione dei flussi di neutroni, spettrometria, principi e strumenti di misura;
- misura e rilevazione di particelle ad energia elevata;
- dosimetria dei raggi cosmici;
- dosimetria neutronica individuale, caratteristiche e modalità'
- radioprotezione nel campo dell'irradiazione neutronica, progettazione di barriere;
- caratteristiche di installazione e di funzionamento, con particolare riferimento al rischio da radiazioni ionizzanti, delle sorgenti emittenti neutroni;
- caratteristiche di installazione, autorizzazione e gestione, con riferimento al rischio da radiazioni ionizzanti, degli impianti di cui all'articolo 7.

- situazioni di emergenza nucleare.
- Controllo di qualità per sorgenti che richiedono il III grado di abilitazione.

13. **Titoli di studio per l'ammissione all'esame di abilitazione per l'iscrizione nell'elenco dei medici autorizzati**.

13.1 Per l'ammissione all'esame di abilitazione per l'iscrizione nell'elenco nominativo dei medici autorizzati è richiesto il possesso della laurea in medicina e chirurgia nonché del titolo di medico competente ai sensi del decreto legislativo del 19 settembre 1994, n. 626.

14. **Contenuto dell'esame di abilitazione per l'iscrizione nell'elenco dei medici autorizzati**.

14.1 Il richiedente l'iscrizione deve dimostrare di possedere un'adeguata conoscenza dei problemi generali di prevenzione, di diagnostica precoce e di terapia, relativi alle malattie da lavoro, nonché dei problemi particolari riguardanti la patologia, la clinica, l'igiene del lavoro, la radiobiologia e la radiopatologia, la radiotossicologia e la medicina legale connesse con l'impiego delle radiazioni ionizzanti, sia di origine artificiale che naturale. E' richiesta altresì un'adeguata conoscenza dei problemi particolari di igiene della popolazione nei confronti dei rischi da radiazioni ionizzanti, sia di origine artificiale che naturale, e delle disposizioni legislative e regolamentari concernenti la relativa tutela.
Il richiedente deve altresì dimostrare di conoscere gli elementi essenziali della sorveglianza fisica della protezione.

15. **Cancellazioni**

15.1 La cancellazione dagli elenchi nominativi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati si effettua:

a) per disposizione del Ministro del lavoro e della previdenza sociale ai sensi dell'articolo 93;
b) in caso di esercizio dell'attività durante i periodi di sospensione di cui all'articolo 93;
c) su domanda dell'iscritto.
d) in caso di iscrizione ad un grado superiore.

ALLEGATO VI

DETERMINAZIONE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 74, DELLE MODALITÀ E DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE DI EMERGENZA

1. I lavoratori ed il personale delle squadre speciali di intervento che, in relazione all'attività cui sono adibiti, siano suscettibili di incorrere in esposizioni professionali di emergenza, comportanti il rischio di superare anche uno dei limiti di dose stabiliti per i lavoratori esposti, sono soggetti classificati in categoria A preventivamente indicati dal medico autorizzato sulla base dell'età e dello stato di salute.

2. Ai soggetti di cui al paragrafo 1 non si applicano i limiti di dose efficace e di dose equivalente stabiliti per i lavoratori esposti nei paragrafi 1 e 2 dell'Allegato IV.

3. Nella pianificazione e nell'attuazione degli interventi di emergenza, vengono previste ed adottate, per quanto ragionevolmente possibile tenuto conto delle circostanze reali dell'emergenza, dei vincoli tecnici e dei rischi di radioprotezione, le misure necessarie a contenere l'esposizione dei soggetti di cui al paragrafo 1 entro i seguenti livelli operativi:

a) 100 mSv di dose efficace;

b) 300 mSv di dose equivalente al cristallino;

c) 1 Sv di dose equivalente alle mani, agli avambracci, ai piedi ed alle caviglie;

d) 1 Sv di dose equivalente alla pelle.

4. Un'esposizione al disopra dei livelli di cui al paragrafo 3 è ammessa, in via eccezionale, soltanto allo scopo di salvare vite umane per volontari scelti tra le squadre speciali che siano, comunque, informati dei rischi connessi all'intervento specifico da effettuare.

5. Restano ferme le disposizioni di cui agli articoli 74 e 91 del presente decreto legislativo.

6. Nella pianificazione e nell'attuazione degli interventi di emergenza vengono previste ed adottate le misure idonee ad evitare che i lavoratori ed il personale addetto agli interventi, diversi da quelli di cui al paragrafo 1, siano suscettibili di incorrere in esposizioni superiori ai limiti stabiliti per i lavoratori esposti nei paragrafi 1 e 2 dell'Allegato IV.

ALLEGATO VII

Determinazione, ai sensi dell'articolo 18 del presente decreto delle modalità della notifica delle pratiche di importazione e di produzione, a fini commerciali, di materie radioattive, di prodotti, apparecchiature e dispositivi in genere contenenti dette materie, nonchè delle esenzioni da tale obbligo;
Determinazione, ai sensi dell'articolo 18-bis del presente decreto delle disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione per l'aggiunta intenzionale di materie radioattive nella produzione e manifattura di beni di consumo e per l'importazione o l'esportazione di tali beni di consumo;
Determinazione delle modalità di notifica delle pratiche di cui al comma 1 dell'articolo 22 e dei valori di attività e dei valori di concentrazione di attività per unità di massa di cui alle lettere a) e b) del comma 2 dello stesso articolo
Determinazione, ai sensi dell'articolo 19 del presente decreto delle modalità di attuazione dell'obbligo di informativa relativo alle materie radioattive immesse in commercio, nonchè delle esenzioni da tale obbligo;

1. Notifica dell'importazione e della produzione a fini commerciali di materie radioattive

1.1.. Gli obblighi di notifica di cui ai commi 1 e 2 dell'articolo 18 del presente decreto delle pratiche di importazione o produzione a fini commerciali di materie radioattive, di prodotti, apparecchiature e dispositivi in genere contenenti dette materie sussistono allorché, con riferimento alle materie radioattive che siano oggetto dell'importazione o della produzione a fini commerciali, il valore massimo della concentrazione di attività per unità di massa sia superiore ai valori indicati nella Tabella VII-1 oppure l'attività totale riferita ad un anno solare di produzione o importazione sia superiore ai valori indicati nella Tabella VII-1

1.2.Ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di cui al punto 1.1 chiunque intende svolgere le pratiche di cui al punto 1.1 deve comunicare alle amministrazioni ed agli organismi tecnici individuati al comma 4 dell'articolo 18, entro i termini previsti dal citato articolo 18 mediante raccomandata, i seguenti dati ed elementi:

a) generalità, codice fiscale e domicilio del soggetto che esercisce la pratica; qualora si tratti di società debbono essere indicati la denominazione o la ragione sociale, il codice fiscale e la sede legale
b) sede (o sedi), comprese le eventuali installazioni, dove la pratica di importazione o di esportazione verrà svolta;
c) descrizione della pratica, con indicazione delle finalità della pratica;
d) quantità di radioattività delle materie radioattive (massa per le materie fissili speciali, le materie grezze ed i minerali) che si prevede di importare o produrre, con indicazione dei radionuclidi e dello stato fisico e della forma chimica;
e) considerazioni relative all'applicazione dei principi di cui all'articolo. 2 del presente decreto.

1.3.La variazione dei dati comunicati ai sensi del punto 1.2 o la cessazione della pratica di importazione o produzione devono essere preventivamente comunicate, entro i termini e con le modalità di cui al punto 1.2, alle amministrazioni di cui al punto 1.2;

1.4.Copia della notifica e della documentazione atta a dimostrare il regolare invio deve essere conservata presso la sede di svolgimento della pratica per cinque anni a partire dalla data di spedizione. In caso di cessazione dell'impresa prima di tale termine la copia della notifica e la relativa documentazione devono essere consegnati all'Ufficio provinciale dell'industria, commercio ed artigianato territorialmente competente, che lo conserva fino alla scadenza dei cinque anni.

2. Autorizzazione all'aggiunta intenzionale di materie radioattive nella produzione e manifattura di beni di consumo, nonché all'importazione o all'esportazione di tali beni2 **di consumo**

2.1.L'autorizzazione, ai sensi delle disposizioni di cui all'articolo 18-bis del presente decreto, all'aggiunta intenzionale di materie radioattive nella produzione e manifattura di beni di consumo delle materie medesime. nonché all'importazione o all'esportazione di tali beni di consumo è richiesta anche per valori di attività e di concentrazione per unità di massa inferiori a quelli stabiliti ai sensi del comma 2 dell'articolo1 del presente decreto.

2.2.Il produttore, l'importatore o l'esportatore che intenda ottenere l'autorizzazione di cui al punto 2.1 deve inoltrare domanda, sottoscritta dal richiedente, al Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato. Copia della domanda e della documentazione tecnica di cui al punto 2.4 devono essere contemporaneamente trasmesse dal richiedente alle amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui all'articolo 18

2.3.La domanda di cui al punto 2.2 deve contenere, per quanto applicabili, i dati e gli elementi seguenti:

a) generalità, codice fiscale e domicilio del richiedente; qualora si tratti di società, debbono essere indicati la denominazione o la ragione sociale, il codice fiscale e la sede legale
b) sede (o sedi) delle installazioni dove la attività verrà svolta
c) descrizione della pratica
d) quantità di radioattività, concentrazione stato fisico e forma chimica delle materie radioattive che saranno oggetto della pratica
e) descrizione dei beni di consumo prodotti, importati od esportati
f) Paesi di importazione ed esportazione dei beni di consumo;
g) Individuazione degli obblighi di cui al presente decreto dai quali l'utente finale del bene di consumo può essere esonerato con il provvedimento di autorizzazione di cui al presente paragrafo;
h) considerazioni relative all'applicazione dei principi di cui all'articolo. 2 del presente decreto, con indicazione dei valori massimi di dose individuale di dose attesi a seguito dell'uso dei beni di consumo, con riferimento anche allo smaltimento dei rifiuti radioattivi prodotti.

2.4.. Alla domanda deve essere allegata l'attestazione del versamento prescritto.

2.5.La documentazione tecnica, di cui al punto 2.3 deve essere firmata, per la parte di propria competenza, dall'esperto qualificato.

2.6.Le amministrazioni e gli organismi tecnici di cui al punto 2.2 trasmettono il proprio parere al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato.

2.7. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 ***(...)*** il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede al rilascio dell'autorizzazione.

2.8. Nell'autorizzazione sono inserite specifiche prescrizioni tecniche relative

a) al valore massimo di dose derivante dalla pratica per gli individui dei gruppi di riferimento della popolazione ad essa interessata, a seguito ***(...)*** dell'impiego dei beni di consumo;
b) all'obbligo di inoltrare, ogni sette anni, a decorrere dalla data del rilascio dell'autorizzazione al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato ed alle amministrazioni ed agli organismi tecnici consultati ai sensi del punto 2.2 una relazione tecnica, eventualmente sottoscritta per la parte di propria competenza dall'esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica della protezione ai sensi dell'articolo 77 del presente decreto, contenente:
    1 l'aggiornamento, laddove necessario, della documentazione tecnica prodotta ai sensi del punto 2.3;

2 i dati e gli elementi relativi alle quantità di radioattività connesse con la pratica ed alle esposizioni risultanti 3

2.9. L'autorizzazione viene modificata in accordo alle disposizioni di cui al presente paragrafo su richiesta al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato da parte

a) del titolare dell'autorizzazione nel caso di variazioni nello svolgimento della pratica, che comportino modifiche all'oggetto del provvedimento e comunque nelle prescrizioni tecniche in esso presenti;

b) delle Amministrazioni o degli organismi tecnici di cui al punto 2.2, ove ritenuto necessario, a seguito della comunicazione di cui al punto 2.11.a) oppure sulla base di quanto indicato nella relazione tecnica di cui al punto 2.8.b) tenuto conto anche del progresso scientifico e tecnologico,.

c) degli organi di vigilanza;

2.10. L'istanza di modifica di cui al punto 2.9.a) deve essere inoltrata, con i dati e gli elementi di cui al punto 2.3 che risultino applicabili, anche alle amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 2.2

2.11. Il titolare dell'autorizzazione deve preventivamente comunicare all'amministrazione procedente ed alle Amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 2.2 variazioni nello svolgimento dell'attività, rispetto a quanto risultante dalla documentazione tecnica di cui al punto 2.3, che non comportino modifiche nel provvedimento autorizzativo o nelle prescrizioni in esso contenute.

2.12. Le variazioni comunicate possono essere adottate qualora, entro novanta giorni dalla comunicazione una delle Amministrazioni o degli organismi tecnici di cui al punto 2.2 non abbia comunicato al titolare dell'autorizzazione ed all'amministrazione procedente la richiesta di modifica dell'autorizzazione ai sensi del punto 2.9 lettera b).

2.13. Le amministrazioni e gli organismi tecnici consultati trasmettono al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato il proprio parere sull'istanza di modifica.

2.16. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 *(...)* il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede al rilascio dell'autorizzazione alla modifica.

2.17. L'intendimento di cessare le pratiche per cui è stato emanato l'autorizzazione deve essere comunicato al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato che provvede alla revoca di essa.

2.18. Nelle more dell'autorizzazione di cui all'articolo 18-bis all'aggiunta intenzionale di materie radioattive nella produzione e manifattura di beni di consumo. nonché all'importazione e all'esportazione di tali beni di consumo che siano svolte in conformità alle norme vigenti alla data dell'entrata in vigore del presente decreto si applicano le disposizioni di cui all'articolo 146.

3. Modalità di effettuazione della comunicazione preventiva di pratiche comportanti la detenzione di sorgenti di radiazioni

3.1. Ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di comunicazione preventiva di cui al comma 1 dell'articolo 22 del presente decreto chiunque, intende intraprendere una pratica comportante detenzione di sorgenti di radiazioni ionizzanti deve darne, comunicazione trenta giorni prima dell'inizio della detenzione, alle amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al comma 1 dell'articolo 22, indicando i dati e gli elementi seguenti, atti anche a dimostrare l'idoneità della località dove la pratica verrà svolta:

a) Generalità, codice fiscale e domicilio del richiedente; qualora si tratti di società debbono essere indicati la denominazione o la ragione sociale, il codice fiscale e la sede legale;

b) Descrizione della pratica che si intende svolgere compresi gli elementi per effettuare il processo di giustificazione;

c) l'ubicazione dei locali e delle aree destinati alla pratica che si intende svolgere;
d) per ogni macchina radiogena: il tipo e l'energia massima di accelerazione delle particelle cariche e la corrente massima;
e) per le materie radioattive: le quantità totali di radioattività dei radionuclidi, distinguendo tra sorgenti non sigillate e sorgenti sigillate, che si intende detenere contemporaneamente e ricevere in ragione di anno solare;
f) per tutte le sorgenti: l'eventuale produzione di neutroni;
g) modalità di produzione ed eventuale smaltimento di rifiuti, con indicazione dell'applicabilità o meno delle previsioni di cui al comma 2 dell'articolo 154 del presente decreto;
h) l'eventuale riciclo o riutilizzazione dei materiali;
i) l'eventuale presenza di zone classificate ai sensi dell'articolo 82 del presente decreto;
l) descrizione delle operazioni che si intendono svolgere, delle sorgenti di radiazioni e delle attrezzature;
m) modalità previste per la disattivazione dell'installazione;
n) valutazione delle dosi per i lavoratori e per i gruppi di riferimento della popolazione in condizioni di normale attività;

3.2. La documentazione tecnica di cui al punto 3.1 deve essere firmata, per la parte di competenza, dall'esperto qualificato.

3.3. Copia della comunicazione e della documentazione atta a dimostrare il regolare invio deve essere conservata presso la sede di svolgimento della pratica per cinque anni a partire dalla data di spedizione. In caso di cessazione della pratica prima di tale termine la copia della comunicazione e la relativa documentazione devono essere consegnati alla Azienda sanitaria locale competente per territorio, che ne cura la conservazione fino alla scadenza dei cinque anni.

3.4. La variazione dei dati comunicati ai sensi del punto 3.1 deve essere preventivamente comunicata alle amministrazioni di cui di cui al punto 3.1 fornendo, per quanto applicabili, i dati e gli elementi indicati nello stesso punto.

3.5. ***In ottemperanza all'obbligo di cui all'articolo 24 del presente decreto, l'intendimento di cessazione della pratica deve essere comunicato, almeno trenta giorni prima, alle amministrazioni di cui al punto 3.1; alla comunicazione e' allegata una relazione, sottoscritta dall'esperto qualificato per gli aspetti di propria competenza, che descriva le operazioni previste per la cessazione stessa, quali la destinazione prevista per le sorgenti di radiazioni detenute e per gli eventuali rifiuti prodotti durante la gestione della pratica e durante le operazioni connesse alla cessazione.***

3.6. ***Al termine delle operazioni di cessazione di una pratica con materie radioattive l'esercente la pratica trasmette alle amministrazioni di cui al punto 3.1 una relazione, sottoscritta dall'esperto qualificato per gli aspetti di propria competenza, che attesti l'assenza di vincoli di natura radiologica nelle installazioni in cui la pratica e' stata effettuata. La pratica si considera cessata, a tutti gli effetti, trascorsi sessanta giorni dall'invio, mediante raccomandata, della relazione.***

4. Condizioni per l'esenzione dalla comunicazione preventiva di pratiche comportanti la detenzione di sorgenti di radiazioni

4.1. I valori di concentrazione di attività per unità di massa di cui alla lettera b) del comma 2 dell'articolo 22 del presente decreto sono indicati della Tabella VII.1, con riferimento al valore massimo nella pratica.

4.2. I valori di attività di cui alla lettera a) del comma 2 dell'articolo 22 del presente decreto sono indicati nella Tabella VII.1, con riferimento all'attività massima presente ad un certo istante nella pratica.

4.3. I nuclidi marcati con il suffisso *** o "sec" nella Tabella VII.1 rappresentano i nuclidi padri in equilibrio con i corrispondenti nuclidi figli rappresentati nella Tabella VII.2.; in questo caso, i valori forniti nella Tabella VII.2 si riferiscono al solo nuclide padre, e tengono già conto del nuclide o dei nuclidi figli presenti.

4.4. Ai radionuclidi non riportati nella Tabella VII.1, a meno che non siano disponibili indicazioni dell'Unione Europea o di competenti organismi internazionali vengono assegnati i seguenti valori

a) 1 Bq/g per la concentrazione di attività per unità di massa;
b) 10^3 Bq se emettitori di radiazioni alfa, 10^4 Bq negli altri casi per l'attività presente ad un certo istante nella installazione in cui la pratica viene svolta.

4.5. Nei casi di presenza di più di un radionuclide, con esclusione dei casi di cui al punto 4.3, le condizioni di cui alle lettere a) e b) del comma 2 dell'articolo 22 del presente decreto si considerano soddisfatte allorché sia non superiore a1

a) la somma dei rapporti della concentrazione di attività per unità di massa divisa per il pertinente valore indicato nella Tabella VII.1 o determinato ai sensi del punto 4.4, lettera a), oppure
b) la somma dei rapporti, della attività totale presente ad un certo istante nell'installazione divisa per il pertinente valore indicato nella Tabella VII.1 o determinato ai sensi del punto 4.4, lettera b).

4.6.Ai fini delle disposizioni di cui al presente paragrafo

a) si tiene conto della quantità di radioattività eventualmente detenuta come rifiuto radioattivo.
b) non si tiene conto:
   1 delle quantità di radioattività prodotte da fenomeni di attivazione qualora la produzione delle stesse non rientri tra gli scopi dell'attività;
   2 della contemporanea presenza nell'installazione delle materie radioattive destinate a sostituire le sorgenti in uso, sempreché si tratti di sorgenti sigillate, la sostituzione avvenga nel tempo più breve tecnicamente possibile e le sorgenti in sostituzione e quelle da sostituire si trovino contemporaneamente al di fuori degli imballaggi di trasporto esclusivamente per il tempo tecnicamente necessario ad eseguire la sostituzione;
   3 delle materie radioattive contenute nelle sorgenti di tipo riconosciuto qualora l'esonero sia stato esplicitamente previsto nel conferimento di qualifica;
   4 delle materie radioattive naturali il cui impiego non sia lo scopo della pratica.

5. Informativa

5.1. Gli obblighi di informativa di cui al comma 1 dell'articolo 19 del presente decreto sussistono allorché, con riferimento alle materie radioattive che siano oggetto dell'attività commerciale, siano verificate, le condizioni stabilite con i decreti di cui al comma 2 dell'articolo 1 del presente decreto

5.2. Ferme restando le disposizioni in materia di etichettatura di sostanze pericolose previste dalle norme vigenti in materia, ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di cui al punto 5.1 chiunque importa o produce, ai fini commerciali, o comunque commercia materie radioattive, prodotti e apparecchiature in genere contenenti dette materie deve provvedere a che ogni sorgente immessa in commercio sia accompagnata da una informativa scritta sulle precauzioni da adottare per prevenire eventuali esposizioni indebite, nonchè sulle modalità di smaltimento o comunque di cessazione della detenzione.

5.3. L'informativa scritta di cui al punto 5.2 deve contenere, in lingua italiana, gli elementi seguenti:

a) il simbolo di radioattività con la scritta ben visibile "MATERIALE RADIOATTIVO";
b) radionuclidi presenti
c) quantità di radioattività ad una data di riferimento specificata;
d) solo per le sorgenti sigillate, codice di identificazione della sorgente che indichi il fabbricante, il radionuclide, l'attività presente, la data cui l'attività viene riferita.
e) precauzioni da adottare per prevenire eventuali esposizioni indebite, con indicazione delle modalità di uso e/o di eventuale manutenzione;
f) richiamo all'obbligo del rispetto delle disposizioni di cui al presente decreto, con particolare riguardo alle modalità dello smaltimento o di cessazione dalla detenzione;
g) eventuale disponibilità per il ritiro delle sorgenti da parte del fornitore e relative modalità;
h) eventuale dichiarazione attestante che la sorgente è del tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 26 del presente decreto ed indicazione degli obblighi di sorveglianza fisica, notifica, registrazione ed autorizzazione da cui la sorgente è esente ai sensi del decreto di conferimento della qualifica di sorgente di tipo riconosciuto.

5.4. L'obbligo di informativa di cui al punto 5.1 non si applica:

a) ai rifiuti radioattivi;
b) al riciclo e riutilizzazione di materiali contenenti sostanze radioattive, salvo il caso in cui l'obbligo sia previsto dallo specifico provvedimento autorizzativo;

6. Modalità di comunicazione

6.1. Per l'invio all'ANPA delle comunicazioni previste nel presente Allegato ***da parte delle agenzie regionali e delle province autonome di cui all'art 22 comma 1, nonché da parte dei soggetti di cui all'articolo 18 del presente decreto,*** si utilizzano i moduli riportati in Appendice, con le relative modalità di compilazione, per quanto concerne i dati specificati nell'Appendice stessa.

6.2. L'ANPA e le Amministrazioni possono chiedere chiarimenti ed integrazioni relativamente alle informazioni richieste.

6.3. Le Appendici possono essere modificate ai sensi dell'articolo 153 del presente decreto.

Tabella VII –1

Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g
1H3	1E+09	1E+06	31Ga72	1E+05	1E+01	74W185	1E+07	1E+04
4Be7	1E+07	1E+03	32Ge71	1E+08	1E+04	92U232	1E+03	1E+00
6C14	1E+07	1E+04	33As76	1E+05	1E+02	92U233	1E+04	1E+01
8O15	1E+09	1E+02	33As74	1E+06	1E+01	92U234	1E+04	1E+01
9F18	1E+06	1E+01	33As77	1E+06	1E+03	92U235	1E+04	1E+01
15P32	1E+05	1E+03	33As73	1E+07	1E+03	92U236	1E+04	1E+01
15P33	1E+08	1E+05	34Se75	1E+06	1E+02	92U238	1E+04	1E+01
16S35	1E+08	1E+05	35Br82	1E+06	1E+01	92U230	1E+05	1E+01
19K43	1E+06	1E+01	36Kr85	1E+04	1E+05	92U240	1E+06	1E+01
19K40	1E+06	1E+02	36Kr79	1E+05	1E+03	92U237	1E+06	1E+02
19K42	1E+06	1E+02	36Kr81	1E+07	1E+04	92U239	1E+06	1E+02
23V48	1E+05	1E+01	36Kr74	1E+09	1E+02	92U231	1E+07	1E+02
39Y92	1E+05	1E+02	36Kr76	1E+09	1E+02	100Fm255	1E+06	1E+03
39Y93	1E+05	1E+02	36Kr77	1E+09	1E+02	100Fm254	1E+07	1E+04
39Y90	1E+05	1E+03	36Kr87	1E+09	1E+02	25Mn52m	1E+05	1E+01
39Y91	1E+06	1E+03	36Kr88	1E+09	1E+02	27Co62m	1E+05	1E+01
11Na24	1E+05	1E+01	37Rb86	1E+05	1E+02	27Co60m	1E+06	1E+03
11Na22	1E+06	1E+01	38Sr90	1E+04	1E+02	27Co58m	1E+07	1E+04
14Si31	1E+06	1E+03	38Sr91	1E+05	1E+01	30Zn69m	1E+06	1E+02
17Cl38	1E+05	1E+01	38Sr92	1E+06	1E+01	36Kr85m	1E+10	1E+03
17Cl36	1E+06	1E+04	38Sr85	1E+06	1E+02	36Kr83m	1E+12	1E+05
18Ar37	1E+08	1E+06	38Sr89	1E+06	1E+03	38Sr87m	1E+06	1E+02
18Ar41	1E+09	1E+02	39Y91m	1E+06	1E+02	38Sr85m	1E+07	1E+02
20Ca47	1E+06	1E+01	40Zr97	1E+05	1E+01	41Nb93m	1E+07	1E+04
20Ca45	1E+07	1E+04	40Zr95	1E+06	1E+01	42Mo101	1E+06	1E+01
21Sc48	1E+05	1E+01	40Zr93	1E+07	1E+03	43Tc99m	1E+07	1E+02
21Sc46	1E+06	1E+01	41Nb98	1E+05	1E+01	43Tc96m	1E+07	1E+03
21Sc47	1E+06	1E+02	41Nb94	1E+06	1E+01	43Tc97m	1E+07	1E+03
24Cr51	1E+07	1E+03	41Nb95	1E+06	1E+01	44Ru106	1E+05	1E+02
25Mn51	1E+05	1E+01	41Nb97	1E+06	1E+01	44Ru105	1E+06	1E+01
25Mn52	1E+05	1E+01	42Mo90	1E+06	1E+01	44Ru103	1E+06	1E+02
25Mn56	1E+05	1E+01	42Mo99	1E+06	1E+02	45Rh105	1E+07	1E+02
25Mn54	1E+06	1E+01	42Mo93	1E+08	1E+03	46Pd109	1E+06	1E+03
25Mn53	1E+09	1E+04	43Tc96	1E+06	1E+01	46Pd103	1E+08	1E+03
26Fe52	1E+06	1E+01	43Tc99	1E+07	1E+04	47Ag105	1E+06	1E+02
26Fe59	1E+06	1E+01	43Tc97	1E+08	1E+03	47Ag111	1E+06	1E+03
26Fe55	1E+06	1E+04	44Ru97	1E+07	1E+02	48Cd115	1E+06	1E+02
27Co56	1E+05	1E+01	53I132	1E+05	1E+01	48Cd109	1E+06	1E+04
27Co60	1E+05	1E+01	53I134	1E+05	1E+01	49In111	1E+06	1E+02
27Co55	1E+06	1E+01	53I129	1E+05	1E+02	50Sn125	1E+05	1E+02
27Co58	1E+06	1E+01	53I130	1E+06	1E+01	50Sn113	1E+07	1E+03
27Co57	1E+06	1E+02	53I133	1E+06	1E+01	51Sb122	1E+04	1E+02
27Co61	1E+06	1E+02	53I135	1E+06	1E+01	51Sb124	1E+06	1E+01
28Ni65	1E+06	1E+01	53I126	1E+06	1E+02	51Sb125	1E+06	1E+02
28Ni59	1E+08	1E+04	53I131	1E+06	1E+02	52Te133	1E+05	1E+01
28Ni63	1E+08	1E+05	53I125	1E+06	1E+03	52Te131	1E+05	1E+02
29Cu64	1E+06	1E+02	53I123	1E+07	1E+02	52Te134	1E+06	1E+01
30Zn65	1E+06	1E+01	74W187	1E+06	1E+02	52Te129	1E+06	1E+02
30Zn69	1E+06	1E+04	74W181	1E+07	1E+03	52Te127	1E+06	1E+03
						52Te132	1E+07	1E+02

Tabella VII-1

Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g
54Xe133	1E+04	1E+03	78Pt191	1E+06	1E+02	94Pu241	1E+05	1E+02
54Xe135	1E+10	1E+03	78Pt197	1E+06	1E+03	94Pu234	1E+07	1E+02
55Cs134	1E+04	1E+01	79Au198	1E+06	1E+02	94Pu235	1E+07	1E+02
55Cs137	1E+04	1E+01	79Au199	1E+06	1E+02	94Pu237	1E+07	1E+03
55Cs138	1E+04	1E+01	80Hg203	1E+05	1E+02	94Pu243	1E+07	1E+03
55Cs132	1E+05	1E+01	80Hg197	1E+07	1E+02	95Am243	1E+03	1E+00
55Cs136	1E+05	1E+01	81Tl204	1E+04	1E+04	95Am241	1E+04	1E+00
55Cs129	1E+05	1E+02	81Tl200	1E+06	1E+01	95Am242	1E+06	1E+03
55Cs131	1E+06	1E+03	81Tl201	1E+06	1E+02	96Cm245	1E+03	1E+00
55Cs135	1E+07	1E+04	81Tl202	1E+06	1E+02	96Cm246	1E+03	1E+00
56Ba140	1E+05	1E+01	82Pb210	1E+04	1E+01	96Cm248	1E+03	1E+00
56Ba131	1E+06	1E+02	82Pb212	1E+05	1E+01	96Cm243	1E+04	1E+00
57La140	1E+05	1E+01	82Pb203	1E+06	1E+02	96Cm247	1E+04	1E+00
58Ce144	1E+05	1E+02	83Bi206	1E+05	1E+01	96Cm244	1E+04	1E+01
58Ce139	1E+06	1E+02	83Bi212	1E+05	1E+01	96Cm242	1E+05	1E+02
58Ce143	1E+06	1E+02	83Bi207	1E+06	1E+01	97Bk249	1E+06	1E+03
58Ce141	1E+07	1E+02	83Bi210	1E+06	1E+03	98Cf249	1E+03	1E+00
59Pr142	1E+05	1E+02	84Po210	1E+04	1E+01	98Cf251	1E+03	1E+00
59Pr143	1E+06	1E+04	84Po203	1E+06	1E+01	98Cf254	1E+03	1E+00
60Nd147	1E+06	1E+02	84Po205	1E+06	1E+01	98Cf248	1E+04	1E+01
60Nd149	1E+06	1E+02	84Po207	1E+06	1E+01	98Cf250	1E+04	1E+01
61Pm149	1E+06	1E+03	85At211	1E+07	1E+03	98Cf252	1E+04	1E+01
61Pm147	1E+07	1E+04	86Rn220	1E+07	1E+04	98Cf253	1E+05	1E+02
62Sm153	1E+06	1E+02	86Rn222	1E+08	1E+01	98Cf246	1E+06	1E+03
62Sm151	1E+08	1E+04	88Ra226	1E+04	1E+01	99Es254	1E+04	1E+01
63Eu152	1E+06	1E+01	88Ra224	1E+05	1E+01	99Es253	1E+05	1E+02
63Eu154	1E+06	1E+01	88Ra228	1E+05	1E+01	45Rh103m	1E+08	1E+04
63Eu155	1E+07	1E+02	88Ra223	1E+05	1E+02	47Ag108m	1E+06	1E+01
64Gd159	1E+06	1E+03	88Ra225	1E+05	1E+02	47Ag110m	1E+06	1E+01
64Gd153	1E+07	1E+02	88Ra227	1E+06	1E+02	48Cd115m	1E+06	1E+03
65Tb160	1E+06	1E+01	89Ac228	1E+06	1E+01	49In113m	1E+06	1E+02
66Dy165	1E+06	1E+03	90Th229	1E+03	1E+00	49In114m	1E+06	1E+02
66Dy166	1E+06	1E+03	90Th228	1E+04	1E+00	49In115m	1E+06	1E+02
67Ho166	1E+05	1E+03	90Th230	1E+04	1E+00	52Te133m	1E+05	1E+01
68Er171	1E+06	1E+02	90Th227	1E+04	1E+01	52Te131m	1E+06	1E+01
68Er169	1E+07	1E+04	90Th234	1E+05	1E+03	52Te129m	1E+06	1E+03
69Tm170	1E+06	1E+03	90Th226	1E+07	1E+03	52Te123m	1E+07	1E+02
69Tm171	1E+08	1E+04	90Th231	1E+07	1E+03	52Te125m	1E+07	1E+03
70Yb175	1E+07	1E+03	91Pa231	1E+03	1E+00	52Te127m	1E+07	1E+03
71Lu177	1E+07	1E+03	91Pa230	1E+06	1E+01	54Xe131m	1E+04	1E+04
72Hf181	1E+06	1E+01	91Pa233	1E+07	1E+02	55Cs134m	1E+05	1E+03
73Ta182	1E+04	1E+01	92U240c	1E+07	1E+03	63Eu152m	1E+06	1E+02
75Re188	1E+05	1E+02	93Np237	1E+03	1E+00	76Os191m	1E+07	1E+03
75Re186	1E+06	1E+03	93Np240	1E+06	1E+01	78Pt197m	1E+06	1E+02
76Os185	1E+06	1E+01	93Np239	1E+07	1E+02	78Pt193m	1E+07	1E+03
76Os193	1E+06	1E+02	94Pu240	1E+03	1E+00	80Hg197m	1E+06	1E+02
76Os191	1E+07	1E+02	94Pu238	1E+04	1E+00	95Am242m	1E+04	1E+00
77Ir192	1E+04	1E+01	94Pu239	1E+04	1E+00	99Es254m	1E+06	1E+02
77Ir194	1E+05	1E+02	94Pu242	1E+04	1E+00	92U238sec	1E+03	1E+00
77Ir190	1E+06	1E+01	94Pu244	1E+04	1E+00	90Th232sec	1E+03	1E+00
			94Pu236	1E+04	1E+01			

TABELLA IX-2

Elenco dei radionuclidi in equilibrio secolare

Nuclide padre	*Nuclidi figli*
Sr-80+	*Rb-80*
Sr-90+	*Y-90*
Zr-93+	*Nb-93m*
Zr-97+	*Nb-97*
Ru-106+	*Rh-106*
Ag-108m+	*Ag-108*
Cs-137+	*Ba-137*
Ba-140+	*La-140*
Ce-134+	*La-134*
Ce-144+	*Pr-144*
Pb-210+	*Bi-210, Po-210*
Pb-212+	*Bi-212, Tl-208, Po-212*
Bi-212+	*Tl-208, Po-212*
Rn-220+	*Po-216*
Rn-222+	*Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214*
Ra-223+	*Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207*
Ra-224+	*Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212*
Ra-226+	*Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Pb-210, Bi-210, Po-210, Po-214*
Ra-228+	*Ac-228*
Th-226+	*Ra-222, Rn-218, Po-214*
Th-228+	*Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212*
Th-229+	*Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213, Pb-209*
Th-232sec	*Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212*

Th-234+	***Pa-234m***
U-230+	***Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214***
U-232+	***Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212***
U-235+	***Th-231***
U-238+	***Th-234, Pa-234m***
U-238sec	***Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Pb-210, Bi-210, Po-210, Po-214***
U-240+	***Np-240***
Np-237+	***Pa-233***
Am-242m+	***Am-242***
Am-243+	***Np-239***

Allegato VIII

Determinazione dei criteri e delle modalità per il conferimento della qualifica di sorgente di tipo riconosciuto, ai sensi dell'articolo 26 del presente decreto.

1. Disposizioni generali

1.1. Ai fini del presente allegato si intende per sorgente sia:

a) un dispositivo o un'apparecchiatura o un insieme di apparecchiature o dispositivi, aventi la stessa funzione, prodotti dallo stesso fabbricante e contenenti una o più sorgenti di radiazioni, i quali siano conformi ad un determinato progetto o prototipo, oppure

b) insiemi di apparecchiature o dispositivi, aventi la stessa funzione, prodotti dallo stesso fabbricante e contenenti una o più sorgenti di radiazioni diverse per ogni insieme, i quali siano conformi a determinati progetti o prototipi (tipo di sorgente),

a cui sia stata conferita la qualifica di sorgenti di tipo riconosciuto o per cui sia stato chiesto il conferimento di detta qualifica.

1.2. Il conferimento della qualifica di sorgente di tipo riconosciuto è subordinato alla dimostrazione che la sorgente, in relazione all'uso specifico cui è destinata, sia rispondente congiuntamente:

a) ai principi generali del sistema di protezione radiologica di cui all'articolo 2 del presente decreto ;

b) alla normativa tecnica nazionale, internazionale o estera, con riferimento al paese di provenienza della sorgente, che risulti applicabile.

1.3. Per le pratiche comportanti la detenzione esclusivamente delle sorgenti di tipo riconosciuto di cui al punto 1.1 l'esonero dalla comunicazione di cui all'articolo 22 comma 1 del presente decreto, è concedibile se la sorgente soddisfa congiuntamente le seguenti condizioni:

a) in condizioni di utilizzo normale non comporti, ad una distanza di 0,1 m da un punto qualsiasi della superficie accessibile, un'intensità di dose superiore a 1 µSv/h;

b) la produzione media nel tempo di neutroni su tutto l'angolo solido non sia superiore di 10^4 al secondo

c) se la sorgente contiene materie radioattive

1 le materie siano sotto forma di sorgenti radioattive sigillate o comunque stabilmente incorporate in materiali solidi;

2 siano state offerte adeguate garanzie per il ritiro della sorgente al termine della durata di funzionamento prevista.

1.4. Gli esoneri dall'obbligo di sorveglianza fisica di cui ai Capi VIII e IX , dall'obbligo di registrazione di cui all'articolo 22 e dall'obbligo di nullaosta di cui all'articolo 27 del presente decreto sono concedibili solo nei casi in cui può disporsi, ai sensi del punto 1.3 l'esonero dalla comunicazione;

1.5. Non può essere oggetto di esenzione l'obbligo di informativa di cui all'art. 19 del presente decreto.

1.6. La qualifica di sorgente di tipo riconosciuto può essere conferita anche nel caso in cui non vengano concessi esoneri di cui ai punti 1.3 e 1.4.

1.7. La concessione degli esoneri di cui ai punti da 1.3 e 1.4. deve essere valutata confrontando, ai sensi dell'articolo 2 del presente decreto i vantaggi della

concessione stessa sotto il profilo dello snellimento delle procedure amministrative ed i rischi derivanti dalla sorgente di tipo riconosciuto.

2. Procedura per il rilascio della qualifica

2.1. La qualifica di sorgente di tipo riconosciuto viene conferita con decreto del Ministro della sanità , di concerto con i Ministri dell'industria, del commercio e dell'artigianato, della sanità, dell'ambiente, dell'interno e del lavoro e della previdenza sociale, sentiti l'ANPA, l'Istituto superiore per la sicurezza sul lavoro e l'Istituto superiore di sanità.

2.2. La domanda per ottenere il conferimento della qualifica di sorgente di tipo riconosciuto, sottoscritta dal richiedente, deve essere inoltrata al Ministero della sanità. Copia della domanda e della documentazione tecnica di cui ai punti 2.4 e 2.5 devono essere contemporaneamente trasmesse dal richiedente alle Amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 2.1.

2.3. Alla domanda deve essere allegata l'attestazione del versamento prescritto.

2.4. La domanda di cui al punto 2.2 deve contenere, per quanto applicabili, i dati e gli elementi seguenti:

a) Generalità, codice fiscale e domicilio del richiedente; qualora si tratti di società debbono essere indicati la denominazione o la ragione sociale, il codice fiscale e la sede legale;

a) le eventuali esenzioni da taluni degli obblighi di sorveglianza fisica, di registrazione, di notifica e di autorizzazione di cui si intenda fruire.

b) tipo di impiego previsto per la sorgente; va in particolare specificato se la sorgente è destinata ad essere diffusa tra le persone del pubblico; va altresì specificato se la sorgente assolva a funzioni di prevenzione di danni alle persone o alle cose;

c) indicazione della vita operativa prevista; in particolare vanno specificati il tempo medio di funzionamento esente da guasti nonché le previsioni in ordine alle necessità, modalità e frequenza di manutenzione;

d) indicazione del numero di sorgenti che si prevede di immettere sul mercato in ragione d'anno; se la sorgente è destinata anche all'esportazione va specificato il numero di sorgenti che si prevede di immettere sul mercato Italiano in ragione d'anno;

e) nel caso in cui la sorgente sia costituita da una macchina radiogena, tipo ed eventualmente spettro energetico delle radiazioni prodotte, energia e corrente massime, intensità di fluenza di energia e di dose;

f) nel caso in cui la sorgente sia costituita da materie radioattive, tipo, attività e concentrazione delle stesse alla data prevista per l'immissione sul mercato, forma fisica e composizione chimica per singolo radionuclide;

g) esposizione delle ragioni tecniche per cui si ritiene utile impiegare sorgenti di radiazioni;

h) dimostrazione che la sorgente di radiazioni assolve alla funzione per cui è stata scelta;

i) motivazione della scelta di usare sorgenti di radiazioni per confronto con altri dispositivi o apparecchiature di analogo tipo di impiego che ne siano prive;

j) destinazione prevista per le sorgenti al termine della vita operativa ed in caso di guasto o danno non riparabili; deve essere specificato se sono previsti accordi contrattuali per il ritiro o riciclo delle sorgenti;

2.5. La domanda di cui al punto 2.2 deve essere corredata, per quanto applicabile, della seguente documentazione firmata, per la parte di propria competenza, dall'esperto

qualificato, volta a dimostrare il rispetto dei principi di cui all'articolo 2 del presente decreto:

a) descrizione della sorgente corredata dai disegni, grafici e dati tecnici necessari a illustrarne il funzionamento ed a valutarne le caratteristiche tecniche, sotto il profilo della protezione dalle radiazioni;
b) modalità di schermatura e di contenimento delle materie radioattive in condizioni normali e in condizioni di guasto, di danno o di incidente; possibilità di accesso alle materie radioattive in condizioni normali e in condizioni di manutenzione, di guasto, di danno o di incidente;
c) normativa tecnica cui è rispondente la sorgente per cui si chiede il conferimento della qualifica;
d) specificazione e risultati delle prove a cui è stato sottoposto uno o più esemplari della sorgente allo scopo di dimostrarne il comportamento in condizioni normali, di guasto, di danno e di uso anomalo;
e) motivazione della scelta di usare le sorgenti di radiazioni da cui è costituita la sorgente di tipo riconosciuto per confronto con altre materie radioattive, sotto il profilo del tempo di dimezzamento radioattivo, delle caratteristiche radiologiche, dell'energia delle radiazioni emesse, di intensità di fluenza di energia e di intensità di dose;
f) modalità di impiego, di installazione e di manutenzione;
g) analisi degli eventi anomali, con riferimento all'uso improprio, o a danni o a guasti o a incidenti;
h) valutazione delle dosi attese nel corso della produzione, trasporto, diffusione sul mercato ed utilizzazione; per quanto concerne l'utilizzazione devono essere oggetto di valutazione le dosi derivanti da funzionamento normale, eventuale smaltimento, riciclo, ritiro, manutenzione, uso improprio, danno, guasto o incidente;
i) sistema qualità che si intende adottare al fine di garantire la rispondenza della singola sorgente al progetto o al prototipo;
j) contenuto dell'informativa di cui all'articolo 19 del decreto presente decreto.

2.4. Le amministrazioni e gli organismi tecnici di cui al punto 2.2 trasmettono il proprio parere al Ministero della sanità .

2.7. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 il Ministero della sanità comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede al rilascio del provvedimento di conferimento della qualifica.

2.8.Nel provvedimento di conferimento della qualifica di sorgenti di tipo riconosciuto:

a) sono indicati gli eventuali esoneri da taluni degli obblighi di sorveglianza fisica, di registrazione, di notifica e di autorizzazione di cui al presente decreto
b) viene inserito l'obbligo di inoltrare, ogni sette anni, a decorrere dalla data del conferimento della qualifica al Ministero della sanità ed alle amministrazioni ed agli organismi tecnici consultati ai sensi del punto 2.1 una relazione tecnica, eventualmente sottoscritta per la parte di propria competenza dall'esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica della protezione ai sensi dell'articolo 77 del presente decreto, contenente:
    1 l'aggiornamento, laddove necessario, della documentazione tecnica a suo tempo prodotta ai sensi dei punti 2.4 e 2.5;
    2 i dati e gli elementi relativi alle quantità di radioattività connesse con la diffusione sul mercato delle sorgenti ed alle esposizioni risultanti

2.9. Il provvedimento di conferimento della qualifica viene modificato, e se del caso, revocato, in accordo alle disposizioni di cui al presente paragrafo su richiesta al Ministero della sanità da parte

a) del titolare del provvedimento nel caso di variazioni nelle caratteristiche delle sorgenti che comportino modifiche all'oggetto del provvedimento e comunque nelle prescrizioni tecniche in esso presenti;
b) delle Amministrazioni o degli organismi tecnici di cui al punto 2.2, ove ritenuto necessario, sulla base di quanto indicato nella relazione tecnica di cui al punto 2.8.b), tenuto conto anche del progresso scientifico e tecnologico,.
c) degli organi di vigilanza;

2.10. L'istanza di modifica di cui al punto 2.9.a) deve essere inoltrata, con i dati e gli elementi di cui ai punti 2.2 e 2, 3 che risultino applicabili, anche alle amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 2.1

2.11. Il titolare del provvedimento deve preventivamente comunicare all'amministrazione procedente ed alle Amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 2.1 variazioni nello svolgimento dell'attività, rispetto a quanto risultante dalla documentazione tecnica di cui ai punti 2.2 e 2.3, che non comportino modifiche all'oggetto del provvedimento e comunque nelle prescrizioni tecniche in esso presenti.

2.12. Le variazioni comunicate possono essere adottate qualora, entro novanta giorni dalla comunicazione una delle Amministrazioni o degli organismi tecnici di cui al punto 2.1 non abbia comunicato al titolare del provvedimento ed al Ministero della sanità la richiesta di modifica del provvedimento ai sensi del punto 2.9 lettera b).

2.13. Le amministrazioni e gli organismi tecnici consultati trasmettono al Ministero della sanità il proprio parere sull'istanza di modifica.

2.8. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 il Ministero della sanità comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede alla modifica del provvedimento di conferimento della qualifica.

2.17. L'intendimento di cessare la produzione, l'importazione o l'esportazione delle sorgenti di cui al punto 1.1 o di rinunciare alla qualifica di sorgente di tipo riconosciuto deve essere comunicato al Ministero della sanità che provvede alla revoca della qualifica.

3. Efficacia della qualifica

3.1. Ai fini delle disposizioni di cui all'art. 26 del presente decreto, ha efficacia in Italia, nei limiti e con le condizioni di cui all'atto di riconoscimento, la qualifica di sorgente di tipo riconosciuto conferita dall'Autorità competente:

a) di uno Stato Membro dell'Unione Europea,
b) di un paese terzo con cui esistano accordi di mutuo riconoscimento con lo Stato italiano.

3.2. La certificazione della qualifica di cui al punto 3.1 deve essere comunicata alle Amministrazioni di cui al punto 2.1 prima della immissione sul mercato e comunque della diffusione sul territorio della Repubblica

3.3. Nel caso di materie radioattive, prima della immissione sul mercato e comunque della diffusione sul territorio della Repubblica, delle sorgenti di cui al punto 3.1, l'importatore o il venditore deve altresì comunicare alle Amministrazioni di cui al punto 2.1, se vi siano impegni di ritiro, eventualmente mediante accordi contrattuali con terzi, delle sorgenti di tipo riconosciuto al termine della vita operativa di esse e quali siano le relative garanzie finanziarie o contrattuali.

3.4. L’esonero, per le sorgenti, da taluni degli obblighi di sorveglianza fisica, di comunicazione, di registrazione e di autorizzazione deve essere richiesta, dall’importatore o dal venditore, secondo la procedura di cui al paragrafo 2

ALLEGATO IX

Determinazione, ai sensi dell'articolo 27, comma 2 del presente decreto, delle condizioni per la classificazione in Categoria A ed in Categoria B dell'impiego delle sorgenti di radiazioni, delle condizioni per l'esenzione dal nulla osta e delle modalità per il rilascio e la revoca del nullaosta.

.

1. Condizioni per l'esenzione dal nulla osta all'impiego di sorgenti di radiazioni

1.1 Sono esenti dal nulla osta di cui all'articolo 27 del presente decreto le pratiche comportanti l'impiego a qualsiasi titolo di sorgenti di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 26 del presente decreto per le quali l'esonero da tale nulla osta sia esplicitamente stabilito nel conferimento della qualifica.

1.2 Fermo restando quanto disposto per le pratiche di cui al successivo punto 1.3, sono soggette al nulla osta di cui all'articolo 27 del presente decreto le pratiche comportanti l'impiego di:

- ***a) macchine radiogene con caratteristiche costruttive tali che l'energia massima delle particelle accelerate sia superiore a 200 keV;***
- ***b) sorgenti di radiazioni con produzione media nel tempo di neutroni su tutto l'angolo solido superiore a 10^4 al secondo;***
- ***c) materie radioattive allorché il valore massimo della concentrazione di attività per unità di massa sia superiore ai valori indicati nella tabella IX-1 ed inoltre si verifichi una delle seguenti condizioni:***
  - ***1) l'attività' totale presente nella installazione sia superiore per un fattore 10^3 ai valori indicati nella tabella IX-1;***
  - ***2) l'attività' totale pervenuta o prodotta nell'installazione in ragione d'anno solare sia superiore per un fattore 50 ai valori di cui al punto l.2.c).l.***

1.3 Ferme restando le disposizioni di cui agli articoli 18-bis e 98 del presente decreto, le installazioni in cui vengano svolte le pratiche di cui all'articolo 27, comma 2-bis, lettere a), c) e d) nonché quelle di cui all'articolo 98, per le quali sia stata concessa la deroga, sono comunque soggette al nulla osta di cui allo stesso articolo 27 indipendentemente dal verificarsi delle condizioni di cui al punto 1.2.

2 Condizioni per la classificazione dell'impiego di sorgenti di radiazioni in Categoria A ed in Categoria B

2.1 Ferme restando le disposizioni di cui all'articolo 7 ed al Capo VII viene classificato in categoria A

a) l'impiego di materie radioattive allorché si verifichi una delle seguenti condizioni:

1 per le materie in forma di sorgenti non sigillate

A l'attività totale presente sia uguale o superiore di un fattore 10^6 ai valori indicati nella Tabella IX-1

B l'attività totale ***pervenuta o prodotta*** in ragione d'anno solare sia uguale o superiore per un fattore 50 ai valori di cui al punto 2.1.a).1.A.

2 per le materie in forma di sorgenti sigillate:

A l'attività totale presente sia uguale o superiore di un fattore 3000 ai valori di cui al punto 2.1.a).1.A.

B l'attività totale ***pervenuta o prodotta*** in ragione d'anno solare sia uguale o superiore per un fattore 50 ai valori di cui al punto 2.1.a).2.A.

b) l'impiego di sorgenti di radiazioni con produzione media nel tempo di neutroni su tutto l'angolo solido sia superiore a 10^7 neutroni al secondo, ***ad eccezione delle macchine radiogene che accelerino elettroni con energia massima di accelerazione inferiore o eguale a 25 MeV.***

c) l'impiego di macchine radiogene che accelerino elettroni con energia massima di accelerazione ***superiore a 25 MeV.***

2.2. Al di fuori di quanto previsto nel punto 2.1 l'impiego delle sorgenti di radiazioni è classificato in categoria B.

2.3. L'impiego nello stesso luogo di macchine radiogene e materie radioattive viene classificato in Categoria A allorché si verifichi anche una delle condizioni di cui al punto 2.1.

2.4 Indipendentemente dal verificarsi delle condizioni di cui al punto 2.1 è comunque classificato in Categoria B l'impiego di apparecchiature contenenti sorgenti di radiazioni per il cui uso non siano necessari, ai fini della sicurezza nucleare e della protezione sanitaria, schermature fisse o dispositivi di contenimento o dispositivi di sicurezza o di protezione in aggiunta a quelli incorporati nelle apparecchiature stesse. ***Ai fini della soggezione al nulla osta, la verifica delle condizioni di cui al punto 1.2 per eventuali altre sorgenti di radiazioni e' effettuata separatamente da quella relativa alle sorgenti di radiazioni contenute in dette apparecchiature.***

2.5 Sono comunque escluse dal nulla osta di cui all'articolo 27 le macchine radiogene con energia delle particelle accelerate non superiore a 200 keV ancorché impiegate insieme ad altre sorgenti di radiazione. ***Detta esclusione non si applica alle macchine radiogene impiegate a scopo di terapia medica ne' alle sorgenti di radiazioni di cui all'articolo 27, comma 1-bis, ed al paragrafo 7 del presente allegato che siano costituite da macchine radiogene impiegate a scopo industriale o di ricerca scientifica.***

3 Modalità di applicazione delle disposizioni di cui ai paragrafi 1 e 2

3.1 I nuclidi marcati con il suffisso *** o "sec" nella Tabella IX-1 rappresentano i nuclidi padri in equilibrio con i corrispondenti nuclidi figli rappresentati nella Tabella IX-2.; in questo caso, i valori forniti nella ***Tabella IX-1*** si riferiscono al solo nuclide padre, e tengono già conto del nuclide o dei nuclidi figli presenti.

3.2 Ai radionuclidi non riportati nella Tabella IX.1, a meno che non siano disponibili indicazioni dell'Unione Europea o di competenti organismi internazionali vengono assegnati i seguenti valori

a) 1 Bq/g per la concentrazione di attività per unità di massa;

b) 10^3 Bq se emettitori di radiazioni alfa, 10^4 Bq negli altri casi.

3.3. Per le materie radioattive, nel caso di presenza di radionuclidi con esclusione dei casi di cui al punto 3.1

a) le condizioni per la classificazione in Categoria A ai sensi del punto 2.1 si intendono verificate allorché sia uguale o superiore ad 1

1 la somma dei rapporti della attività presente di ciascun radionuclide, divisa per il pertinente valore indicato nel punto 2.1.a).2.A per le sorgenti in forma sigillata o nel punto 2.1.a).1.A per le sorgenti in forma non sigillata.

2 la somma dei rapporti della attività di ciascun radionuclide ***pervenuta o prodotta*** in ragione d'anno solare, divisa per il pertinente valore indicato nel punto 2.1.a).2.B per le sorgenti in forma sigillata o nel punto 2.1.a).1.B per le sorgenti in forma non sigillata.

3 La somma dei valori determinati ai sensi dei punti 3.3. a)1 e 3.3. a)2 nel caso di impiego di sorgenti sigillate e non sigillate

3.4. Ai fini delle disposizioni di cui al punto 3.3

a) si tiene conto della quantità di radioattività eventualmente detenuta come rifiuto radioattivo.

b) non si tiene conto:

1 delle quantità di radioattività prodotte da fenomeni di attivazione qualora la produzione delle stesse non rientri tra gli scopi dell'attività;

2 della contemporanea presenza nell'installazione delle materie radioattive destinate a sostituire le sorgenti in uso, sempreché si tratti di sorgenti sigillate, la sostituzione avvenga nel tempo più breve tecnicamente possibile e le sorgenti in sostituzione e quelle da sostituire si trovino contemporaneamente al di fuori degli imballaggi di trasporto esclusivamente per il tempo tecnicamente necessario ad eseguire la sostituzione;

3 delle materie radioattive contenute nelle sorgenti di tipo riconosciuto qualora l'esonero sia stato esplicitamente previsto nel conferimento di qualifica;

4 delle attività lavorative con materie radioattive naturali di cui al Capo III-bis.

5 delle sorgenti di radiazioni di cui al punto 2.4.

4. Istanza per il rilascio del nulla osta all'impiego

4.1. La domanda di nulla osta, sottoscritta dal richiedente, deve essere inoltrata, in accordo alle disposizioni sul bollo, all'Amministrazione procedente individuata:

a) per l'impiego di categoria A di cui all'articolo 28 del presente decreto, nel Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato.

b) per l'impiego di categoria B di cui all'articolo 29, comma 2 ,secondo periodo del presente decreto nel Prefetto competente per territorio in relazione alla località di svolgimento della pratica, fatte salve le specifiche disposizioni di cui al paragrafo 7.

4.2. Copia della domanda e della documentazione tecnica di cui ai punto 4.3 e 4.4 devono essere contemporaneamente trasmesse dal richiedente:

a) per l'impiego di categoria A alle Amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui all'articolo 28;

b) per l'impiego di categoria B alle Amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui all'articolo 29, comma 2, secondo periodo;

4.3. La domanda di cui al punto 4.1 deve contenere, per quanto applicabili, i dati e gli elementi seguenti:

a) Generalità, codice fiscale e domicilio del richiedente; qualora si tratti di società debbono essere indicati la denominazione o la ragione sociale, il codice fiscale e la sede legale;
b) il tipo di pratica che si intende svolgere;
c) l'ubicazione dei locali e delle aree destinati alla pratica che si intende svolgere;
d) per ogni macchina radiogena: il tipo e l'energia massima di accelerazione delle particelle cariche, la corrente massima e la potenza, tenendo conto, nel caso di elettroni, del fattore di utilizzo (duty cycle), e il numero delle macchine che si intende utilizzare;
e) per le materie radioattive: le quantità totali di radioattività dei radionuclidi, distinguendo tra sorgenti non sigillate e sorgenti sigillate, che si intende detenere contemporaneamente e in ragione di anno solare;
f) per tutte le sorgenti: l'eventuale produzione di neutroni;
g) modalità di produzione ed eventuale smaltimento di rifiuti, con indicazione dell'applicabilità o meno delle previsioni di cui al comma 2 dell'articolo 154 del presente decreto;
h) l'eventuale riciclo o riutilizzazione dei materiali

4.4. La domanda di cui al punto 4.3 deve essere corredata, per quanto applicabile, della seguente documentazione firmata, per la parte di propria competenza, dall'esperto qualificato, atta anche a dimostrare l'idoneità della località dove la pratica verrà svolta:

a) descrizione dei locali e delle aree interessati all'attività che si intende svolgere, illustrati con disegni in planimetria e sezione, indicando, per ogni locale ed area, la classificazione in zone ai sensi dell'articolo 82 del presente decreto, nonché degli ambienti e delle aree circostanti anche esterni all'installazione, indicandone la destinazione d'uso e le eventuali sorgenti impiegate; anche da parte di soggetti terzi;
b) criteri seguiti ai fini della individuazione e classificazione delle zone e della classificazione del personale addetto ai sensi dell'articolo 82 del decreto legislativo 17 marzo 1995 n.230;
c) descrizione delle operazioni che si intendono svolgere, delle sorgenti di radiazioni e delle attrezzature, con riferimento ai diversi locali ed aree; descrizione delle modalità di eventuale movimentazione delle sorgenti all'interno della installazione; indicazione della rispondenza a norme di buona tecnica applicabili in fase di progettazione, costruzione ed esercizio;
d) individuazione e analisi degli eventuali scenari comportanti esposizioni potenziali, e delle specifiche modalità di intervento al fine di prevenire le esposizioni o di limitarne le conseguenze sui lavoratori e sulla popolazione;
e) produzione e modalità di gestione dei rifiuti radioattivi e dei materiali di riciclo o riutilizzati;
f) programmi di costruzione o di adattamento dei locali e delle aree destinati allo svolgimento delle attività, nonché delle prove previste;
g) modalità previste per la disattivazione dell'installazione;
h) valutazione delle dosi per i lavoratori e per i gruppi di riferimento della popolazione in condizioni di normale attività;
i) i risultati delle valutazioni di cui all'articolo 115-ter
l) criteri e modalità di attuazione degli adempimenti di cui all'articolo 79 ed all'articolo 80 del presente decreto;
m) indicazione delle modalità con cui si intende adempiere agli ulteriori pertinenti obblighi di cui all'articolo 61 del presente decreto, con particolare riferimento al contenuto delle norme interne di sicurezza e protezione; indicazione delle modalità con cui si intende assicurare la formazione di

radioprotezione dei lavoratori ed indicazione della qualificazione professionale dei medesimi;

n) nel caso degli impieghi medici delle materie radioattive, ai fini delle valutazioni e delle soluzioni progettuali ed operative di cui alle lettere precedenti, indicazione, particolarmente per quanto riguarda la gestione e l'eventuale smaltimento nell'ambiente dei rifiuti radioattivi, anche del contributo delle materie radioattive somministrate ai pazienti sottoposti ad indagine diagnostica o a trattamento terapeutico.

4.5. . Alla domanda deve essere allegata l'attestazione del versamento prescritto.

5. Disposizioni comuni per il rilascio del nullaosta di cui all'articolo 28 da parte del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato e del nullaosta di cui all'articolo 29 da parte del prefetto.

5.1. Le amministrazioni e gli organismi tecnici consultati trasmettono il proprio parere all'amministrazione procedente.

5.2. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 ***(…)***, l'Amministrazione procedente comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede al rilascio del nullaosta.

5.3. Nel nullaosta sono inserite specifiche prescrizioni tecniche relative

a) se del caso, alle fasi di costruzione, di prova e di esercizio, alla gestione dei rifiuti radioattivi, al riciclo dei materiali ed alla disattivazione degli impianti, compresa l'eventuale copertura finanziaria per la disattivazione medesima.

b) al valore massimo di dose derivante dalla pratica per gli individui dei gruppi di riferimento della popolazione ad essa interessata, tenendo conto dell'esposizione esterna e dell'esposizione interna;

c) all'eventuale smaltimento di materie radioattive nell'ambiente, nel rispetto dei criteri stabiliti con i decreti di cui all'articolo 1, comma 2;

d) se del caso, agli aspetti della radioprotezione del paziente; queste prescrizioni vengono stabilite in via esclusiva dal Ministero della sanità ***per le pratiche di cui alle lettere c) e d) del comma 2-bis dell'articolo 27 che siano classificate*** in Categoria A;.

e) all'obbligo di inoltrare, ogni sette anni, a decorrere dalla data del rilascio del nulla osta, alla amministrazione procedente ed alle amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 4.2 una relazione tecnica, sottoscritta per la parte di propria competenza dall'esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica della protezione ai sensi dell'articolo 77 del presente decreto, contenente:

1 l'aggiornamento, laddove necessario, della documentazione tecnica a suo tempo prodotta ai sensi dei punti 4.3 e 4.4;

2 i dati degli elementi relativi agli aspetti di sicurezza e di radioprotezione connessi con l'attività svolta, con particolare riferimento all'esposizione dei lavoratori e dei gruppi di riferimento della popolazione, alla produzione di rifiuti radioattivi ed all'eventuale immissione di radionuclidi nell'ambiente od all'eventuale riciclo di materiali;

5.4. Il nullaosta viene modificato in accordo alle disposizioni di cui ai paragrafi 4 e 5 su richiesta all'Amministrazione procedente da parte

a) del titolare del nullaosta nel caso di variazioni nello svolgimento della pratica, che comportino modifiche all'oggetto del provvedimento e comunque nelle prescrizioni tecniche in esso presenti;

b) delle Amministrazioni o degli organismi tecnici di cui al punto 4.2, ove ritenuto necessario, a seguito della comunicazione di cui al punto 5.6; oppure sulla base di quanto indicato nella relazione tecnica di cui al punto 5.3, e) tenuto conto anche del progresso scientifico e tecnologico,.

c) degli organi di vigilanza;

5.5. L'istanza di modifica di cui al punto 5.4.a) deve essere inoltrata, con i dati e gli elementi di cui ai punti 4.3 e 4.4 che risultino applicabili, anche alle amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 4.1

5.6. Il titolare del nulla osta deve preventivamente comunicare all'amministrazione procedente ed alle Amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 4.2 variazioni nello svolgimento dell'attività, rispetto a quanto risultante dalla documentazione tecnica di cui ai punti 4.3 e 4.4, che non comportino modifiche nel provvedimento autorizzativo o nelle prescrizioni in esso contenute.

5.7. Le variazioni comunicate possono essere adottate qualora, entro novanta giorni dalla comunicazione una delle Amministrazioni o degli organismi tecnici di cui al punto 4.2 non abbia comunicato al titolare del nullaosta ed all'amministrazione procedente la richiesta di modifica del nullaosta ai sensi del punto 5.4 lettera b).

5.8. Le amministrazioni e gli organismi tecnici consultati trasmettono all'amministrazione procedente il proprio parere sull'istanza di modifica.

5.9. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 ***(…)***, l'Amministrazione procedente comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede al rilascio dell'autorizzazione alla modifica.

5.10. L'intendimento di cessare la pratica oggetto del nulla osta deve essere comunicato all'Amministrazione procedente che provvede alla revoca del nulla osta, salvo quanto previsto ai punti 5.11 a 5.13.

5.11. Qualora nel nulla osta siano state inserite specifiche prescrizioni in merito alle modalità di disattivazione dell'installazione in cui la pratica veniva svolta, il titolare del nullaosta deve inviare all'amministrazione procedente ed alle amministrazioni ed agli organismi tecnici di cui al punto 4.2, entro i termini previsti nel nulla osta, un piano delle operazioni da seguire per la disattivazione, comprendente le pertinenti valutazioni di sicurezza e protezione, con particolare riferimento alle modalità di gestione e smaltimento dei rifiuti radioattivi risultanti dallo svolgimento della pratica e dalle operazioni di disattivazione ed alla sistemazione delle sorgenti di radiazioni impiegate.

5.12. L'Amministrazione procedente provvede alla autorizzazione delle operazioni di disattivazione in accordo alle disposizioni di cui al paragrafo 5, stabilendo nel provvedimento eventuali prescrizioni tecniche relative alla fase di disattivazione e subordinando la revoca a specifico parere sulla conclusione della disattivazione;

5.13. Il parere sulla conclusione della disattivazione di cui al punto 5.12, che attesta la mancanza di vincoli di natura radiologica sull'installazione in cui la pratica era stata esercitata e la corretta sistemazione dei rifiuti radioattivi prodotti nel corso della pratica o della disattivazione nonché delle sorgenti impiegate, viene rilasciato, su richiesta del titolare del nullaosta, dall'ANPA per l'impiego di Categoria A e per l'impiego di Categoria B, congiuntamente, da parte del Comando provinciale dei Vigili del fuoco; dell'ispettorato provinciale del lavoro, dell'azienda sanitaria locale e dell'agenzia regionale o della provincia autonoma per la protezione dell'ambiente competenti per territorio.

5.14. .La procedura di revoca del nullaosta di cui ai punti da 5.11 a 5.13 viene avviata d'ufficio dall'Amministrazione procedente nel caso di adozione del provvedimento di revoca di cui all'articolo 35 del presente decreto.

6. Particolari disposizioni relative alle autorizzazioni all'impiego di isotopi radioattivi.

6.1. Ai sensi e per gli effetti di quanto previsto dal comma 4 dell'articolo. 27 e dal comma 2 dell'articolo 163 del presente decreto, le condizioni per l'assoggettamento agli obblighi di cui all'articolo 13 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, come modificata dal decreto del Presidente della Repubblica 30 dicembre 1965, n. 1704, sono quelle previste al punto 2.1 relativamente alla classificazione in Categoria A dell'impiego di sorgenti di radiazioni costituite da materie radioattive, ***tenendo altresì conto delle particolari disposizioni di cui al punto 2.4 e delle modalità di applicazione di cui al paragrafo 3.***

6.2. Oltre quanto previsto in tema di nulla osta dall'articolo 28 del presente decreto, resta fermo l'obbligo di autorizzazione di cui all'articolo 13 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, per l'impiego di isotopi radioattivi per usi agricoli e per usi didattici. In tali casi concorrono alla formazione del parere, in accordo alle disposizioni di cui ai paragrafi 4 e 5, il Ministero delle risorse agricole, alimentari e forestali nel caso degli usi agricoli e, nel caso degli usi didattici, il Ministero della Pubblica Istruzione ed il Ministero della ricerca scientifica e dell'Università per quanto di competenza.

6.3. Le risultanze del procedimento autorizzativo per il rilascio del nulla osta di categoria A valgono ai fini del rilascio dell'autorizzazione prevista dall'articolo 13 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, come modificata dal decreto del Presidente della Repubblica 30 dicembre 1965, n. 1704.

7. Particolari disposizioni per le pratiche di cui al comma 1-bis dell'articolo 27 del presente decreto.

7.1. Le condizioni per l'esenzione dal nullaosta di cui al paragrafo 1 non si applicano alle pratiche di cui al comma 1-bis dell'articolo 27 del presente decreto.

7.2. Per le pratiche di cui di cui al comma 1-bis dell'articolo 27 del presente decreto, classificate in Categoria A o in Categoria B in accordo alle disposizioni di cui al paragrafo 2, il rilascio del nullaosta è subordinato

- a) alla dimostrazione che la radioprotezione dei lavoratori e degli individui della popolazione, secondo i principi di cui all'articolo 2, è garantita esclusivamente dalle caratteristiche proprie delle sorgenti di radiazioni che intervengono nella pratica e dalle modalità di impiego di esse, indipendentemente dalle caratteristiche dell'ambito in cui l'impiego avviene.
- b) all'inserimento di specifiche prescrizioni tecniche relative all'obbligo
  - 1 di informare, almeno quindici giorni prima dell'inizio dell'impiego in un determinato ambito, gli organi di vigilanza territorialmente competenti
  - 2 di acquisire dall'esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica della protezione ai sensi dell'articolo 77 del presente decreto e di trasmettere agli organi di vigilanza di cui al punto 7.2.b) 1 una specifica relazione sul verificarsi della condizione di cui al punto 7.2.a) con riferimento all'ambito di impiego di cui al punto 7.2.b) 1;

7.3. Il nullaosta per le pratiche di cui al comma 1-bis dell'articolo 27 del presente decreto, che sia classificato in Categoria B ai sensi del paragrafo 2, viene rilasciato dal prefetto della provincia in cui è situata la sede operativa primaria del titolare del nullaosta.

7.4. E' consentito l'esercizio della pratica di cui al punto 7.3 in ambiti localizzati al di fuori della provincia, per la quale il nullaosta stesso era stato rilasciato ai sensi del punto 7.3.

8. Particolari disposizioni

8.1. Deposito temporaneo ed occasionale di materie fissili speciali o di combustibili nucleari non irradiati di cui al comma 1, prima parte, dell'articolo 53 del presente decreto,

a) Il nullaosta viene rilasciato dal Prefetto secondo le procedure stabilite nei paragrafi 4 e 5, per quanto applicabili.

b) Per i depositi in zona portuale o aeroportuale l'istanza di nulla osta e la relativa documentazione tecnica devono essere inoltrate rispettivamente al comandante di porto o al direttore della circoscrizione aeroportuale; copia dell'istanza e della documentazione tecnica devono essere inviate anche al prefetto ed agli organismi tecnici di cui al punto 4.1

c) Il nulla osta viene rilasciato, sentito il Prefetto, dal direttore della circoscrizione aeroportuale per i depositi in zona aeroportuale, o dal comandante di porto, per i depositi di zona portuale, sentito il dirigente dell'ufficio di sanità marittima;

d) per la formazione del parere del Prefetto si applica la procedura di cui ai paragrafi 4 e 5.

e) . Nelle prescrizioni formulate dalle amministrazioni di cui alle lettere a), b) e c) si deve tenere conto, sentita l'ANPA, delle misure di protezione fisica passiva di cui alla legge 7 agosto 1982, n. 704

8.2. Fino all'emanazione del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri di cui al comma 1 dell'articolo 156 del presente decreto, sono esenti dal nulla osta preventivo di cui all'articolo 27 del presente decreto le installazioni ed aree adibite in via esclusiva ad operazioni connesse all'attività di trasferimento in corso di trasporto di imballaggi di trasporto contenenti materie radioattive tra mezzi di trasporto diversi, allorché si verifichino congiuntamente le seguenti condizioni.

a) dette installazioni od aree si trovino nella disponibilità esclusiva e sotto la responsabilità di un soggetto autorizzato al trasporto di materie radioattive ai sensi della legge 31 dicembre 1962 n.1860, come modificata dal decreto del Presidente della Repubblica 30 dicembre 1965, n.1704

b) sia garantita l'integrità degli imballaggi di trasporto;

c) la permanenza di ogni imballaggio di trasporto in dette installazioni od aree non superi 3 giorni.;

8.3. Esoneri per sorgenti di calibrazione

a) Sono esenti dal nulla osta di cui all'articolo 27 del presente decreto, le sorgenti di taratura, dei singoli mezzi di misura di cui al comma 2 dell'articolo 107 dello stesso decreto o dei singoli strumenti impiegati per il controllo di qualità delle apparecchiature radiologiche e di medicina nucleare allorché si verifichino congiuntamente le seguenti condizioni

1 la quantità totale di radioattività presente nella singola sorgente non sia superiore ai valori indicati nella Tabella IX-1

2 la adesività del composto contenente la materia radioattiva al supporto sia tale da non consentirne il distacco, anche parziale, in condizioni di normale impiego

b) Le condizioni per l'esenzione dal nulla osta preventivo di cui alla lettera a)non si applicano alle pratiche destinate alla produzione delle sorgenti di taratura di cui alla stessa lettera

9. Abrogazione

9.1. Viene abrogato il decreto 1 marzo 1974 del Ministro dell'industria, commercio ed artigianato emanato ai sensi del comma 5 dell'articolo13 della legge 31 dicembre 1962, n. 1860, come modificata dal decreto del Presidente della Repubblica 30 dicembre 1965, n. 1704.

9.2. Viene abrogato il decreto 15 giugno 1966 del Ministro dell'industria, commercio ed artigianato emanato ai sensi dell'articolo 32 del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185.

9.3. Viene abrogato il decreto 26 ottobre 1966 del Ministro dell'industria, commercio ed artigianato emanato ai sensi dell'articolo 35 del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185.

9.4. Viene abrogato il decreto 4 gennaio 1977 del Ministro dell'industria, commercio ed artigianato emanato ai sensi del comma 3 dell'articolo 55 del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185

9.5. Vengono abrogati gli articoli 12, 13, 14 e 15 del decreto 27 luglio 1966 del Ministro dell'industria, commercio ed artigianato, come modificato in data 25 settembre 1982, emanato ai sensi degli articoli 3 e 13 della legge 31 dicembre 1962 n. 1860, come modificata dal decreto del Presidente della Repubblica 30 dicembre 1965, n. 1704, e dell'articolo 30 del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185.

9.6. Vengono abrogati gli articoli 3, 4 e 5 del decreto 14 luglio 1970 del Ministro della sanità emanato ai sensi dell'articolo 110 del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185

10. Modalità di comunicazione

10.1. Per l'invio all'ANPA delle comunicazioni previste nel presente Allegato ***da parte delle amministrazioni di cui all'articolo 29 del presente decreto,*** si utilizzano i moduli riportati in Appendice, con le relative modalità di compilazione, per quanto concerne i dati specificati nell'Appendice stessa.

10.2. L'ANPA e le Amministrazioni possono chiedere chiarimenti ed integrazioni relativamente alle informazioni richieste.

10.3. Le Appendici possono essere modificate ai sensi dell'articolo 153 del presente decreto.

Tabella IX –1

Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g
1H3	1E+09	1E+06	31Ga72	1E+05	1E+01	74W185	1E+07	1E+04
4Be7	1E+07	1E+03	32Ge71	1E+08	1E+04	92U232	1E+03	1E+00
6C14	1E+07	1E+04	33As76	1E+05	1E+02	92U233	1E+04	1E+01
8O15	1E+09	1E+02	33As74	1E+06	1E+01	92U234	1E+04	1E+01
9F18	1E+06	1E+01	33As77	1E+06	1E+03	92U235	1E+04	1E+01
15P32	1E+05	1E+03	33As73	1E+07	1E+03	92U236	1E+04	1E+01
15P33	1E+08	1E+05	34Se75	1E+06	1E+02	92U238	1E+04	1E+01
16S35	1E+08	1E+05	35Br82	1E+06	1E+01	92U230	1E+05	1E+01
19K43	1E+06	1E+01	36Kr85	1E+04	1E+05	92U240	1E+06	1E+01
19K40	1E+06	1E+02	36Kr79	1E+05	1E+03	92U237	1E+06	1E+02
19K42	1E+06	1E+02	36Kr81	1E+07	1E+04	92U239	1E+06	1E+02
23V48	1E+05	1E+01	36Kr74	1E+09	1E+02	92U231	1E+07	1E+02
39Y92	1E+05	1E+02	36Kr76	1E+09	1E+02	100Fm255	1E+06	1E+03
39Y93	1E+05	1E+02	36Kr77	1E+09	1E+02	100Fm254	1E+07	1E+04
39Y90	1E+05	1E+03	36Kr87	1E+09	1E+02	25Mn52m	1E+05	1E+01
39Y91	1E+06	1E+03	36Kr88	1E+09	1E+02	27Co62m	1E+05	1E+01
11Na24	1E+05	1E+01	37Rb86	1E+05	1E+02	27Co60m	1E+06	1E+03
11Na22	1E+06	1E+01	38Sr90	1E+04	1E+02	27Co58m	1E+07	1E+04
14Si31	1E+06	1E+03	38Sr91	1E+05	1E+01	30Zn69m	1E+06	1E+02
17Cl38	1E+05	1E+01	38Sr92	1E+06	1E+01	36Kr85m	1E+10	1E+03
17Cl36	1E+06	1E+04	38Sr85	1E+06	1E+02	36Kr83m	1E+12	1E+05
18Ar37	1E+08	1E+06	38Sr89	1E+06	1E+03	38Sr87m	1E+06	1E+02
18Ar41	1E+09	1E+02	39Y91m	1E+06	1E+02	38Sr85m	1E+07	1E+02
20Ca47	1E+06	1E+01	40Zr97	1E+05	1E+01	41Nb93m	1E+07	1E+04
20Ca45	1E+07	1E+04	40Zr95	1E+06	1E+01	42Mo101	1E+06	1E+01
21Sc48	1E+05	1E+01	40Zr93	1E+07	1E+03	43Tc99m	1E+07	1E+02
21Sc46	1E+06	1E+01	41Nb98	1E+05	1E+01	43Tc96m	1E+07	1E+03
21Sc47	1E+06	1E+02	41Nb94	1E+06	1E+01	43Tc97m	1E+07	1E+03
24Cr51	1E+07	1E+03	41Nb95	1E+06	1E+01	44Ru106	1E+05	1E+02
25Mn51	1E+05	1E+01	41Nb97	1E+06	1E+01	44Ru105	1E+06	1E+01
25Mn52	1E+05	1E+01	42Mo90	1E+06	1E+01	44Ru103	1E+06	1E+02
25Mn56	1E+05	1E+01	42Mo99	1E+06	1E+02	45Rh105	1E+07	1E+02
25Mn54	1E+06	1E+01	42Mo93	1E+08	1E+03	46Pd109	1E+06	1E+03
25Mn53	1E+09	1E+04	43Tc96	1E+06	1E+01	46Pd103	1E+08	1E+03
26Fe52	1E+06	1E+01	43Tc99	1E+07	1E+04	47Ag105	1E+06	1E+02
26Fe59	1E+06	1E+01	43Tc97	1E+08	1E+03	47Ag111	1E+06	1E+03
26Fe55	1E+06	1E+04	44Ru97	1E+07	1E+02	48Cd115	1E+06	1E+02
27Co56	1E+05	1E+01	53I132	1E+05	1E+01	48Cd109	1E+06	1E+04
27Co60	1E+05	1E+01	53I134	1E+05	1E+01	49In111	1E+06	1E+02
27Co55	1E+06	1E+01	53I129	1E+05	1E+02	50Sn125	1E+05	1E+02
27Co58	1E+06	1E+01	53I130	1E+06	1E+01	50Sn113	1E+07	1E+03
27Co57	1E+06	1E+02	53I133	1E+06	1E+01	51Sb122	1E+04	1E+02
27Co61	1E+06	1E+02	53I135	1E+06	1E+01	51Sb124	1E+06	1E+01
28Ni65	1E+06	1E+01	53I126	1E+06	1E+02	51Sb125	1E+06	1E+02
28Ni59	1E+08	1E+04	53I131	1E+06	1E+02	52Te133	1E+05	1E+01
28Ni63	1E+08	1E+05	53I125	1E+06	1E+03	52Te131	1E+05	1E+02
29Cu64	1E+06	1E+02	53I123	1E+07	1E+02	52Te134	1E+06	1E+01
30Zn65	1E+06	1E+01	74W187	1E+06	1E+02	52Te129	1E+06	1E+02
30Zn69	1E+06	1E+04	74W181	1E+07	1E+03	52Te127	1E+06	1E+03
						52Te132	1E+07	1E+02

Tabella IX-1

Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g	Radionuclide	Bq	Bq/g
54Xe133	1E+04	1E+03	78Pt191	1E+06	1E+02	94Pu241	1E+05	1E+02
54Xe135	1E+10	1E+03	78Pt197	1E+06	1E+03	94Pu234	1E+07	1E+02
55Cs134	1E+04	1E+01	79Au198	1E+06	1E+02	94Pu235	1E+07	1E+02
55Cs137	1E+04	1E+01	79Au199	1E+06	1E+02	94Pu237	1E+07	1E+03
55Cs138	1E+04	1E+01	80Hg203	1E+05	1E+02	94Pu243	1E+07	1E+03
55Cs132	1E+05	1E+01	80Hg197	1E+07	1E+02	95Am243	1E+03	1E+00
55Cs136	1E+05	1E+01	81Tl204	1E+04	1E+04	95Am241	1E+04	1E+00
55Cs129	1E+05	1E+02	81Tl200	1E+06	1E+01	95Am242	1E+06	1E+03
55Cs131	1E+06	1E+03	81Tl201	1E+06	1E+02	96Cm245	1E+03	1E+00
55Cs135	1E+07	1E+04	81Tl202	1E+06	1E+02	96Cm246	1E+03	1E+00
56Ba140	1E+05	1E+01	82Pb210	1E+04	1E+01	96Cm248	1E+03	1E+00
56Ba131	1E+06	1E+02	82Pb212	1E+05	1E+01	96Cm243	1E+04	1E+00
57La140	1E+05	1E+01	82Pb203	1E+06	1E+02	96Cm247	1E+04	1E+00
58Ce144	1E+05	1E+02	83Bi206	1E+05	1E+01	96Cm244	1E+04	1E+01
58Ce139	1E+06	1E+02	83Bi212	1E+05	1E+01	96Cm242	1E+05	1E+02
58Ce143	1E+06	1E+02	83Bi207	1E+06	1E+01	97Bk249	1E+06	1E+03
58Ce141	1E+07	1E+02	83Bi210	1E+06	1E+03	98Cf249	1E+03	1E+00
59Pr142	1E+05	1E+02	84Po210	1E+04	1E+01	98Cf251	1E+03	1E+00
59Pr143	1E+06	1E+04	84Po203	1E+06	1E+01	98Cf254	1E+03	1E+00
60Nd147	1E+06	1E+02	84Po205	1E+06	1E+01	98Cf248	1E+04	1E+01
60Nd149	1E+06	1E+02	84Po207	1E+06	1E+01	98Cf250	1E+04	1E+01
61Pm149	1E+06	1E+03	85At211	1E+07	1E+03	98Cf252	1E+04	1E+01
61Pm147	1E+07	1E+04	86Rn220	1E+07	1E+04	98Cf253	1E+05	1E+02
62Sm153	1E+06	1E+02	86Rn222	1E+08	1E+01	98Cf246	1E+06	1E+03
62Sm151	1E+08	1E+04	88Ra226	1E+04	1E+01	99Es254	1E+04	1E+01
63Eu152	1E+06	1E+01	88Ra224	1E+05	1E+01	99Es253	1E+05	1E+02
63Eu154	1E+06	1E+01	88Ra228	1E+05	1E+01	45Rh103m	1E+08	1E+04
63Eu155	1E+07	1E+02	88Ra223	1E+05	1E+02	47Ag108m	1E+06	1E+01
64Gd159	1E+06	1E+03	88Ra225	1E+05	1E+02	47Ag110m	1E+06	1E+01
64Gd153	1E+07	1E+02	88Ra227	1E+06	1E+02	48Cd115m	1E+06	1E+03
65Tb160	1E+06	1E+01	89Ac228	1E+06	1E+01	49In113m	1E+06	1E+02
66Dy165	1E+06	1E+03	90Th229	1E+03	1E+00	49In114m	1E+06	1E+02
66Dy166	1E+06	1E+03	90Th228	1E+04	1E+00	49In115m	1E+06	1E+02
67Ho166	1E+05	1E+03	90Th230	1E+04	1E+00	52Te133m	1E+05	1E+01
68Er171	1E+06	1E+02	90Th227	1E+04	1E+01	52Te131m	1E+06	1E+01
68Er169	1E+07	1E+04	90Th234	1E+05	1E+03	52Te129m	1E+06	1E+03
69Tm170	1E+06	1E+03	90Th226	1E+07	1E+03	52Te123m	1E+07	1E+02
69Tm171	1E+08	1E+04	90Th231	1E+07	1E+03	52Te125m	1E+07	1E+03
70Yb175	1E+07	1E+03	91Pa231	1E+03	1E+00	52Te127m	1E+07	1E+03
71Lu177	1E+07	1E+03	91Pa230	1E+06	1E+01	54Xe131m	1E+04	1E+04
72Hf181	1E+06	1E+01	91Pa233	1E+07	1E+02	55Cs134m	1E+05	1E+03
73Ta182	1E+04	1E+01	92U240c	1E+07	1E+03	63Eu152m	1E+06	1E+02
75Re188	1E+05	1E+02	93Np237	1E+03	1E+00	76Os191m	1E+07	1E+03
75Re186	1E+06	1E+03	93Np240	1E+06	1E+01	78Pt197m	1E+06	1E+02
76Os185	1E+06	1E+01	93Np239	1E+07	1E+02	78Pt193m	1E+07	1E+03
76Os193	1E+06	1E+02	94Pu240	1E+03	1E+00	80Hg197m	1E+06	1E+02
76Os191	1E+07	1E+02	94Pu238	1E+04	1E+00	95Am242m	1E+04	1E+00
77Ir192	1E+04	1E+01	94Pu239	1E+04	1E+00	99Es254m	1E+06	1E+02
77Ir194	1E+05	1E+02	94Pu242	1E+04	1E+00	92U238sec	1E+03	1E+00
77Ir190	1E+06	1E+01	94Pu244	1E+04	1E+00	90Th232sec	1E+03	1E+00
			94Pu236	1E+04	1E+01			

TABELLA IX-2

Elenco dei radionuclidi in equilibrio secolare

Nuclide padre	Nuclidi figli
Sr-80+	Rb-80
Sr-90+	Y-90
Zr-93+	Nb-93m
Zr-97+	Nb-97
Ru-106+	Rh-106
Ag-108m+	Ag-108
Cs-137+	Ba-137
Ba-140+	La-140
Ce-134+	La-134
Ce-144+	Pr-144
Pb-210+	Bi-210, Po-210
Pb-212+	Bi-212, Tl-208, Po-212
Bi-212+	Tl-208, Po-212
Rn-220+	Po-216
Rn-222+	Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223+	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224+	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Ra-226+	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Pb-210, Bi-210, Po-210, Po-214
Ra-228+	Ac-228
Th-226+	Ra-222, Rn-218, Po-214
Th-228+	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Th-229+	Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213, Pb-209
Th-232sec	Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212

Th-234+	**Pa-234m**
U-230+	**Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214**
U-232+	**Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212**
U-235+	**Th-231**
U-238+	**Th-234, Pa-234m**
U-238sec	**Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Pb-210, Bi-210, Po-210, Po-214**
U-240+	**Np-240**
Np-237+	**Pa-233**
Am-242m+	**Am-242**
Am-243+	**Np-239**

Allegato X

Determinazione, ai sensi dell'articolo 31 del presente decreto. delle disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione all'attività di raccolta di rifiuti radioattivi provenienti da terzi e delle esenzioni da tale autorizzazione.

1. *Autorizzazione alla attività di raccolta di rifiuti radioattivi provenienti da terzi*

1.1. L'autorizzazione, ai sensi delle disposizioni di cui all'articolo 31 del presente decreto, alla attività di raccolta, anche con mezzi altrui, di rifiuti radioattivi provenienti da terzi allo scopo di conferire i medesimi ad installazioni di trattamento o di deposito oppure di procedere allo smaltimento di essi nell'ambiente ai sensi dell'articolo 30 dello stesso decreto legislativo è richiesta quando siano verificate le condizioni stabilite ai sensi dell'articolo 1 del presente decreto con riferimento alla concentrazione di attività nel singolo contenitore ed alla attività totale raccolta nel corso di un anno solare.

1.2. L'attività di raccolta di rifiuti radioattivi di cui al punto 1.1 è esente dall'autorizzazione di cui all'articolo 31 del presente decreto allorché lo smaltimento avvenga nel rispetto delle disposizioni legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 e successive modificazioni ed integrazioni, e si verifichi una delle condizioni seguenti:

a) i rifiuti radioattivi oggetto dell'attività di raccolta contengano esclusivamente radionuclidi naturali, presenti nelle materie radioattive naturali proveniente dalle attività disciplinate ai sensi del Capo III-bis;
b) i rifiuti radioattivi oggetto dell'attività di raccolta contengano esclusivamente, anche con valori di attività e di concentrazione superiori ai valori indicati al punto 1., radionuclidi provenienti da sorgenti di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 26 del presente decreto per le quali l'esonero dagli obblighi di autorizzazione relativi alla raccolta dei rifiuti sia stato esplicitamente stabilito nel conferimento della qualifica

2. Disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione

2.1. La richiesta per l'autorizzazione alla attività di raccolta di rifiuti radioattivi di cui al punto 1.1 sottoscritta dal richiedente, deve essere inoltrata, al Ministero dell'Industria, Commercio e Artigianato. Copia della domanda e della documentazione tecnica di cui al punto 2.4 devono essere contemporaneamente trasmesse dal richiedente all'ANPA

2.2. Alla domanda deve essere allegata l'attestazione del versamento prescritto.

2.3.. Nella domanda di cui al punto 2.1 devono essere indicati i dati e gli elementi seguenti, in quanto applicabili con riferimento agli argomenti indicati:

a) generalità, codice fiscale e domicilio del richiedente; qualora si tratti di società debbono essere indicati la denominazione o la ragione sociale, il codice fiscale e la sede legale;
b) per quanto riguarda il trasporto dei rifiuti radioattivi dovranno essere indicati gli estremi dell'autorizzazione al trasporto di materie radioattive ai sensi dell'articolo 5 della legge 31 dicembre 1962, n.1860, come modificato dall'articolo 2 del decreto del Presidente della Repubblica 30 dicembre 1965, n.1704; nel caso si preveda l'impiego di mezzi altrui dovranno essere indicati i soggetti che hanno la responsabilità e la disponibilità di tali mezzi e dovranno essere forniti gli elementi atti a dimostrare la disponibilità dei terzi alle prestazioni sopra indicate;
c) per quanto riguarda le installazioni di deposito o trattamento in cui i rifiuti verranno conferiti dovrà essere indicata la localizzazione di tali installazioni e gli estremi dei relativi provvedimenti autorizzativi, con particolare riguardo ai provvedimenti relativi allo smaltimento di rifiuti nell'ambiente, ai sensi delle disposizioni di cui ai Capi VI o VII del presente decreto oppure, in attesa della convalida o conversione ai sensi

dell'articolo 146 del presente decreto, delle previgenti disposizioni del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185 che risultino applicabili; nel caso in cui si tratti di installazioni di deposito o trattamento esercite da terzi dovranno essere indicati gli estremi identificativi di essi e dovranno essere forniti gli elementi atti a dimostrare la disponibilità dei terzi alle prestazioni sopra indicate;

d) per quanto riguarda lo smaltimento nell'ambiente dei rifiuti raccolti, senza il conferimento di essi ad installazioni di trattamento o deposito, dovrà essere indicato se il richiedente intenda operare, direttamente oppure tramite terzi, in regime di esenzione dall'autorizzazione di cui all'articolo 30 del presente decreto; alternativamente dovranno essere indicati i provvedimenti autorizzativi, rilasciati ai sensi delle disposizioni di cui all'articolo 30 del presente decreto oppure, in attesa della convalida o conversione ai sensi dell'articolo 146 del presente decreto, delle previgenti disposizioni del decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 1964, n. 185 che risultino applicabili nel cui ambito lo smaltimento avverrà; nel caso si intenda avvalersi di provvedimenti a nome di terzi dovranno essere indicati gli estremi identificativi dei terzi e dovranno essere forniti gli elementi atti a dimostrare la disponibilità dei terzi alle prestazioni sopra indicate
e) dovranno essere indicati la natura e l'ammontare della garanzia finanziaria, ove richiesta;
f) ferme restando le disposizioni di cui al punto 1.2, dovrà essere inoltre indicato, fornendo i necessari dati quantitativi, se il richiedente intende avvalersi, delle disposizioni di cui al comma 2 dell'articolo 154 del presente decreto, limitatamente allo smaltimento nell'ambiente di materie radioattive contenenti radionuclidi con periodo di dimezzamento fisico inferiore a settantacinque giorni.
g) dovranno essere indicati gli accordi con i produttori dei rifiuti oggetto della raccolta stabiliti al fine di assicurare la rispondenza dei rifiuti a quanto dichiarato dal produttore stesso, nonché delle modalità per la verifica del rispetto di tali accordi.

2.4..La domanda di cui al punto 2.1 dovrà essere corredata da idonea documentazione tecnica, firmata per la parte di propria competenza, dall'esperto qualificato che illustri:

b) la natura dei rifiuti radioattivi che formeranno oggetto dell'attività di raccolta, con specificazione:
   1 dello stato fisico e della forma chimico fisica di essi, con riferimento alla natura dell'attività svolta nelle installazioni in cui tali rifiuti vengono prodotti;
   2 della tipologia di essi (sorgenti non sigillate o sorgenti sigillate);
c) le modalità di confezionamento dei rifiuti;
d) la classificazione dei rifiuti con riferimento alla specifica normativa, con indicazione dei dati e degli elementi su cui tale classificazione è basata;
e) le modalità di trasporto dei rifiuti, con riferimento alle norme regolamentari sul trasporto di materie radioattive;
f) le eventuali caratteristiche di pericolosità aggiuntive a quelle di natura radiologica, con indicazione della pertinente classificazione dei rifiuti ai sensi della normativa vigente in materia di rifiuti non radioattivi;
g) radionuclidi presenti e valore stimato della quantità di radioattività (o di massa per le materie fissili speciali, i minerali, le materie grezze) e della concentrazione di essi all'atto della raccolta, con riferimento a partite di rifiuti omogenee per modalità di produzione, per tipologia, per provenienza, per modalità di deposito o per destinazione;
h) l'ammontare stimato di quantità di radioattività (o di massa per le materie fissili speciali, i minerali, le materie grezze), con riferimento ai diversi radionuclidi e della massa dei rifiuti che si prevede di raccogliere in un anno solare;

i) dimostrazione della congruità dei valori di quantità di radioattività (o di massa per le materie fissili speciali, i minerali, le materie grezze) di cui alle lettere f) e g) e della quantità di radioattività eventualmente smaltita nell'ambiente con le disposizioni di cui ai provvedimenti autorizzativi indicati al punto 2.1 che risultino applicabili;

l) con riferimento all'attività di raccolta e di trasporto dei rifiuti:
   1 le valutazioni dell'esperto qualificato di cui al comma 1, lettera a) dell'articolo 79 e dell'articolo 80 del presente decreto;
   2 l'indicazione della qualificazione professionale e della classificazione, ai sensi dell'articolo 82 del citato decreto legislativo, del personale addetto;
   3 la valutazione delle esposizioni per i lavoratori e per la popolazione in condizioni di normale attività e di incidente, con individuazione degli eventuali scenari di tipo incidentale ;
   4 la descrizione delle operazioni svolte sui rifiuti radioattivi, con particolare attenzione alla movimentazione di essi;

m) indicazione delle modalità con cui si intende adempiere agli ulteriori pertinenti obblighi di cui all'articolo 61 del presente decreto, con particolare riferimento al contenuto delle norme interne di sicurezza e protezione; indicazione delle modalità con cui si intende assicurare la formazione di radioprotezione dei lavoratori ed indicazione della qualificazione professionale dei medesimi;

2.5. .L'ANPA trasmette il proprio parere al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato.

2.6. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 e dell'eventuale accesso di propri funzionari nel luogo di svolgimento della pratica il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede al rilascio dell'autorizzazione.

2.7. Nel nullaosta sono inserite specifiche prescrizioni tecniche relative, se del caso

a. alle installazioni di deposito o trattamento ove i rifiuti verranno conferiti od alle modalità di smaltimento dei rifiuti nell'ambiente.

b. al valore massimo di dose derivante dalla pratica per gli individui dei gruppi di riferimento della popolazione ad essa interessata;

c. all'obbligo di inoltrare, ogni sette anni, a decorrere dalla data del rilascio dell'autorizzazione al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato ed all'ANPA una relazione tecnica, sottoscritta per la parte di propria competenza dall'esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica della protezione, contenente:
   1. l'aggiornamento, laddove necessario, della documentazione tecnica a suo tempo prodotta ai sensi dei punti 2.3 e 2.4;
   2. dati ed elementi relativi agli aspetti di sicurezza e di radioprotezione connessi con l'attività svolta, con particolare riferimento all'esposizione dei lavoratori e della popolazione ed alla immissione di radionuclidi nell'ambiente

2.8. L'autorizzazione viene modificata in accordo alle disposizioni di cui al presente paragrafo su richiesta al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato da parte
   a) del titolare dell'autorizzazione nel caso di variazioni nello svolgimento della pratica, che comportino modifiche all'oggetto del provvedimento e comunque nelle prescrizioni tecniche in esso presenti;
   b) dell'ANPA;
   c) degli organi di vigilanza;

2.9. L'istanza di modifica di cui al punto 2.8.a) deve essere inoltrata, con i dati e gli elementi di cui ai punti 2.2 e 2.3 che risultino applicabili, al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato ed all'ANPA.

2.10. Il titolare del nulla osta deve preventivamente comunicare al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato ed all'ANPA variazioni nello svolgimento dell'attività, rispetto a quanto risultante dalla documentazione tecnica di cui ai punti 2.2 e 2.3, che non comportino modifiche nel provvedimento autorizzativo o nelle prescrizioni in esso contenute

2.11. Le variazioni comunicate possono essere adottate qualora, entro novanta giorni dalla comunicazione l'ANPA non abbia comunicato al titolare del nullaosta ed al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato la richiesta di modifica dell'autorizzazione ai sensi del punto 2.8 lettera b).

2.12. L'ANPA trasmette al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato il proprio parere sull'istanza di modifica.

2.13. A seguito del ricevimento dei pareri o della conclusione della conferenza di servizi di cui alla legge 241/90 e dell'eventuale accesso di propri funzionari nel luogo di svolgimento della pratica il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato comunica all'interessato l'esito del procedimento e, in caso positivo provvede alla modifica dell'autorizzazione.

2.12. L'intendimento di cessazione dell'attività di raccolta dei rifiuti per cui è stata emessa l'autorizzazione deve essere comunicato al Ministero dell'industria, commercio ed artigianato, che provvede alla revoca dell'autorizzazione, previo parere dell'ANPA in merito alla sistemazione nel rispetto delle disposizioni di cui al presente decreto dei rifiuti radioattivi che avevano formato oggetto dell'attività di raccolta.

2.13. .La procedura di cui ai punti da 2.12 si applica nel caso di adozione del provvedimento di revoca di cui all'articolo 35 del presente decreto.

3. Ulteriori disposizioni

3.1.I soggetti che effettuano, anche con mezzi altrui, l'attività di raccolta dei rifiuti radioattivi provenienti da terzi in esenzione, ai sensi delle disposizioni di cui al paragrafo 1, dall'autorizzazione di cui all'articolo 31 del presente decreto devono notificare l'attività stessa, almeno sessanta giorni prima dell'inizio di essa, al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, ed all'ANPA.

3.2..La notifica, firmata per la parte di propria competenza dall'esperto qualificato, deve essere inviata mediante raccomandata, e deve contenere, per quanto applicabili, i dati e gli elementi di cui ai punti 2.2 e 2.3.

3.3.La variazione dei dati comunicati ai sensi del punto 3.1 o la cessazione dell'attività di raccolta devono essere preventivamente comunicate, entro i termini e con le modalità definiti al punto 2.1 alle amministrazioni individuate al punto 2.1.

3.4. Ogni sette anni dall'invio della notifica di cui al punto 3.1 deve essere inviata alle amministrazioni ed agli organismi tecnici individuati al punto 2.1 una relazione tecnica, sottoscritta per la parte di propria competenza dall'esperto qualificato incaricato della sorveglianza fisica della protezione, contenente:

a. l'aggiornamento, laddove necessario, della documentazione tecnica a suo tempo prodotta ai sensi del punto 3.1;
b. dati ed elementi relativi agli aspetti di sicurezza e di radioprotezione connessi con l'attività svolta, con particolare riferimento all'esposizione dei lavoratori e della popolazione ed alla immissione di radionuclidi nell'ambiente

3.5. I soggetti che all'entrata in vigore delle disposizioni del presente Allegato svolgono attività di raccolta di rifiuti radioattivi per conto di terzi e che siano esentati dall'autorizzazione di cui all'articolo 31 del presente decreto ai sensi del paragrafo 1 provvedono alla notifica dell'attività ai sensi del punto 3.1

ALLEGATO XI

Determinazione ai sensi dell'art.62, comma 3, dell'art.81, comma 6 e dell'art. 9***0***, comma 5, delle modalità di tenuta della documentazione relativa alla sorveglianza fisica e medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti e del libretto personale di radioprotezione per i lavoratori esterni.

1.Libretto personale di radioprotezione e suo rilascio

1.1.Il libretto personale di radioprotezione di cui all'art.62, comma 2, lettera e), del presente decreto è istituito conformemente al modello ***A allegato***.

1.2.Il libretto personale di cui al punto 1.1 e' istituito dal datore di lavoro di impresa esterna, o dal lavoratore esterno se autonomo, che provvede a compilare le sezioni 1 e 2, apponendo timbro e sottoscrizione, e ad inviare il libretto stesso al Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale – Direzione Generale Rapporti di Lavoro.

1.3.L'organo di cui al punto ***1.2*** provvede al rilascio con l'attribuzione di un numero progressivo di registrazione e della data.

1.4.Il lavoratore in possesso di libretto personale di radioprotezione già rilasciato ai sensi del punto 1.3 lo consegna al proprio datore di lavoro di impresa esterna all'inizio di un nuovo rapporto di lavoro.

2.Modalità di compilazione e di conservazione del libretto personale di radioprotezione

2.1.Il libretto personale è compilato in ogni sua parte, in conformità agli eventuali accordi contrattuali di cui agli articoli 62, comma 1, e 63, comma 1, del presente decreto a cura del datore di lavoro, dell'esercente l'impianto che si avvale della prestazione del lavoratore esterno, degli esperti qualificati e del medico autorizzato, per le parti di rispettiva competenza.

2.2.Nel caso non sia possibile valutare la dose al termine della prestazione, l'esperto qualificato dell'esercente trasmette al datore di lavoro, nel tempo tecnicamente necessario , i relativi dati di esposizione. L'esperto qualificato del datore di lavoro risponde, firmando nell'apposito spazio, dell'esatta trascrizione dei dati stessi e procede alla valutazione della dose.

2.3.Il libretto personale è conservato dal datore di lavoro che lo consegna al lavoratore prima di ogni prestazione presso terzi. In caso di cessazione del rapporto di lavoro, il datore di lavoro consegna definitivamente il libretto al lavoratore.

2.4.Nelle schede personali dei lavoratori esterni deve essere annotato il contributo complessivo derivante da tutte le esposizioni lavorative individuali, relative al periodo di valutazione determinato ai sensi dell'art.80, comma 1, lettera c) del presente decreto legislativo.

2.5.L'esercente l'impianto, nel caso di lavoratori dipendenti da datori di lavoro di paesi esteri, provvede a compilare il libretto personale, ove previsto dallo Stato d'origine dei predetti lavoratori; l'esercente è in ogni caso tenuto ad ottemperare a tutti gli obblighi di cui all'art.63, comma 2, del presente decreto, anche mediante altra documentazione.

2.6.Resta fermo che i libretti personali rilasciati da Stati membri dell'Unione Europea sono validi nel territorio italiano e sono regolamentati , per la loro compilazione e la loro conservazione, dalle norme dello Stato che li ha rilasciati.

3.Sede di conservazione della documentazione della sorveglianza fisica

3.1.La documentazione relativa alla sorveglianza fisica della protezione dalle radiazioni ionizzanti , di cui all'art. 81 del presente decreto, è conservata e mantenuta disponibile presso la sede di lavoro o, se necessario per una maggiore garanzia di conservazione, presso la sede legale del datore di lavoro.

4.Registro

4.1 La documentazione di cui all'art. 81, comma 1, lettere a), b) e c) del presente decreto, con esclusione dei documenti di cui al punto 5.3, è costituita da un registro con fogli legati e numerati progressivamente, intestato al datore di lavoro e recante l'indicazione della sede legale e della sede di lavoro.

4.2.La documentazione di cui agli articoli 61, comma 2, e 80, comma 1, può essere costituita da relazioni tecniche datate, con pagine numerate progressivamente, i cui estremi sono riportati su registro di protocollo tenuto a cura del datore di lavoro.

4.3.Il registro di cui al punto 4.1 può essere suddiviso in più sezioni staccate, in riferimento alle diverse installazioni facenti parte dello stesso complesso produttivo o agli argomenti di cui al punto 5; la prima pagina reca le indicazioni inerenti alle installazioni ed agli argomenti cui il registro si riferisce.

5. Contenuti del registro

5.1.Il registro di cui al punto 4 deve contenere:

a) la planimetria o una descrizione dei luoghi ed ambienti in cui vengono esercitate attività comportanti rischi da radiazioni ionizzanti, con l'indicazione della classificazione delle zone;
b) l'elencazione, aggiornata in caso di variazioni, delle sorgenti sigillate e delle macchine radiogene in uso o detenute, con specificazione, per ciascuna di esse, della natura e delle caratteristiche fondamentali;
c) l'annotazione, per le sorgenti non sigillate, dell'attività massima detenibile dei radionuclidi e di quella impiegabile annualmente ai sensi dell'art.27 del presente decreto;
d) le modalità di valutazione delle dosi individuali per lavoratori ed individui dei gruppi di riferimento della popolazione a partire dai dati di sorveglianza fisica di cui all'art. 79 del presente decreto legislativo;
e) copia delle relazioni di cui agli articoli 61, comma 2, e 80, comma 1, lettere b), c), d) del presente decreto, qualora l'esperto qualificato non si avvalga della facoltà di cui al punto 4.2 ;
f) gli esiti della sorveglianza ambientale di cui all' art. 79, comma 1, lettera c) del presente decreto;
g) gli esiti delle verifiche di cui all'art.79, comma 1, lettera b), nn.3) e 4), del presente decreto;
h) gli estremi di riferimento degli atti autorizzativi rilasciati ai sensi del presente decreto;
i) l'annotazione dell'esito della prima verifica di sorveglianza fisica di cui all'articolo 79, comma 1, lettera b), n.2 del presente decreto, con riferimento al relativo benestare di cui al comma 1, lettera b), n.1), dello stesso articolo 79.

5.2.Le informazioni di cui al punto 5.1, lettere a), b), c) e gli eventuali provvedimenti di cui all'articolo 80, comma 1, lettera d), del presente decreto, vanno registrate per ogni località in relazione all'attività esercitata e alle sorgenti utilizzate, in caso di impiego temporaneo di sorgenti mobili di radiazioni diverse da:
a) materie radioattive non soggette ai provvedimenti autorizzativi di cui ai Capi VI e VII del presente decreto;
b) macchine radiogene installate su mezzi mobili in cui il rateo di dose a contatto di un punto qualunque delle schermature solidali ai mezzi stessi è inferiore a 1 μSv/h;

5.3.Al registro devono essere allegate le copie delle prescrizioni e delle disposizioni formulate dagli organi di vigilanza che siano divenute esecutive.

6. Attività ed impianti soggetti ad autorizzazione

6.1.Per le attività e gli impianti soggetti alle autorizzazioni previste dal presente decreto o dalla legge 31 dicembre 1962, n.1860, nel registro di cui all'art.4, in alternativa alle indicazioni di cui al punto 5.1, lettere a), b), c), può essere fatto riferimento alle notizie contenute nelle autorizzazioni stesse o nella documentazione allegata.

7.Scheda personale dosimetrica

7.1.La scheda personale dosimetrica di cui all'art.81, comma 1, lettera d) del presente decreto è compilata in conformità al modello allegato B.

7.2.La scheda di cui al punto 1.1 è costituita da fogli legati e numerati progressivamente.

7.3.E' consentita l'adozione di schede dosimetriche personali diverse dal modello B di cui al punto 1.1 sempre che vi siano comunque inclusi i dati e le notizie indicati nel modello stesso.

7.4.Ai fini dell'adempimento degli obblighi di cui all'art.81, comma 4, del presente decreto, le relazioni di cui alla lettera e) del comma 1 dello stesso articolo sono allegate alla scheda dosimetrica che deve contenere i necessari riferimenti ad esse.

8. Documento sanitario personale

8.1.Il documento sanitario personale di cui all' art.90 del presente decreto, valido anche per i casi di esposizione contemporanea a radiazioni ionizzanti e ad altri fattori di rischio, è compilato in conformità al modello allegato C.

8.2.Il documento di cui al punto 8.1 è costituito da fogli legati e numerati progressivamente.

8.3.E' consentita l'adozione di documenti sanitari personali diversi dal modello C sempre che vi siano comunque inclusi i dati e le notizie indicati nel modello stesso.

8.4.Il documento di cui al punto 8.1 è conservato presso la sede di lavoro ovvero presso la sede legale del datore di lavoro, con salvaguardia del segreto professionale, fatto salvo il tempo strettamente necessario per l'esecuzione delle visite mediche di idoneità e la trascrizione dei relativi risultati.

9.Accertamenti integrativi

9.1.Gli esiti degli accertamenti integrativi indicati nel documento sanitario personale, vistati e numerati dal medico addetto alla sorveglianza medica, devono essere allegati al documento stesso, di cui costituiscono parte integrante.

10.Comunicazione del giudizio d'idoneità

10.1. Le comunicazioni del medico addetto alla sorveglianza medica previste dall'articolo 84, comma 5, del presente decreto, costituiscono prova dell'avvenuta esecuzione delle relative visite mediche.

11.Modalità di istituzione della documentazione inerente alla sorveglianza fisica e medica

11.1. L'esperto qualificato istituisce:

a) la scheda personale dosimetrica per ogni lavoratore esposto, apponendo la propria sottoscrizione sulla prima pagina della scheda stessa, debitamente compilata con le informazioni previste nel modello B;

b) il registro di cui al punto 4, apponendo la propria sottoscrizione sulla prima pagina del registro stesso, debitamente intestato.

11.2. Il medico addetto alla sorveglianza medica istituisce il documento sanitario personale per ogni lavoratore esposto apponendo la propria sottoscrizione sulla prima pagina del documento stesso, debitamente compilato con le informazioni previste nel modello C.

11.3**.** Il datore di lavoro appone la data e la propria sottoscrizione sulla prima pagina dei documenti istituiti ai sensi dei punti 11.1 e 11.2, dichiarando altresì il numero di pagine di cui si compongono i documenti medesimi.

12.Compilazione dei documenti

12.1. Il libretto personale di cui al punto 1, i documenti relativi alla sorveglianza fisica della protezione di cui ai punti 4 e 7, e il documento sanitario personale di cui al punto 8, sono compilati con inchiostro o altra materia indelebile, senza abrasioni; le rettifiche o correzioni, siglate dal compilatore, sono eseguite in modo che il testo sostituito sia leggibile; gli spazi bianchi tra annotazioni successive sono barrati.

12.2. E' consentito che le registrazioni sui documenti di cui al punto 12.1 siano effettuate, ove sia possibile, mediante fogli prestampati. In tale caso tutti i fogli devono essere applicati in modo stabile sulle pagine dei documenti e controfirmati dall'esperto qualificato o dal medico incaricato della sorveglianza medica in maniera che la firma interessi il margine di ciascun foglio e la pagina sulla quale è applicato.

12.3. Ai fini dell'ottemperanza agli obblighi di cui all'articolo 73, comma 1, e dell'art.84, comma 3, del presente decreto, il datore di lavoro, chiede ad ogni lavoratore esposto, che è tenuto a fornirle,le informazioni sulle dosi ricevute relative a precedenti rapporti di lavoro.

12.4. L'esperto qualificato ed il medico incaricato della sorveglianza medica procedono, per le parti di competenza, alla trascrizione dei dati di cui al punto 12.3, rispettivamente sulla scheda dosimetrica e sul documento sanitario personale.

13.Sistemi di elaborazione automatica dei dati

13.1. E' consentito l'impiego di sistemi di elaborazione automatica dei dati per la memorizzazione della scheda personale e del documento sanitario personale purché siano rispettate le condizioni di cui ai commi seguenti.

13.2. Le modalità di memorizzazione dei dati e di accesso al sistema di gestione delle dosi devono essere tali da assicurare che:

a) l'accesso alle funzioni del sistema sia consentito ai soli soggetti a ciò espressamente abilitati dal datore di lavoro;

b) l'accesso alle funzioni di valutazione delle dosi sia consentito soltanto all'esperto qualificato;

c) le operazioni di valutazione delle dosi di ogni lavoratore esposto devono essere univocamente riconducibili all'esperto qualificato mediante la memorizzazione di codice identificativo, autogenerato dal medesimo;

d) le eventuali informazioni di modifica, ivi comprese quelle inerenti alle generalità ed ai dati occupazionali del lavoratore, siano solo aggiuntive a quelle già memorizzate;

e) sia possibile riprodurre su supporti a stampa, secondo le modalità di cui al punto 7, le informazioni contenute nei supporti di memoria;

f) le informazioni siano conservate almeno su due distinti supporti informatici di memoria.

g) siano implementati programmi di protezione e di controllo del sistema da codici virali;

h) sia redatta, a cura dell'esercente il sistema, una procedura in cui siano dettagliatamente descritte le operazioni necessarie per la gestione del sistema medesimo; nella procedura non devono essere riportati i codici di accesso.

13.3. Le modalità di memorizzazione dei documenti sanitari personali e di accesso al sistema di gestione degli stessi devono essere tali da assicurare che:

a) l'accesso alle funzioni del sistema sia consentito soltanto al medico addetto alla sorveglianza medica o a suo delegato;

b) le operazioni di espressione dei giudizi di idoneità di ogni lavoratore esposto e delle eventuali limitazioni devono essere univocamente riconducibili al medico addetto alla sorveglianza medica mediante la memorizzazione di codice identificativo, autogenerato dal medesimo;

c) le eventuali informazioni di modifica, ivi comprese quelle inerenti alle generalità ed ai dati occupazionali del lavoratore, siano solo aggiuntive a quelle già memorizzate;

d) sia possibile riprodurre su supporti a stampa, secondo le modalità di cui al punto 8, le informazioni contenute nei supporti di memoria;

e) le informazioni siano conservate almeno su due distinti supporti informatici di memoria;

f) siano implementati programmi di protezione e di controllo del sistema da codici virali;

g) sia redatta, a cura dell'esercente il sistema, una procedura in cui siano dettagliatamente descritte le operazioni necessarie per la gestione del sistema medesimo; nella procedura non devono essere riportati i codici di accesso.

13.4. La rispondenza dei sistemi di elaborazione automatica dei dati ai requisiti di cui ai commi 2 e 3 è dichiarata dal datore di lavoro.

13.5. In caso di cessazione del rapporto di lavoro i documenti informatizzati, riportati su supporto cartaceo e firmati dai responsabili dei dati e delle notizie in essi contenuti, sono inviati secondo le modalità e la destinazione indicate negli articoli 81, comma 4, e 90, comma 4, del presente decreto.

14.Norme transitorie e finali

14.1. I registri istituiti ai sensi del decreto del Ministro del Lavoro e della Previdenza sociale 13 luglio 1990, n. 449, conservano la loro validità e possono essere usati fino al loro esaurimento.

14.2. Le schede personali e i documenti sanitari di cui agli articoli 7 e 8 devono essere istituiti entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto.

14.3. I sistemi di elaborazione automatica dei dati autorizzati ai sensi dell'art.17 del decreto di cui al punto 14.1 sono aggiornati entro sei mesi per adeguarli alle esigenze dei nuovi modelli approvati. L'aggiornamento è dichiarato dal datore di lavoro.

14.4. I libretti di cui al punto 1 devono essere istituiti ed inviati, ai fini del rilascio, al Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale entro 120 giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto.

14.5. Le schede dosimetriche relative ai lavoratori per i quali il rapporto risulti cessato in data anteriore alla data di entrata in vigore del presente decreto e conservate ai sensi dell'articolo 74, comma 2 ,del D.P.R. 13 febbraio 1964, n.185, devono essere trasmesse dal datore di lavoro, entro un anno dall'entrata in vigore del presente decreto, allo stesso organismo individuato dall'art.90, comma 4.

14.6. I documenti di cui ai punti 7 e 8 sono custoditi secondo quanto previsto dall'articolo 15 della legge 31 dicembre 1996, n. 675.

14.7. Il decreto del Ministro del Lavoro e della Previdenza sociale 13 luglio 1990, n. 449, è abrogato.

MODELLO A

LIBRETTO PERSONALE DI RADIOPROTEZIONE
(articolo 62 comma 2 lettera e) D.Lgs. 17.03.95 n.230)

1) Dati relativi all'identità del lavoratore

COGNOME NOME SESSO M F

DATA E LUOGO DI NASCITA

CODICE FISCALE

NAZIONALITA'

DOMICILIO

DOMICILIO

2) Dati relativi all'istituzione del libretto personale

DATA DELLA RICHIESTA

MOTIVO prima istituzione
altri.....
(specificare)

Il datore di lavoro

3) Dati relativi al rilascio del libretto

n. di registrazione Il Dirigente
data rilascio

4) Dati occupazionali

Ragione sociale e sede impresa	dal	al	mansione	firma del datore di lavoro o delegato

5) Risultati della Sorveglianza medica

Giudizio ed eventuali prescrizioni	periodo di validità	firma del medico autorizzato

6) DATI DOSIMETRICI

(da compilarsi a cura dell'esperto qualificato del datore di lavoro)

ANNO		esposizione totale	Esposizione parziale			Firma dell'EQ.
		Dose efficace mSv	Dose equivalente mSv			
dal	al		estr	pelle	crist	

7) DATI DOSIMETRICI

(da compilarsi a cura dell'esperto qualificato dell'esercente al termine degli interventi, ove tecnicamente possibile)

			Esposizione esterna	Esposizione esterna parziale		esposizione interna					esp.ne totale			
Ragione sociale dell'esercente 1)	Periodo 2)	radia-zione	dose efficace mSv	dose equivalente mSv	Organo o parte del corpo	radio - nuclide	tipo 3)	f_1 4)	attività introdotta Bq	Dose impe-gnata mSv	dose efficace mSv	firma E.Q.	5)	Annota-zioni 6)

NOTE I valori numerici contenuti nel libretto possono essere espressi, ove occorra, anche con notazione esponenziale.

1) Indicare la ragione sociale dell'esercente l'impianto, il laboratorio o l'installazione presso il quale si verifica l'intervento del lavoratore esterno.
2) Indicare il periodo a cui si riferisce la valutazione.
3) Indicare il tipo di ritenzione polmonare del radionuclide (S,M,F) nel caso di introduzione per inalazione.
4) Indicare il fattore di transit intestinale nel caso di introduzione per ingestione.
5) Contrassegnare con **A** le dosi derivanti da esposizioni accidentali, con **E** quelle di emergenza, con **V** quelle valutate sulla base della sorveglianza ambientale (allegare i dati utilizzati per la valutazione)
6) Ove la contaminazione interna non si sia verificata per inalazione, indicare la via di introduzione. In caso di irraggiamento da neutroni indicare l'energia se conosciuta

Mod. B

SCHEDA PERSONALE DOSIMETRICA
(art.81 D.Lgs. 17/3/95 n.230)

LAVORATORE .....Sesso M F

LUOGO E DATA DI NASCITA.....

CODICE FISCALE

DATORE DI LAVORO.....

SEDE.....

La presente scheda personale dosimetrica è istituita per:

esaurimento della scheda precedente

altri motivi.....

Firma dell'esperto qualificato

La presente scheda dosimetrica è costituita da n.....pagine

Data Il datore di lavoro

DATI OCCUPAZIONALI

periodi dal	al	destinazione lavorativa mansioni	tipo di irradiazione (1)	classificazione	firma eq

Altre attività esponenti contemporaneamente al rischio da R.I.

periodi dal	al	datore di lavoro o lavoro autonomo	tipo di irradiazione (1)	firma lavoratore

1) Indicare se globale,parziale,esterna,interna

		Esposizione esterna	Esposizione esterna parziale		esposizione interna					esp.ne totale				esp.ne presso altri datori di lavoro o lavoro autonomo		
Anno ..... Periodo 1)	ra-diazione	dose efficace mSv	dose equiva-lente mSv	Organo o parte del corpo	radio - nuclide	tipo 2)	f_1 3)	attività introdotta Bq	dose efficace impegnata mSv 4)	dose efficace mSv 5)	firma E.Q.	6)	Annota -zioni 7) 8)	dose efficace mSv	dose equiva-lente mSv	Organo o parte del corpo

	dose efficace mSv 9)	Dose equivalente mSv 9)	Organo o parte del corpo
Totale anno…….			

:_____

Riferimenti alle relazioni ex art.81 comma 1-e D.Lgs.230/95

_____

NOTE

I valori numerici possono essere espressi, ove occorra, anche con notazione esponenziale.

1) Indicare il periodo a cui si riferisce la valutazione
2) Indicare il tipo di ritenzione polmonare del radionuclide (S, M, F) nel caso di introduzione per inalazione.
3) Indicare il fattore di transit intestinale nel caso di introduzione per ingestione.
4) La dose impegnata va calcolata in un periodo di 50 anni.
5) Compilare solo in caso di esposizione totale.
6) Contrassegnare con **A** le dosi derivanti da esposizioni accidentali, con **E** quelle di emergenza, con **V** quelle valutate sulla base della sorveglianza ambientale (allegare i dati utilizzati per la valutazione), con **S** quelle derivanti da esposizioni soggette ad autorizzazione speciale, con **N** quelle derivanti da esposizione a sorgenti naturali di radiazioni
7) Ove la contaminazione interna non si sia verificata per inalazione o per ingestione, indicare la via di introduzione. In caso di irraggiamento da neutroni indicare l'energia se conosciuta.
8) Indicare la data di trasmissione delle dosi al medico incaricato della sorveglianza medica.
9) Indicare la dose complessiva derivante dalle esposizioni presso tutti i datori di lavoro

CONSERVAZIONE DELLA SCHEDA DOSIMETRICA

Cessazione dell'impresa/ Risoluzione del rapporto di lavoro

La presente scheda dosimetrica viene consegnata al medico addetto alla sorveglianza medica dott..... ai sensi dell'art.81 comma 4 del D.Lgs. 230/95, per:

Cessazione dell'attività d'impresa avvenuta il.....

Cessazione del rapporto di lavoro avvenuta il.....

Data L'esperto qualificato Il medico
....

Cessazione dell'incarico dell'esperto qualificato

La presente scheda dosimetrica viene consegnata all'esperto qualificato subentrante Sig…….. per cessazione dell'incarico avvenuta il …….

L'esperto qualificato uscente L'esperto qualificato subentrante

Mod. C

DOCUMENTO SANITARIO PERSONALE

(art. 90 del D.Lgs 230/95)

LAVORATORE…… sesso M F

LUOGO E DATA DI NASCITA……

Codice fiscale

Datore di lavoro…….

Data di assunzione…….

Sede/i di lavoro……..

……

……..

Il presente documento sanitario personale è istituito per:

esaurimento del documento precedente

altri motivi

Il medico addetto alla sorveglianza medica

…….

Il presente Documento Sanitario Personale e' costituito da n°…… pagine.

Data

Il datore di lavoro

VISITA MEDICA PREVENTIVA

1. DATI OCCUPAZIONALI (1)

Destinazione Lavorativa - Mansioni

Rischi da R.I.

Irradiazione esterna (2)……..

……

Irradiazione interna (3)……..

Classificazione A B

Esposizione ad altri fattori di rischio per i quali la normativa vigente prevede la sorveglianza sanitaria.

no

si (4) ……

2. ANAMNESI LAVORATIVA

Esposizioni precedenti a R.I. no si
Esposizioni precedenti ad altri fattori di rischio no si
……(4)
dose accumulata per esposizione totale (5) mSv…….
di cui:
a) per esposizione accidentale mSv…….
b) per esposizione di emergenza mSv…….
c) per esposizione soggetta ad autorizzazione speciale mSv……
dose accumulata a parti del corpo (4)…….(5)mSv…….
……..
Dose efficace impegnata (3)…….(5) mSv
data dell'incorporazione…….

Note

1. I dati di questa sezione sono forniti dal datore di lavoro
   (indicare n^0 degli allegati)
2. specificare anche eventuali parti del corpo a maggior rischio
3. specificare radionuclidi
4. specificare quali
5. fornita dal datore di lavoro

3. ANAMNESI FAMILIARE

……
……
……
……..

4. ANAMNESI PERSONALE

……
……
……
……..

Esposizione R.I. dovuta a trattamenti medici

(indicare tipo di trattamento e dose se conosciuta)

……
……
……
……

Infortuni - Traumi (lavorativi o extralavorativi)..…….

……
……
……
……

Invalidita' riconosciute (I.civile ,INPS,INAIL, Ass.Private)

……
……
……
……

Contemporanea esposizione al rischio da R.I. presso altri datori di lavoro o attività professionale autonoma……..

…….

Altre notizie……..

……..

Data _____ il lavoratore

_____

5. Esame Clinico generale

6. Accertamenti integrativi (specialistici e/o di laboratorio) (indicare gli accertamenti eseguiti e il n^0 di riferimento dei referti allegati)

7. Valutazioni conclusive (dei dati clinico-anamnestici e dei risultati degli accertamenti integrativi, in relazione ai rischi occupazionali

8. Giudizio di idoneita' all'esposizione alle radiazioni ionizzanti:

idoneo

idoneo con le seguenti condizioni……..

……

……..

non idoneo.

Data…….

il lavoratore il medico addetto alla

…… sorveglianza medica

……

Avverso il giudizio di cui sopra e' ammesso ricorso all'Ispettorato Medico Centrale del lavoro ai sensi dell'art.95 del presente decreto legislativo, entro il termine di 30 giorni.

9 Giudizio di idoneita'all'esposizione agli altri fattori di rischio indicati al punto 1:

Idoneo Non Idoneo

Data

il lavoratore il medico competente

Avverso il giudizio di cui sopra e' ammesso ricorso all'organo di vigilanza competente per territorio ai sensi dell'art.17, comma 4 del. D.Lgs. 19/09/1994 n.626, entro il termine di 30giorni.

10. TRASMISSIONE DEL GIUDIZIO AL DATORE DI LAVORO

effettuata il…….a mezzo……

Il medico

Da consegnare al datore di lavoro

Il lavoratore …….in data……..

A) e' stato sottoposto alla visita medica preventiva per esposizione alle R. I. di categoria

A B con il seguente esito:

idoneo

idoneo con le seguenti condizioni……

…….

……..

non idoneo.

Da sottoporre a nuova visita medica il……previa esecuzione dei seguenti accertamenti…….

data il medico addetto alla

sorveglianza medica

B) e' stato sottoposto alla visita medica preventiva per esposizione a (indicare i fattori di rischio)……

con il seguente esito:

Idoneo Non Idoneo

Da sottoporre a nuova visita medica il……previa esecuzione dei seguenti accertamenti…….

data il medico competente

VISITA MEDICA

Periodica Straordinaria Eccezionale per

Esposizione R.I. Esposizione altri fattori di rischio

motivazione: cambiamento mansioni

controllo cessazione inidoneità

su richiesta (specificare da chi)

fine rapporto di lavoro o altri motivi

1. DATI OCCUPAZIONALI (1)

Variaz. Destinazione Lavorativa o mansione……..

…….

Rischi da R.I.

Irradiazione esterna (2)…….

Irradiazione interna (3)……

Classificazione A B

Esposizione ad altri fattori di rischio

no

si (4)…….

……..

2. DOSI comunicate dall'esperto qualificato successivamente all'ultima visita medica
dose per esposizione totale mSv…….
di cui:

a) per esposizione accidentale mSv…….
b) per esposizione di emergenza mSv…….
c) per esposizione soggetta ad autorizzazione speciale mSv…….

dose a parti del corpo (4)…….. mSv…….
dose efficace impegnata (3)…….mSv…….

Note

1) questa sezione va compilata in caso di variazione rispetto all'ultima visita medica con i dati forniti dal datore di lavoro (indicare n° degli allegati)
2) specificare anche eventuali parti del corpo a maggior rischio
3) specificare i radionuclidi
4) specificare quali

3 ANAMNESI INTERCORRENTE

…….

…….

…….

…….

Esposizione R.I. dovuta a trattamenti medici

(indicare tipo di trattamento e dose se conosciuta)

…….

…….

…….

Infortuni - Traumi (lavorativi o extralavorativi)....

…….

…….

Riconoscimenti di invalidita'

…….

…….

Contemporanea esposizione al rischio da RI. presso altri datori di lavoro o attività professionale autonoma

…….

…….

il lavoratore

_____

4 Esame obiettivo (con particolare riferimento ad eventuali modificazioni rispetto alla visita precedente)

…….

…….

…….

5 Accertamenti integrativi (specialistici e/o di laboratorio)

(indicare gli accertamenti eseguiti e riportare il n^0 di riferimento dei referti allegati)

…….

…….

6 Valutazioni conclusive (dei dati clinico-anamnestici e dei risultati degli accertamenti integrativi, in relazione ai rischi occupazionali)

…….

…….

7. Giudizio di idoneita' all'esposizione alle radiazioni ionizzanti:

idoneo

idoneo con le seguenti condizioni……..

……

…….

non idoneo.

Lavoratore sottoposto a sorveglianza medica dopo la cessazione dell'esposizione

data…….

Il lavoratore il medico addetto alla sorveglianza medica

Avverso il giudizio di cui sopra e' ammesso ricorso all'Ispettorato Medico Centrale del Lavoro ai sensi dell'art.95 del presente decreto legislativo, entro il termine di 30 giorni.

8. Giudizio d'idoneita' all'esposizione agli altri fattori di rischio indicati al punto 1:

Idoneo Non Idoneo

Idoneo con le seguenti condizioni……

……..

Temporaneamente non idoneo fino a…….

data

il lavoratore il medico competente

Avverso il giudizio di cui sopra e' ammesso ricorso all'organo di vigilanza competente per territorio ai sensi dell'art.17, comma 4 de] D.Lgs. 19/09/1994 n.626, entro il termine di 30 giorni.

9. TRASMISSIONE DEL GIUDIZIO AL DATORE DI LAVORO

effettuata il…….a mezzo……

Il medico

Da consegnare al datore di lavoro

Il lavoratore……

A) classificato in categoria A B

e' stato sottoposto in data……alla visita medica di idoneita' per l'esposizione alle R.I. con il seguente esito:

idoneo

idoneo con le seguenti condizioni……..

…….

non idoneo e pertanto si richiede l'allontanamento dall'esposizione.

lavoratore sottoposto a sorveglianza medica dopo la cessazione dell'esposizione

Da sottoporre a nuova visita medica il…….previa esecuzione dei seguenti accertamenti…….

Data…… Il medico addetto alla

sorveglianza medica

B) e' stato sottoposto in data…….alla visita medica…….. per esposizione a (indicare i fattori di. rischio)……..

……..

con il seguente esito:

Idoneo Non Idoneo

Idoneo con le seguenti condizioni…….

……..

Temporaneamente non idoneo fino a……

Da sottoporre a nuova visita medica il…….. previa

esecuzione dei seguenti accertamenti ……

data Il medico competente

CONSERVAZIONE DEL DOCUMENTO SANITARIO PERSONALE

-Cessazione dell'impresa/ Risoluzione del rapporto di lavoro

Il presente documento sanitario, completo di n……allegati, unitamente ai documenti di cui all'art.81, comma 1, lettere d) ed e) del presente decreto , viene trasmesso ai sensi dell'art.90, comma 4 , per:

Cessazione dell'attività dell'impresa, avvenuta il…….

Risoluzione del rapporto di lavoro, avvenuta il……

Copia del documento viene consegnata al lavoratore……ai sensi dell'art.90 comma 2 del presente decreto.

Data Il medico Il lavoratore

Cessazione dall'incarico del medico

- Per cessazione dell'incarico, avvenuta il…….il presente documento sanitario personale, completo di n…….allegati, viene consegnato al medico dott……

Data Il medico uscente

- Dichiaro di ricevere dal dott……che cessa dall'incarico, il presente documento completo di n……allegati

Data Il medico subentrante

ALLEGATO XII

.

DETERMINAZIONE, Al SENSI DELL'ARTICOLO 115 COMMA 2, DEI LIVELLI DI INTERVENTO NEL CASO DI EMERGENZE RADIOLOGICHE E NUCLEARI.

1. Definizioni

1.1. Dose evitabile: dose efficace o dose equivalente che viene evitata ad un individuo della popolazione in un determinato periodo di tempo per effetto dell' adozione di uno specifico intervento, relativamente alle vie di esposizione cui va applicato l'intervento stesso; la dose evitabile è valutata come la differenza tra il valore della dose prevista senza l'adozione dell'azione protettiva e il valore della dose prevista se l'intervento viene adottato;

1.2. Livello di intervento : valore di dose equivalente o di dose efficace evitabile o di grandezza derivata, in relazione al quale si prende in considerazione l'adozione di adeguati provvedimenti di intervento;

1.3.- Dose proiettata: dose assorbita ricevuta da un individuo della popolazione su un intervallo di tempo dall'inizio dell'incidente, da tutte le vie di esposizione, quando non vengono adottati interventi

2. Interventi nelle emergenze radiologiche e nucleari

2.1. Le disposizioni di cui al capo X si applicano alle esposizioni potenziali suscettibili di comportare, nell'arco di un anno, per gruppi di riferimento della popolazione interessati dall'emergenza valori di dose efficace o di dose equivalente superiori ai limiti di dose per gli individui della popolazione stabiliti ai sensi dell'articolo 96.

3. Livelli di intervento

3.1. I livelli di intervento relativi alle emergenze radiologiche e nucleari sono definiti, nella programmazione degli interventi stessi, per singolo tipo di azione protettiva, considerando le vie di esposizione influenzate dall'azione protettiva stessa. ed ognuno di essi è espresso in termini della dose evitabile a seguito dell'adozione dell'intervento specifico. I livelli di intervento si riferiscono a gruppi di riferiemnto della popolazione interessati dall'emergenza.

3.2. I livelli di intervento di cui all'articolo 115, comma 2 sono stabiliti sulla base dei principi di cui all'articolo 115-bis, in relazione tra l'altro alle caratteristiche specifiche dell'emergenza, del sito e del gruppo di riferimento della popolazione interessato. Ai fini dell'adozione di eventuali misure protettive, si tiene adeguato conto delle circostanze del caso concreto, quali il numero e le caratteristiche delle persone interessate e le condizioni atmosferiche.

3.3. Ai fini della programmazione, nonché dell'eventuale attuazione dei piani di cui al Capo X, ferme restando le disposizioni di cui ai paragrafi 3.4 e 3.5, sono stabiliti, in termini di dose equivalente evitabile e di dose efficace evitabile, gli intervalli di livelli di intervento in relazione ai. provvedimenti di protezione, specificati nella Tabella A.

3.4. Dei due riferimenti di dose indicati in Tabella A per ciascuna azione protettiva considerata, il valore inferiore rappresenta il livello al di sotto del quale non si ritiene giustificata l'adozione della contromisura, mentre quello superiore indica il livello al disopra del quale l'introduzione della contromisura dovrebbe essere garantita.

3.5. E' da considerare sempre giustificata l'adozione di provvedimenti di intervento nel caso in cui le dosi proiettate relative agli individui più esposti della popolazione interessati dall'emergenza siano suscettibili di produrre seri effetti deterministici in mancanza di misure protettive.

3.6. Ai fini della predisposizione e dell'eventuale adozione dei provvedimenti di intervento di cui

al paragrafo 3.5, i valori di soglia per la dose proiettata in un intervallo di tempo minore di due giorni sono riportati nella tabella B:

Tabella A Livelli di intervento di emergenza per l'adozione di misure protettive, espressi in millisievert:

TIPO DI INTERVENTO	
Riparo al chiuso	Da alcune unità ad alcune decine di dose efficace
Somministrazione di iodio stabile – tiroide	Da alcune decine ad alcune centinaia di dose equivalente
Evacuazione	Da alcune decine ad alcune centinaia di dose efficace

Tabella B – Valori di soglia di dose proiettata in un intervallo di tempo inferiore a due giorni, espressi in gray

ORGANO O TESSUTO	DOSE PROIETTATA (Gy)
Corpo intero (midollo osseo)	1
Polmoni	6
Pelle	3
Tiroide	5
Cristallino	2
Gonadi	3
Feto	0,1

Allegato IX-Appendice I

1. Ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di cui all'art.27 del Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 devono essere comunicate le informazioni previste al punto 2. del presente allegato utilizzando il relativo modulo.

2. DEFINIZIONI E ISTRUZIONI

Lato A

Sez. 1 Dati relativi all'Amministrazione che rilascia il provvedimento autorizzativo.

1 Amministrazione	-	Denominazione dell'Amministrazione che rilascia il provvedimento.
2 Sede	-	Città, codice di avviamento postale e provincia di competenza dell'Amministrazione.

Sez. 2 Dati relativi al richiedente il provvedimento.

1 Nome	-	Nome o, in caso di Società, la Ragione Sociale.
2 Cf	-	Codice fiscale.
3 Sede legale-Indirizzo	-	Indirizzo della sede legale (via e n. civico e frazione).
4 Sede legale - Città	-	Comune della Sede Legale
5 Sede legale - Cap	-	Codice Avviamento Postale Comune della Sede Legale
6 Sede legale - Pr	-	Sigla della provincia della Sede Legale.
7 Luogo di impiego–Indirizzo	-	Indirizzo del luogo di impiego (via e n. civico e frazione)
8 Luogo d'impiego - Città	-	Comune del luogo d'impiego.
9 Luogo di impiego- Cap	-	Luogo di impiego – Codice avviamento Postale
10 Luogo d'impiego – Pr	-	Sigla della Provincia del luogo d'impiego.

Sez. 3 Dati relativi al tipo di provvedimento autorizzativo.

1 Articolo	-	Articolo di legge (indicare l'articolo di legge)
2 Data	-	Data del provvedimento
3 Numero	-	Numero del provvedimento
4 Tipo	-	Tipo di provvedimento (indicare se nuovo, modifica, rinnovo, voltura o revoca)
5 Campo di attività	-	Tipo di attività per la quale è richiesto il provvedimento autorizzativo come riportato in Tab. A

Sez. 4 Dati relativi al precedente provvedimento autorizzativo (da compilare solo in caso di voltura).

1 Data	-	Data del provvedimento
2 Numero	-	Numero del provvedimento
3 Titolare	-	Dati relativi al titolare del precedente provvedimento autorizzativo, analogamente a quanto riportato in Sez. 2.

Sez. 5 Dati relativi alla responsabilità della compilazione del modulo

1 Barrare la casella in caso le informazioni siano variazioni rispetto ad informazioni già comunicate.
2 Data - Data della compilazione
3 Firma del responsabile - Firma del responsabile della compilazione

Lato B(Retro lato A)

Sez. 1 Dati relativi alle materie radioattive

1 Op - Tipo impiego

A1 per materie radioattive detenute
A2 per materie radioattive impiegate in ragione d'anno solare

2. Numero delle sorgenti(in caso di più sorgenti identiche nei valori dei campi seguenti)

3 SORGENTE– Identificazione del tipo di sorgente:

SORGENTE - TA - Tipo Apparecchiatura - Riportare il codice previsto in tabella B
SORGENTE - T - Porre R per rifiuti radioattivi.
SORGENTE - G - Raggruppamento relativo all'attività come riportato in Tabella C
SORGENTE - F - Forma delle sorgenti
S per Sorgente Sigillata
N per Sorgente Non Sigillata
SORGENTE - S - Stato fisico
S per sorgente in forma solida
L per sorgente in forma liquido
G per sorgente in forma gassosa
X per sorgente in forma solida+liquida
SORGENTE – Porre R per sorgente di tipo riconosciuto

4 Attività - Valore relativo all'attività della sorgente

Riportare l'attività riferita alla singola sorgente. E' consentito riportare il valore dell'attività complessiva per ognuno dei raggruppamenti previsti in Tab. C. In quest'ultimo caso dovrà essere riportata, alla voce MIS, la percentuale in attività o peso rispetto al totale, ove tale valore superi il 5%.
Attività_int Parte intera
Attività_dec Parte decimale
Attività_u Unità di misura dell'attività:

B	=	Bq	G	=	Giga Bq
k	=	kilo Bq	T	=	Tera Bq
M	=	Mega Bq	P	=	Peta Bq

5 Peso - Valore relativo al peso della sorgente (Solo per materie fissili speciali, grezze o minerali) [3]

Peso_int Parte intera
Peso_dec Parte decimale
Peso_u Unità di misura peso:

g	=	grammi	M	=	Mega g
u	=	micro g	G	=	Giga g
m	=	milli g	T	=	Tera g
k	=	kilo g	P	=	Peta g

6 Radionuclide – Descrizione della composizione della sorgente:

Radionuclide_Sim	Simbolo chimico del radionuclide
Radionuclide_Num	Numero di massa del Radionuclide.
Radionuclide_m	Per radionuclidi metastabili riportare una M.

7 MIS - Composizione in percentuale dei radionuclidi costituenti l'attività riportata

Sez. 2 Dati relativi alle macchine radiogene

1 TM_- Tipo di Macchina_- Riportare il codice previsto in tabella D

2 Corrente - Corrente massima di funzionamento.

Corrente_int Parte intera
Corrente_dec Parte decimale
Corrente_u Unità di misura:
A = Ampere
u = micro A
m = milli A

3 Tensione_-Tensione massima di accelerazione

Tensione_int Parte intera
Tensione_dec Parte decimale
Tensione_u Unità di misura:
V = Volt
k = kilo V
M = Mega V
G = Giga V

4 TP - Tipo Particelle accelerate

E=elettroni
P=protoni
A=altro

5 Tipo macchina - Tipo della macchina come indicato dal fabbricante.

6 Modello macchina - Modello della macchina come indicato dal fabbricante.

Tabelle

Tabella A

Tipo attività	Codice
Industriale	I1
Ricerca scientifica	I2
Medicina	I3
Altro	I4

Tabella B

Apparecchiatura	Codice
Rivelatori di fumo	RF
Misuratori di umidità	MU
Misuratori di livello	ML
Misuratori di spessore	MS
Misuratori di densità	MD
Gascromatografi	CR
Pacemaker	PK
Bombe al Co e Cs a scopo terapeutico (Teleterapia)	TB
Terapia interstiziale ed endocavitaria	TI
Gammagrafia	GG
Osteodensitometri	OS
Brachiterapia	BT
Radioneurochirurgia	RN
Generatore isotopico	GI
Scaricatore elettricità statica	SE
Sistemi analitici a fluorescenza gamma	FG
Gammacell	IR
Sistemi di taratura apparecchi ionometrici	ST
Applicatori per radioterapia di contatto	TC
Altre	AL

Tabella C

Raggruppamento	Valore soglia Attività •Concentrazione[1]
1	$10^3 \leq \div \leq 10^4$
2	$10^4 < \div \leq 10^6$
3	$10^6 < \div \leq 10^7$
4	$10^7 < \div \leq 10^8$
5	$10^8 < \div \leq 10^{10}$
6	$10^{10} < \div \leq 10^{17}$

1 – I valori di soglia sono riferiti alla Tabella IX-1

Tabella D

Macchina	Codice
Acceleratore lineare	01
Betatrone	02
Ciclotrone	03
Sincrotrone	04
TAC Brain	05
TAC Body	06
Angiografo	07
Apparecchio per Plesioterapia	08
Apparecchio per Roentgenterapia	09
Apparecchio per Grafia	10
Apparecchio per Scopia	11
Apparecchio dentale (per endorali)	12
Apparecchio per panoramica dentale	13
Craniografo	14
Densitometro-Mineralometro	15
Diffrattometro	16
Fluoroscopio	17
Irraggiatore	18
Mammografo	19
Microscopio elettronico	20
Stratigrafo	22
Teleradiografo	23
Tomografo	24
Altre	25

ARTICOLO 27 – D.L.vo 17 Marzo 1995 n. 230 Lato A

Riservato all'Ufficio

Protocollo

Data arrivo
gg mm aa

Codice Luogo impiego

Codice Amministrazione

Amministrazione

Sez. 1

Sede Cap Pr

Richiedente Cf

Sede Indirizzo

legale Città Cap Pr

Luogo Indirizzo

impiego Città Cap Pr

Sez. 2

Provvedimento autorizzativo

Articolo D.L.vo 230/95 Data Numero

Tipo provvedimento Nuovo Modifica Rinnovo Voltura Revoca Campo di attività

Precedente provvedimento

Data

Numero

Titolare Cf

Sede Indirizzo

legale Città Cap Pr

Luogo Indirizzo

impiego Città Cap Pr

Sez. 4

Barrare in caso di variazione di informazioni già comunicate

Data
gg mm aa

Firma del responsabile

Sez. 5

Per la compilazione riferirsi alle disposizioni allegate

ARTICOLO 27 – D.L.vo 17 Marzo 1995 n. 230 **Lato B**

Sez. 1

Materie radioattive

	Op	Numero	Sorgente						Attività			Peso			Radionuclide			Mis
			TA	T	G	F	S	R	int	dec	u	int	dec	u	Sim	num	m	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

Sez. 2

Macchine radiogene

	TM	Corrente			Tipo Macchina
		int	dec	u	
TP	R	Tensione			Modello Macchina
		int	dec	u	

	TM	Corrente			Tipo Macchina
		int	dec	u	
TP	R	Tensione			Modello Macchina
		int	dec	u	

	TM	Corrente			Tipo Macchina
		int	dec	u	
TP	R	Tensione			Modello Macchina
		int	dec	u	

	TM	Corrente			Tipo Macchina
		int	dec	u	
TP	R	Tensione			Modello Macchina
		int	dec	u	

	TM	Corrente			Tipo Macchina
		int	dec	u	
TP	R	Tensione			Modello Macchina
		int	dec	u	

Per la compilazione riferirsi alle disposizioni allegate

1. Ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di cui all'art.18 del Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 devono essere comunicate le informazioni previste al punto 2. del presente allegato utilizzando il relativo modulo.

2. DEFINIZIONI E ISTRUZIONI

Lato A

Sez. 1 Dati relativi al dichiarante

1 Nome	-	Nome o, in caso di Società, la Ragione Sociale.
2 Cf	-	Codice fiscale.
3 Sede legale-Indirizzo	-	Indirizzo della sede legale (via e n. civico e frazione).
4 Sede legale - Città	-	Comune della Sede Legale
5 Sede legale - Cap	-	Codice Avviamento Postale Comune della Sede Legale
6 Sede legale - Pr	-	Sigla della provincia della Sede Legale.
7 Luogo di impiego–Indirizzo	-	Indirizzo del luogo di impiego (via e n. civico e frazione)
8 Luogo d'impiego - Città	-	Comune del luogo d'impiego.
9 Luogo di impiego- Cap	-	Luogo di impiego – Codice avviamento Postale
10 Luogo d'impiego – Pr	-	Sigla della Provincia del luogo d'impiego.

Sez. 2 Dati relativi al tipo di provvedimento autorizzativo.

1 Articolo	-	Indicare l'articolo di legge e la legge
2 Data	-	Data del provvedimento
3 Numero	-	Numero del provvedimento
4 Tipo di attività	-	Tipo di attività come riportato in Tab. A

Sez. 3 Dati relativi alle materie radioattive

1. Numero delle sorgenti (in caso di più sorgenti identiche nei valori dei campi seguenti)

2 SORGENTE– Identificazione del tipo di sorgente:

SORGENTE - TA - Tipo Apparecchiatura - Riportare il codice previsto in tabella B
SORGENTE - T - Porre R per rifiuti radioattivi.
SORGENTE - G - Raggruppamento relativo all'attività come riportato in Tabella C
SORGENTE - F - Forma delle sorgenti
S per Sorgente Sigillata
N per Sorgente Non Sigillata
SORGENTE - S - Stato fisico
S per sorgente in forma solida
L per sorgente in forma liquido
G per sorgente in forma gassosa
X per sorgente in forma solida+liquida
SORGENTE - R – Porre R per sorgente di tipo riconosciuto

3 Attività - Valore relativo all'attività della sorgente – Valore riferito all'anno solare.

Riportare l'attività riferita alla singola sorgente. E' consentito riportare il valore dell'attività complessiva per ognuno dei raggruppamenti previsti in Tab. C. In quest'ultimo caso dovrà essere riportata, alla voce MIS, la percentuale in attività o peso rispetto al totale, ove tale valore superi il 5%.

Attività_int Parte intera
Attività_dec Parte decimale
Attività_u Unità di misura dell'attività:

B	=	Bq	G	=	Giga Bq
K	=	kilo Bq	T	=	Tera Bq
M	=	Mega Bq	P	=	Peta Bq

4 Peso - Valore relativo al peso della sorgente (Solo per materie fissili speciali, grezze o minerali)– Valore riferito all'anno solare.

Peso_int Parte intera
Peso_dec Parte decimale
Peso_u Unità di misura peso:

g	=	grammi	M	=	Mega g
u	=	micro g	G	=	Giga g
m	=	milli g	T	=	Tera g
K	=	kilo g	P	=	Peta g

5 Radionuclide – Descrizione della composizione della sorgente:

Radionuclide_Sim	Simbolo chimico del radionuclide
Radionuclide_Num	Numero di massa del Radionuclide.
Radionuclide_m	Per radionuclidi metastabili riportare una M.

6 MIS - Composizione in percentuale dei radionuclidi costituenti l'attività riportata

Sez. 4 Dati relativi alla responsabilità della compilazione delle informazioni

1 Data - Data della compilazione
2 Firma del responsabile - Firma del responsabile della compilazione

Lato B (Retro lato A)

Sez. 1 e 2 Dati relativi alle materie radioattive, come nella Sez. 3

Tabelle

Tabella A

Tipo attività	Codice
Importazione	I1
Produzione	I2

Tabella B

Apparecchiatura	Codice
Rivelatori di fumo	RF
Misuratori di umidità	MU
Misuratori di livello	ML
Misuratori di spessore	MS
Misuratori di densità	MD
Gascromatografi	CR
Pacemaker	PK
Bombe al Co e Cs a scopo terapeutico (Teleterapia)	TB
Terapia interstiziale ed endocavitaria	TI
Gammagrafia	GG
Osteodensitometri	OS
Brachiterapia	BT
Radioneurochirurgia	RN
Generatore isotopico	GI
Scaricatore elettricità statica	SE
Sistemi analitici a fluorescenza gamma	FG
Gammacell	IR
Sistemi di taratura apparecchi ionometrici	ST
Applicatori per radioterapia di contatto	TC
Altre	AL

Tabella C

Raggruppamento	Valore soglia Attività •Concentrazione[1]
1	$10^3 \leq \div \leq 10^4$
2	$10^4 < \div \leq 10^6$
3	$10^6 < \div \leq 10^7$
4	$10^7 < \div \leq 10^8$
5	$10^8 < \div \leq 10^{10}$
6	$10^{10} < \div \leq 10^{17}$

1 – I valori di soglia sono riferiti alla Tabella VII-1.

ARTICOLO 18 – D.L.vo 17 Marzo 1995 n. 230 Lato A

Riservato all'Ufficio

Protocollo

Data arrivo
gg mm aa

Codice Luogo detenzione

Sez. 1

Nome | Cf

Sede | Indirizzo

legale | Città | Cap | Pr

Luogo | Indirizzo

impiego | Città | Cap | Pr

Sez. 2

Provvedimento autorizzativo

Articolo | D.L.vo 230/95 | L. 1860/62

Data

Numero | Tipo di attività

Sez. 3

Materie radioattive

	Numero	Sorgente						Attività			Peso			Radionuclide			Mis
		TA	T	G	F	S	R	int	dec	u	int	dec	u	Sim	num	m	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	

Barrare in caso di variazione di informazioni già comunicate ☐

Data
gg mm aa

Titolare

Sez. 4

Per la compilazione riferirsi alle disposizioni allegate

ARTICOLO 18 – D.L.vo 17 Marzo 1995 n. 230 **Lato B**

Sez. 1

Materie radioattive

	Numero	Sorgente						Attività			Peso			Radionuclide			Mis
		TA	T	G	F	S	R	int	dec	u	int	dec	u	Sim	num	m	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	

Sez. 2

Materie radioattive

	Numero	Sorgente						Attività			Peso			Radionuclide			Mis
		TA	T	G	F	S	R	int	dec	u	int	dec	u	Sim	num	m	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	

Per la compilazione riferirsi alle disposizioni allegate

Allegato VII-Appendice II

Ai fini dell'assolvimento dell'obbligo di cui all'art.22 del Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 devono essere comunicate le informazioni previste al punto 2. del presente allegato utilizzando il relativo modulo.

2. DEFINIZIONI E ISTRUZIONI

Lato A

Sez. 1 Dati relativi al dichiarante

1 Nome	-	Nome o, in caso di Società, la Ragione Sociale.
2 Cf	-	Codice fiscale.
3 Sede legale-Indirizzo	-	Indirizzo della sede legale (via e n. civico e frazione).
4 Sede legale - Città	-	Comune della Sede Legale
5 Sede legale - Cap	-	Codice Avviamento Postale Comune della Sede Legale
6 Sede legale - Pr	-	Sigla della provincia della Sede Legale.
7 Luogo di impiego–Indirizzo	-	Indirizzo del luogo di impiego (via e n. civico e frazione)
8 Luogo d'impiego - Città	-	Comune del luogo d'impiego.
9 Luogo di impiego- Cap	-	Luogo di impiego – Codice avviamento Postale
10 Luogo d'impiego – Pr	-	Sigla della Provincia del luogo d'impiego.

Sez. 2 Dati relativi alle materie radioattive

1 Op - Tipo impiego

A1 per materie radioattive detenute.
A2 per materie radioattive impiegate in ragione d'anno solare

2. Numero delle sorgenti (in caso di più sorgenti identiche nei valori dei campi seguenti)

3 SORGENTE– Identificazione del tipo di sorgente:

SORGENTE - TA - Tipo Apparecchiatura - Riportare il codice previsto in tabella B
SORGENTE - T - Porre R per rifiuti radioattivi.
SORGENTE - G - Raggruppamento relativo all'attività come riportato in Tabella C
SORGENTE - F - Forma delle sorgenti
S per Sorgente Sigillata
N per Sorgente Non Sigillata
SORGENTE - S - Stato fisico
S per sorgente in forma solida
L per sorgente in forma liquido
G per sorgente in forma gassosa
X per sorgente in forma solida+liquida
SORGENTE - R – Porre R per sorgente di tipo riconosciuto

4 Attività - Valore relativo all'attività della sorgente

Riportare l'attività riferita alla singola sorgente. E' consentito riportare il valore dell'attività complessiva per ognuno dei raggruppamenti previsti in Tab. C. In quest'ultimo caso dovrà essere riportata, alla voce MIS, la percentuale in attività o peso rispetto al totale, ove tale valore superi il 5%.
Attività_int Parte intera
Attività_dec Parte decimale
Attività_u Unità di misura dell'attività:

B	=	Bq	G	=	Giga Bq
K	=	kilo Bq	T	=	Tera Bq
M	=	Mega Bq	P	=	Peta Bq

5 Peso - Valore relativo al peso della sorgente (Solo per materie fissili speciali, grezze o minerali)

Peso_int Parte intera
Peso_dec Parte decimale
Peso_u Unità di misura peso:

g	=	grammi	M	=	Mega g
U	=	micro g	G	=	Giga g
m	=	milli g	T	=	Tera g
K	=	kilo g	P	=	Peta g

6 Radionuclide – Descrizione della composizione della sorgente:

Radionuclide_Sim	Simbolo chimico del radionuclide
Radionuclide_Num	Numero di massa del Radionuclide.
Radionuclide_m	Per radionuclidi metastabili riportare una M.

7 MIS - Composizione in percentuale dei radionuclidi costituenti l'attività riportata

Sez. 3 Dati relativi alle macchine radiogene

1 TM - Tipo di Macchina - Riportare il codice previsto in tabella D

2 Corrente - Corrente massima di funzionamento.

Corrente_int Parte intera
Corrente_dec Parte decimale
Corrente_u Unità di misura:
A = Ampere
u = micro A
m = milli A

3 Tensione -Tensione massima di accelerazione

Tensione_int Parte intera
Tensione_dec Parte decimale
Tensione_u Unità di misura:
V = Volt
k = kilo V
M = Mega V
G = Giga V

4 TP - Tipo Particelle accelerate

E=elettroni
P=protoni
A=altro

5 Tipo macchina - Tipo della macchina come indicato dal fabbricante.

6 Modello macchina - Modello della macchina come indicato dal fabbricante.

Sez. 4 Dati relativi alla responsabilità della compilazione del modulo

1 Barrare la casella in caso le informazioni siano variazioni rispetto ad informazioni già comunicate.

2 Data - Data della compilazione
3 Firma del responsabile - Firma del responsabile della compilazione

Lato B(Retro lato A)

Sez. 1 e **2** Dati relativi alle materie radioattive ed alle macchine radiogene come nelle sezioni 2 e 3 del lato A.

Tabelle

Tabella B

Apparecchiatura	Codice
Rivelatori di fumo	RF
Misuratori di umidità	MU
Misuratori di livello	ML
Misuratori di spessore	MS
Misuratori di densità	MD
Gascromatografi	CR
Pacemaker	PK
Bombe al Co e Cs a scopo terapeutico (Teleterapia)	TB
Terapia interstiziale ed endocavitaria	TI
Gammagrafia	GG
Osteodensitometri	OS
Brachiterapia	BT
Radioneurochirurgia	RN
Generatore isotopico	GI
Scaricatore elettricità statica	SE
Sistemi analitici a fluorescenza gamma	FG
Gammacell	IR
Sistemi di taratura apparecchi ionometrici	ST
Applicatori per radioterapia di contatto	TC
Altre	AL

Tabella C

Raggruppamento	Valore soglia Attività •Concentrazione[1]
1	$10^3 \leq \div \leq 10^4$
2	$10^4 < \div \leq 10^6$
3	$10^6 < \div \leq 10^7$
4	$10^7 < \div \leq 10^8$
5	$10^8 < \div \leq 10^{10}$
6	$10^{10} < \div \leq 10^{17}$

1 – I valori di soglia sono riferiti alla Tabella VII-1

Tabella D

Macchina	Codice
Acceleratore lineare	01
Betatrone	02
Ciclotrone	03
Sincrotrone	04
TAC Brain	05
TAC Body	06
Angiografo	07
Apparecchio per Plesioterapia	08
Apparecchio per Roentgenterapia	09
Apparecchio per Grafia	10
Apparecchio per Scopia	11
Apparecchio dentale (per endorali)	12
Apparecchio per panoramica dentale	13
Craniografo	14
Densitometro-Mineralometro	15
Diffrattometro	16
Fluoroscopio	17
Irraggiatore	18
Mammografo	19
Microscopio elettronico	20
Stratigrafo	22
Teleradiografo	23
Tomografo	24
Altre	25

ARTICOLO 22 – D.L.vo 17 Marzo 1995 n. 230 Lato A

Riservato all'Ufficio

Protocollo

Data arrivo
gg mm aa

Codice Luogo impiego

Codice Amministrazione

Sez. 1

Nome Cf

Sede Indirizzo

legale Città Cap Pr

Luogo Indirizzo

impiego Città Cap Pr

Sez. 2

Materie radioattive

	Op	Numero	Sorgente						Attività			Peso			Radionuclide			Mis
			TA	T	G	F	S	R	int dec u			int dec u			Sim	num	m	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		

Sez. 3

Macchine radiogene

1 TM Corrente int dec u Tipo Macchina

T P R Tensione int dec u Modello Macchina

2 TM Corrente int dec u Tipo Macchina

T P R Tensione int dec u Modello Macchina

3 TM Corrente int dec u Tipo Macchina

T P R Tensione int dec u Modello Macchina

Barrare in caso di variazione di informazioni già comunicate ☐

Data
gg mm aa

Firma del responsabile

Per la compilazione riferirsi alle disposizioni allegate

Sez. 4

ARTICOLO 22 – D.L.vo 17 Marzo 1995 n. 230 Lato B

Sez. 1

Materie radioattive

	Op	Numero	Sorgente						Attività			Peso			Radionuclide			Mis
			TA	T	G	F	S	R	int dec u			int dec u			Sim	num	m	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		

Sez. 2

Macchine radiogene

1	TM	Corrente int dec u				Tipo Macchina
	TP	R	Tensione int dec u			Modello Macchina
2	TM	Corrente int dec u				Tipo Macchina
	TP	R	Tensione int dec u			Modello Macchina
3	TM	Corrente int dec u				Tipo Macchina
	TP	R	Tensione int dec u			Modello Macchina
4	TM	Corrente int dec u				Tipo Macchina
	TP	R	Tensione int dec u			Modello Macchina
5	TM	Corrente int dec u				Tipo Macchina
	TP	R	Tensione int dec u			Modello Macchina

Per la compilazione riferirsi alle disposizioni allegate

TABELLA IV.1

Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per inalazione e per ingestione per i lavoratori ($Sv \cdot Bq^{-1}$)

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Idrogeno							
Acqua tritiata	12,3 a	Vedi tabella IV.2 per le dosi di inalazione				1,000	$1,8\ 10^{-11}$
OBT[2)]	12,3 a	Vedi tabella IV.2 per le dosi di inalazione				1,000	$4,2\ 10^{-11}$
Berillio							
Be-7	53,3 d	M	0,005	$4,8\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	0,005	$2,8\ 10^{-11}$
		S	0,005	$5,2\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$		
Be-10	$1,60\ 10^{6}$ a	M	0,005	$9,1\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-9}$	0,005	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,005	$3,2\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$		
Carbonio							
C-11	0,340 h	Vedi tabella IV.2 per le dosi di inalazione				1,000	$2,4\ 10^{-11}$
C-14	$5,73\ 10^{3}$ a	Vedi tabella IV.2 per le dosi di inalazione				1,000	$5,8\ 10^{-10}$
Fluoro							
F-18	1,83 h	F	1,000	$3,0\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	1,000	$4,9\ 10^{-11}$
		M	1,000	$5,7\ 10^{-11}$	$8,9\ 10^{-11}$		
		S	1,000	$6,0\ 10^{-11}$	$9,3\ 10^{-11}$		
Sodio							
Na-22	2,60 a	F	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	1,000	$3,2\ 10^{-9}$
Na-24	15,0 h	F	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	1,000	$4,3\ 10^{-10}$
Magnesio							
Mg-28	20,9 h	F	0,500	$6,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$	0,500	$2,2\ 10^{-9}$
		M	0,500	$1,2\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		
Alluminio							
Al-26	$7,16\ 10^{5}$ a	F	0,010	$1,1\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	0,010	$3,5\ 10^{-9}$
		M	0,010	$1,8\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$		
Silicio							
Si-31	2,62 h	F	0,010	$2,9\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	0,010	$1,6\ 10^{-10}$
		M	0,010	$7,5\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$8,0\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
Si-32	$4,50\ 10^{2}$ a	F	0,010	$3,2\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	0,010	$5,6\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1,5\ 10^{-8}$	$9,6\ 10^{-9}$		
		S	0,010	$1,1\ 10^{-7}$	$5,5\ 10^{-8}$		
Fosforo							
P-32	14,3 d	F	0,800	$8,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$	0,800	$2,4\ 10^{-9}$
		M	0,800	$3,2\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$		
P-33	25,4 d	F	0,800	$9,6\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-10}$	0,800	$2,4\ 10^{-10}$
		M	0,800	$1,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$		
Zolfo							
S-35	87,4 d	F	0,800	$5,3\ 10^{-11}$	$8,0\ 10^{-10}$	0,800	$1,4\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,800	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	0,100	$1,9\ 10^{-10}$
S-35 (organico)	87,4 d	Vedi tabella IV.2 per le dosi di inalazione				1,000	$7,7\ 10^{-10}$
Cloro							
Cl-36	$3,01\ 10^{5}$ a	F	1,000	$3,4\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	1,000	$9,3\ 10^{-10}$
		M	1,000	$6,9\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$		
Cl-38	0,620 h	F	1,000	$2,7\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	1,000	$1,2\ 10^{-10}$

[1)] Il tipo F denota un'eliminazione rapida dai polmoni.
Il tipo M denota un'eliminazione moderata dai polmoni.
Il tipo S denota un'eliminazione lenta dai polmoni.
[2)] OBT — Tritio legato organicamente.

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	$h(g)_{1\mu m}$	$h(g)_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		M	1,000	$4{,}7\ 10^{-11}$	$7{,}3\ 10^{-11}$		
Cl-39	0,927 h	F	1,000	$2{,}7\ 10^{-11}$	$4{,}8\ 10^{-11}$	1,000	$8{,}5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4{,}8\ 10^{-11}$	$7{,}6\ 10^{-11}$		
Potassio							
K-40	$1{,}28\ 10^{9}$ a	F	1,000	$2{,}1\ 10^{-9}$	$3{,}0\ 10^{-9}$	1,000	$6{,}2\ 10^{-9}$
K-42	12,4 h	F	1,000	$1{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	1,000	$4{,}3\ 10^{-10}$
K-43	22,6 h	F	1,000	$1{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	1,000	$2{,}5\ 10^{-10}$
K-44	0,369 h	F	1,000	$2{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}7\ 10^{-11}$	1,000	$8{,}4\ 10^{-11}$
K-45	0,333 h	F	1,000	$1{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$	1,000	$5{,}4\ 10^{-11}$
Calcio							
Ca-41	$1{,}40\ 10^{5}$ a	M	0,300	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	0,300	$2{,}9\ 10^{-10}$
Ca-45	163 d	M	0,300	$2{,}7\ 10^{-9}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	0,300	$7{,}6\ 10^{-10}$
Ca-47	4,53 d	M	0,300	$1{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	0,300	$1{,}6\ 10^{-9}$
Scandio							
Sc-43	3,89 h	S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-10}$
Sc-44	3,93 h	S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-10}$
Sc-44m	2,44 d	S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-9}$
Sc-46	83,8 d	S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-9}$
Sc-47	3,35 d	S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-10}$	$7{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}4\ 10^{-10}$
Sc-48	1,82 d	S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-9}$
Sc-49	0,956 h	S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}1\ 10^{-11}$	$6{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}2\ 10^{-11}$
Titanio							
Ti-44	47,3 a	F	0,010	$6{,}1\ 10^{-8}$	$7{,}2\ 10^{-8}$	0,010	$5{,}8\ 10^{-9}$
		M	0,010	$4{,}0\ 10^{-8}$	$2{,}7\ 10^{-8}$		
		S	0,010	$1{,}2\ 10^{-7}$	$6{,}2\ 10^{-8}$		
Ti-45	3,08 h	F	0,010	$4{,}6\ 10^{-11}$	$8{,}3\ 10^{-11}$	0,010	$1{,}5\ 10^{-10}$
		M	0,010	$9{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$9{,}6\ 10^{-11}$	$1{,}5\ 10^{-10}$		
Vanadio							
V-47	0,543 h	F	0,010	$1{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	0,010	$6{,}3\ 10^{-11}$
		M	0,010	$3{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-11}$		
V-48	16,2 d	F	0,010	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}0\ 10^{-9}$
		M	0,010	$2{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}7\ 10^{-9}$		
V-49	330 d	F	0,010	$2{,}1\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$	0,010	$1{,}8\ 10^{-11}$
		M	0,010	$3{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}3\ 10^{-11}$		
Cromo							
Cr-48	23,0 h	F	0,100	$1{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}0\ 10^{-10}$
		M	0,100	$2{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}0\ 10^{-10}$
		S	0,100	$2{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$		
Cr-49	0,702 h	F	0,100	$2{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	0,100	$6{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,100	$3{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}6\ 10^{-11}$	0,010	$6{,}1\ 10^{-11}$
		S	0,100	$3{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}9\ 10^{-11}$		
Cr-51	27,7 d	F	0,100	$2{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$	0,100	$3{,}8\ 10^{-11}$
		M	0,100	$3{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}4\ 10^{-11}$	0,010	$3{,}7\ 10^{-11}$
		S	0,100	$3{,}6\ 10^{-11}$	$3{,}6\ 10^{-11}$		
Manganese							
Mn-51	0,770 h	F	0,100	$2{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$	0,100	$9{,}3\ 10^{-11}$
		M	0,100	$4{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}8\ 10^{-11}$		
Mn-52	5,59 d	F	0,100	$9{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	0,100	$1{,}8\ 10^{-9}$
		M	0,100	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$		
Mn-52m	0,352 h	F	0,100	$2{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	0,100	$6{,}9\ 10^{-11}$
		M	0,100	$3{,}0\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-11}$		
Mn-53	$3{,}70\ 10^{6}$ a	F	0,100	$2{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}6\ 10^{-11}$	0,100	$3{,}0\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		M	0,100	$5,2\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$		
Mn-54	312 d	F	0,100	$8,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$	0,100	$7,1\ 10^{-10}$
		M	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$		
Mn-56	2,58 h	F	0,100	$6,9\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,100	$2,5\ 10^{-10}$
		M	0,100	$1,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$		
Ferro							
Fe-52	8,28 h	F	0,100	$4,1\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,4\ 10^{-9}$
		M	0,100	$6,3\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-10}$		
Fe-55	2,70 a	F	0,100	$7,7\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-10}$	0,100	$3,3\ 10^{-10}$
		M	0,100	$3,7\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$		
Fe-59	44,5 d	F	0,100	$2,2\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	0,100	$1,8\ 10^{-9}$
		M	0,100	$3,5\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$		
Fe-60	$1,00\ 10^{5}$ a	F	0,100	$2,8\ 10^{-7}$	$3,3\ 10^{-7}$	0,100	$1,1\ 10^{-7}$
		M	0,100	$1,3\ 10^{-7}$	$1,2\ 10^{-7}$		
Cobalto							
Co-55	17,5 h	M	0,100	$5,1\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-10}$	0,100	$1,0\ 10^{-9}$
		S	0,050	$5,5\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-10}$	0,050	$1,1\ 10^{-9}$
Co-56	78,7 d	M	0,100	$4,6\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	0,100	$2,5\ 10^{-9}$
		S	0,050	$6,3\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	0,050	$2,3\ 10^{-9}$
Co-57	271 d	M	0,100	$5,2\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	0,100	$2,1\ 10^{-10}$
		S	0,050	$9,4\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	0,050	$1,9\ 10^{-10}$
Co-58	70,8 d	M	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	0,100	$7,4\ 10^{-10}$
		S	0,050	$2,0\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	0,050	$7,0\ 10^{-10}$
Co-58m	9,15 h	M	0,100	$1,3\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	0,100	$2,4\ 10^{-11}$
		S	0,050	$1,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	0,050	$2,4\ 10^{-11}$
Co-60	5,27 a	M	0,100	$9,6\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-9}$	0,100	$3,4\ 10^{-9}$
		S	0,050	$2,9\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	0,050	$2,5\ 10^{-9}$
Co-60m	0,174 h	M	0,100	$1,1\ 10^{-12}$	$1,2\ 10^{-12}$	0,100	$1,7\ 10^{-12}$
		S	0,050	$1,3\ 10^{-12}$	$1,2\ 10^{-12}$	0,050	$1,7\ 10^{-12}$
Co-61	1,65 h	M	0,100	$4,8\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$	0,100	$7,4\ 10^{-11}$
		S	0,050	$5,1\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$	0,050	$7,4\ 10^{-11}$
Co-62m	0,232 h	M	0,100	$2,1\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	0,100	$4,7\ 10^{-11}$
		S	0,050	$2,2\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	0,050	$4,7\ 10^{-11}$
Nichel							
Ni-56	6,10 d	F	0,050	$5,1\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-10}$	0,050	$8,6\ 10^{-10}$
		M	0,050	$8,6\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-10}$		
Ni-57	1,50 d	F	0,050	$2,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	0,050	$8,7\ 10^{-10}$
		M	0,050	$5,1\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$		
Ni-59	$7,50\ 10^{4}$ a	F	0,050	$1,8\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	0,050	$6,3\ 10^{-11}$
		M	0,050	$1,3\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$		
Ni-63	96,0 a	F	0,050	$4,4\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	0,050	$1,5\ 10^{-10}$
		M	0,050	$4,4\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$		
Ni-65	2,52 h	F	0,050	$4,4\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$	0,050	$1,8\ 10^{-10}$
		M	0,050	$8,7\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$		
Ni-66	2,27 d	F	0,050	$4,5\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$	0,050	$3,0\ 10^{-9}$
		M	0,050	$1,6\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$		
Rame							
Cu-60	0,387 h	F	0,500	$2,4\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	0,500	$7,0\ 10^{-11}$
		M	0,500	$3,5\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$		
		S	0,500	$3,6\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$		
Cu-61	3,41 h	F	0,500	$4,0\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$	0,500	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,500	$7,6\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$		
		S	0,500	$8,0\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Cu-64	12,7 h	F	0,500	$3,8\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$	0,500	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,500	$1,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$		
		S	0,500	$1,2\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$		
Cu-67	2,58 d	F	0,500	$1,1\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	0,500	$3,4\ 10^{-10}$
		M	0,500	$5,2\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$		
		S	0,500	$5,8\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$		
Zinco							
Zn-62	9,26 h	S	0,500	$4,7\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-10}$	0,500	$9,4\ 10^{-10}$
Zn-63	0,635 h	S	0,500	$3,8\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$	0,500	$7,9\ 10^{-11}$
Zn-65	244 d	S	0,500	$2,9\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	0,500	$3,9\ 10^{-9}$
Zn-69	0,950 h	S	0,500	$2,8\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	0,500	$3,1\ 10^{-11}$
Zn-69m	13,8 h	S	0,500	$2,6\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	0,500	$3,3\ 10^{-10}$
Zn-71m	3,92 h	S	0,500	$1,6\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	0,500	$2,4\ 10^{-10}$
Zn-72	1,94 d	S	0,500	$1,2\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	0,500	$1,4\ 10^{-9}$
Gallio							
Ga-65	0,253 h	F	0,001	$1,2\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	0,001	$3,7\ 10^{-11}$
		M	0,001	$1,8\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$		
Ga-66	9,40 h	F	0,001	$2,7\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	0,001	$1,2\ 10^{-9}$
		M	0,001	$4,6\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-10}$		
Ga-67	3,26 d	F	0,001	$6,8\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$	0,001	$1,9\ 10^{-10}$
		M	0,001	$2,3\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$		
Ga-68	1,13 h	F	0,001	$2,8\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	0,001	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,001	$5,1\ 10^{-11}$	$8,1\ 10^{-11}$		
Ga-70	0,353 h	F	0,001	$9,3\ 10^{-12}$	$1,6\ 10^{-11}$	0,001	$3,1\ 10^{-11}$
		M	0,001	$1,6\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$		
Ga-72	14,1 h	F	0,001	$3,1\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	0,001	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,001	$5,5\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-10}$		
Ga-73	4,91 h	F	0,001	$5,8\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$	0,001	$2,6\ 10^{-10}$
		M	0,001	$1,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$		
Germanio							
Ge-66	2,27 h	F	1,000	$5,7\ 10^{-11}$	$9,9\ 10^{-11}$	1,000	$1,0\ 10^{-10}$
		M	1,000	$9,2\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$		
Ge-67	0,312 h	F	1,000	$1,6\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	1,000	$6,5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$2,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$		
Ge-68	288 d	F	1,000	$5,4\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-10}$	1,000	$1,3\ 10^{-9}$
		M	1,000	$1,3\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$		
Ge-69	1,63 d	F	1,000	$1,4\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	1,000	$2,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$		
Ge-71	11,8 d	F	1,000	$5,0\ 10^{-12}$	$7,8\ 10^{-12}$	1,000	$1,2\ 10^{-11}$
		M	1,000	$1,0\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$		
Ge-75	1,38 h	F	1,000	$1,6\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	1,000	$4,6\ 10^{-11}$
		M	1,000	$3,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$		
Ge-77	11,3 h	F	1,000	$1,5\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	1,000	$3,3\ 10^{-10}$
		M	1,000	$3,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$		
Ge-78	1,45 h	F	1,000	$4,8\ 10^{-11}$	$8,1\ 10^{-11}$	1,000	$1,2\ 10^{-10}$
		M	1,000	$9,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-10}$		
Arsenico							
As-69	0,253 h	M	0,500	$2,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	0,500	$5,7\ 10^{-11}$
As-70	0,876 h	M	0,500	$7,2\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,500	$1,3\ 10^{-10}$
As-71	2,70 d	M	0,500	$4,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	0,500	$4,6\ 10^{-10}$
As-72	1,08 d	M	0,500	$9,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-9}$	0,500	$1,8\ 10^{-9}$
As-73	80,3 d	M	0,500	$9,3\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$	0,500	$2,6\ 10^{-10}$
As-74	17,8 d	M	0,500	$2,1\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	0,500	$1,3\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
As-76	1,10 d	M	0,500	$7,4\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-10}$	0,500	$1,6\ 10^{-9}$
As-77	1,62 d	M	0,500	$3,8\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	0,500	$4,0\ 10^{-10}$
As-78	1,51 h	M	0,500	$9,2\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-10}$	0,500	$2,1\ 10^{-10}$
Selenio							
Se-70	0,683 h	F	0,800	$4,5\ 10^{-11}$	$8,2\ 10^{-11}$	0,800	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,800	$7,3\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,050	$1,4\ 10^{-10}$
Se-73	7,15 h	F	0,800	$8,6\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-10}$	0,800	$2,1\ 10^{-10}$
		M	0,800	$1,6\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	0,050	$3,9\ 10^{-10}$
Se-73m	0,650 h	F	0,800	$9,9\ 10^{-12}$	$1,7\ 10^{-11}$	0,800	$2,8\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,8\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	0,050	$4,1\ 10^{-11}$
Se-75	120 d	F	0,800	$1,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	0,800	$2,6\ 10^{-9}$
		M	0,800	$1,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	0,050	$4,1\ 10^{-10}$
Se-79	$6,50\ 10^{4}$ a	F	0,800	$1,2\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	0,800	$2,9\ 10^{-9}$
		M	0,800	$2,9\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	0,050	$3,9\ 10^{-10}$
Se-81	0,308 h	F	0,800	$8,6\ 10^{-12}$	$1,4\ 10^{-11}$	0,800	$2,7\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,5\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	0,050	$2,7\ 10^{-11}$
Se-81m	0,954 h	F	0,800	$1,7\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	0,800	$5,3\ 10^{-11}$
		M	0,800	$4,7\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$	0,050	$5,9\ 10^{-11}$
Se-83	0,375 h	F	0,800	$1,9\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	0,800	$4,7\ 10^{-11}$
		M	0,800	$3,3\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	0,050	$5,1\ 10^{-11}$
Bromo							
Br-74	0,422 h	F	1,000	$2,8\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	1,000	$8,4\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4,1\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$		
Br-74m	0,691 h	F	1,000	$4,2\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$	1,000	$1,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$6,5\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
Br-75	1,63 h	F	1,000	$3,1\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	1,000	$7,9\ 10^{-11}$
		M	1,000	$5,5\ 10^{-11}$	$8,5\ 10^{-11}$		
Br-76	16,2 h	F	1,000	$2,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	1,000	$4,6\ 10^{-10}$
		M	1,000	$4,2\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$		
Br-77	2,33 d	F	1,000	$6,7\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	1,000	$9,6\ 10^{-11}$
		M	1,000	$8,7\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$		
Br-80	0,290 h	F	1,000	$6,3\ 10^{-12}$	$1,1\ 10^{-11}$	1,000	$3,1\ 10^{-11}$
		M	1,000	$1,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$		
Br-80m	4,42 h	F	1,000	$3,5\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	1,000	$1,1\ 10^{-10}$
		M	1,000	$7,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$		
Br-82	1,47 d	F	1,000	$3,7\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$	1,000	$5,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$6,4\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-10}$		
Br-83	2,39 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	1,000	$4,3\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4,8\ 10^{-11}$	$6,7\ 10^{-11}$		
Br-84	0,530 h	F	1,000	$2,3\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	1,000	$8,8\ 10^{-11}$
		M	1,000	$3,9\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$		
Rubidio							
Rb-79	0,382 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	1,000	$5,0\ 10^{-11}$
Rb-81	4,58 h	F	1,000	$3,7\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$	1,000	$5,4\ 10^{-11}$
Rb-81m	0,533 h	F	1,000	$7,3\ 10^{-12}$	$1,3\ 10^{-11}$	1,000	$9,7\ 10^{-12}$
Rb-82m	6,20 h	F	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	1,000	$1,3\ 10^{-10}$
Rb-83	86,2 d	F	1,000	$7,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-9}$	1,000	$1,9\ 10^{-9}$
Rb-84	32,8 d	F	1,000	$1,1\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	1,000	$2,8\ 10^{-9}$
Rb-86	18,6 d	F	1,000	$9,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-9}$	1,000	$2,8\ 10^{-9}$
Rb-87	$4,70\ 10^{10}$ a	F	1,000	$5,1\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$	1,000	$1,5\ 10^{-9}$
Rb-88	0,297 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	1,000	$9,0\ 10^{-11}$
Rb-89	0,253 h	F	1,000	$1,4\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	1,000	$4,7\ 10^{-11}$
Stronzio							

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Sr-80	1,67 h	F	0,300	$7,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$	0,300	$3,4\ 10^{-10}$
		S	0,010	$1,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	0,010	$3,5\ 10^{-10}$
Sr-81	0,425 h	F	0,300	$2,2\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	0,300	$7,7\ 10^{-11}$
		S	0,010	$3,8\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$	0,010	$7,8\ 10^{-11}$
Sr-82	25,0 d	F	0,300	$2,2\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	0,300	$6,1\ 10^{-9}$
		S	0,010	$1,0\ 10^{-8}$	$7,7\ 10^{-9}$	0,010	$6,0\ 10^{-9}$
Sr-83	1,35 d	F	0,300	$1,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	0,300	$4,9\ 10^{-10}$
		S	0,010	$3,4\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	0,010	$5,8\ 10^{-10}$
Sr-85	64,8 d	F	0,300	$3,9\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	0,300	$5,6\ 10^{-10}$
		S	0,010	$7,7\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$	0,010	$3,3\ 10^{-10}$
Sr-85m	1,16 h	F	0,300	$3,1\ 10^{-12}$	$5,6\ 10^{-12}$	0,300	$6,1\ 10^{-12}$
		S	0,010	$4,5\ 10^{-12}$	$7,4\ 10^{-12}$	0,010	$6,1\ 10^{-12}$
Sr-87m	2,80 h	F	0,300	$1,2\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	0,300	$3,0\ 10^{-11}$
		S	0,010	$2,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	0,010	$3,3\ 10^{-11}$
Sr-89	50,5 d	F	0,300	$1,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	0,300	$2,6\ 10^{-9}$
		S	0,010	$7,5\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	0,010	$2,3\ 10^{-9}$
Sr-90	29,1 a	F	0,300	$2,4\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	0,300	$2,8\ 10^{-8}$
		S	0,010	$1,5\ 10^{-7}$	$7,7\ 10^{-8}$	0,010	$2,7\ 10^{-9}$
Sr-91	9,50 h	F	0,300	$1,7\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	0,300	$6,5\ 10^{-10}$
		S	0,010	$4,1\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	0,010	$7,6\ 10^{-10}$
Sr-92	2,71 h	F	0,300	$1,1\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	0,300	$4,3\ 10^{-10}$
		S	0,010	$2,3\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	0,010	$4,9\ 10^{-10}$
Ittrio							
Y-86	14,7 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$4,8\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$9,6\ 10^{-10}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$4,9\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-10}$		
Y-86m	0,800 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,6\ 10^{-11}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$		
Y-87	3,35 d	M	$1,0\ 10^{-4}$	$3,8\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,5\ 10^{-10}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$		
Y-88	107 d	M	$1,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-9}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$4,1\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$		
Y-90	2,67 d	M	$1,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,7\ 10^{-9}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		
Y-90m	3,19 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$9,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-10}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$		
Y-91	58,5 d	M	$1,0\ 10^{-4}$	$6,7\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-9}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$8,4\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$		
Y-91m	0,828 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-11}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$		
Y-92	3,54 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$4,9\ 10^{-10}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$		
Y-93	10,1 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$4,1\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$4,3\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$		
Y-94	0,318 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$2,8\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-11}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$		
Y-95	0,178 h	M	$1,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-4}$	$4,6\ 10^{-11}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$		
Zirconio							
Zr-86	16,5 h	F	0,002	$3,0\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	0,002	$8,6\ 10^{-10}$
		M	0,002	$4,3\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$		
		S	0,002	$4,5\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-10}$		
Zr-88	83,4 d	F	0,002	$3,5\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	0,002	$3,3\ 10^{-10}$
		M	0,002	$2,5\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		S	0,002	$3,3\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$		
Zr-89	3,27 d	F	0,002	$3,1\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	0,002	$7,9\ 10^{-10}$
		M	0,002	$5,3\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-10}$		
		S	0,002	$5,5\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-10}$		
Zr-93	$1,53\ 10^{6}$ a	F	0,002	$2,5\ 10^{-8}$	$2,9\ 10^{-8}$	0,002	$2,8\ 10^{-10}$
		M	0,002	$9,6\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$		
		S	0,002	$3,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		
Zr-95	64,0 d	F	0,002	$2,5\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	0,002	$8,8\ 10^{-10}$
		M	0,002	$4,5\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$		
		S	0,002	$5,5\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$		
Zr-97	16,9 h	F	0,002	$4,2\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-10}$	0,002	$2,1\ 10^{-9}$
		M	0,002	$9,4\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-9}$		
		S	0,002	$1,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$		
Niobio							
Nb-88	0,238 h	M	0,010	$2,9\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	0,010	$6,3\ 10^{-11}$
		S	0,010	$3,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$		
Nb-89	2,03 h	M	0,010	$1,2\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	0,010	$3,0\ 10^{-10}$
		S	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$		
Nb-89	1,10 h	M	0,010	$7,1\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$	0,010	$1,4\ 10^{-10}$
		S	0,010	$7,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$		
Nb-90	14,6 h	M	0,010	$6,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-9}$	0,010	$1,2\ 10^{-9}$
		S	0,010	$6,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$		
Nb-93m	13,6 a	M	0,010	$4,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$
		S	0,010	$1,6\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$		
Nb-94	$2,03\ 10^{4}$ a	M	0,010	$1,0\ 10^{-8}$	$7,2\ 10^{-9}$	0,010	$1,7\ 10^{-9}$
		S	0,010	$4,5\ 10^{-8}$	$2,5\ 10^{-8}$		
Nb-95	35,1 d	M	0,010	$1,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	0,010	$5,8\ 10^{-10}$
		S	0,010	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$		
Nb-95m	3,61 d	M	0,010	$7,6\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$	0,010	$5,6\ 10^{-10}$
		S	0,010	$8,5\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-10}$		
Nb-96	23,3 h	M	0,010	$6,5\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-10}$	0,010	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,010	$6,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-10}$		
Nb-97	1,20 h	M	0,010	$4,4\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$	0,010	$6,8\ 10^{-11}$
		S	0,010	$4,7\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$		
Nb-98	0,858 h	M	0,010	$5,9\ 10^{-11}$	$9,6\ 10^{-11}$	0,010	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,010	$6,1\ 10^{-11}$	$9,9\ 10^{-11}$		
Molibdeno							
Mo-90	5,67 h	F	0,800	$1,7\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	0,800	$3,1\ 10^{-10}$
		S	0,050	$3,7\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	0,050	$6,2\ 10^{-10}$
Mo-93	$3,50\ 10^{3}$ a	F	0,800	$1,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	0,800	$2,6\ 10^{-9}$
		S	0,050	$2,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	0,050	$2,0\ 10^{-10}$
Mo-93m	6,85 h	F	0,800	$1,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	0,800	$1,6\ 10^{-10}$
		S	0,050	$1,8\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	0,050	$2,8\ 10^{-10}$
Mo-99	2,75 d	F	0,800	$2,3\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	0,800	$7,4\ 10^{-10}$
		S	0,050	$9,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$	0,050	$1,2\ 10^{-9}$
Mo-101	0,244 h	F	0,800	$1,5\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	0,800	$4,2\ 10^{-11}$
		S	0,050	$2,7\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	0,050	$4,2\ 10^{-11}$
Tecnezio							
Tc-93	2,75 h	F	0,800	$3,4\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$	0,800	$4,9\ 10^{-11}$
		M	0,800	$3,6\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$		
Tc-93m	0,725 h	F	0,800	$1,5\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	0,800	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,7\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$		
Tc-94	4,88 h	F	0,800	$1,2\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	0,800	$1,8\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		M	0,800	$1,3\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$		
Tc-94m	0,867 h	F	0,800	$4,3\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$	0,800	$1,1\ 10^{-10}$
		M	0,800	$4,9\ 10^{-11}$	$8,0\ 10^{-11}$		
Tc-95	20,0 h	F	0,800	$1,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	0,800	$1,6\ 10^{-10}$
		M	0,800	$1,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$		
Tc-95m	61,0 d	F	0,800	$3,1\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	0,800	$6,2\ 10^{-10}$
		M	0,800	$8,7\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-10}$		
Tc-96	4,28 d	F	0,800	$6,0\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-10}$	0,800	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,800	$7,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-9}$		
Tc-96m	0,858 h	F	0,800	$6,5\ 10^{-12}$	$1,1\ 10^{-11}$	0,800	$1,3\ 10^{-11}$
		M	0,800	$7,7\ 10^{-12}$	$1,1\ 10^{-11}$		
Tc-97	$2,60\ 10^{6}$ a	F	0,800	$4,5\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$	0,800	$8,3\ 10^{-11}$
		M	0,800	$2,1\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$		
Tc-97m	87,0 d	F	0,800	$2,8\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	0,800	$6,6\ 10^{-10}$
		M	0,800	$3,1\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$		
Tc-98	$4,20\ 10^{6}$ a	F	0,800	$1,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	0,800	$2,3\ 10^{-9}$
		M	0,800	$8,1\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$		
Tc-99	$2,13\ 10^{5}$ a	F	0,800	$2,9\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	0,800	$7,8\ 10^{-10}$
		M	0,800	$3,9\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$		
Tc-99m	6,02 h	F	0,800	$1,2\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	0,800	$2,2\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,9\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$		
Tc-101	0,237 h	F	0,800	$8,7\ 10^{-12}$	$1,5\ 10^{-11}$	0,800	$1,9\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,3\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$		
Tc-104	0,303 h	F	0,800	$2,4\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	0,800	$8,1\ 10^{-11}$
		M	0,800	$3,0\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$		
Rutenio							
Ru-94	0,863 h	F	0,050	$2,7\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	0,050	$9,4\ 10^{-11}$
		M	0,050	$4,4\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$4,6\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$		
Ru-97	2,90 d	F	0,050	$6,7\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,050	$1,5\ 10^{-10}$
		M	0,050	$1,1\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$1,1\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$		
Ru-103	39,3 d	F	0,050	$4,9\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$	0,050	$7,3\ 10^{-10}$
		M	0,050	$2,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$2,8\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$		
Ru-105	4,44 h	F	0,050	$7,1\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$	0,050	$2,6\ 10^{-10}$
		M	0,050	$1,7\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$1,8\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$		
Ru-106	1,01 a	F	0,050	$8,0\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-9}$	0,050	$7,0\ 10^{-9}$
		M	0,050	$2,6\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$		
		S	0,050	$6,2\ 10^{-8}$	$3,5\ 10^{-8}$		
Rodio							
Rh-99	16,0 d	F	0,050	$3,3\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	0,050	$5,1\ 10^{-10}$
		M	0,050	$7,3\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$8,3\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-10}$		
Rh-99m	4,70 h	F	0,050	$3,0\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	0,050	$6,6\ 10^{-11}$
		M	0,050	$4,1\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$4,3\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$		
Rh-100	20,8 h	F	0,050	$2,8\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	0,050	$7,1\ 10^{-10}$
		M	0,050	$3,6\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$3,7\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$		
Rh-101	3,20 a	F	0,050	$1,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	0,050	$5,5\ 10^{-10}$
		M	0,050	$2,2\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		S	0,050	$5,0\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$		
Rh-101m	4,34 d	F	0,050	$1,0\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	0,050	$2,2\ 10^{-10}$
		M	0,050	$2,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$2,1\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$		
Rh-102	2,90 a	F	0,050	$7,3\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-9}$	0,050	$2,6\ 10^{-9}$
		M	0,050	$6,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$1,6\ 10^{-8}$	$9,0\ 10^{-9}$		
Rh-102m	207 d	F	0,050	$1,5\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	0,050	$1,2\ 10^{-9}$
		M	0,050	$3,8\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$6,7\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$		
Rh-103m	0,935 h	F	0,050	$8,6\ 10^{-13}$	$1,2\ 10^{-12}$	0,050	$3,8\ 10^{-12}$
		M	0,050	$2,3\ 10^{-12}$	$2,4\ 10^{-12}$		
		S	0,050	$2,5\ 10^{-12}$	$2,5\ 10^{-12}$		
Rh-105	1,47 d	F	0,050	$8,7\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-10}$	0,050	$3,7\ 10^{-10}$
		M	0,050	$3,1\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$3,4\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$		
Rh-106m	2,20 h	F	0,050	$7,0\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$	0,050	$1,6\ 10^{-10}$
		M	0,050	$1,1\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$1,2\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$		
Rh-107	0,362 h	F	0,050	$9,6\ 10^{-12}$	$1,6\ 10^{-11}$	0,050	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,050	$1,7\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$1,7\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$		
Palladio							
Pd-100	3,63 d	F	0,005	$4,9\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$	0,005	$9,4\ 10^{-10}$
		M	0,005	$7,9\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-10}$		
		S	0,005	$8,3\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-10}$		
Pd-101	8,27 h	F	0,005	$4,2\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$	0,005	$9,4\ 10^{-11}$
		M	0,005	$6,2\ 10^{-11}$	$9,8\ 10^{-11}$		
		S	0,005	$6,4\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$		
Pd-103	17,0 d	F	0,005	$9,0\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,005	$1,9\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3,5\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$		
		S	0,005	$4,0\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$		
Pd-107	$6,50\ 10^{6}$ a	F	0,005	$2,6\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	0,005	$3,7\ 10^{-11}$
		M	0,005	$8,0\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$		
		S	0,005	$5,5\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$		
Pd-109	13,4 h	F	0,005	$1,2\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	0,005	$5,5\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3,4\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$		
		S	0,005	$3,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$		
Argento							
Ag-102	0,215 h	F	0,050	$1,4\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	0,050	$4,0\ 10^{-11}$
		M	0,050	$1,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$1,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$		
Ag-103	1,09 h	F	0,050	$1,6\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	0,050	$4,3\ 10^{-11}$
		M	0,050	$2,7\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$2,8\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$		
Ag-104	1,15 h	F	0,050	$3,0\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	0,050	$6,0\ 10^{-11}$
		M	0,050	$3,9\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$4,0\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$		
Ag-104m	0,558 h	F	0,050	$1,7\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	0,050	$5,4\ 10^{-11}$
		M	0,050	$2,6\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$2,7\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$		
Ag-105	41,0 d	F	0,050	$5,4\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-10}$	0,050	$4,7\ 10^{-10}$
		M	0,050	$6,9\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-10}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		S	0,050	$7,8\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$		
Ag-106	0,399 h	F	0,050	$9,8\ 10^{-12}$	$1,7\ 10^{-11}$	0,050	$3,2\ 10^{-11}$
		M	0,050	$1,6\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$1,6\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$		
Ag-106m	8,41 d	F	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	0,050	$1,5\ 10^{-9}$
		M	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$		
Ag-108m	$1,27\ 10^{2}$ a	F	0,050	$6,1\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-9}$	0,050	$2,3\ 10^{-9}$
		M	0,050	$7,0\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$3,5\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$		
Ag-110m	250 d	F	0,050	$5,5\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-9}$	0,050	$2,8\ 10^{-9}$
		M	0,050	$7,2\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$1,2\ 10^{-8}$	$7,3\ 10^{-9}$		
Ag-111	7,45 d	F	0,050	$4,1\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	0,050	$1,3\ 10^{-9}$
		M	0,050	$1,5\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$1,7\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$		
Ag-112	3,12 h	F	0,050	$8,2\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-10}$	0,050	$4,3\ 10^{-10}$
		M	0,050	$1,7\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$1,8\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$		
Ag-115	0,333 h	F	0,050	$1,6\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	0,050	$6,0\ 10^{-11}$
		M	0,050	$2,8\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$3,0\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$		
Cadmio							
Cd-104	0,961 h	F	0,050	$2,7\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	0,050	$5,8\ 10^{-11}$
		M	0,050	$3,6\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$		
		S	0,050	$3,7\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$		
Cd-107	6,49 h	F	0,050	$2,3\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	0,050	$6,2\ 10^{-11}$
		M	0,050	$8,1\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$8,7\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
Cd-109	1,27 a	F	0,050	$8,1\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-9}$	0,050	$2,0\ 10^{-9}$
		M	0,050	$6,2\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$5,8\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$		
Cd-113	$9,30\ 10^{15}$ a	F	0,050	$1,2\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	0,050	$2,5\ 10^{-8}$
		M	0,050	$5,3\ 10^{-8}$	$4,3\ 10^{-8}$		
		S	0,050	$2,5\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$		
Cd-113m	13,6 a	F	0,050	$1,1\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	0,050	$2,3\ 10^{-8}$
		M	0,050	$5,0\ 10^{-8}$	$4,0\ 10^{-8}$		
		S	0,050	$3,0\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$		
Cd-115	2,23 d	F	0,050	$3,7\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	0,050	$1,4\ 10^{-9}$
		M	0,050	$9,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$		
Cd-115m	44,6 d	F	0,050	$5,3\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$	0,050	$3,3\ 10^{-9}$
		M	0,050	$5,9\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$		
		S	0,050	$7,3\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$		
Cd-117	2,49 h	F	0,050	$7,3\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$	0,050	$2,8\ 10^{-10}$
		M	0,050	$1,6\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$1,7\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$		
Cd-117m	3,36 h	F	0,050	$1,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	0,050	$2,8\ 10^{-10}$
		M	0,050	$2,0\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$		
		S	0,050	$2,1\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$		
Indio							
In-109	4,20 h	F	0,020	$3,2\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	0,020	$6,6\ 10^{-11}$
		M	0,020	$4,4\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
In-110	4,90 h	F	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	0,020	$2,4\ 10^{-10}$
		M	0,020	$1,4\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$		
In-110	1,15 h	F	0,020	$3,1\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	0,020	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,020	$5,0\ 10^{-11}$	$8,1\ 10^{-11}$		
In-111	2,83 d	F	0,020	$1,3\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	0,020	$2,9\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,3\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$		
In-112	0,240 h	F	0,020	$5,0\ 10^{-12}$	$8,6\ 10^{-12}$	0,020	$1,0\ 10^{-11}$
		M	0,020	$7,8\ 10^{-12}$	$1,3\ 10^{-11}$		
In-113m	1,66 h	F	0,020	$1,0\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	0,020	$2,8\ 10^{-11}$
		M	0,020	$2,0\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$		
In-114m	49,5 d	F	0,020	$9,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-8}$	0,020	$4,1\ 10^{-9}$
		M	0,020	$5,9\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$		
In-115	$5,10\ 10^{15}$ a	F	0,020	$3,9\ 10^{-7}$	$4,5\ 10^{-7}$	0,020	$3,2\ 10^{-8}$
		M	0,020	$1,5\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$		
In-115m	4,49 h	F	0,020	$2,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	0,020	$8,6\ 10^{-11}$
		M	0,020	$6,0\ 10^{-11}$	$8,7\ 10^{-11}$		
In-116m	0,902 h	F	0,020	$3,0\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	0,020	$6,4\ 10^{-1}$ŽQ
		M	0,020	$4,8\ 10^{-11}$	$8,0\ 10^{-11}$		
In-117	0,730 h	F	0,020	$1,6\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	0,020	$3,1\ 10^{-11}$
		M	0,020	$3,0\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$		
In-117m	1,94 h	F	0,020	$3,1\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	0,020	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,020	$7,3\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
In-119m	0,300 h	F	0,020	$1,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	0,020	$4,7\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1,8\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$		
Stagno							
Sn-110	4,00 h	F	0,020	$1,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	0,020	$3,5\ 10^{-10}$
		M	0,020	$1,6\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$		
Sn-111	0,588 h	F	0,020	$8,3\ 10^{-12}$	$1,5\ 10^{-11}$	0,020	$2,3\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1,4\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$		
Sn-113	115 d	F	0,020	$5,4\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-10}$	0,020	$7,3\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,5\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$		
Sn-117m	13,6 d	F	0,020	$2,9\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	0,020	$7,1\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,3\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$		
Sn-119m	293 d	F	0,020	$2,9\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	0,020	$3,4\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$		
Sn-121	1,13 d	F	0,020	$6,4\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$	0,020	$2,3\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,2\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$		
Sn-121m	55,0 a	F	0,020	$8,0\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-10}$	0,020	$3,8\ 10^{-10}$
		M	0,020	$4,2\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$		
Sn-123	129 d	F	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	0,020	$2,1\ 10^{-9}$
		M	0,020	$7,7\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$		
Sn-123m	0,668 h	F	0,020	$1,4\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	0,020	$3,8\ 10^{-11}$
		M	0,020	$2,8\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$		
Sn-125	9,64 d	F	0,020	$9,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-9}$	0,020	$3,1\ 10^{-9}$
		M	0,020	$3,0\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$		
Sn-126	$1,00\ 10^{5}$ a	F	0,020	$1,1\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	0,020	$4,7\ 10^{-9}$
		M	0,020	$2,7\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$		
Sn-127	2,10 h	F	0,020	$6,9\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,020	$2,0\ 10^{-10}$
		M	0,020	$1,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$		
Sn-128	0,985 h	F	0,020	$5,4\ 10^{-11}$	$9,5\ 10^{-11}$	0,020	$1,5\ 10^{-10}$
		M	0,020	$9,6\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-10}$		
Antimonio							
Sb-115	0,530 h	F	0,100	$9,2\ 10^{-12}$	$1,7\ 10^{-11}$	0,100	$2,4\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		M	0,010	$1,4\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$		
Sb-116	0,263 h	F	0,100	$9,9\ 10^{-12}$	$1,8\ 10^{-11}$	0,100	$2,6\ 10^{-11}$
		M	0,010	$1,4\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$		
Sb-116m	1,00 h	F	0,100	$3,5\ 10^{-11}$	$6,4\ 10^{-11}$	0,100	$6,7\ 10^{-11}$
		M	0,010	$5,0\ 10^{-11}$	$8,5\ 10^{-11}$		
Sb-117	2,80 h	F	0,100	$9,3\ 10^{-12}$	$1,7\ 10^{-11}$	0,100	$1,8\ 10^{-11}$
		M	0,010	$1,7\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$		
Sb-118m	5,00 h	F	0,100	$1,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	0,100	$2,1\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$		
Sb-119	1,59 d	F	0,100	$2,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	0,100	$8,1\ 10^{-11}$
		M	0,010	$3,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$		
Sb-120	5,76 d	F	0,100	$5,9\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-10}$	0,100	$1,2\ 10^{-9}$
		M	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$		
Sb-120	0,265 h	F	0,100	$4,9\ 10^{-12}$	$8,5\ 10^{-12}$	0,100	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,010	$7,4\ 10^{-12}$	$1,2\ 10^{-11}$		
Sb-122	2,70 d	F	0,100	$3,9\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$	0,100	$1,7\ 10^{-9}$
		M	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$		
Sb-124	60,2 d	F	0,100	$1,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	0,100	$2,5\ 10^{-9}$
		M	0,010	$6,1\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$		
Sb-124m	0,337 h	F	0,100	$3,0\ 10^{-12}$	$5,3\ 10^{-12}$	0,100	$8,0\ 10^{-11}$
		M	0,010	$5,5\ 10^{-12}$	$8,3\ 10^{-12}$		
Sb-125	2,77 a	F	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	0,100	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,010	$4,5\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$		
Sb-126	12,4 d	F	0,100	$1,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	0,100	$2,4\ 10^{-9}$
		M	0,010	$2,7\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$		
Sb-126m	0,317 h	F	0,100	$1,3\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	0,100	$3,6\ 10^{-11}$
		M	0,010	$2,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$		
Sb-127	3,85 d	F	0,100	$4,6\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-10}$	0,100	$1,7\ 10^{-9}$
		M	0,010	$1,6\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		
Sb-128	9,01 h	F	0,100	$2,5\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	0,100	$7,6\ 10^{-10}$
		M	0,010	$4,2\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-10}$		
Sb-128	0,173 h	F	0,100	$1,1\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	0,100	$3,3\ 10^{-11}$
		M	0,010	$1,5\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$		
Sb-129	4,32 h	F	0,100	$1,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	0,100	$4,2\ 10^{-10}$
		M	0,010	$2,4\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$		
Sb-130	0,667 h	F	0,100	$3,5\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$	0,100	$9,1\ 10^{-11}$
		M	0,010	$5,4\ 10^{-11}$	$9,1\ 10^{-11}$		
Sb-131	0,383 h	F	0,100	$3,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	0,100	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,010	$5,2\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-11}$		
Tellurio							
Te-116	2,49 h	F	0,300	$6,3\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,300	$1,7\ 10^{-10}$
		M	0,300	$1,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$		
Te-121	17,0 d	F	0,300	$2,5\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	0,300	$4,3\ 10^{-10}$
		M	0,300	$3,9\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$		
Te-121m	154 d	F	0,300	$1,8\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	0,300	$2,3\ 10^{-9}$
		M	0,300	$4,2\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$		
Te-123	$1,00\ 10^{13}$ a	F	0,300	$4,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	0,300	$4,4\ 10^{-9}$
		M	0,300	$2,6\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$		
Te-123m	120 d	F	0,300	$9,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-9}$	0,300	$1,4\ 10^{-9}$
		M	0,300	$3,9\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$		
Te-125m	58,0 d	F	0,300	$5,1\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-10}$	0,300	$8,7\ 10^{-10}$
		M	0,300	$3,3\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$		
Te-127	9,35 h	F	0,300	$4,2\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$	0,300	$1,7\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		M	0,300	$1,2\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$		
Te-127m	109 d	F	0,300	$1,6\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	0,300	$2,3\ 10^{-9}$
		M	0,300	$7,2\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$		
Te-129	1,16 h	F	0,300	$1,7\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	0,300	$6,3\ 10^{-11}$
		M	0,300	$3,8\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$		
Te-129m	33,6 d	F	0,300	$1,3\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	0,300	$3,0\ 10^{-9}$
		M	0,300	$6,3\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$		
Te-131	0,417 h	F	0,300	$2,3\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	0,300	$8,7\ 10^{-11}$
		M	0,300	$3,8\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$		
Te-131m	1,25 d	F	0,300	$8,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-9}$	0,300	$1,9\ 10^{-9}$
		M	0,300	$1,1\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$		
Te-132	3,26 d	F	0,300	$1,8\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	0,300	$3,7\ 10^{-9}$
		M	0,300	$2,2\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$		
Te-133	0,207 h	F	0,300	$2,0\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	0,300	$7,2\ 10^{-11}$
		M	0,300	$2,7\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$		
Te-133m	0,923 h	F	0,300	$8,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,300	$2,8\ 10^{-10}$
		M	0,300	$1,2\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$		
Te-134	0,696 h	F	0,300	$5,0\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-11}$	0,300	$1,1\ 10^{-10}$
		M	0,300	$7,1\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
Iodio							
I-120	1,35 h	F	1,000	$1,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	1,000	$3,4\ 10^{-10}$
I-120m	0,883 h	F	1,000	$8,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-10}$	1,000	$2,1\ 10^{-10}$
I-121	2,12 h	F	1,000	$2,8\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	1,000	$8,2\ 10^{-11}$
I-123	13,2 h	F	1,000	$7,6\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$	1,000	$2,1\ 10^{-10}$
I-124	4,18 d	F	1,000	$4,5\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-9}$	1,000	$1,3\ 10^{-8}$
I-125	60,1 d	F	1,000	$5,3\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-9}$	1,000	$1,5\ 10^{-8}$
I-126	13,0 d	F	1,000	$1,0\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	1,000	$2,9\ 10^{-8}$
I-128	0,416 h	F	1,000	$1,4\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	1,000	$4,6\ 10^{-11}$
I-129	$1,57\ 10^{7}$ a	F	1,000	$3,7\ 10^{-8}$	$5,1\ 10^{-8}$	1,000	$1,1\ 10^{-7}$
I-130	12,4 h	F	1,000	$6,9\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-10}$	1,000	$2,0\ 10^{-9}$
I-131	8,04 d	F	1,000	$7,6\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-8}$	1,000	$2,2\ 10^{-8}$
I-132	2,30 h	F	1,000	$9,6\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-10}$	1,000	$2,9\ 10^{-10}$
I-132m	1,39 h	F	1,000	$8,1\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$	1,000	$2,2\ 10^{-10}$
I-133	20,8 h	F	1,000	$1,5\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	1,000	$4,3\ 10^{-9}$
I-134	0,876 h	F	1,000	$4,8\ 10^{-11}$	$7,9\ 10^{-11}$	1,000	$1,1\ 10^{-10}$
I-135	6,61 h	F	1,000	$3,3\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	1,000	$9,3\ 10^{-10}$
Cesio							
Cs-125	0,750 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	1,000	$3,5\ 10^{-11}$
Cs-127	6,25 h	F	1,000	$2,2\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	1,000	$2,4\ 10^{-11}$
Cs-129	1,34 d	F	1,000	$4,5\ 10^{-11}$	$8,1\ 10^{-11}$	1,000	$6,0\ 10^{-11}$
Cs-130	0,498 h	F	1,000	$8,4\ 10^{-12}$	$1,5\ 10^{-11}$	1,000	$2,8\ 10^{-11}$
Cs-131	9,69 d	F	1,000	$2,8\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	1,000	$5,8\ 10^{-11}$
Cs-132	6,48 d	F	1,000	$2,4\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	1,000	$5,0\ 10^{-10}$
Cs-134	2,06 a	F	1,000	$6,8\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-9}$	1,000	$1,9\ 10^{-8}$
Cs-134m	2,90 h	F	1,000	$1,5\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	1,000	$2,0\ 10^{-11}$
Cs-135	$2,30\ 10^{6}$ a	F	1,000	$7,1\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-10}$	1,000	$2,0\ 10^{-9}$
Cs-135m	0,883 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	1,000	$1,9\ 10^{-11}$
Cs-136	13,1 d	F	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	1,000	$3,0\ 10^{-9}$
Cs-137	30,0 a	F	1,000	$4,8\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-9}$	1,000	$1,3\ 10^{-8}$
Cs-138	0,536 h	F	1,000	$2,6\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	1,000	$9,2\ 10^{-11}$
Bario							
Ba-126	1,61 h	F	0,100	$7,8\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,100	$2,6\ 10^{-10}$
Ba-128	2,43 h	F	0,100	$8,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-9}$	0,100	$2,7\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Ba-131	11,8 d	F	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	0,100	$4,5\ 10^{-10}$
Ba-131m	0,243 h	F	0,100	$4,1\ 10^{-12}$	$6,4\ 10^{-12}$	0,100	$4,9\ 10^{-12}$
Ba-133	10,7 a	F	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	0,100	$1,0\ 10^{-9}$
Ba-133m	1,62 d	F	0,100	$1,9\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	0,100	$5,5\ 10^{-10}$
Ba-135m	1,20 d	F	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	0,100	$4,5\ 10^{-10}$
Ba-139	1,38 h	F	0,100	$3,5\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	0,100	$1,2\ 10^{-10}$
Ba-140	12,7 d	F	0,100	$1,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	0,100	$2,5\ 10^{-9}$
Ba-141	0,305 h	F	0,100	$2,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	0,100	$7,0\ 10^{-11}$
Ba-142	0,177 h	F	0,100	$1,6\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	0,100	$3,5\ 10^{-11}$
Lantanio							
La-131	0,983 h	F	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-11}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$		
La-132	4,80 h	F	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-10}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$		
La-135	19,5 h	F	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-11}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$		
La-137	$6,00\ 10^{4}$ a	F	$5,0\ 10^{-4}$	$8,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-11}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$		
La-138	$1,35\ 10^{11}$ a	F	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-7}$	$1,8\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$6,1\ 10^{-8}$	$4,2\ 10^{-8}$		
La-140	1,68 d	F	$5,0\ 10^{-4}$	$6,0\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-9}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$		
La-141	3,93 h	F	$5,0\ 10^{-4}$	$6,7\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-10}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$		
La-142	1,54 h	F	$5,0\ 10^{-4}$	$5,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-10}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$9,3\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-10}$		
La-143	0,237 h	F	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,6\ 10^{-11}$
		M	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$		
Cerio							
Ce-134	3,00 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-9}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$		
Ce-135	17,6 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$4,9\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-10}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$5,1\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$		
Ce-137	9,00 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-11}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$		
Ce-137m	1,43 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-10}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$4,3\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$		
Ce-139	138 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-10}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$		
Ce-141	32,5 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,1\ 10^{-10}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$		
Ce-143	1,38 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$7,4\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-9}$		
Ce-144	284 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$3,4\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,2\ 10^{-9}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$4,9\ 10^{-8}$	$2,9\ 10^{-8}$		
Praseodimio							
Pr-136	0,218 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,3\ 10^{-11}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$		
Pr-137	1,28 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-11}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$		
Pr-138m	2,10 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$7,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-10}$
		S	$5,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$		
Pr-139	4,51 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$		
Pr-142	19,1 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-10}$	$7{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}6\ 10^{-10}$	$7{,}4\ 10^{-10}$		
Pr-142m	0,243 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}7\ 10^{-12}$	$8{,}9\ 10^{-12}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}1\ 10^{-12}$	$9{,}4\ 10^{-12}$		
Pr-143	13,6 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$		
Pr-144	0,288 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-11}$	$2{,}9\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$		
Pr-145	5,98 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$		
Pr-147	0,227 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-11}$	$2{,}9\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$		
Neodimio							
Nd-136	0,844 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-11}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}9\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}6\ 10^{-11}$	$8{,}9\ 10^{-11}$		
Nd-138	5,04 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}4\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$		
Nd-139	0,495 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-11}$	$1{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}7\ 10^{-11}$		
Nd-139m	5,50 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$		
Nd-141	2,49 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}1\ 10^{-12}$	$8{,}5\ 10^{-12}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}3\ 10^{-12}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-12}$	$8{,}8\ 10^{-12}$		
Nd-147	11,0 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$		
Nd-149	1,73 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}0\ 10^{-11}$	$1{,}3\ 10^{-10}$		
Nd-151	0,207 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}0\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-11}$	$2{,}9\ 10^{-11}$		
Prometio							
Pm-141	0,348 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}6\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$		
Pm-143	265 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$9{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}3\ 10^{-10}$		
Pm-144	363 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}7\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-9}$	$3{,}9\ 10^{-9}$		
Pm-145	17,7 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$		
Pm-146	5,53 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}0\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-8}$	$9{,}0\ 10^{-9}$		
Pm-147	2,62 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}7\ 10^{-9}$	$3{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}6\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$		
Pm-148	5,37 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$		
Pm-148m	41,3 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}9\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}3\ 10^{-9}$		
Pm-149	2,21 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-10}$	$7{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}9\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}2\ 10^{-10}$		
Pm-150	2,68 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$		
Pm-151	1,18 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}2\ 10^{-10}$	$6{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}3\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}5\ 10^{-10}$	$6{,}4\ 10^{-10}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Samario							
Sm-141	0,170 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-11}$
Sm-141m	0,377 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-11}$	$5{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}5\ 10^{-11}$
Sm-142	1,21 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}4\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-10}$
Sm-145	340 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-10}$
Sm-146	$1{,}03\ 10^{8}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}9\ 10^{-6}$	$6{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}4\ 10^{-8}$
Sm-147	$1{,}06\ 10^{11}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}9\ 10^{-6}$	$6{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}9\ 10^{-8}$
Sm-151	90,0 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}8\ 10^{-11}$
Sm-153	1,95 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}4\ 10^{-10}$
Sm-155	0,368 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-11}$
Sm-156	9,40 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-10}$
Europio							
Eu-145	5,94 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}6\ 10^{-10}$	$7{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}5\ 10^{-10}$
Eu-146	4,61 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$
Eu-147	24,0 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-10}$
Eu-148	54,5 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-9}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$
Eu-149	93,1 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-10}$
Eu-150	34,2 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-8}$	$3{,}4\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$
Eu-150	12,6 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-10}$
Eu-152	13,3 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-8}$	$2{,}7\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-9}$
Eu-152m	9,32 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-10}$
Eu-154	8,80 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-8}$	$3{,}5\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-9}$
Eu-155	4,96 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}5\ 10^{-9}$	$4{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-10}$
Eu-156	15,2 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-9}$
Eu-157	15,1 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}0\ 10^{-10}$
Eu-158	0,765 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-11}$	$7{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}4\ 10^{-11}$
Gadolinio							
Gd-145	0,382 h	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-11}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$		
Gd-146	48,3 d	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}6\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}0\ 10^{-9}$	$4{,}6\ 10^{-9}$		
Gd-147	1,59 d	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$4{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}1\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}9\ 10^{-10}$		
Gd-148	93,0 a	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-5}$	$3{,}0\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}5\ 10^{-8}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$7{,}2\ 10^{-6}$		
Gd-149	9,40 d	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$4{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}5\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-10}$	$7{,}9\ 10^{-10}$		
Gd-151	120 d	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}8\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}5\ 10^{-10}$		
Gd-152	$1{,}08\ 10^{14}$ a	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-5}$	$2{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}1\ 10^{-8}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}4\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-6}$		
Gd-153	242 d	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$		
Gd-159	18,6 h	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}9\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}9\ 10^{-10}$		
Terbio							
Tb-147	1,65 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}9\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-10}$
Tb-149	4,15 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-10}$
Tb-150	3,27 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-10}$
Tb-151	17,6 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-10}$
Tb-153	2,34 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-10}$
Tb-154	21,4 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$6{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}5\ 10^{-10}$
Tb-155	5,32 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Tb-156	5,34 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-9}$
Tb-156m	1,02 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-10}$
Tb-156m	5,00 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}1\ 10^{-11}$
Tb-157	$1{,}50\ 10^{2}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$7{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-11}$
Tb-158	$1{,}50\ 10^{2}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}3\ 10^{-8}$	$3{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$
Tb-160	72,3 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-9}$	$5{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-9}$
Tb-161	6,91 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
Disprosio							
Dy-155	10,0 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}0\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-10}$
Dy-157	8,10 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}1\ 10^{-11}$
Dy-159	144 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-10}$
Dy-165	2,33 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}1\ 10^{-11}$	$8{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
Dy-166	3,40 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-9}$
Olmio							
Ho-155	0,800 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-11}$
Ho-157	0,210 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}5\ 10^{-12}$	$7{,}6\ 10^{-12}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}5\ 10^{-12}$
Ho-159	0,550 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}3\ 10^{-12}$	$1{,}0\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}9\ 10^{-12}$
Ho-161	2,50 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}3\ 10^{-12}$	$1{,}0\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-11}$
Ho-162	0,250 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-12}$	$4{,}5\ 10^{-12}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-12}$
Ho-162m	1,13 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-11}$
Ho-164	0,483 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}6\ 10^{-12}$	$1{,}3\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}5\ 10^{-12}$
Ho-164m	0,625 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-11}$
Ho-166	1,12 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-10}$	$8{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-9}$
Ho-166m	$1{,}20\ 10^{3}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-7}$	$7{,}8\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-9}$
Ho-167	3,10 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}3\ 10^{-11}$
Erbio							
Er-161	3,24 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}0\ 10^{-11}$
Er-165	10,4 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}3\ 10^{-12}$	$1{,}4\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-11}$
Er-169	9,30 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}8\ 10^{-10}$	$9{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-10}$
Er-171	7,52 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}6\ 10^{-10}$
Er-172	2,05 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-9}$
Tulio							
Tm-162	0,362 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-11}$
Tm-166	7,70 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}8\ 10^{-10}$
Tm-167	9,24 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}6\ 10^{-10}$
Tm-170	129 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-9}$	$5{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$
Tm-171	1,92 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$9{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
Tm-172	2,65 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-9}$
Tm-173	8,24 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}1\ 10^{-10}$
Tm-175	0,253 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-11}$
Itterbio							
Yb-162	0,315 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}3\ 10^{-11}$		
Yb-166	2,36 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-10}$	$9{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}5\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}6\ 10^{-10}$	$9{,}5\ 10^{-10}$		
Yb-167	0,292 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}5\ 10^{-12}$	$9{,}0\ 10^{-12}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}7\ 10^{-12}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}9\ 10^{-12}$	$9{,}5\ 10^{-12}$		
Yb-169	32,0 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}1\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$		
Yb-175	4,19 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-10}$	$7{,}0\ 10^{-10}$		
Yb-177	1,90 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}4\ 10^{-11}$	$8{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}7\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}9\ 10^{-11}$	$9{,}4\ 10^{-11}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Yb-178	1,23 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}6\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-10}$		
Lutezio							
Lu-169	1,42 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-10}$	$4{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}6\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$4{,}9\ 10^{-10}$		
Lu-170	2,00 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}4\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}9\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}7\ 10^{-10}$	$9{,}5\ 10^{-10}$		
Lu-171	8,22 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}6\ 10^{-10}$	$8{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}7\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}3\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-10}$		
Lu-172	6,70 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$		
Lu-173	1,37 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$		
Lu-174	3,31 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$		
Lu-174m	142 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$		
Lu-176	$3{,}60\ 10^{10}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-8}$	$4{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}2\ 10^{-8}$	$3{,}0\ 10^{-8}$		
Lu-176m	3,68 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$		
Lu-177	6,71 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$		
Lu-177m	161 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-9}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$		
Lu-178	0,473 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}7\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}1\ 10^{-11}$		
Lu-178m	0,378 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$5{,}4\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-11}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}6\ 10^{-11}$		
Lu-179	4,59 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$		
Afnio							
Hf-170	16,0 h	F	0,002	$1{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	0,002	$4{,}8\ 10^{-10}$
		M	0,002	$3{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$		
Hf-172	1,87 a	F	0,002	$3{,}2\ 10^{-8}$	$3{,}7\ 10^{-8}$	0,002	$1{,}0\ 10^{-9}$
		M	0,002	$1{,}9\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$		
Hf-173	24,0 h	F	0,002	$7{,}9\ 10^{-11}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	0,002	$2{,}3\ 10^{-10}$
		M	0,002	$1{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$		
Hf-175	70,0 d	F	0,002	$7{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}7\ 10^{-10}$	0,002	$4{,}1\ 10^{-10}$
		M	0,002	$1{,}1\ 10^{-9}$	$8{,}8\ 10^{-10}$		
Hf-177m	0,856 h	F	0,002	$4{,}7\ 10^{-11}$	$8{,}4\ 10^{-11}$	0,002	$8{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,002	$9{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}5\ 10^{-10}$		
Hf-178m	31,0 a	F	0,002	$2{,}6\ 10^{-7}$	$3{,}1\ 10^{-7}$	0,002	$4{,}7\ 10^{-9}$
		M	0,002	$1{,}1\ 10^{-7}$	$7{,}8\ 10^{-8}$		
Hf-179m	25,1 d	F	0,002	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	0,002	$1{,}2\ 10^{-9}$
		M	0,002	$3{,}6\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$		
Hf-180m	5,50 h	F	0,002	$6{,}4\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	0,002	$1{,}7\ 10^{-10}$
		M	0,002	$1{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$		
Hf-181	42,4 d	F	0,002	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	0,002	$1{,}1\ 10^{-9}$
		M	0,002	$4{,}7\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$		
Hf-182	$9{,}00\ 10^{6}$ a	F	0,002	$3{,}0\ 10^{-7}$	$3{,}6\ 10^{-7}$	0,002	$3{,}0\ 10^{-9}$
		M	0,002	$1{,}2\ 10^{-7}$	$8{,}3\ 10^{-8}$		
Hf-182m	1,02 h	F	0,002	$2{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	0,002	$4{,}2\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		M	0,002	$4,7\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$		
Hf-183	1,07 h	F	0,002	$2,6\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	0,002	$7,3\ 10^{-11}$
		M	0,002	$5,8\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-11}$		
Hf-184	4,12 h	F	0,002	$1,3\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	0,002	$5,2\ 10^{-10}$
		M	0,002	$3,3\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$		
Tantalio							
Ta-172	0,613 h	M	0,001	$3,4\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	0,001	$5,3\ 10^{-11}$
		S	0,001	$3,6\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$		
Ta-173	3,65 h	M	0,001	$1,1\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	0,001	$1,9\ 10^{-10}$
		S	0,001	$1,2\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$		
Ta-174	1,20 h	M	0,001	$4,2\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$	0,001	$5,7\ 10^{-11}$
		S	0,001	$4,4\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$		
Ta-175	10,5 h	M	0,001	$1,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	0,001	$2,1\ 10^{-10}$
		S	0,001	$1,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$		
Ta-176	8,08 h	M	0,001	$2,0\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	0,001	$3,1\ 10^{-10}$
		S	0,001	$2,1\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$		
Ta-177	2,36 d	M	0,001	$9,3\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,001	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,001	$1,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$		
Ta-178	2,20 h	M	0,001	$6,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$	0,001	$7,8\ 10^{-11}$
		S	0,001	$6,9\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
Ta-179	1,82 a	M	0,001	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	0,001	$6,5\ 10^{-11}$
		S	0,001	$5,2\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$		
Ta-180	$1,00\ 10^{13}$ a	M	0,001	$6,0\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	0,001	$8,4\ 10^{-10}$
		S	0,001	$2,4\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$		
Ta-180m	8,10 h	M	0,001	$4,4\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	0,001	$5,4\ 10^{-11}$
		S	0,001	$4,7\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$		
Ta-182	115 d	M	0,001	$7,2\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	0,001	$1,5\ 10^{-9}$
		S	0,001	$9,7\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-9}$		
Ta-182m	0,264 h	M	0,001	$2,1\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	0,001	$1,2\ 10^{-11}$
		S	0,001	$2,2\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$		
Ta-183	5,10 d	M	0,001	$1,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	0,001	$1,3\ 10^{-9}$
		S	0,001	$2,0\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$		
Ta-184	8,70 h	M	0,001	$4,1\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	0,001	$6,8\ 10^{-10}$
		S	0,001	$4,4\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$		
Ta-185	0,816 h	M	0,001	$4,6\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$	0,001	$6,8\ 10^{-11}$
		S	0,001	$4,9\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$		
Ta-186	0,175 h	M	0,001	$1,8\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	0,001	$3,3\ 10^{-11}$
		S	0,001	$1,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$		
Tungsteno							
W-176	2,30 h	F	0,300	$4,4\ 10^{-11}$	$7,6\ 10^{-11}$	0,300	$1,0\ 10^{-10}$
						0,010	$1,1\ 10^{-10}$
W-177	2,25 h	F	0,300	$2,6\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	0,300	$5,8\ 10^{-11}$
						0,010	$6,1\ 10^{-11}$
W-178	21,7 d	F	0,300	$7,6\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,300	$2,2\ 10^{-10}$
						0,010	$2,5\ 10^{-10}$
W-179	0,625 h	F	0,300	$9,9\ 10^{-13}$	$1,8\ 10^{-12}$	0,300	$3,3\ 10^{-12}$
						0,010	$3,3\ 10^{-12}$
W-181	121 d	F	0,300	$2,8\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	0,300	$7,6\ 10^{-11}$
						0,010	$8,2\ 10^{-11}$
W-185	75,1 d	F	0,300	$1,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	0,300	$4,4\ 10^{-10}$
						0,010	$5,0\ 10^{-10}$
W-187	23,9 h	F	0,300	$2,0\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	0,300	$6,3\ 10^{-10}$
						0,010	$7,1\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
W-188	69,4 d	F	0,300	$5,9\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-10}$	0,300	$2,1\ 10^{-9}$
						0,010	$2,3\ 10^{-9}$
Renio							
Re-177	0,233 h	F	0,800	$1,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	0,800	$2,2\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,4\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$		
Re-178	0,220 h	F	0,800	$1,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	0,800	$2,5\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,5\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$		
Re-181	20,0 h	F	0,800	$1,9\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	0,800	$4,2\ 10^{-10}$
		M	0,800	$2,5\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$		
Re-182	2,67 d	F	0,800	$6,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$	0,800	$1,4\ 10^{-9}$
		M	0,800	$1,3\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		
Re-182	12,7 h	F	0,800	$1,5\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	0,800	$2,7\ 10^{-10}$
		M	0,800	$2,0\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$		
Re-184	38,0 d	F	0,800	$4,6\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-10}$	0,800	$1,0\ 10^{-9}$
		M	0,800	$1,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$		
Re-184m	165 d	F	0,800	$6,1\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-10}$	0,800	$1,5\ 10^{-9}$
		M	0,800	$6,1\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$		
Re-186	3,78 d	F	0,800	$5,3\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$	0,800	$1,5\ 10^{-9}$
		M	0,800	$1,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$		
Re-186m	$2,00\ 10^{5}$ a	F	0,800	$8,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-9}$	0,800	$2,2\ 10^{-9}$
		M	0,800	$1,1\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$		
Re-187	$5,00\ 10^{10}$ a	F	0,800	$1,9\ 10^{-12}$	$2,6\ 10^{-12}$	0,800	$5,1\ 10^{-12}$
		M	0,800	$6,0\ 10^{-12}$	$4,6\ 10^{-12}$		
Re-188	17,0 h	F	0,800	$4,7\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-10}$	0,800	$1,4\ 10^{-9}$
		M	0,800	$5,5\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-10}$		
Re-188m	0,3 10 h	F	0,800	$1,0\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	0,800	$3,0\ 10^{-11}$
		M	0,800	$1,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$		
Re-189	1,01 d	F	0,800	$2,7\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	0,800	$7,8\ 10^{-10}$
		M	0,800	$4,3\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$		
Osmio							
Os-180	0,366 h	F	0,010	$8,8\ 10^{-12}$	$1,6\ 10^{-11}$	0,010	$1,7\ 10^{-11}$
		M	0,010	$1,4\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$		
		S	0,010	$1,5\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$		
Os-181	1,75 h	F	0,010	$3,6\ 10^{-11}$	$6,4\ 10^{-11}$	0,010	$8,9\ 10^{-11}$
		M	0,010	$6,3\ 10^{-11}$	$9,6\ 10^{-11}$		
		S	0,010	$6,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$		
Os-182	22,0 h	F	0,010	$1,9\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	0,010	$5,6\ 10^{-10}$
		M	0,010	$3,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$3,9\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$		
Os-185	94,0 d	F	0,010	$1,1\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	0,010	$5,1\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$		
		S	0,010	$1,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$		
Os-189m	6,00 h	F	0,010	$2,7\ 10^{-12}$	$5,2\ 10^{-12}$	0,010	$1,8\ 10^{-11}$
		M	0,010	$5,1\ 10^{-12}$	$7,6\ 10^{-12}$		
		S	0,010	$5,4\ 10^{-12}$	$7,9\ 10^{-12}$		
Os-191	15,4 d	F	0,010	$2,5\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	0,010	$5,7\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1,5\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$		
		S	0,010	$1,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$		
Os-191m	13,0 h	F	0,010	$2,6\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	0,010	$9,6\ 10^{-11}$
		M	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$1,5\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$		
Os-193	1,25 d	F	0,010	$1,7\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	0,010	$8,1\ 10^{-10}$
		M	0,010	$4,7\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		S	0,010	$5{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}8\ 10^{-10}$		
Os-194	6,00 a	F	0,010	$1{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	0,010	$2{,}4\ 10^{-9}$
		M	0,010	$2{,}0\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$		
		S	0,010	$7{,}9\ 10^{-8}$	$4{,}2\ 10^{-8}$		
Iridio							
Ir-182	0,250 h	F	0,010	$1{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$	0,010	$4{,}8\ 10^{-11}$
		M	0,010	$2{,}4\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$		
		S	0,010	$2{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$		
Ir-184	3,02 h	F	0,010	$6{,}7\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}7\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$1{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$		
Ir-185	14,0 h	F	0,010	$8{,}8\ 10^{-11}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}6\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$1{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$		
Ir-186	15,8 h	F	0,010	$1{,}8\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	0,010	$4{,}9\ 10^{-10}$
		M	0,010	$3{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}8\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$3{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-10}$		
Ir-186	1,75 h	F	0,010	$2{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$	0,010	$6{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,010	$4{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}9\ 10^{-11}$		
		S	0,010	$4{,}5\ 10^{-11}$	$7{,}1\ 10^{-11}$		
Ir-187	10,5 h	F	0,010	$4{,}0\ 10^{-11}$	$7{,}2\ 10^{-11}$	0,010	$1{,}2\ 10^{-10}$
		M	0,010	$7{,}5\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$7{,}9\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-10}$		
Ir-188	1,73 d	F	0,010	$2{,}6\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	0,010	$6{,}3\ 10^{-10}$
		M	0,010	$4{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}0\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$4{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}2\ 10^{-10}$		
Ir-189	13,3 d	F	0,010	$1{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}4\ 10^{-10}$
		M	0,010	$4{,}8\ 10^{-10}$	$4{,}1\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$5{,}5\ 10^{-10}$	$4{,}6\ 10^{-10}$		
Ir-190	12,1 d	F	0,010	$7{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	0,010	$1{,}2\ 10^{-9}$
		M	0,010	$2{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}3\ 10^{-9}$		
		S	0,010	$2{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$		
Ir-190m	3,10 h	F	0,010	$5{,}3\ 10^{-11}$	$9{,}7\ 10^{-11}$	0,010	$1{,}2\ 10^{-10}$
		M	0,010	$8{,}3\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$8{,}6\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-10}$		
Ir-190m	1,20 h	F	0,010	$3{,}7\ 10^{-12}$	$5{,}6\ 10^{-12}$	0,010	$8{,}0\ 10^{-12}$
		M	0,010	$9{,}0\ 10^{-12}$	$1{,}0\ 10^{-11}$		
		S	0,010	$1{,}0\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-11}$		
Ir-192	74,0 d	F	0,010	$1{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	0,010	$1{,}4\ 10^{-9}$
		M	0,010	$4{,}9\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$		
		S	0,010	$6{,}2\ 10^{-9}$	$4{,}9\ 10^{-9}$		
Ir-192m	$2{,}41\ 10^{2}$ a	F	0,010	$4{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}6\ 10^{-9}$	0,010	$3{,}1\ 10^{-10}$
		M	0,010	$5{,}4\ 10^{-9}$	$3{,}4\ 10^{-9}$		
		S	0,010	$3{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}9\ 10^{-8}$		
Ir-193m	11,9 d	F	0,010	$1{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}7\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1{,}0\ 10^{-9}$	$9{,}1\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$1{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$		
Ir-194	19,1 h	F	0,010	$2{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}6\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}3\ 10^{-9}$
		M	0,010	$5{,}3\ 10^{-10}$	$7{,}1\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$5{,}6\ 10^{-10}$	$7{,}5\ 10^{-10}$		
Ir-194m	171 d	F	0,010	$5{,}4\ 10^{-9}$	$6{,}5\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}1\ 10^{-9}$
		M	0,010	$8{,}5\ 10^{-9}$	$6{,}5\ 10^{-9}$		
		S	0,010	$1{,}2\ 10^{-8}$	$8{,}2\ 10^{-9}$		

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Ir-195	2,50 h	F	0,010	$2,6\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	0,010	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,010	$6,7\ 10^{-11}$	$9,6\ 10^{-11}$		
		S	0,010	$7,2\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$		
Ir-195m	3,80 h	F	0,010	$6,5\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$	0,010	$2,1\ 10^{-10}$
		M	0,010	$1,6\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$		
		S	0,010	$1,7\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$		
Platino							
Pt-186	2,00 h	F	0,010	$3,6\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$	0,010	$9,3\ 10^{-11}$
Pt-188	10,2 d	F	0,010	$4,3\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$	0,010	$7,6\ 10^{-10}$
Pt-189	10,9 h	F	0,010	$4,1\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$
Pt-191	2,80 d	F	0,010	$1,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	0,010	$3,4\ 10^{-10}$
Pt-193	50,0 a	F	0,010	$2,1\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	0,010	$3,1\ 10^{-11}$
Pt-193m	4,33 d	F	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	0,010	$4,5\ 10^{-10}$
Pt-195m	4,02 d	F	0,010	$1,9\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	0,010	$6,3\ 10^{-10}$
Pt-197	18,3 h	F	0,010	$9,1\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-10}$	0,010	$4,0\ 10^{-10}$
Pt-197m	1,57 h	F	0,010	$2,5\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	0,010	$8,4\ 10^{-11}$
Pt-199	0,513 h	F	0,010	$1,3\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	0,010	$3,9\ 10^{-11}$
Pt-200	12,5 h	F	0,010	$2,4\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-9}$
Oro							
Au-193	17,6 h	F	0,100	$3,9\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$	0,100	$1,3\ 10^{-10}$
		M	0,100	$1,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$		
		S	0,100	$1,2\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$		
Au-194	1,64 d	F	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	0,100	$4,2\ 10^{-10}$
		M	0,100	$2,4\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$		
		S	0,100	$2,5\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$		
Au-195	183 d	F	0,100	$7,1\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,100	$2,5\ 10^{-10}$
		M	0,100	$1,0\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$		
		S	0,100	$1,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$		
Au-198	2,69 d	F	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,0\ 10^{-9}$
		M	0,100	$7,6\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-10}$		
		S	0,100	$8,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$		
Au-198m	2,30 d	F	0,100	$3,4\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,3\ 10^{-9}$
		M	0,100	$1,7\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$		
		S	0,100	$1,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$		
Au-199	3,14 d	F	0,100	$1,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	0,100	$4,4\ 10^{-10}$
		M	0,100	$6,8\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$		
		S	0,100	$7,5\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$		
Au-200	0,807 h	F	0,100	$1,7\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	0,100	$6,8\ 10^{-11}$
		M	0,100	$3,5\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$		
		S	0,100	$3,6\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$		
Au-200m	18,7 h	F	0,100	$3,2\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	0,100	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,100	$6,9\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-10}$		
		S	0,100	$7,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-9}$		
Au-201	0,440 h	F	0,100	$9,2\ 10^{-12}$	$1,6\ 10^{-11}$	0,100	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,100	$1,7\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$		
		S	0,100	$1,8\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$		
Mercurio							
Hg-193	3,50 h	F	0,400	$2,6\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	1,000	$3,1\ 10^{-11}$
(organico)						0,400	$6,6\ 10^{-11}$
Hg-193	3,50 h	F	0,020	$2,8\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	0,020	$8,2\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,020	$7,5\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$		
Hg-193m	11,1 h	F	0,400	$1,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	1,000	$1,3\ 10^{-10}$
(organico)						0,400	$3,0\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Hg-193m	11,1 h	F	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	0,020	$4,0\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,020	$2,6\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$		
Hg-194	$2,60\ 10^{2}$ a	F	0,400	$1,5\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	1,000	$5,1\ 10^{-8}$
(organico)						0,400	$2,1\ 10^{-8}$
Hg-194	$2,60\ 10^{2}$ a	F	0,020	$1,3\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	0,020	$1,4\ 10^{-9}$
(inorganico)		M	0,020	$7,8\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$		
Hg-195	9,90 h	F	0,400	$2,4\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	1,000	$3,4\ 10^{-11}$
(organico)						0,400	$7,5\ 10^{-11}$
Hg-195	9,90 h	F	0,020	$2,7\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	0,020	$9,7\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,020	$7,2\ 10^{-11}$	$9,2\ 10^{-11}$		
Hg-195m	1,73 d	F	0,400	$1,3\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	1,000	$2,2\ 10^{-10}$
(organico)						0,400	$4,1\ 10^{-10}$
Hg-195m	1,73 d	F	0,020	$1,5\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	0,020	$5,6\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,020	$5,1\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$		
Hg-197	2,67 d	F	0,400	$5,0\ 10^{-11}$	$8,5\ 10^{-11}$	1,000	$9,9\ 10^{-11}$
(organico)						0,400	$1,7\ 10^{-10}$
Hg-197	2,67 d	F	0,020	$6,0\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$	0,020	$2,3\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,020	$2,9\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$		
Hg-197m	23,8 h	F	0,400	$1,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	1,000	$1,5\ 10^{-10}$
(organico)						0,400	$3,4\ 10^{-10}$
Hg-197m	23,8 h	F	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	0,020	$4,7\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,020	$5,1\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-10}$		
Hg-199m	0,7 10 h	F	0,400	$1,6\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	1,000	$2,8\ 10^{-11}$
(organico)						0,400	$3,1\ 10^{-11}$
Hg-199m	0,7 10 h	F	0,020	$1,6\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	0,020	$3,1\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,020	$3,3\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$		
Hg-203	46,6 d	F	0,400	$5,7\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-10}$	1,000	$1,9\ 10^{-9}$
(organico)						0,400	$1,1\ 10^{-9}$
Hg-203	46,6 d	F	0,020	$4,7\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	0,020	$5,4\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,020	$2,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$		
Tallio							
Tl-194	0,550 h	F	1,000	$4,8\ 10^{-12}$	$8,9\ 10^{-12}$	1,000	$8,1\ 10^{-12}$
Tl-194m	0,546 h	F	1,000	$2,0\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	1,000	$4,0\ 10^{-11}$
Tl-195	1,16 h	F	1,000	$1,6\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	1,000	$2,7\ 10^{-11}$
Tl-197	2,84 h	F	1,000	$1,5\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	1,000	$2,3\ 10^{-11}$
Tl-198	5,30 h	F	1,000	$6,6\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	1,000	$7,3\ 10^{-11}$
Tl-198m	1,87 h	F	1,000	$4,0\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$	1,000	$5,4\ 10^{-11}$
Tl-199	7,42 h	F	1,000	$2,0\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	1,000	$2,6\ 10^{-11}$
Tl-200	1,09 d	F	1,000	$1,4\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	1,000	$2,0\ 10^{-10}$
Tl-201	3,04 d	F	1,000	$4,7\ 10^{-11}$	$7,6\ 10^{-11}$	1,000	$9,5\ 10^{-11}$
Tl-202	12,2 d	F	1,000	$2,0\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	1,000	$4,5\ 10^{-10}$
Tl-204	3,78 a	F	1,000	$4,4\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	1,000	$1,3\ 10^{-9}$
Piombo							
Pb-195m	0,263 h	F	0,200	$1,7\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	0,200	$2,9\ 10^{-11}$
Pb-198	2,40 h	F	0,200	$4,7\ 10^{-11}$	$8,7\ 10^{-11}$	0,200	$1,0\ 10^{-10}$
Pb-199	1,50 h	F	0,200	$2,6\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	0,200	$5,4\ 10^{-11}$
Pb-200	21,5 h	F	0,200	$1,5\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	0,200	$4,0\ 10^{-10}$
Pb-201	9,40 h	F	0,200	$6,5\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,200	$1,6\ 10^{-10}$
Pb-202	$3,00\ 10^{5}$ a	F	0,200	$1,1\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	0,200	$8,7\ 10^{-9}$
Pb-202m	3,62 h	F	0,200	$6,7\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,200	$1,3\ 10^{-10}$
Pb-203	2,17 d	F	0,200	$9,1\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-10}$	0,200	$2,4\ 10^{-10}$
Pb-205	$1,43\ 10^{7}$ a	F	0,200	$3,4\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	0,200	$2,8\ 10^{-10}$
Pb-209	3,25 h	F	0,200	$1,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	0,200	$5,7\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Pb-210	22,3 a	F	0,200	$8,9\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-6}$	0,200	$6,8\ 10^{-7}$
Pb-211	0,601 h	F	0,200	$3,9\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	0,200	$1,8\ 10^{-10}$
Pb-212	10,6 h	F	0,200	$1,9\ 10^{-8}$	$3,3\ 10^{-8}$	0,200	$5,9\ 10^{-9}$
Pb-214	0,447 h	F	0,200	$2,9\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	0,200	$1,4\ 10^{-10}$
Bismuto							
Bi-200	0,606 h	F	0,050	$2,4\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	0,050	$5,1\ 10^{-11}$
		M	0,050	$3,4\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$		
Bi-201	1,80 h	F	0,050	$4,7\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-11}$	0,050	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,050	$7,0\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-10}$		
Bi-202	1,67 h	F	0,050	$4,6\ 10^{-11}$	$8,4\ 10^{-11}$	0,050	$8,9\ 10^{-11}$
		M	0,050	$5,8\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-10}$		
Bi-203	11,8 h	F	0,050	$2,0\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	0,050	$4,8\ 10^{-10}$
		M	0,050	$2,8\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$		
Bi-205	15,3 d	F	0,050	$4,0\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$	0,050	$9,0\ 10^{-10}$
		M	0,050	$9,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-9}$		
Bi-206	6,24 d	F	0,050	$7,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-9}$	0,050	$1,9\ 10^{-9}$
		M	0,050	$1,7\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$		
Bi-207	38,0 a	F	0,050	$5,2\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-10}$	0,050	$1,3\ 10^{-9}$
		M	0,050	$5,2\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$		
Bi-210	5,01 d	F	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	0,050	$1,3\ 10^{-9}$
		M	0,050	$8,4\ 10^{-8}$	$6,0\ 10^{-8}$		
Bi-210m	$3,00\ 10^{6}$ a	F	0,050	$4,5\ 10^{-8}$	$5,3\ 10^{-8}$	0,050	$1,5\ 10^{-8}$
		M	0,050	$3,1\ 10^{-6}$	$2,1\ 10^{-6}$		
Bi-212	1,01 h	F	0,050	$9,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-8}$	0,050	$2,6\ 10^{-10}$
		M	0,050	$3,0\ 10^{-8}$	$3,9\ 10^{-8}$		
Bi-213	0,761 h	F	0,050	$1,1\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	0,050	$2,0\ 10^{-10}$
		M	0,050	$2,9\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$		
Bi-214	0,332 h	F	0,050	$7,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-8}$	0,050	$1,1\ 10^{-10}$
		M	0,050	$1,4\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$		
Polonio							
Po-203	0,612 h	F	0,100	$2,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	0,100	$5,2\ 10^{-11}$
		M	0,100	$3,6\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$		
Po-205	1,80 h	F	0,100	$3,5\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$	0,100	$5,9\ 10^{-11}$
		M	0,100	$6,4\ 10^{-11}$	$8,9\ 10^{-11}$		
Po-207	5,83 h	F	0,100	$6,3\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-10}$	0,100	$1,4\ 10^{-10}$
		M	0,100	$8,4\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-10}$		
Po-210	138 d	F	0,100	$6,0\ 10^{-7}$	$7,1\ 10^{-7}$	0,100	$2,4\ 10^{-7}$
		M	0,100	$3,0\ 10^{-6}$	$2,2\ 10^{-6}$		
Astatinio							
At-207	1,80 h	F	1,000	$3,5\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	1,000	$2,3\ 10^{-10}$
		M	1,000	$2,1\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$		
At-211	7,21 h	F	1,000	$1,6\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-8}$	1,000	$1,1\ 10^{-8}$
		M	1,000	$9,8\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-7}$		
Francio							
Fr-222	0,240 h	F	1,000	$1,4\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	1,000	$7,1\ 10^{-10}$
Fr-223	0,363 h	F	1,000	$9,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-9}$	1,000	$2,3\ 10^{-9}$
Radio							
Ra-223	11,4 d	M	0,200	$6,9\ 10^{-6}$	$5,7\ 10^{-6}$	0,200	$1,0\ 10^{-7}$
Ra-224	3,66 d	M	0,200	$2,9\ 10^{-6}$	$2,4\ 10^{-6}$	0,200	$6,5\ 10^{-8}$
Ra-225	14,8 d	M	0,200	$5,8\ 10^{-6}$	$4,8\ 10^{-6}$	0,200	$9,5\ 10^{-8}$
Ra-226	$1,60\ 10^{3}$ a	M	0,200	$3,2\ 10^{-6}$	$2,2\ 10^{-6}$	0,200	$2,8\ 10^{-7}$
Ra-227	0,703 h	M	0,200	$2,8\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	0,200	$8,4\ 10^{-11}$
Ra-228	5,75 a	M	0,200	$2,6\ 10^{-6}$	$1,7\ 10^{-6}$	0,200	$6,7\ 10^{-7}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Attinio							
Ac-224	2,90 h	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-7}$	$8{,}9\ 10^{-8}$		
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-7}$	$9{,}9\ 10^{-8}$		
Ac-225	10,0 d	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}7\ 10^{-7}$	$1{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-8}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}9\ 10^{-6}$	$5{,}7\ 10^{-6}$		
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}9\ 10^{-6}$	$6{,}5\ 10^{-6}$		
Ac-226	1,21 d	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}5\ 10^{-8}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-8}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-6}$	$9{,}2\ 10^{-7}$		
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-6}$		
Ac-227	21,8 a	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}4\ 10^{-4}$	$6{,}3\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-6}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-4}$		
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-5}$	$4{,}7\ 10^{-5}$		
Ac-228	6,13 h	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-8}$	$2{,}9\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}3\ 10^{-10}$
		M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$		
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$		
Torio							
Th-226	0,515 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}5\ 10^{-8}$	$7{,}4\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-10}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}9\ 10^{-8}$	$7{,}8\ 10^{-8}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}6\ 10^{-10}$
Th-227	18,7 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}8\ 10^{-6}$	$6{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}9\ 10^{-9}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}6\ 10^{-6}$	$7{,}6\ 10^{-6}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}4\ 10^{-9}$
Th-228	1,91 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}1\ 10^{-5}$	$2{,}3\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-8}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-5}$	$3{,}2\ 10^{-5}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-8}$
Th-229	$7{,}34\ 10^{3}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}9\ 10^{-5}$	$6{,}9\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-7}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}5\ 10^{-5}$	$4{,}8\ 10^{-5}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-7}$
Th-230	$7{,}70\ 10^{4}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$2{,}8\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-7}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-5}$	$7{,}2\ 10^{-6}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}7\ 10^{-8}$
Th-231	1,06 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-10}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-10}$
Th-232	$1{,}40\ 10^{10}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}2\ 10^{-5}$	$2{,}9\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-7}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-5}$	$1{,}2\ 10^{-5}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}2\ 10^{-8}$
Th-234	24,1 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-9}$
		S	$2{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-9}$
Protattinio							
Pa-227	0,638 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-8}$	$9{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}5\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}6\ 10^{-8}$	$9{,}7\ 10^{-8}$		
Pa-228	22,0 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}9\ 10^{-8}$	$4{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}8\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}9\ 10^{-8}$	$5{,}1\ 10^{-8}$		
Pa-230	17,4 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}6\ 10^{-7}$	$4{,}6\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}2\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}1\ 10^{-7}$	$5{,}7\ 10^{-7}$		
Pa-231	$3{,}27\ 10^{4}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-4}$	$8{,}9\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}1\ 10^{-7}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-5}$	$1{,}7\ 10^{-5}$		
Pa-232	1,31 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}5\ 10^{-9}$	$6{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$		
Pa-233	27,0 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}7\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$		
Pa-234	6,70 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}1\ 10^{-10}$
		S	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}8\ 10^{-10}$		
Uranio							
U-230	20,8 d	F	0,020	$3{,}6\ 10^{-7}$	$4{,}2\ 10^{-7}$	0,020	$5{,}5\ 10^{-8}$
		M	0,020	$1{,}2\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	0,002	$2{,}8\ 10^{-8}$
		S	0,002	$1{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}2\ 10^{-5}$		
U-231	4,20 d	F	0,020	$8{,}3\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	0,020	$2{,}8\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
		M	0,020	$3,4\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	0,002	$2,8\ 10^{-10}$
		S	0,002	$3,7\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$		
U-232	72,0 a	F	0,020	$4,0\ 10^{-6}$	$4,7\ 10^{-6}$	0,020	$3,3\ 10^{-7}$
		M	0,020	$7,2\ 10^{-6}$	$4,8\ 10^{-6}$	0,002	$3,7\ 10^{-8}$
		S	0,002	$3,5\ 10^{-5}$	$2,6\ 10^{-5}$		
U-233	$1,58\ 10^{5}$ a	F	0,020	$5,7\ 10^{-7}$	$6,6\ 10^{-7}$	0,020	$5,0\ 10^{-8}$
		M	0,020	$3,2\ 10^{-6}$	$2,2\ 10^{-6}$	0,002	$8,5\ 10^{-9}$
		S	0,002	$8,7\ 10^{-6}$	$6,9\ 10^{-6}$		
U-234	$2,44\ 10^{5}$ a	F	0,020	$5,5\ 10^{-7}$	$6,4\ 10^{-7}$	0,020	$4,9\ 10^{-8}$
		M	0,020	$3,1\ 10^{-6}$	$2,1\ 10^{-6}$	0,002	$8,3\ 10^{-9}$
		S	0,002	$8,5\ 10^{-6}$	$6,8\ 10^{-6}$		
U-235	$7,04\ 10^{8}$ a	F	0,020	$5,1\ 10^{-7}$	$6,0\ 10^{-7}$	0,020	$4,6\ 10^{-8}$
		M	0,020	$2,8\ 10^{-6}$	$1,8\ 10^{-6}$	0,002	$8,3\ 10^{-9}$
		S	0,002	$7,7\ 10^{-6}$	$6,1\ 10^{-6}$		
U-236	$2,34\ 10^{7}$ a	F	0,020	$5,2\ 10^{-7}$	$6,1\ 10^{-7}$	0,020	$4,6\ 10^{-8}$
		M	0,020	$2,9\ 10^{-6}$	$1,9\ 10^{-6}$	0,002	$7,9\ 10^{-9}$
		S	0,002	$7,9\ 10^{-6}$	$6,3\ 10^{-6}$		
U-237	6,75 d	F	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	0,020	$7,6\ 10^{-10}$
		M	0,020	$1,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	0,002	$7,7\ 10^{-10}$
		S	0,002	$1,8\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$		
U-238	$4,47\ 10^{9}$ a	F	0,020	$4,9\ 10^{-7}$	$5,8\ 10^{-7}$	0,020	$4,4\ 10^{-8}$
		M	0,020	$2,6\ 10^{-6}$	$1,6\ 10^{-6}$	0,002	$7,6\ 10^{-9}$
		S	0,002	$7,3\ 10^{-6}$	$5,7\ 10^{-6}$		
U-239	0,392 h	F	0,020	$1,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	0,020	$2,7\ 10^{-11}$
		M	0,020	$2,3\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	0,002	$2,8\ 10^{-11}$
		S	0,002	$2,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$		
U-240	14,1 h	F	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	0,020	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,020	$5,3\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-10}$	0,002	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,002	$5,7\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-10}$		
Nettunio							
Np-232	0,245 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,7\ 10^{-12}$
Np-233	0,603 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-12}$	$3,0\ 10^{-12}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-12}$
Np-234	4,40 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-10}$
Np-235	1,08 a	M	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,3\ 10^{-11}$
Np-236	$1,15\ 10^{5}$ a	M	$5,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-6}$	$2,0\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-8}$
Np-236	22,5 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-10}$
Np-237	$2,14\ 10^{6}$ a	M	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-5}$	$1,5\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-7}$
Np-238	2,12 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,1\ 10^{-10}$
Np-239	2,36 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$9,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,0\ 10^{-10}$
Np-240	1,08 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,2\ 10^{-11}$
Plutonio							
Pu-234	8,80 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-10}$
		S	$1,0\ 10^{-5}$	$2,2\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-5}$	$1,5\ 10^{-10}$
						$1,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-10}$
Pu-235	0,422 h	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-12}$	$2,5\ 10^{-12}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-12}$
		S	$1,0\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-12}$	$2,6\ 10^{-12}$	$1,0\ 10^{-5}$	$2,1\ 10^{-12}$
						$1,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-12}$
Pu-236	2,85 a	M	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-5}$	$1,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,6\ 10^{-8}$
		S	$1,0\ 10^{-5}$	$9,6\ 10^{-6}$	$7,4\ 10^{-6}$	$1,0\ 10^{-5}$	$6,3\ 10^{-9}$
						$1,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-8}$
Pu-237	45,3 d	M	$5,0\ 10^{-4}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$
		S	$1,0\ 10^{-5}$	$3,6\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-10}$
						$1,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Pu-238	87,7 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}3\ 10^{-5}$	$3{,}0\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-7}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$8{,}8\ 10^{-9}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}9\ 10^{-8}$
Pu-239	$2{,}41\ 10^{4}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}7\ 10^{-5}$	$3{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-7}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$	$8{,}3\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$9{,}0\ 10^{-9}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-8}$
Pu-240	$6{,}54\ 10^{3}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}7\ 10^{-5}$	$3{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-7}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$	$8{,}3\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$9{,}0\ 10^{-9}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-8}$
Pu-241	14,4 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}5\ 10^{-7}$	$5{,}8\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}7\ 10^{-9}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-7}$	$8{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}6\ 10^{-10}$
Pu-242	$3{,}76\ 10^{5}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-5}$	$3{,}1\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-7}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}4\ 10^{-5}$	$7{,}7\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$8{,}6\ 10^{-9}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-8}$
Pu-243	4,95 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}5\ 10^{-11}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$8{,}5\ 10^{-11}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}5\ 10^{-11}$
Pu-244	$8{,}26\ 10^{7}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-5}$	$3{,}0\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-7}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}3\ 10^{-5}$	$7{,}4\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-8}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}2\ 10^{-8}$
Pu-245	10,5 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}5\ 10^{-10}$	$6{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$4{,}8\ 10^{-10}$	$6{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
Pu-246	10,9 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-9}$	$6{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
		S	$1{,}0\ 10^{-5}$	$7{,}6\ 10^{-9}$	$7{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
						$1{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
Americio							
Am-237	1,22 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-11}$
Am-238	1,63 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$6{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-11}$
Am-239	11,9 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-10}$
Am-240	2,12 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}8\ 10^{-10}$
Am-241	$4{,}32\ 10^{2}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-5}$	$2{,}7\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-7}$
Am-242	16,0 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}0\ 10^{-10}$
Am-242m	$1{,}52\ 10^{2}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-5}$	$2{,}4\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-7}$
Am-243	$7{,}38\ 10^{3}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-5}$	$2{,}7\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-7}$
Am-244	10,1 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}6\ 10^{-10}$
Am-244m	0,433 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}9\ 10^{-11}$	$6{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-11}$
Am-245	2,05 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-11}$	$7{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}2\ 10^{-11}$
Am-246	0,650 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}8\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}8\ 10^{-11}$
Am-246m	0,417 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-11}$	$3{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-11}$
Curio							
Cm-238	2,40 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}0\ 10^{-11}$
Cm-240	27,0 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-6}$	$2{,}3\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}6\ 10^{-9}$
Cm-241	32,8 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-8}$	$2{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}1\ 10^{-10}$
Cm-242	163 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-6}$	$3{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-8}$
Cm-243	28,5 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-5}$	$2{,}0\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-7}$
Cm-244	18,1 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}7\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-7}$
Cm-245	$8{,}50\ 10^{3}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$2{,}7\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-7}$
Cm-246	$4{,}73\ 10^{3}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$2{,}7\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-7}$
Cm-247	$1{,}56\ 10^{7}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}6\ 10^{-5}$	$2{,}5\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-7}$
Cm-248	$3{,}39\ 10^{5}$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-4}$	$9{,}5\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}7\ 10^{-7}$
Cm-249	1,07 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}1\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Inalazione				Ingestione	
		Tipo assorb.[1)]	f_1	h(g) $_{1\mu m}$	h(g) $_{5\mu m}$	f_1	h(g)
Cm-250	$6{,}90\ 10^3$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}9\ 10^{-4}$	$5{,}4\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-6}$
Berchelio							
Bk-245	4,94 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}7\ 10^{-10}$
Bk-246	1,83 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-10}$	$4{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-10}$
Bk-247	$1{,}38\ 10^3$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}5\ 10^{-5}$	$4{,}5\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-7}$
Bk-249	320 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-7}$	$1{,}0\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}7\ 10^{-10}$
Bk-250	3,22 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}6\ 10^{-10}$	$7{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-10}$
Californio							
Cf-244	0,323 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}8\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-11}$
Cf-246	1,49 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}2\ 10^{-7}$	$3{,}5\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
Cf-248	334 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}2\ 10^{-6}$	$6{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}8\ 10^{-8}$
Cf-249	$3{,}50\ 10^2$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-5}$	$4{,}5\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-7}$
Cf-250	13,1 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-5}$	$2{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-7}$
Cf-251	$8{,}98\ 10^2$ a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}7\ 10^{-5}$	$4{,}6\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}6\ 10^{-7}$
Cf-252	2,64 a	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-5}$	$1{,}3\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}0\ 10^{-8}$
Cf-253	17,8 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-9}$
Cf-254	60,5 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-5}$	$2{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-7}$
Einsteinio							
Es-250	2,10 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}9\ 10^{-10}$	$4{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-11}$
Es-251	1,38 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-10}$
Es-253	20,5 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-6}$	$2{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}1\ 10^{-9}$
Es-254	276 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}0\ 10^{-6}$	$6{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}8\ 10^{-8}$
Es-254m	1,64 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-7}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}2\ 10^{-9}$
Fermio							
Fm-252	22,7 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}0\ 10^{-7}$	$2{,}6\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}7\ 10^{-9}$
Fm-253	3,00 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$3{,}0\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}1\ 10^{-10}$
Fm-254	3,24 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}6\ 10^{-8}$	$7{,}7\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-10}$
Fm-255	20,1 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-7}$	$2{,}6\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-9}$
Fm-257	101 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}6\ 10^{-6}$	$5{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-8}$
Mendelevio							
Md-257	5,20 h	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-8}$	$2{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
Md-258	55,0 d	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}5\ 10^{-6}$	$4{,}4\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-8}$

TABELLA IV.2

Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per inalazione di gas solubili o reattivi e vapori ($Sv \cdot Bq^{-1}$)

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Assorbimento	% deposito	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
				f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)[a]
Acqua tritiata	12,3 a	V[1]	100	1	$6,4 \cdot 10^{-11}$	1	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$3,1 \cdot 10^{-11}$	$2,3 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-11}$
Idrogeno elementare	12,3 a	V	0,01	1	$6,4 \cdot 10^{-15}$	1	$4,8 \cdot 10^{-15}$	$3,1 \cdot 10^{-15}$	$2,3 \cdot 10^{-15}$	$1,8 \cdot 10^{-15}$	$1,8 \cdot 10^{-15}$
Metano tritiato	12,3 a	V	1	1	$6,4 \cdot 10^{-13}$	1	$4,8 \cdot 10^{-13}$	$3,1 \cdot 10^{-13}$	$2,3 \cdot 10^{-13}$	$1,8 \cdot 10^{-13}$	$1,8 \cdot 10^{-13}$
Tritio legato organicamente	12,3 a	V	100	1	$1,1 \cdot 10^{-10}$	1	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$7,0 \cdot 10^{-11}$	$5,5 \cdot 10^{-11}$	$4,1 \cdot 10^{-11}$	$4,1 \cdot 10^{-11}$
Vapori di carbonio 11	0,340 h	V	100	1	$2,8 \cdot 10^{-11}$	1	$1,8 \cdot 10^{-11}$	$9,7 \cdot 10^{-12}$	$6,1 \cdot 10^{-12}$	$3,8 \cdot 10^{-12}$	$3,2 \cdot 10^{-12}$
Biossido di carbonio 11	0,340 h	V	100	1	$1,8 \cdot 10^{-11}$	1	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$6,5 \cdot 10^{-12}$	$4,1 \cdot 10^{-12}$	$2,5 \cdot 10^{-12}$	$2,2 \cdot 10^{-12}$
Monossido di Carbonio 11	0,340 h	V	40	1	$1,0 \cdot 10^{-11}$	1	$6,7 \cdot 10^{-12}$	$3,5 \cdot 10^{-12}$	$2,2 \cdot 10^{-12}$	$1,4 \cdot 10^{-12}$	$1,2 \cdot 10^{-12}$
Vapori di carbonio 14	$5,73 \cdot 10^{3}$ a	V	100	1	$1,3 \cdot 10^{-9}$	1	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$9,7 \cdot 10^{-10}$	$7,9 \cdot 10^{-10}$	$5,7 \cdot 10^{-10}$	$5,8 \cdot 10^{-10}$
Biossido di carbonio 14	$5,73 \cdot 10^{3}$ a	V	100	1	$1,9 \cdot 10^{-11}$	1	$1,9 \cdot 10^{-11}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$8,9 \cdot 10^{-12}$	$6,3 \cdot 10^{-12}$	$6,2 \cdot 10^{-12}$
Monossido di carbonio 14	$5,73 \cdot 10^{3}$ a	V	40	1	$9,1 \cdot 10^{-12}$	1	$5,7 \cdot 10^{-12}$	$2,8 \cdot 10^{-12}$	$1,7 \cdot 10^{-12}$	$9,9 \cdot 10^{-13}$	$8,0 \cdot 10^{-13}$
Bisolfuro di carbonio 35	87,4 d	F	100	1	$6,9 \cdot 10^{-9}$	0,8	$4,8 \cdot 10^{-9}$	$2,4 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$8,6 \cdot 10^{-10}$	$7,0 \cdot 10^{-10}$
Biossido di zolfo 35	87,4 d	F	85	1	$9,4 \cdot 10^{-10}$	0,8	$6,6 \cdot 10^{-10}$	$3,4 \cdot 10^{-10}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$
Carbonile di nichel 56	6,10 d	b[2]	100	1	$6,8 \cdot 10^{-9}$	1	$5,2 \cdot 10^{-9}$	$3,2 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$
Carbonile di nichel 57	1,50 d	b[2]	100	1	$3,1 \cdot 10^{-9}$	1	$2,3 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$9,2 \cdot 10^{-10}$	$6,5 \cdot 10^{-10}$	$5,6 \cdot 10^{-10}$
Carbonile di nichel 59	$7,50 \cdot 10^{4}$ a	b[2]	100	1	$4,0 \cdot 10^{-9}$	1	$3,3 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$9,1 \cdot 10^{-10}$	$8,3 \cdot 10^{-10}$
Carbonile di nichel 63	96,0 a	b[2]	100	1	$9,5 \cdot 10^{-9}$	1	$8,0 \cdot 10^{-9}$	$4,8 \cdot 10^{-9}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$2,2 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$
Carbonile di nichel 65	2,52 h	b[2]	100	1	$2,0 \cdot 10^{-9}$	1	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$8,1 \cdot 10^{-10}$	$5,6 \cdot 10^{-10}$	$4,0 \cdot 10^{-10}$	$3,6 \cdot 10^{-10}$
Carbonile di nichel 66	2,27 d	b[2]	100	1	$1,0 \cdot 10^{-8}$	1	$7,1 \cdot 10^{-9}$	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$2,7 \cdot 10^{-9}$	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$
Tetrossido di rutenio 94	0,863 h	F	100	0,1	$5,5 \cdot 10^{-10}$	0,05	$3,5 \cdot 10^{-10}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$7,0 \cdot 10^{-11}$	$5,6 \cdot 10^{-11}$
Tetrossido di rutenio 97	2,90 d	F	100	0,1	$8,7 \cdot 10^{-10}$	0,05	$6,2 \cdot 10^{-10}$	$3,4 \cdot 10^{-10}$	$2,2 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$
Tetrossido di rutenio 103	39,3 d	F	100	0,1	$9,0 \cdot 10^{-9}$	0,05	$6,2 \cdot 10^{-9}$	$3,3 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$
Tetrossido di rutenio 105	4,44 h	F	100	0,1	$1,6 \cdot 10^{-9}$	0,05	$1,0 \cdot 10^{-9}$	$5,3 \cdot 10^{-10}$	$3,2 \cdot 10^{-10}$	$2,2 \cdot 10^{-10}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$
Tetrossido di rutenio 106	1,01 a	F	100	0,1	$1,6 \cdot 10^{-7}$	0,05	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$6,1 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$
Vapori di tellurio 116	2,49 h	F	100	0,6	$5,9 \cdot 10^{-10}$	0,3	$4,4 \cdot 10^{-10}$	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$8,7 \cdot 10^{-11}$
Vapori di tellurio 121	17,0 d	F	100	0,6	$3,0 \cdot 10^{-9}$	0,3	$2,4 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$9,6 \cdot 10^{-10}$	$6,7 \cdot 10^{-10}$	$5,1 \cdot 10^{-10}$
Vapori di tellurio 121m	154 d	F	100	0,6	$3,5 \cdot 10^{-8}$	0,3	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$9,8 \cdot 10^{-9}$	$6,6 \cdot 10^{-9}$	$5,5 \cdot 10^{-9}$
Vapori di tellurio 123	$1,00 \cdot 10^{13}$ a	F	100	0,6	$2,8 \cdot 10^{-8}$	0,3	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$
Vapori di tellurio 123m	120 d	F	100	0,6	$2,5 \cdot 10^{-8}$	0,3	$1,8 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$5,7 \cdot 10^{-9}$	$3,5 \cdot 10^{-9}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$
Vapori di tellurio 125m	58,0 d	F	100	0,6	$1,5 \cdot 10^{-8}$	0,3	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$5,9 \cdot 10^{-9}$	$3,2 \cdot 10^{-9}$	$1,9 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-9}$
Vapori di tellurio 127	9,35 h	F	100	0,6	$6,1 \cdot 10^{-10}$	0,3	$4,4 \cdot 10^{-10}$	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$9,2 \cdot 10^{-11}$	$7,7 \cdot 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Assorbimento	% deposito	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
				f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)[a]
Vapori di tellurio 127m	109 d	F	100	0,6	$5{,}3\cdot10^{-8}$	0,3	$3{,}7\cdot10^{-8}$	$1{,}9\cdot10^{-8}$	$1{,}0\cdot10^{-8}$	$6{,}1\cdot10^{-9}$	$4{,}6\cdot10^{-9}$
Vapori di tellurio 129	1,16 h	F	100	0,6	$2{,}5\cdot10^{-10}$	0,3	$1{,}7\cdot10^{-10}$	$9{,}4\cdot10^{-11}$	$6{,}2\cdot10^{-11}$	$4{,}3\cdot10^{-11}$	$3{,}7\cdot10^{-11}$
Vapori di tellurio 129m	33,6 d	F	100	0,6	$4{,}8\cdot10^{-8}$	0,3	$3{,}2\cdot10^{-8}$	$1{,}6\cdot10^{-8}$	$8{,}5\cdot10^{-9}$	$5{,}1\cdot10^{-9}$	$3{,}7\cdot10^{-9}$
Vapori di tellurio 131	0,417 h	F	100	0,6	$5{,}1\cdot10^{-10}$	0,3	$4{,}5\cdot10^{-10}$	$2{,}6\cdot10^{-10}$	$1{,}4\cdot10^{-10}$	$9{,}5\cdot10^{-11}$	$6{,}8\cdot10^{-11}$
Vapori di tellurio 131m	1,25 d	F	100	0,6	$2{,}1\cdot10^{-8}$	0,3	$1{,}9\cdot10^{-8}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	$5{,}6\cdot10^{-9}$	$3{,}7\cdot10^{-9}$	$2{,}4\cdot10^{-9}$
Vapori di tellurio 132	3,26 d	F	100	0,6	$5{,}4\cdot10^{-8}$	0,3	$4{,}5\cdot10^{-8}$	$2{,}4\cdot10^{-8}$	$1{,}2\cdot10^{-8}$	$7{,}6\cdot10^{-9}$	$5{,}1\cdot10^{-9}$
Vapori di tellurio 133	0,207 h	F	100	0,6	$5{,}5\cdot10^{-10}$	0,3	$4{,}7\cdot10^{-10}$	$2{,}5\cdot10^{-10}$	$1{,}2\cdot10^{-10}$	$8{,}1\cdot10^{-11}$	$5{,}6\cdot10^{-11}$
Vapori di tellurio 133m	0,923 h	F	100	0,6	$2{,}3\cdot10^{-9}$	0,3	$2{,}0\cdot10^{-9}$	$1{,}1\cdot10^{-9}$	$5{,}0\cdot10^{-10}$	$3{,}3\cdot10^{-10}$	$2{,}2\cdot10^{-10}$
Vapori di tellurio 134	0,696 h	F	100	0,6	$6{,}8\cdot10^{-10}$	0,3	$5{,}5\cdot10^{-10}$	$3{,}0\cdot10^{-10}$	$1{,}6\cdot10^{-10}$	$1{,}1\cdot10^{-10}$	$8{,}4\cdot10^{-11}$
Iodio elementare 120	1,35 h	V	100	1	$3{,}0\cdot10^{-9}$	1	$2{,}4\cdot10^{-9}$	$1{,}3\cdot10^{-9}$	$6{,}4\cdot10^{-10}$	$4{,}3\cdot10^{-10}$	$3{,}0\cdot10^{-10}$
Iodio elementare 120m	0,883 h	V	100	1	$1{,}5\cdot10^{-9}$	1	$1{,}2\cdot10^{-9}$	$6{,}4\cdot10^{-10}$	$3{,}4\cdot10^{-10}$	$2{,}3\cdot10^{-10}$	$1{,}8\cdot10^{-10}$
Iodio elementare 121	2,12 h	V	100	1	$5{,}7\cdot10^{-10}$	1	$5{,}1\cdot10^{-10}$	$3{,}0\cdot10^{-10}$	$1{,}7\cdot10^{-10}$	$1{,}2\cdot10^{-10}$	$8{,}6\cdot10^{-11}$
Iodio elementare 123	13,2 h	V	100	1	$2{,}1\cdot10^{-9}$	1	$1{,}8\cdot10^{-9}$	$1{,}0\cdot10^{-9}$	$4{,}7\cdot10^{-10}$	$3{,}2\cdot10^{-10}$	$2{,}1\cdot10^{-10}$
Iodio elementare 124	4,18 d	V	100	1	$1{,}1\cdot10^{-7}$	1	$1{,}0\cdot10^{-7}$	$5{,}8\cdot10^{-8}$	$2{,}8\cdot10^{-8}$	$1{,}8\cdot10^{-8}$	$1{,}2\cdot10^{-8}$
Iodio elementare 125	60,1 d	V	100	1	$4{,}7\cdot10^{-8}$	1	$5{,}2\cdot10^{-8}$	$3{,}7\cdot10^{-8}$	$2{,}8\cdot10^{-8}$	$2{,}0\cdot10^{-8}$	$1{,}4\cdot10^{-8}$
Iodio elementare 126	13,0 d	V	100	1	$1{,}9\cdot10^{-7}$	1	$1{,}9\cdot10^{-7}$	$1{,}1\cdot10^{-7}$	$6{,}2\cdot10^{-8}$	$4{,}1\cdot10^{-8}$	$2{,}6\cdot10^{-8}$
Iodio elementare 128	0,416 h	V	100	1	$4{,}2\cdot10^{-10}$	1	$2{,}8\cdot10^{-10}$	$1{,}6\cdot10^{-10}$	$1{,}0\cdot10^{-10}$	$7{,}5\cdot10^{-11}$	$6{,}5\cdot10^{-11}$
Iodio elementare 129	$1{,}57\cdot10^{7}$ a	V	100	1	$1{,}7\cdot10^{-7}$	1	$2{,}0\cdot10^{-7}$	$1{,}6\cdot10^{-7}$	$1{,}7\cdot10^{-7}$	$1{,}3\cdot10^{-7}$	$9{,}6\cdot10^{-8}$
Iodio elementare 131	8,04 d	V	100	1	$1{,}7\cdot10^{-7}$	1	$1{,}6\cdot10^{-7}$	$9{,}4\cdot10^{-8}$	$4{,}8\cdot10^{-8}$	$3{,}1\cdot10^{-8}$	$2{,}0\cdot10^{-8}$
Iodio elementare 132	2,30 h	V	100	1	$2{,}8\cdot10^{-9}$	1	$2{,}3\cdot10^{-9}$	$1{,}3\cdot10^{-9}$	$6{,}4\cdot10^{-10}$	$4{,}3\cdot10^{-10}$	$3{,}1\cdot10^{-10}$
Iodio elementare 132m	1,39 h	V	100	1	$2{,}4\cdot10^{-9}$	1	$2{,}1\cdot10^{-9}$	$1{,}1\cdot10^{-9}$	$5{,}6\cdot10^{-10}$	$3{,}8\cdot10^{-10}$	$2{,}7\cdot10^{-10}$
Iodio elementare 133	20,8 h	V	100	1	$4{,}5\cdot10^{-8}$	1	$4{,}1\cdot10^{-8}$	$2{,}1\cdot10^{-8}$	$9{,}7\cdot10^{-9}$	$6{,}3\cdot10^{-9}$	$4{,}0\cdot10^{-9}$
Iodio elementare 134	0,876 h	V	100	1	$8{,}7\cdot10^{-10}$	1	$6{,}9\cdot10^{-10}$	$3{,}9\cdot10^{-10}$	$2{,}2\cdot10^{-10}$	$1{,}6\cdot10^{-10}$	$1{,}5\cdot10^{-10}$
Iodio elementare 135	6,61 h	V	100	1	$9{,}7\cdot10^{-9}$	1	$8{,}5\cdot10^{-9}$	$4{,}5\cdot10^{-9}$	$2{,}1\cdot10^{-9}$	$1{,}4\cdot10^{-9}$	$9{,}2\cdot10^{-10}$
Ioduro di metile 120	1,35 h	V	70	1	$2{,}3\cdot10^{-9}$	1	$1{,}9\cdot10^{-9}$	$1{,}0\cdot10^{-9}$	$4{,}8\cdot10^{-10}$	$3{,}1\cdot10^{-10}$	$2{,}0\cdot10^{-10}$
Ioduro di metile 120m	0,883 h	V	70	1	$1{,}0\cdot10^{-9}$	1	$8{,}7\cdot10^{-10}$	$4{,}6\cdot10^{-10}$	$2{,}2\cdot10^{-10}$	$1{,}5\cdot10^{-10}$	$1{,}0\cdot10^{-10}$
Ioduro di metile 121	2,12 h	V	70	1	$4{,}2\cdot10^{-10}$	1	$3{,}8\cdot10^{-10}$	$2{,}2\cdot10^{-10}$	$1{,}2\cdot10^{-10}$	$8{,}3\cdot10^{-11}$	$5{,}6\cdot10^{-11}$
Ioduro di metile 123	13,2 h	V	70	1	$1{,}6\cdot10^{-9}$	1	$1{,}4\cdot10^{-9}$	$7{,}7\cdot10^{-10}$	$3{,}6\cdot10^{-10}$	$2{,}4\cdot10^{-10}$	$1{,}5\cdot10^{-10}$
Ioduro di metile 124	4,18 d	V	70	1	$8{,}5\cdot10^{-8}$	1	$8{,}0\cdot10^{-8}$	$4{,}5\cdot10^{-8}$	$2{,}2\cdot10^{-8}$	$1{,}4\cdot10^{-8}$	$9{,}2\cdot10^{-9}$
Ioduro di metile 125	60,1 d	V	70	1	$3{,}7\cdot10^{-8}$	1	$4{,}0\cdot10^{-8}$	$2{,}9\cdot10^{-8}$	$2{,}2\cdot10^{-8}$	$1{,}6\cdot10^{-8}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$
Ioduro di metile 126	13,0 d	V	70	1	$1{,}5\cdot10^{-7}$	1	$1{,}5\cdot10^{-7}$	$9{,}0\cdot10^{-8}$	$4{,}8\cdot10^{-8}$	$3{,}2\cdot10^{-8}$	$2{,}0\cdot10^{-8}$
Ioduro di metile 128	0,416 h	V	70	1	$1{,}5\cdot10^{-10}$	1	$1{,}2\cdot10^{-10}$	$6{,}3\cdot10^{-11}$	$3{,}0\cdot10^{-11}$	$1{,}9\cdot10^{-11}$	$1{,}3\cdot10^{-11}$
Ioduro di metile 129	$1{,}57\cdot10^{7}$ a	V	70	1	$1{,}3\cdot10^{-7}$	1	$1{,}5\cdot10^{-7}$	$1{,}2\cdot10^{-7}$	$1{,}3\cdot10^{-7}$	$9{,}9\cdot10^{-8}$	$7{,}4\cdot10^{-8}$
Ioduro di metile 130	12,4 h	V	70	1	$1{,}5\cdot10^{-8}$	1	$1{,}3\cdot10^{-8}$	$7{,}2\cdot10^{-9}$	$3{,}3\cdot10^{-9}$	$2{,}2\cdot10^{-9}$	$1{,}4\cdot10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Assorbimento	% deposito	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
				f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)[a]
Ioduro di metile 131	8,04 d	V	70	1	$1{,}3\cdot10^{-7}$	1	$1{,}3\cdot10^{-7}$	$7{,}4\cdot10^{-8}$	$3{,}7\cdot10^{-8}$	$2{,}4\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-8}$
Ioduro di metile 132	2,30 h	V	70	1	$2{,}0\cdot10^{-9}$	1	$1{,}8\cdot10^{-9}$	$9{,}5\cdot10^{-10}$	$4{,}4\cdot10^{-10}$	$2{,}9\cdot10^{-10}$	$1{,}9\cdot10^{-10}$
Ioduro di metile 132m	1,39 h	V	70	1	$1{,}8\cdot10^{-9}$	1	$1{,}6\cdot10^{-9}$	$8{,}3\cdot10^{-10}$	$3{,}9\cdot10^{-10}$	$2{,}5\cdot10^{-10}$	$1{,}6\cdot10^{-10}$
Ioduro di metile 133	20,8 h	V	70	1	$3{,}5\cdot10^{-8}$	1	$3{,}2\cdot10^{-8}$	$1{,}7\cdot10^{-8}$	$7{,}6\cdot10^{-9}$	$4{,}9\cdot10^{-9}$	$3{,}1\cdot10^{-9}$
Ioduro di metile 134	0,876 h	V	70	1	$5{,}1\cdot10^{-10}$	1	$4{,}3\cdot10^{-10}$	$2{,}3\cdot10^{-10}$	$1{,}1\cdot10^{-10}$	$7{,}4\cdot10^{-11}$	$5{,}0\cdot10^{-11}$
Ioduro di metile 135	6,61 h	V	70	1	$7{,}5\cdot10^{-9}$	1	$6{,}7\cdot10^{-9}$	$3{,}5\cdot10^{-9}$	$1{,}6\cdot10^{-9}$	$1{,}1\cdot10^{-9}$	$6{,}8\cdot10^{-10}$
Vapori di mercurio 193	3,50 h	b[3]	70	1	$4{,}2\cdot10^{-9}$	1	$3{,}4\cdot10^{-9}$	$2{,}2\cdot10^{-9}$	$1{,}6\cdot10^{-9}$	$1{,}2\cdot10^{-9}$	$1{,}1\cdot10^{-9}$
Vapori di mercurio 193m	11,1 h	b[3]	70	1	$1{,}2\cdot10^{-8}$	1	$9{,}4\cdot10^{-9}$	$6{,}1\cdot10^{-9}$	$4{,}5\cdot10^{-9}$	$3{,}4\cdot10^{-9}$	$3{,}1\cdot10^{-9}$
Vapori di mercurio 194	$2{,}60\cdot10^{2}$ a	b[3]	70	1	$9{,}4\cdot10^{-8}$	1	$8{,}3\cdot10^{-8}$	$6{,}2\cdot10^{-8}$	$5{,}0\cdot10^{-8}$	$4{,}3\cdot10^{-8}$	$4{,}0\cdot10^{-8}$
Vapori di mercurio 195	9,90 h	b[3]	70	1	$5{,}3\cdot10^{-9}$	1	$4{,}3\cdot10^{-9}$	$2{,}8\cdot10^{-9}$	$2{,}1\cdot10^{-9}$	$1{,}6\cdot10^{-9}$	$1{,}4\cdot10^{-9}$
Vapori di mercurio 195m	1,73 d	b[3]	70	1	$3{,}0\cdot10^{-8}$	1	$2{,}5\cdot10^{-8}$	$1{,}6\cdot10^{-8}$	$1{,}2\cdot10^{-8}$	$8{,}8\cdot10^{-9}$	$8{,}2\cdot10^{-9}$
Vapori di mercurio 197	2,67 d	b[3]	70	1	$1{,}6\cdot10^{-8}$	1	$1{,}3\cdot10^{-8}$	$8{,}4\cdot10^{-9}$	$6{,}3\cdot10^{-9}$	$4{,}7\cdot10^{-9}$	$4{,}4\cdot10^{-9}$
Vapori di mercurio 197m	23,8 h	b[3]	70	1	$2{,}1\cdot10^{-8}$	1	$1{,}7\cdot10^{-8}$	$1{,}1\cdot10^{-8}$	$8{,}2\cdot10^{-9}$	$6{,}2\cdot10^{-9}$	$5{,}8\cdot10^{-9}$
Vapori di mercurio 199m	0,710 h	b[3]	70	1	$6{,}5\cdot10^{-10}$	1	$5{,}3\cdot10^{-10}$	$3{,}4\cdot10^{-10}$	$2{,}5\cdot10^{-10}$	$1{,}9\cdot10^{-10}$	$1{,}8\cdot10^{-10}$
Vapori di mercurio 203	46,6 d	b[3]	70	1	$3{,}0\cdot10^{-8}$	1	$2{,}3\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-8}$	$1{,}0\cdot10^{-8}$	$7{,}7\cdot10^{-9}$	$7{,}0\cdot10^{-9}$

NOTE:

a) Valori applicabili ai lavoratori esposti e agli individui adulti della popolazione.

1) V: denota un'eliminazione molto rapida dai polmoni.

2) Deposizione 30%: 10%: 20%: 40% (extratoracica: bronchiale: bronchiolare: alveolare-interstiziale), tempo medio di ritenzione 0,1giorni [cfr. sezione 5.7 della pubblicazione n. 71 dell'ICRP].

3) Deposizione 10%: 20%: 40% (bronchiale: bronchiolare: alveolare-interstiziale), tempo medio di ritenzione 1,7 giorni [cfr. pubblicazione n. 68 dell'ICRP].

TABELLA IV.3

Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per inalazione per individui della popolazione ($Sv \cdot Bq^{-1}$)

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Idrogeno										
Acqua tritiata	12,3 a	F	1,000	$2,6\ 10^{-11}$	1,000	$2,0\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$8,2\ 10^{-12}$	$5,9\ 10^{-12}$	$6,2\ 10^{-12}$
		M	0,200	$3,4\ 10^{-10}$	0,100	$2,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Berillio										
Be-7	53,3 d	M	0,020	$2,5\ 10^{-10}$	0,005	$2,1\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-10}$	0,005	$2,4\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$
Be-10	$1,60\ 10^{6}$ a	M	0,020	$4,1\ 10^{-8}$	0,005	$3,4\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$9,9\ 10^{-8}$	0,005	$9,1\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-8}$	$4,2\ 10^{-8}$	$3,7\ 10^{-8}$	$3,5\ 10^{-8}$
Carbonio										
C-11	0,340 h	F	1,000	$1,0\ 10^{-10}$	1,000	$7,0\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,5\ 10^{-10}$	0,100	$1,1\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,6\ 10^{-10}$	0,010	$1,1\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
C-14	$5,73\ 10^{3}$ a	F	1,000	$6,1\ 10^{-10}$	1,000	$6,7\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
		M	0,200	$8,3\ 10^{-9}$	0,100	$6,6\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,9\ 10^{-8}$	0,010	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,4\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$
Fluoro										
F-18	1,83 h	F	1,000	$2,6\ 10^{-10}$	1,000	$1,9\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4,1\ 10^{-10}$	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$
		S	1,000	$4,2\ 10^{-10}$	1,000	$3,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$
Sodio										
Na-22	2,60 a	F	1,000	$9,7\ 10^{-9}$	1,000	$7,3\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,59\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Na-24	15,0 h	F	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	1,000	$1,8\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
Magnesio										
Mg-28	20,9 h	F	1,000	$5,3\ 10^{-9}$	0,500	$4,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$
		M	1,000	$7,3\ 10^{-9}$	0,500	$7,2\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Alluminio										
Al-26	$7,16\ 10^{5}$ a	F	0,020	$8,1\ 10^{-8}$	0,010	$6,2\ 10^{-8}$	$3,2\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$
		M	0,020	$8,8\ 10^{-8}$	0,010	$7,4\ 10^{-8}$	$4,4\ 10^{-8}$	$2,9\ 10^{-8}$	$2,2\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$
Silicio										
Si-31	2,62 h	F	0,020	$3,6\ 10^{-10}$	0,010	$2,3\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
		M	0,020	$6,9\ 10^{-10}$	0,010	$4,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$7,2\ 10^{-10}$	0,010	$4,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$7,9\ 10^{-11}$
Si-32	$4,50\ 10^{2}$ a	F	0,020	$3,0\ 10^{-8}$	0,010	$2,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$
		M	0,020	$7,1\ 10^{-8}$	0,010	$6,0\ 10^{-8}$	$3,6\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-7}$	0,010	$2,7\ 10^{-7}$	$1,9\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$
Fosforo										
P-32	14,3 d	F	1,000	$1,2\ 10^{-8}$	0,800	$7,5\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$
		M	1,000	$2,2\ 10^{-8}$	0,800	$1,5\ 10^{-8}$	$8,0\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$
P-33	25,4 d	F	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	0,800	$7,8\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$
		M	1,000	$6,1\ 10^{-9}$	0,800	$4,6\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Zolfo										
S-35	87,4 d	F	1,000	$5,5\ 10^{-10}$	0,800	$3,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,200	$5,9\ 10^{-9}$	0,100	$4,5\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$7,7\ 10^{-9}$	0,010	$6,0\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
Cloro										
Cl-36	$3,01\ 10^{5}$ a	F	1,000	$3,9\ 10^{-9}$	1,000	$2,6\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$

[1)] Il tipo F denota un'eliminazione rapida dai polmoni.
Il tipo M denota un'eliminazione moderata dai polmoni.
Il tipo S denota un'eliminazione lenta dai polmoni.

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		M	1,000	$3{,}1\ 10^{-8}$	1,000	$2{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-8}$	$8{,}8\ 10^{-9}$	$7{,}3\ 10^{-9}$
Cl-38	0,620 h	F	1,000	$2{,}9\ 10^{-10}$	1,000	$1{,}9\ 10^{-10}$	$8{,}4\ 10^{-11}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4{,}7\ 10^{-10}$	1,000	$3{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$
Cl-39	0,927 h	F	1,000	$2{,}7\ 10^{-10}$	1,000	$1{,}8\ 10^{-10}$	$8{,}4\ 10^{-11}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}1\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4{,}3\ 10^{-10}$	1,000	$2{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}6\ 10^{-11}$
Potassio										
K-40	$1{,}28\ 10^{9}$ a	F	1,000	$2{,}4\ 10^{-8}$	1,000	$1{,}7\ 10^{-8}$	$7{,}5\ 10^{-9}$	$4{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$
K-42	12,4 h	F	1,000	$1{,}6\ 10^{-9}$	1,000	$1{,}0\ 10^{-9}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
K-43	22,6 h	F	1,000	$1{,}3\ 10^{-9}$	1,000	$9{,}7\ 10^{-10}$	$4{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$
K-44	0,369 h	F	1,000	$2{,}2\ 10^{-10}$	1,000	$1{,}4\ 10^{-10}$	$6{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}0\ 10^{-11}$
K-45	0,333 h	F	1,000	$1{,}5\ 10^{-10}$	1,000	$1{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}8\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$	$1{,}8\ 10^{-11}$	$1{,}5\ 10^{-11}$
Calcio[a)]										
Ca-41	$1{,}40\ 10^{5}$ a	F	0,600	$6{,}7\ 10^{-10}$	0,300	$3{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4{,}2\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$9{,}5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6{,}7\ 10^{-10}$	0,010	$6{,}0\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$
Ca-45	163 d	F	0,600	$5{,}7\ 10^{-9}$	0,300	$3{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$7{,}6\ 10^{-10}$	$4{,}6\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1{,}2\ 10^{-8}$	0,100	$8{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}9\ 10^{-9}$	$3{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}7\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1{,}5\ 10^{-8}$	0,010	$1{,}2\ 10^{-8}$	$7{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}1\ 10^{-9}$	$4{,}6\ 10^{-9}$	$3{,}7\ 10^{-9}$
Ca-47	4,53 d	F	0,600	$4{,}9\ 10^{-9}$	0,300	$3{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}5\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1{,}0\ 10^{-8}$	0,100	$7{,}7\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1{,}2\ 10^{-8}$	0,010	$8{,}5\ 10^{-9}$	$4{,}6\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$
Scandio										
Sc-43	3,89 h	S	0,001	$9{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
Sc-44	3,93 h	S	0,001	$1{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$
Sc-44m	2,44 d	S	0,001	$1{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$
Sc-46	83,8 d	S	0,001	$2{,}8\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}4\ 10^{-8}$	$9{,}8\ 10^{-9}$	$8{,}4\ 10^{-9}$	$6{,}8\ 10^{-9}$
Sc-47	3,35 d	S	0,001	$4{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}2\ 10^{-10}$	$7{,}3\ 10^{-10}$
Sc-48	1,82 d	S	0,001	$7{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}9\ 10^{-9}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$
Sc-49	0,956 h	S	0,001	$3{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$7{,}1\ 10^{-11}$	$4{,}7\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$
Titanio										
Ti-44	47,3 a	F	0,020	$3{,}1\ 10^{-7}$	0,010	$2{,}6\ 10^{-7}$	$1{,}5\ 10^{-7}$	$9{,}6\ 10^{-8}$	$6{,}6\ 10^{-8}$	$6{,}1\ 10^{-8}$
		M	0,020	$1{,}7\ 10^{-7}$	0,010	$1{,}5\ 10^{-7}$	$9{,}2\ 10^{-8}$	$5{,}9\ 10^{-8}$	$4{,}6\ 10^{-8}$	$4{,}2\ 10^{-8}$
		S	0,020	$3{,}2\ 10^{-7}$	0,010	$3{,}1\ 10^{-7}$	$2{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}5\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$	$1{,}2\ 10^{-7}$
Ti-45	3,08 h	F	0,020	$4{,}4\ 10^{-10}$	0,010	$3{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$9{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$
		M	0,020	$7{,}4\ 10^{-10}$	0,010	$5{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$8{,}8\ 10^{-11}$
		S	0,020	$7{,}7\ 10^{-10}$	0,010	$5{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-11}$
Vanadio										
V-47	0,543 h	F	0,020	$1{,}8\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}6\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}7\ 10^{-11}$
		M	0,020	$2{,}8\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}9\ 10^{-10}$	$8{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}9\ 10^{-11}$
V-48	16,2 d	F	0,020	$8{,}4\ 10^{-9}$	0,010	$6{,}4\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$
		M	0,020	$1{,}4\ 10^{-8}$	0,010	$1{,}1\ 10^{-8}$	$6{,}3\ 10^{-9}$	$4{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$
V-49	330 d	F	0,020	$2{,}0\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}6\ 10^{-10}$	$7{,}7\ 10^{-11}$	$4{,}3\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,020	$2{,}8\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}4\ 10^{-11}$
Cromo										
Cr-48	23,0 h	F	0,200	$7{,}6\ 10^{-10}$	0,100	$6{,}0\ 10^{-10}$	$3{,}1\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$9{,}9\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1{,}1\ 10^{-9}$	0,100	$9{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-10}$	$3{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$
		S	0,200	$1{,}2\ 10^{-9}$	0,100	$9{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}5\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$
Cr-49	0,702 h	F	0,200	$1{,}9\ 10^{-10}$	0,100	$1{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}7\ 10^{-11}$	$2{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}9\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3{,}0\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}0\ 10^{-10}$	$9{,}5\ 10^{-11}$	$6{,}1\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$
		S	0,200	$3{,}1\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}1\ 10^{-10}$	$9{,}9\ 10^{-11}$	$6{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$
Cr-51	27,7 d	F	0,200	$1{,}7\ 10^{-10}$	0,100	$1{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}0\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2{,}6\ 10^{-10}$	0,100	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$6{,}4\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$
		S	0,200	$2{,}6\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$6{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}7\ 10^{-11}$
Manganese										

[a)] Il valore f_1 per le persone di età compresa fra 1 e 15 anni per il tipo F è 0,4.

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Mn-51	0,770 h	F	0,200	$2,5\ 10^{-10}$	0,100	$1,7\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,0\ 10^{-10}$	0,100	$2,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$
Mn-52	5,59 d	F	0,200	$7,0\ 10^{-9}$	0,100	$5,5\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$
		M	0,200	$8,6\ 10^{-9}$	0,100	$6,8\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Mn-52m	0,352 h	F	0,200	$1,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,3\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,8\ 10^{-10}$	0,100	$1,9\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
Mn-53	$3,70\ 10^{6}$ a	F	0,200	$3,2\ 10^{-10}$	0,100	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,6\ 10^{-10}$	0,100	$3,4\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Mn-54	312 d	F	0,200	$5,2\ 10^{-9}$	0,100	$4,1\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-10}$
		M	0,200	$7,5\ 10^{-9}$	0,100	$6,2\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Mn-56	2,58 h	F	0,200	$6,9\ 10^{-10}$	0,100	$4,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$6,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,1\ 10^{-9}$	0,100	$7,8\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Ferro[b]										
Fe-52	8,28 h	F	0,600	$5,2\ 10^{-9}$	0,100	$3,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$
		M	0,200	$5,8\ 10^{-9}$	0,100	$4,1\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$6,0\ 10^{-9}$	0,010	$4,2\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
Fe-55	2,70 a	F	0,600	$4,2\ 10^{-9}$	0,100	$3,2\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,9\ 10^{-9}$	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,0\ 10^{-9}$	0,010	$8,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Fe-59	44,5 d	F	0,600	$2,1\ 10^{-8}$	0,100	$1,3\ 10^{-8}$	$7,1\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
		M	0,200	$1,8\ 10^{-8}$	0,100	$1,3\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,7\ 10^{-8}$	0,010	$1,3\ 10^{-8}$	$8,1\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$
Fe-60	$1,00\ 10^{5}$ a	F	0,600	$4,4\ 10^{-7}$	0,100	$3,9\ 10^{-7}$	$3,5\ 10^{-7}$	$3,2\ 10^{-7}$	$2,9\ 10^{-7}$	$2,8\ 10^{-7}$
		M	0,200	$2,0\ 10^{-7}$	0,100	$1,7\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$
		S	0,020	$9,3\ 10^{-8}$	0,010	$8,8\ 10^{-8}$	$6,7\ 10^{-8}$	$5,2\ 10^{-8}$	$4,9\ 10^{-8}$	$4,9\ 10^{-8}$
Cobalto[c]										
Co-55	17,5 h	F	0,600	$2,2\ 10^{-9}$	0,100	$1,8\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4,1\ 10^{-9}$	0,100	$3,1\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,6\ 10^{-9}$	0,010	$3,3\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
Co-56	78,7 d	F	0,600	$1,4\ 10^{-8}$	0,100	$1,0\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
		M	0,200	$2,5\ 10^{-8}$	0,100	$2,1\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,4\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-8}$	0,010	$2,5\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,0\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-9}$
Co-57	271 d	F	0,600	$1,5\ 10^{-9}$	0,100	$1,1\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
		M	0,200	$2,8\ 10^{-9}$	0,100	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,4\ 10^{-9}$	0,010	$3,7\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Co-58	70,8 d	F	0,600	$4,0\ 10^{-9}$	0,100	$3,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
		M	0,200	$7,3\ 10^{-9}$	0,100	$6,5\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$9,0\ 10^{-9}$	0,010	$7,5\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
Co-58m	9,15 h	F	0,600	$4,8\ 10^{-11}$	0,100	$3,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-12}$	$5,2\ 10^{-12}$
		M	0,200	$1,1\ 10^{-10}$	0,100	$7,6\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,3\ 10^{-10}$	0,010	$9,0\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Co-60	5,27 a	F	0,600	$3,0\ 10^{-8}$	0,100	$2,3\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$
		M	0,200	$4,2\ 10^{-8}$	0,100	$3,4\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$
		S	0,020	$9,2\ 10^{-8}$	0,010	$8,6\ 10^{-8}$	$5,9\ 10^{-8}$	$4,0\ 10^{-8}$	$3,4\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$
Co-60m	0,174 h	F	0,600	$4,4\ 10^{-12}$	0,100	$2,8\ 10^{-12}$	$1,5\ 10^{-12}$	$1,0\ 10^{-12}$	$8,3\ 10^{-13}$	$6,9\ 10^{-13}$
		M	0,200	$7,1\ 10^{-12}$	0,100	$4,7\ 10^{-12}$	$2,7\ 10^{-12}$	$1,8\ 10^{-12}$	$1,5\ 10^{-12}$	$1,2\ 10^{-12}$
		S	0,020	$7,6\ 10^{-12}$	0,010	$5,1\ 10^{-12}$	$2,9\ 10^{-12}$	$2,0\ 10^{-12}$	$1,7\ 10^{-12}$	$1,4\ 10^{-12}$
Co-61	1,65 h	F	0,600	$2,1\ 10^{-10}$	0,100	$1,4\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,0\ 10^{-10}$	0,100	$2,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,3\ 10^{-10}$	0,010	$2,8\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$
Co-62m	0,232 h	F	0,600	$1,4\ 10^{-10}$	0,100	$9,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,3\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,0\ 10^{-10}$	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$

[b] Il valore f_1 per le persone di età compresa fra 1 e 15 anni per il tipo F è 0,2.

[c] Il valore f_1 per le persone di età compresa fra 1 e 15 anni per il tipo F è 0,3.

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Nickel										
Ni-56	6,10 d	F	0,100	$3,3\ 10^{-9}$	0,050	$2,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$
		M	0,100	$4,9\ 10^{-9}$	0,050	$4,1\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$
		S	0,020	$5,5\ 10^{-9}$	0,010	$4,6\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Ni-57	1,50 d	F	0,100	$2,2\ 10^{-9}$	0,050	$1,8\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
		M	0,100	$3,6\ 10^{-9}$	0,050	$2,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,9\ 10^{-9}$	0,010	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
Ni-59	$7,50\ 10^{4}$ a	F	0,100	$9,6\ 10^{-10}$	0,050	$8,1\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
		M	0,100	$7,9\ 10^{-10}$	0,050	$6,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,7\ 10^{-9}$	0,010	$1,5\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
Ni-63	96,0 a	F	0,100	$2,3\ 10^{-9}$	0,050	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
		M	0,100	$2,5\ 10^{-9}$	0,050	$1,9\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,8\ 10^{-9}$	0,010	$4,3\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Ni-65	2,52 h	F	0,100	$4,4\ 10^{-10}$	0,050	$3,0\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$
		M	0,100	$7,7\ 10^{-10}$	0,050	$5,2\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$8,1\ 10^{-10}$	0,010	$5,5\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$
Ni-66	2,27 d	F	0,100	$5,7\ 10^{-9}$	0,050	$3,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
		M	0,100	$1,3\ 10^{-8}$	0,050	$9,4\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	0,010	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
Rame										
Cu-60	0,387 h	F	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	0,500	$1,6\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		M	1,000	$3,0\ 10^{-10}$	0,500	$2,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
		S	1,000	$3,1\ 10^{-10}$	0,500	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$
Cu-61	3,41 h	F	1,000	$3,1\ 10^{-10}$	0,500	$2,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4,9\ 10^{-10}$	0,500	$4,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
		S	1,000	$5,1\ 10^{-10}$	0,500	$4,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$	$7,8\ 10^{-11}$
Cu-64	12,7 h	F	1,000	$2,8\ 10^{-10}$	0,500	$2,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$5,5\ 10^{-10}$	0,500	$5,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	1,000	$5,8\ 10^{-10}$	0,500	$5,7\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Cu-67	2,58 d	F	1,000	$9,5\ 10^{-10}$	0,500	$8,0\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		M	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	0,500	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
		S	1,000	$2,5\ 10^{-9}$	0,500	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$
Zinco										
Zn-62	9,26 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-9}$	0,500	$1,7\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4,5\ 10^{-9}$	0,100	$3,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$5,1\ 10^{-9}$	0,010	$3,4\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Zn-63	0,635 h	F	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	0,500	$1,4\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,4\ 10^{-10}$	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,6\ 10^{-10}$	0,010	$2,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Zn-65	244 d	F	1,000	$1,5\ 10^{-8}$	0,500	$1,0\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
		M	0,200	$8,5\ 10^{-9}$	0,100	$6,5\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$7,6\ 10^{-9}$	0,010	$6,7\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
Zn-69	0,950 h	F	1,000	$1,1\ 10^{-10}$	0,500	$7,4\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,2\ 10^{-10}$	0,100	$1,4\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,3\ 10^{-10}$	0,010	$1,5\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
Zn-69m	13,8 h	F	1,000	$6,6\ 10^{-10}$	0,500	$6,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$8,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,1\ 10^{-9}$	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,2\ 10^{-9}$	0,010	$1,7\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
Zn-71m	3,92 h	F	1,000	$6,2\ 10^{-10}$	0,500	$5,5\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,3\ 10^{-9}$	0,100	$9,4\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,4\ 10^{-9}$	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
Zn-72	1,94 d	F	1,000	$4,3\ 10^{-9}$	0,500	$3,5\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$
		M	0,200	$8,8\ 10^{-9}$	0,100	$6,5\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
		S	0,020	$9,7\ 10^{-9}$	0,010	$7,0\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Gallio										
Ga-65	0,253 h	F	0,010	$1,1\ 10^{-10}$	0,001	$7,3\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		M	0,010	$1,6\ 10^{-10}$	0,001	$1,1\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Ga-66	9,40 h	F	0,010	$2,8\ 10^{-9}$	0,001	$2,0\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
		M	0,010	$4,5\ 10^{-9}$	0,001	$3,1\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
Ga-67	3,26 d	F	0,010	$6,4\ 10^{-10}$	0,001	$4,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$6,4\ 10^{-11}$
		M	0,010	$1,4\ 10^{-9}$	0,001	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
Ga-68	1,13 h	F	0,010	$2,9\ 10^{-10}$	0,001	$1,9\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
		M	0,010	$4,6\ 10^{-10}$	0,001	$3,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$
Ga-70	0,353 h	F	0,010	$9,5\ 10^{-11}$	0,001	$6,0\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,8\ 10^{-12}$
		M	0,010	$1,5\ 10^{-10}$	0,001	$9,6\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Ga-72	14,1 h	F	0,010	$2,9\ 10^{-9}$	0,001	$2,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
		M	0,010	$4,5\ 10^{-9}$	0,001	$3,3\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
Ga-73	4,91 h	F	0,010	$6,7\ 10^{-10}$	0,001	$4,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
		M	0,010	$1,2\ 10^{-9}$	0,001	$8,4\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
Germanio										
Ge-66	2,27 h	F	1,000	$4,5\ 10^{-10}$	1,000	$3,5\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
		M	1,000	$6,4\ 10^{-10}$	1,000	$4,8\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$
Ge-67	0,312 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-10}$	1,000	$1,1\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$2,5\ 10^{-10}$	1,000	$1,6\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
Ge-68	288 d	F	1,000	$5,4\ 10^{-9}$	1,000	$3,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
		M	1,000	$6,0\ 10^{-8}$	1,000	$5,0\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$
Ge-69	1,63 d	F	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	1,000	$9,0\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
		M	1,000	$1,8\ 10^{-9}$	1,000	$1,4\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
Ge-71	11,8 d	F	1,000	$6,0\ 10^{-11}$	1,000	$4,3\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-12}$	$4,8\ 10^{-12}$
		M	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	1,000	$8,6\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$
Ge-75	1,38 h	F	1,000	$1,6\ 10^{-10}$	1,000	$1,0\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	1,000	$1,9\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
Ge-77	11,3 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	1,000	$9,5\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	1,000	$1,7\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$
Ge-78	1,45 h	F	1,000	$4,3\ 10^{-10}$	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$
		M	1,000	$7,3\ 10^{-10}$	1,000	$5,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$
Arsenico										
As-69	0,253 h	M	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	0,500	$1,4\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
As-70	0,876 h	M	1,000	$5,7\ 10^{-10}$	0,500	$4,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$6,7\ 10^{-11}$
As-71	2,70 d	M	1,000	$2,2\ 10^{-9}$	0,500	$1,9\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
As-72	1,08 d	M	1,000	$5,9\ 10^{-9}$	0,500	$5,7\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$
As-73	80,3 d	M	1,000	$5,4\ 10^{-9}$	0,500	$4,0\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
As-74	17,8 d	M	1,000	$1,1\ 10^{-8}$	0,500	$8,4\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
As-76	1,10 d	M	1,000	$5,1\ 10^{-9}$	0,500	$4,6\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-10}$
As-77	1,62 d	M	1,000	$2,2\ 10^{-9}$	0,500	$1,7\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$
As-78	1,51 h	M	1,000	$8,0\ 10^{-10}$	0,500	$5,8\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$
Selenio										
Se-70	0,683 h	F	1,000	$3,9\ 10^{-10}$	0,800	$3,0\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$6,5\ 10^{-10}$	0,100	$4,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6,8\ 10^{-10}$	0,010	$4,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$	$7,6\ 10^{-11}$
Se-73	7,15 h	F	1,000	$7,7\ 10^{-10}$	0,800	$6,5\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,6\ 10^{-9}$	0,100	$1,2\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,8\ 10^{-9}$	0,010	$1,3\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Se-73m	0,650 h	F	1,000	$9,3\ 10^{-11}$	0,800	$7,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$9,2\ 10^{-12}$
		M	0,200	$1,8\ 10^{-10}$	0,100	$1,3\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
Se-75	120 d	F	1,000	$7,8\ 10^{-9}$	0,800	$6,0\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
		M	0,200	$5,4\ 10^{-9}$	0,100	$4,5\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$5,6\ 10^{-9}$	0,010	$4,7\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Se-79	$6,50\ 10^{4}$ a	F	1,000	$1,6\ 10^{-8}$	0,800	$1,3\ 10^{-8}$	$7,7\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,200	$1,4\ 10^{-8}$	0,100	$1,1\ 10^{-8}$	$6,9\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2,3\ 10^{-8}$	0,010	$2,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$8,7\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Se-81	0,308 h	F	1,000	$8,6\ 10^{-11}$	0,800	$5,4\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$9,2\ 10^{-12}$	$8,0\ 10^{-12}$
		M	0,200	$1,3\ 10^{-10}$	0,100	$8,5\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,4\ 10^{-10}$	0,010	$8,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
Se-81m	0,954 h	F	1,000	$1,8\ 10^{-10}$	0,800	$1,2\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,8\ 10^{-10}$	0,100	$2,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,1\ 10^{-10}$	0,010	$2,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$
Se-83	0,375 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-10}$	0,800	$1,2\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,7\ 10^{-10}$	0,100	$1,9\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-10}$	0,010	$2,0\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$
Bromo										
Br-74	0,422 h	F	1,000	$2,5\ 10^{-10}$	1,000	$1,8\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
		M	1,000	$3,6\ 10^{-10}$	1,000	$2,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$
Br-74m	0,691 h	F	1,000	$4,0\ 10^{-10}$	1,000	$2,8\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$
		M	1,000	$5,9\ 10^{-10}$	1,000	$4,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$
Br-75	1,63 h	F	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
		M	1,000	$4,5\ 10^{-10}$	1,000	$3,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$
Br-76	16,2 h	F	1,000	$2,2\ 10^{-9}$	1,000	$1,7\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$3,0\ 10^{-9}$	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$
Br-77	2,33 d	F	1,000	$5,3\ 10^{-10}$	1,000	$4,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$
		M	1,000	$6,3\ 10^{-10}$	1,000	$5,1\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$
Br-80	0,290 h	F	1,000	$7,1\ 10^{-11}$	1,000	$4,4\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-12}$	$5,9\ 10^{-12}$
		M	1,000	$1,1\ 10^{-10}$	1,000	$6,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$9,4\ 10^{-12}$
Br-80m	4,42 h	F	1,000	$4,3\ 10^{-10}$	1,000	$2,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
		M	1,000	$6,8\ 10^{-10}$	1,000	$4,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$7,6\ 10^{-11}$
Br-82	1,47 d	F	1,000	$2,7\ 10^{-9}$	1,000	$2,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
		M	1,000	$3,8\ 10^{-9}$	1,000	$3,0\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
Br-83	2,39 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-10}$	1,000	$1,1\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
		M	1,000	$3,5\ 10^{-10}$	1,000	$2,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$
Br-84	0,530 h	F	1,000	$2,4\ 10^{-10}$	1,000	$1,6\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
		M	1,000	$3,7\ 10^{-10}$	1,000	$2,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Rubidio										
Rb-79	0,382 h	F	1,000	$1,6\ 10^{-10}$	1,000	$1,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Rb-81	4,58 h	F	1,000	$3,2\ 10^{-10}$	1,000	$2,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$
Rb-81m	0,533 h	F	1,000	$6,2\ 10^{-11}$	1,000	$4,6\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$8,5\ 10^{-12}$	$7,0\ 10^{-12}$
Rb-82m	6,20 h	F	1,000	$8,6\ 10^{-10}$	1,000	$7,3\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Rb-83	86,2 d	F	1,000	$4,9\ 10^{-9}$	1,000	$3,8\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-10}$
Rb-84	32,8 d	F	1,000	$8,6\ 10^{-9}$	1,000	$6,4\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Rb-86	18,7 d	F	1,000	$1,2\ 10^{-8}$	1,000	$7,7\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$
Rb-87	$4,70\ 10^{10}$ a	F	1,000	$6,0\ 10^{-9}$	1,000	$4,1\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$
Rb-88	0,297 h	F	1,000	$1,9\ 10^{-10}$	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Rb-89	0,253 h	F	1,000	$1,4\ 10^{-10}$	1,000	$9,3\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
Stronzio[d)]										
Sr-80	1,67 h	F	0,600	$7,8\ 10^{-10}$	0,300	$5,4\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,4\ 10^{-9}$	0,100	$9,0\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,5\ 10^{-9}$	0,010	$9,4\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
Sr-81	0,425 h	F	0,600	$2,1\ 10^{-10}$	0,300	$1,5\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,3\ 10^{-10}$	0,100	$2,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,4\ 10^{-10}$	0,010	$2,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Sr-82	25,0 d	F	0,600	$2,8\ 10^{-8}$	0,300	$1,5\ 10^{-8}$	$6,6\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
		M	0,200	$5,5\ 10^{-8}$	0,100	$4,0\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$
		S	0,020	$6,1\ 10^{-8}$	0,010	$4,6\ 10^{-8}$	$2,5\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$
Sr-83	1,35 d	F	0,600	$1,4\ 10^{-9}$	0,300	$1,1\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		M	0,200	$2,5\ 10^{-9}$	0,100	$1,9\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-9}$	0,010	$2,0\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$

[d)] Il valore f_1 per le persone di età compresa fra 1 e 15 anni per il tipo F è 0,4.

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Sr-85	64,8 d	F	0,600	$4,4\ 10^{-9}$	0,300	$2,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4,3\ 10^{-9}$	0,100	$3,1\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,4\ 10^{-9}$	0,010	$3,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$
Sr-85m	1,16 h	F	0,600	$2,4\ 10^{-11}$	0,300	$1,9\ 10^{-11}$	$9,6\ 10^{-12}$	$6,0\ 10^{-12}$	$3,7\ 10^{-12}$	$2,9\ 10^{-12}$
		M	0,200	$3,1\ 10^{-11}$	0,100	$2,5\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$8,0\ 10^{-12}$	$5,1\ 10^{-12}$	$4,1\ 10^{-12}$
		S	0,020	$3,2\ 10^{-11}$	0,010	$2,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-12}$	$5,4\ 10^{-12}$	$4,3\ 10^{-12}$
Sr-87m	2,80 h	F	0,600	$9,7\ 10^{-11}$	0,300	$7,8\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,6\ 10^{-10}$	0,100	$1,2\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,7\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
Sr-89	50,5 d	F	0,600	$1,5\ 10^{-8}$	0,300	$7,3\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
		M	0,200	$3,3\ 10^{-8}$	0,100	$2,4\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$9,1\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$3,9\ 10^{-8}$	0,010	$3,0\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$9,3\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-9}$
Sr-90	29,1 a	F	0,600	$1,3\ 10^{-7}$	0,300	$5,2\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$	$5,3\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$
		M	0,200	$1,5\ 10^{-7}$	0,100	$1,1\ 10^{-7}$	$6,5\ 10^{-8}$	$5,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-8}$	$3,6\ 10^{-8}$
		S	0,020	$4,2\ 10^{-7}$	0,010	$4,0\ 10^{-7}$	$2,7\ 10^{-7}$	$1,8\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$
Sr-91	9,50 h	F	0,600	$1,4\ 10^{-9}$	0,300	$1,1\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		M	0,200	$3,1\ 10^{-9}$	0,100	$2,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,5\ 10^{-9}$	0,010	$2,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$
Sr-92	2,71 h	F	0,600	$9,0\ 10^{-10}$	0,300	$7,1\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,9\ 10^{-9}$	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,2\ 10^{-9}$	0,010	$1,5\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
Ittrio										
Y-86	14,7 h	M	0,001	$3,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$
		S	0,001	$3,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$
Y-86m	0,800 h	M	0,001	$2,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
		S	0,001	$2,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
Y-87	3,35 d	M	0,001	$2,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$
		S	0,001	$2,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$
Y-88	107 d	M	0,001	$1,9\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$6,7\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$
		S	0,001	$2,0\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-8}$	$9,8\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$
Y-90	2,67 d	M	0,001	$1,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$8,4\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
		S	0,001	$1,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$8,8\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Y-90m	3,19 h	M	0,001	$7,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,7\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$
		S	0,001	$7,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$6,0\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Y-91	58,5 d	M	0,001	$3,9\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,4\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-9}$
		S	0,001	$4,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,4\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$
Y-91m	0,828 h	M	0,001	$7,0\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
		S	0,001	$7,4\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$
Y-92	3,54 h	M	0,001	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
		S	0,001	$1,9\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Y-93	10,1 h	M	0,001	$4,4\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
		S	0,001	$4,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
Y-94	0,318 h	M	0,001	$2,8\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
		S	0,001	$2,9\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
Y-95	0,178 h	M	0,001	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$9,8\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		S	0,001	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Zirconio										
Zr-86	16,5 h	F	0,020	$2,4\ 10^{-9}$	0,002	$1,9\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
		M	0,020	$3,4\ 10^{-9}$	0,002	$2,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,5\ 10^{-9}$	0,002	$2,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
Zr-88	83,4 d	F	0,020	$6,9\ 10^{-9}$	0,002	$8,3\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$
		M	0,020	$8,5\ 10^{-9}$	0,002	$7,8\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,3\ 10^{-8}$	0,002	$1,2\ 10^{-8}$	$7,7\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$
Zr-89	3,27 d	F	0,020	$2,6\ 10^{-9}$	0,002	$2,0\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
		M	0,020	$3,7\ 10^{-9}$	0,002	$2,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,9\ 10^{-9}$	0,002	$2,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Zr-93	$1{,}53\ 10^{6}$ a	F	0,020	$3{,}5\ 10^{-9}$	0,002	$4{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}3\ 10^{-9}$	$9{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-8}$	$2{,}5\ 10^{-8}$
		M	0,020	$3{,}3\ 10^{-9}$	0,002	$3{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$7{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-8}$
		S	0,020	$7{,}0\ 10^{-9}$	0,002	$6{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}5\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
Zr-95	64,0 d	F	0,020	$1{,}2\ 10^{-8}$	0,002	$1{,}1\ 10^{-8}$	$6{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$
		M	0,020	$2{,}0\ 10^{-8}$	0,002	$1{,}6\ 10^{-8}$	$9{,}7\ 10^{-9}$	$6{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}9\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2{,}4\ 10^{-8}$	0,002	$1{,}9\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$8{,}3\ 10^{-9}$	$7{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}9\ 10^{-9}$
Zr-97	16,9 h	F	0,020	$5{,}0\ 10^{-9}$	0,002	$3{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$9{,}1\ 10^{-10}$	$4{,}8\ 10^{-10}$	$3{,}9\ 10^{-10}$
		M	0,020	$7{,}8\ 10^{-9}$	0,002	$5{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$8{,}2\ 10^{-9}$	0,002	$5{,}6\ 10^{-9}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$8{,}9\ 10^{-10}$
Niobio										
Nb-88	0,238 h	F	0,020	$1{,}8\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}3\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$	$1{,}9\ 10^{-11}$
		M	0,020	$2{,}5\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}8\ 10^{-10}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2{,}6\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}8\ 10^{-10}$	$8{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$
Nb-89	2,03 h	F	0,020	$7{,}0\ 10^{-10}$	0,010	$4{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$7{,}4\ 10^{-11}$	$6{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1{,}1\ 10^{-9}$	0,010	$7{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1{,}2\ 10^{-9}$	0,010	$7{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
Nb-89	1,10 h	F	0,020	$4{,}0\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$8{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}8\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$
		M	0,020	$6{,}2\ 10^{-10}$	0,010	$4{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}2\ 10^{-11}$	$6{,}8\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6{,}4\ 10^{-10}$	0,010	$4{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$8{,}6\ 10^{-11}$	$7{,}1\ 10^{-11}$
Nb-90	14,6 h	F	0,020	$3{,}5\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$
		M	0,020	$5{,}1\ 10^{-9}$	0,010	$3{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$7{,}8\ 10^{-10}$	$6{,}3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$5{,}3\ 10^{-9}$	0,010	$4{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}6\ 10^{-10}$
Nb-93m	13,6 a	F	0,020	$1{,}8\ 10^{-9}$	0,010	$1{,}4\ 10^{-9}$	$7{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$
		M	0,020	$3{,}1\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$7{,}4\ 10^{-9}$	0,010	$6{,}5\ 10^{-9}$	$4{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$
Nb-94	$2{,}03\ 10^{4}$ a	F	0,020	$3{,}1\ 10^{-8}$	0,010	$2{,}7\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-8}$	$6{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}8\ 10^{-9}$
		M	0,020	$4{,}3\ 10^{-8}$	0,010	$3{,}7\ 10^{-8}$	$2{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}1\ 10^{-8}$
		S	0,020	$1{,}2\ 10^{-7}$	0,010	$1{,}2\ 10^{-7}$	$8{,}3\ 10^{-8}$	$5{,}8\ 10^{-8}$	$5{,}2\ 10^{-8}$	$4{,}9\ 10^{-8}$
Nb-95	35,1 d	F	0,020	$4{,}1\ 10^{-9}$	0,010	$3{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}7\ 10^{-10}$
		M	0,020	$6{,}8\ 10^{-9}$	0,010	$5{,}2\ 10^{-9}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$
		S	0,020	$7{,}7\ 10^{-9}$	0,010	$5{,}9\ 10^{-9}$	$3{,}6\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$
Nb-95m	3,61 d	F	0,020	$2{,}3\ 10^{-9}$	0,010	$1{,}6\ 10^{-9}$	$7{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$
		M	0,020	$4{,}3\ 10^{-9}$	0,010	$3{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$7{,}9\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4{,}6\ 10^{-9}$	0,010	$3{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$8{,}8\ 10^{-10}$
Nb-96	23,3 h	F	0,020	$3{,}1\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}3\ 10^{-10}$	$4{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}4\ 10^{-10}$
		M	0,020	$4{,}7\ 10^{-9}$	0,010	$3{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}8\ 10^{-10}$	$6{,}3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4{,}9\ 10^{-9}$	0,010	$3{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$8{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}6\ 10^{-10}$
Nb-97	1,20 h	F	0,020	$2{,}2\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}5\ 10^{-10}$	$6{,}8\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,020	$3{,}7\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$7{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}2\ 10^{-11}$	$4{,}3\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3{,}8\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$
Nb-98	0,858 h	F	0,020	$3{,}4\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}9\ 10^{-11}$	$4{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$
		M	0,020	$5{,}2\ 10^{-10}$	0,010	$3{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$5{,}3\ 10^{-10}$	0,010	$3{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$7{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}8\ 10^{-11}$
Molibdeno										
Mo-90	5,67 h	F	1,000	$1{,}2\ 10^{-9}$	0,800	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}3\ 10^{-10}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$
		M	0,200	$2{,}6\ 10^{-9}$	0,100	$2{,}0\ 10^{-9}$	$9{,}9\ 10^{-10}$	$6{,}5\ 10^{-10}$	$4{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}4\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2{,}8\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}9\ 10^{-10}$	$4{,}5\ 10^{-10}$	$3{,}6\ 10^{-10}$
Mo-93	$3{,}50\ 10^{3}$ a	F	1,000	$3{,}1\ 10^{-9}$	0,800	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$
		M	0,200	$2{,}2\ 10^{-9}$	0,100	$1{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$7{,}9\ 10^{-10}$	$6{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}9\ 10^{-10}$
		S	0,020	$6{,}0\ 10^{-9}$	0,010	$5{,}8\ 10^{-9}$	$4{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}3\ 10^{-9}$
Mo-93m	6,85 h	F	1,000	$7{,}3\ 10^{-10}$	0,800	$6{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$9{,}6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1{,}2\ 10^{-9}$	0,100	$9{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-10}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1{,}3\ 10^{-9}$	0,010	$1{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$
Mo-99	2,75 d	F	1,000	$2{,}3\ 10^{-9}$	0,800	$1{,}7\ 10^{-9}$	$7{,}7\ 10^{-10}$	$4{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$
		M	0,200	$6{,}0\ 10^{-9}$	0,100	$4{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$8{,}9\ 10^{-10}$
		S	0,020	$6{,}9\ 10^{-9}$	0,010	$4{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$9{,}9\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Mo-101	0,244 h	F	1,000	$1,4\ 10^{-10}$	0,800	$9,7\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,2\ 10^{-10}$	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,3\ 10^{-10}$	0,010	$1,6\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
Tecnezio										
Tc-93	2,75 h	F	1,000	$2,4\ 10^{-10}$	0,800	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,7\ 10^{-10}$	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-10}$	0,010	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
Tc-93m	0,725 h	F	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	0,800	$9,8\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,4\ 10^{-10}$	0,100	$1,1\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,4\ 10^{-10}$	0,010	$1,1\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Tc-94	4,88 h	F	1,000	$8,9\ 10^{-10}$	0,800	$7,5\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		M	0,200	$9,8\ 10^{-10}$	0,100	$8,1\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$9,9\ 10^{-10}$	0,010	$8,2\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Tc-94m	0,867 h	F	1,000	$4,8\ 10^{-10}$	0,800	$3,4\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,4\ 10^{-10}$	0,100	$3,0\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,3\ 10^{-10}$	0,010	$3,0\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$
Tc-95	20,0 h	F	1,000	$7,5\ 10^{-10}$	0,800	$6,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$8,3\ 10^{-10}$	0,100	$6,9\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$8,5\ 10^{-10}$	0,010	$7,0\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Tc-95m	61,0 d	F	1,000	$2,4\ 10^{-9}$	0,800	$1,8\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4,9\ 10^{-9}$	0,100	$4,0\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$6,0\ 10^{-9}$	0,010	$5,0\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Tc-96	4,28 d	F	1,000	$4,2\ 10^{-9}$	0,800	$3,4\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4,7\ 10^{-9}$	0,100	$3,9\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,8\ 10^{-9}$	0,010	$3,9\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-10}$
Tc-96m	0,858 h	F	1,000	$5,3\ 10^{-11}$	0,800	$4,1\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$7,7\ 10^{-12}$	$6,2\ 10^{-12}$
		M	0,200	$5,6\ 10^{-11}$	0,100	$4,4\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$9,3\ 10^{-12}$	$7,4\ 10^{-12}$
		S	0,020	$5,7\ 10^{-11}$	0,010	$4,4\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$9,5\ 10^{-12}$	$7,5\ 10^{-12}$
Tc-97	$2,60\ 10^{6}$ a	F	1,000	$5,2\ 10^{-10}$	0,800	$3,7\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,2\ 10^{-9}$	0,100	$1,0\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$5,0\ 10^{-9}$	0,010	$4,8\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
Tc-97m	87,0 d	F	1,000	$3,4\ 10^{-9}$	0,800	$2,3\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,3\ 10^{-8}$	0,100	$1,0\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,6\ 10^{-8}$	0,010	$1,3\ 10^{-8}$	$7,8\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$
Tc-98	$4,20\ 10^{6}$ a	F	1,000	$1,0\ 10^{-8}$	0,800	$6,8\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,7\ 10^{-10}$
		M	0,200	$3,5\ 10^{-8}$	0,100	$2,9\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,3\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,1\ 10^{-7}$	0,010	$1,1\ 10^{-7}$	$7,6\ 10^{-8}$	$5,4\ 10^{-8}$	$4,8\ 10^{-8}$	$4,5\ 10^{-8}$
Tc-99	$2,13\ 10^{5}$ a	F	1,000	$4,0\ 10^{-9}$	0,800	$2,5\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,7\ 10^{-8}$	0,100	$1,3\ 10^{-8}$	$8,0\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$
		S	0,020	$4,1\ 10^{-8}$	0,010	$3,7\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$
Tc-99m	6,02 h	F	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	0,800	$8,7\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,3\ 10^{-10}$	0,100	$9,9\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,3\ 10^{-10}$	0,010	$1,0\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
Tc-101	0,237 h	F	1,000	$8,5\ 10^{-11}$	0,800	$5,6\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$9,7\ 10^{-12}$	$8,2\ 10^{-12}$
		M	0,200	$1,1\ 10^{-10}$	0,100	$7,1\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,1\ 10^{-10}$	0,010	$7,3\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
Tc-104	0,303 h	F	1,000	$2,7\ 10^{-10}$	0,800	$1,8\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,9\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-10}$	0,010	$1,9\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
Rutenio										
Ru-94	0,863 h	F	0,100	$2,5\ 10^{-10}$	0,050	$1,9\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
		M	0,100	$3,8\ 10^{-10}$	0,050	$2,8\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,0\ 10^{-10}$	0,010	$2,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$
Ru-97	2,90 d	F	0,100	$5,5\ 10^{-10}$	0,050	$4,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$
		M	0,100	$7,7\ 10^{-10}$	0,050	$6,1\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$8,1\ 10^{-10}$	0,010	$6,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1])	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Ru-103	39,3 d	F	0,100	$4,2\ 10^{-9}$	0,050	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$
		M	0,100	$1,1\ 10^{-8}$	0,050	$8,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,3\ 10^{-8}$	0,010	$1,0\ 10^{-8}$	$6,0\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$
Ru-105	4,44 h	F	0,100	$7,1\ 10^{-10}$	0,050	$5,1\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
		M	0,100	$1,3\ 10^{-9}$	0,050	$9,2\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,4\ 10^{-9}$	0,010	$9,8\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Ru-106	1,01 a	F	0,100	$7,2\ 10^{-8}$	0,050	$5,4\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$9,2\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-9}$
		M	0,100	$1,4\ 10^{-7}$	0,050	$1,1\ 10^{-7}$	$6,4\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$
		S	0,020	$2,6\ 10^{-7}$	0,010	$2,3\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$9,1\ 10^{-8}$	$7,1\ 10^{-8}$	$6,6\ 10^{-8}$
Rodio										
Rh-99	16,0 d	F	0,100	$2,6\ 10^{-9}$	0,050	$2,0\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$
		M	0,100	$4,5\ 10^{-9}$	0,050	$3,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$
		S	0,100	$4,9\ 10^{-9}$	0,050	$3,8\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$
Rh-99m	4,70 h	F	0,100	$2,4\ 10^{-10}$	0,050	$2,0\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
		M	0,100	$3,1\ 10^{-10}$	0,050	$2,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$
		S	0,100	$3,2\ 10^{-10}$	0,050	$2,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$
Rh-100	20,8 h	F	0,100	$2,1\ 10^{-9}$	0,050	$1,8\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
		M	0,100	$2,7\ 10^{-9}$	0,050	$2,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$
		S	0,100	$2,8\ 10^{-9}$	0,050	$2,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
Rh-101	3,20 a	F	0,100	$7,4\ 10^{-9}$	0,050	$6,1\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
		M	0,100	$9,8\ 10^{-9}$	0,050	$8,0\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$
		S	0,100	$1,9\ 10^{-8}$	0,050	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,4\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$
Rh-101m	4,34 d	F	0,100	$8,4\ 10^{-10}$	0,050	$6,6\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$
		M	0,100	$1,3\ 10^{-9}$	0,050	$9,8\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
		S	0,100	$1,3\ 10^{-9}$	0,050	$1,0\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Rh-102	2,90 a	F	0,100	$3,3\ 10^{-8}$	0,050	$2,8\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-9}$
		M	0,100	$3,0\ 10^{-8}$	0,050	$2,5\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-9}$
		S	0,100	$5,4\ 10^{-8}$	0,050	$5,0\ 10^{-8}$	$3,5\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$
Rh-102m	207 d	F	0,100	$1,2\ 10^{-8}$	0,050	$8,7\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
		M	0,100	$2,0\ 10^{-8}$	0,050	$1,6\ 10^{-8}$	$9,0\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$
		S	0,100	$3,0\ 10^{-8}$	0,050	$2,5\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,2\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-9}$
Rh-103m	0,935 h	F	0,100	$8,6\ 10^{-12}$	0,050	$5,9\ 10^{-12}$	$2,7\ 10^{-12}$	$1,6\ 10^{-12}$	$1,0\ 10^{-12}$	$8,6\ 10^{-13}$
		M	0,100	$1,9\ 10^{-11}$	0,050	$1,2\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-12}$	$4,0\ 10^{-12}$	$3,0\ 10^{-12}$	$2,5\ 10^{-12}$
		S	0,100	$2,0\ 10^{-11}$	0,050	$1,3\ 10^{-11}$	$6,7\ 10^{-12}$	$4,3\ 10^{-12}$	$3,2\ 10^{-12}$	$2,7\ 10^{-12}$
Rh-105	1,47 d	F	0,100	$1,0\ 10^{-9}$	0,050	$6,9\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$	$8,2\ 10^{-11}$
		M	0,100	$2,2\ 10^{-9}$	0,050	$1,6\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$
		S	0,100	$2,4\ 10^{-9}$	0,050	$1,7\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
Rh-106m	2,20 h	F	0,100	$5,7\ 10^{-10}$	0,050	$4,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
		M	0,100	$8,2\ 10^{-10}$	0,050	$6,3\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,100	$8,5\ 10^{-10}$	0,050	$6,5\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Rh-107	0,362 h	F	0,100	$8,9\ 10^{-11}$	0,050	$5,9\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$9,0\ 10^{-12}$
		M	0,100	$1,4\ 10^{-10}$	0,050	$9,3\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
		S	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	0,050	$9,7\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Palladio										
Pd-100	3,63 d	F	0,050	$3,9\ 10^{-9}$	0,005	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,7\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$
		M	0,050	$5,2\ 10^{-9}$	0,005	$4,0\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-10}$
		S	0,050	$5,3\ 10^{-9}$	0,005	$4,1\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$
Pd-101	8,27 h	F	0,050	$3,6\ 10^{-10}$	0,005	$2,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$
		M	0,050	$4,8\ 10^{-10}$	0,005	$3,8\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$
		S	0,050	$5,0\ 10^{-10}$	0,005	$3,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$
Pd-103	17,0 d	F	0,050	$9,7\ 10^{-10}$	0,005	$6,5\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$
		M	0,050	$2,3\ 10^{-9}$	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
		S	0,050	$2,5\ 10^{-9}$	0,005	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$
Pd-107	$6,50\ 10^{6}$ a	F	0,050	$2,6\ 10^{-10}$	0,005	$1,8\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
		M	0,050	$6,5\ 10^{-10}$	0,005	$5,0\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$
		S	0,050	$2,2\ 10^{-9}$	0,005	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Pd-109	13,4 h	F	0,050	$1,5\ 10^{-9}$	0,005	$9,9\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,050	$2,6\ 10^{-9}$	0,005	$1,8\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$
		S	0,050	$2,7\ 10^{-9}$	0,005	$1,9\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$
Argento										
Ag-102	0,215 h	F	0,100	$1,2\ 10^{-10}$	0,050	$8,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		M	0,100	$1,6\ 10^{-10}$	0,050	$1,1\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,6\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
Ag-103	1,09 h	F	0,100	$1,4\ 10^{-10}$	0,050	$1,0\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,100	$2,2\ 10^{-10}$	0,050	$1,6\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,3\ 10^{-10}$	0,010	$1,6\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
Ag-104	1,15 h	F	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	0,050	$1,9\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
		M	0,100	$2,9\ 10^{-10}$	0,050	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-10}$	0,010	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Ag-104m	0,558 h	F	0,100	$1,6\ 10^{-10}$	0,050	$1,1\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
		M	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	0,050	$1,6\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,4\ 10^{-10}$	0,010	$1,7\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
Ag-105	41,0 d	F	0,100	$3,9\ 10^{-9}$	0,050	$3,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
		M	0,100	$4,5\ 10^{-9}$	0,050	$3,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,5\ 10^{-9}$	0,010	$3,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$
Ag-106	0,399 h	F	0,100	$9,4\ 10^{-11}$	0,050	$6,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$9,1\ 10^{-12}$
		M	0,100	$1,4\ 10^{-10}$	0,050	$9,5\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,5\ 10^{-10}$	0,010	$9,9\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Ag-106m	8,41 d	F	0,100	$7,7\ 10^{-9}$	0,050	$6,1\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,100	$7,2\ 10^{-9}$	0,050	$5,8\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$7,0\ 10^{-9}$	0,010	$5,7\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Ag-108m	$1,27\ 10^{2}$ a	F	0,100	$3,5\ 10^{-8}$	0,050	$2,8\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$6,9\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$
		M	0,100	$3,3\ 10^{-8}$	0,050	$2,7\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,6\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$8,9\ 10^{-8}$	0,010	$8,7\ 10^{-8}$	$6,2\ 10^{-8}$	$4,4\ 10^{-8}$	$3,9\ 10^{-8}$	$3,7\ 10^{-8}$
Ag-110m	250 d	F	0,100	$3,5\ 10^{-8}$	0,050	$2,8\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$9,7\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$
		M	0,100	$3,5\ 10^{-8}$	0,050	$2,8\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$9,2\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$4,6\ 10^{-8}$	0,010	$4,1\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$
Ag-111	7,45 d	F	0,100	$4,8\ 10^{-9}$	0,050	$3,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
		M	0,100	$9,2\ 10^{-9}$	0,050	$6,6\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
		S	0,020	$9,9\ 10^{-9}$	0,010	$7,1\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Ag-112	3,12 h	F	0,100	$9,8\ 10^{-10}$	0,050	$6,4\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$7,6\ 10^{-11}$
		M	0,100	$1,7\ 10^{-9}$	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,8\ 10^{-9}$	0,010	$1,2\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Ag-115	0,333 h	F	0,100	$1,6\ 10^{-10}$	0,050	$1,0\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		M	0,100	$2,5\ 10^{-10}$	0,050	$1,7\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,7\ 10^{-10}$	0,010	$1,7\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
Cadmio										
Cd-104	0,961 h	F	0,100	$2,0\ 10^{-10}$	0,050	$1,7\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,100	$2,6\ 10^{-10}$	0,050	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$
		S	0,100	$2,7\ 10^{-10}$	0,050	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
Cd-107	6,49 h	F	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	0,050	$1,7\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
		M	0,100	$5,2\ 10^{-10}$	0,050	$3,7\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-11}$
		S	0,100	$5,5\ 10^{-10}$	0,050	$3,9\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$7,7\ 10^{-11}$
Cd-109	1,27 a	F	0,100	$4,5\ 10^{-8}$	0,050	$3,7\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$9,3\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-9}$
		M	0,100	$3,0\ 10^{-8}$	0,050	$2,3\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$
		S	0,100	$2,7\ 10^{-8}$	0,050	$2,1\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$
Cd-113	$9,30\ 10^{15}$ a	F	0,100	$2,6\ 10^{-7}$	0,050	$2,4\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$1,2\ 10^{-7}$	$1,2\ 10^{-7}$
		M	0,100	$1,2\ 10^{-7}$	0,050	$1,0\ 10^{-7}$	$7,6\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-8}$
		S	0,100	$7,8\ 10^{-8}$	0,050	$5,8\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$
Cd-113m	13,6 a	F	0,100	$3,0\ 10^{-7}$	0,050	$2,7\ 10^{-7}$	$1,8\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$
		M	0,100	$1,4\ 10^{-7}$	0,050	$1,2\ 10^{-7}$	$8,1\ 10^{-8}$	$6,0\ 10^{-8}$	$5,3\ 10^{-8}$	$5,2\ 10^{-8}$
		S	0,100	$1,1\ 10^{-7}$	0,050	$8,4\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-8}$	$3,9\ 10^{-8}$	$3,3\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Cd-115	2,23 d	F	0,100	$4,0\ 10^{-9}$	0,050	$2,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
		M	0,100	$6,7\ 10^{-9}$	0,050	$4,8\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-10}$
		S	0,100	$7,2\ 10^{-9}$	0,050	$5,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Cd-115m	44,6 d	F	0,100	$4,6\ 10^{-8}$	0,050	$3,2\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$
		M	0,100	$4,0\ 10^{-8}$	0,050	$2,5\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$9,4\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$
		S	0,100	$3,9\ 10^{-8}$	0,050	$3,0\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-9}$
Cd-117	2,49 h	F	0,100	$7,4\ 10^{-10}$	0,050	$5,2\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$6,7\ 10^{-11}$
		M	0,100	$1,3\ 10^{-9}$	0,050	$9,3\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		S	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	0,050	$9,8\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Cd-117m	3,36 h	F	0,100	$8,9\ 10^{-10}$	0,050	$6,7\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$
		M	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
		S	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	0,050	$1,1\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Indio										
In-109	4,20 h	F	0,040	$2,6\ 10^{-10}$	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
		M	0,040	$3,3\ 10^{-10}$	0,020	$2,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$
In-110	4,90 h	F	0,040	$8,2\ 10^{-10}$	0,020	$7,1\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		M	0,040	$9,9\ 10^{-10}$	0,020	$8,3\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
In-110	1,15 h	F	0,040	$3,0\ 10^{-10}$	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
		M	0,040	$4,5\ 10^{-10}$	0,020	$3,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
In-111	2,83 d	F	0,040	$1,2\ 10^{-9}$	0,020	$8,6\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
		M	0,040	$1,5\ 10^{-9}$	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
In-112	0,240 h	F	0,040	$4,4\ 10^{-11}$	0,020	$3,0\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$8,7\ 10^{-12}$	$5,4\ 10^{-12}$	$4,7\ 10^{-12}$
		M	0,040	$6,5\ 10^{-11}$	0,020	$4,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$8,7\ 10^{-12}$	$7,4\ 10^{-12}$
In-113m	1,66 h	F	0,040	$1,0\ 10^{-10}$	0,020	$7,0\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,7\ 10^{-12}$
		M	0,040	$1,6\ 10^{-10}$	0,020	$1,1\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
In-114m	49,5 d	F	0,040	$1,2\ 10^{-7}$	0,020	$7,7\ 10^{-8}$	$3,4\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,3\ 10^{-9}$
		M	0,040	$4,8\ 10^{-8}$	0,020	$3,3\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$7,8\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$
In-115	$5,10\ 10^{15}$ a	F	0,040	$8,3\ 10^{-7}$	0,020	$7,8\ 10^{-7}$	$5,5\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-7}$	$4,2\ 10^{-7}$	$3,9\ 10^{-7}$
		M	0,040	$3,0\ 10^{-7}$	0,020	$2,8\ 10^{-7}$	$2,1\ 10^{-7}$	$1,9\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$
In-115m	4,49 h	F	0,040	$2,8\ 10^{-10}$	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,040	$4,7\ 10^{-10}$	0,020	$3,3\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$
In-116m	0,902 h	F	0,040	$2,5\ 10^{-10}$	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
		M	0,040	$3,6\ 10^{-10}$	0,020	$2,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$
In-117	0,730 h	F	0,040	$1,4\ 10^{-10}$	0,020	$9,7\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		M	0,040	$2,3\ 10^{-10}$	0,020	$1,6\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
In-117m	1,94 h	F	0,040	$3,4\ 10^{-10}$	0,020	$2,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
		M	0,040	$6,0\ 10^{-10}$	0,020	$4,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$
In-119m	0,300 h	F	0,040	$1,2\ 10^{-10}$	0,020	$7,3\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
		M	0,040	$1,8\ 10^{-10}$	0,020	$1,1\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Stagno										
Sn-110	4,00 h	F	0,040	$1,0\ 10^{-9}$	0,020	$7,6\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$
		M	0,040	$1,5\ 10^{-9}$	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
Sn-111	0,588 h	F	0,040	$7,7\ 10^{-11}$	0,020	$5,4\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$9,4\ 10^{-12}$	$7,8\ 10^{-12}$
		M	0,040	$1,1\ 10^{-10}$	0,020	$8,0\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
Sn-113	115 d	F	0,040	$5,1\ 10^{-9}$	0,020	$3,7\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
		M	0,040	$1,3\ 10^{-8}$	0,020	$1,0\ 10^{-8}$	$5,8\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$
Sn-117m	13,6 d	F	0,040	$3,3\ 10^{-9}$	0,020	$2,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$
		M	0,040	$1,0\ 10^{-8}$	0,020	$7,7\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Sn-119m	293 d	F	0,040	$3,0\ 10^{-9}$	0,020	$2,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$
		M	0,040	$1,0\ 10^{-8}$	0,020	$7,9\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
Sn-121	1,13 d	F	0,040	$7,7\ 10^{-10}$	0,020	$5,0\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
		M	0,040	$1,5\ 10^{-9}$	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
Sn-121m	55,0 a	F	0,040	$6,9\ 10^{-9}$	0,020	$5,4\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-10}$
		M	0,040	$1,9\ 10^{-8}$	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	$9,2\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$
Sn-123	129 d	F	0,040	$1,4\ 10^{-8}$	0,020	$9,9\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
		M	0,040	$4,0\ 10^{-8}$	0,020	$3,1\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Sn-123m	0,668 h	F	0,040	$1,4\ 10^{-10}$	0,020	$8,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		M	0,040	$2,3\ 10^{-10}$	0,020	$1,5\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
Sn-125	9,64 d	F	0,040	$1,2\ 10^{-8}$	0,020	$8,0\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$
		M	0,040	$2,1\ 10^{-8}$	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$
Sn-126	$1,00\ 10^{5}$ a	F	0,040	$7,3\ 10^{-8}$	0,020	$5,9\ 10^{-8}$	$3,2\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$
		M	0,040	$1,2\ 10^{-7}$	0,020	$1,0\ 10^{-7}$	$6,2\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$	$3,3\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$
Sn-127	2,10 h	F	0,040	$6,6\ 10^{-10}$	0,020	$4,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
		M	0,040	$1,0\ 10^{-9}$	0,020	$7,4\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Sn-128	0,985 h	F	0,040	$5,1\ 10^{-10}$	0,020	$3,6\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$
		M	0,040	$8,0\ 10^{-10}$	0,020	$5,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$
Antimonio										
Sb-115	0,530 h	F	0,200	$8,1\ 10^{-11}$	0,100	$5,9\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,5\ 10^{-12}$
		M	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	0,010	$8,3\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	0,010	$8,6\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
Sb-116	0,263 h	F	0,200	$8,4\ 10^{-11}$	0,100	$6,2\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$9,1\ 10^{-12}$
		M	0,020	$1,1\ 10^{-10}$	0,010	$8,2\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	0,010	$8,5\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
Sb-116m	1,00 h	F	0,200	$2,6\ 10^{-10}$	0,100	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
		M	0,020	$3,6\ 10^{-10}$	0,010	$2,8\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,7\ 10^{-10}$	0,010	$2,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$
Sb-117	2,80 h	F	0,200	$7,7\ 10^{-11}$	0,100	$6,0\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,5\ 10^{-12}$
		M	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	0,010	$9,1\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,3\ 10^{-10}$	0,010	$9,5\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Sb-118m	5,00 h	F	0,200	$7,3\ 10^{-10}$	0,100	$6,2\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$
		M	0,020	$9,3\ 10^{-10}$	0,010	$7,6\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$9,5\ 10^{-10}$	0,010	$7,8\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Sb-119	1,59 d	F	0,200	$2,7\ 10^{-10}$	0,100	$2,0\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		M	0,020	$4,0\ 10^{-10}$	0,010	$2,8\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,1\ 10^{-10}$	0,010	$2,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
Sb-120	5,76 d	F	0,200	$4,1\ 10^{-9}$	0,100	$3,3\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
		M	0,020	$6,3\ 10^{-9}$	0,010	$5,0\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
		S	0,020	$6,6\ 10^{-9}$	0,010	$5,3\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Sb-120	0,265 h	F	0,200	$4,6\ 10^{-11}$	0,100	$3,1\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$8,9\ 10^{-12}$	$5,4\ 10^{-12}$	$4,6\ 10^{-12}$
		M	0,020	$6,6\ 10^{-11}$	0,010	$4,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-12}$	$7,0\ 10^{-12}$
		S	0,020	$6,8\ 10^{-11}$	0,010	$4,6\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$8,7\ 10^{-12}$	$7,3\ 10^{-12}$
Sb-122	2,70 d	F	0,200	$4,2\ 10^{-9}$	0,100	$2,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$
		M	0,020	$8,3\ 10^{-9}$	0,010	$5,7\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
		S	0,020	$8,8\ 10^{-9}$	0,010	$6,1\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Sb-124	60,2 d	F	0,200	$1,2\ 10^{-8}$	0,100	$8,8\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
		M	0,020	$3,1\ 10^{-8}$	0,010	$2,4\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$9,6\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$3,9\ 10^{-8}$	0,010	$3,1\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,6\ 10^{-9}$
Sb-124m	0,337 h	F	0,200	$2,7\ 10^{-11}$	0,100	$1,9\ 10^{-11}$	$9,0\ 10^{-12}$	$5,6\ 10^{-12}$	$3,4\ 10^{-12}$	$2,8\ 10^{-12}$
		M	0,020	$4,3\ 10^{-11}$	0,010	$3,1\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$9,6\ 10^{-12}$	$6,5\ 10^{-12}$	$5,4\ 10^{-12}$
		S	0,020	$4,6\ 10^{-11}$	0,010	$3,3\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-12}$	$5,9\ 10^{-12}$
Sb-125	2,77 a	F	0,200	$8,7\ 10^{-9}$	0,100	$6,8\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
		M	0,020	$2,0\ 10^{-8}$	0,010	$1,6\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$6,8\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$
		S	0,020	$4,2\ 10^{-8}$	0,010	$3,8\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$
Sb-126	12,4 d	F	0,200	$8,8\ 10^{-9}$	0,100	$6,6\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
		M	0,020	$1,7\ 10^{-8}$	0,010	$1,3\ 10^{-8}$	$7,4\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,9\ 10^{-8}$	0,010	$1,5\ 10^{-8}$	$8,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$
Sb-126m	0,317 h	F	0,200	$1,2\ 10^{-10}$	0,100	$8,2\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1,7\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,8\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
Sb-127	3,85 d	F	0,200	$5,1\ 10^{-9}$	0,100	$3,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,7\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
		M	0,020	$1,0\ 10^{-8}$	0,010	$7,3\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,1\ 10^{-8}$	0,010	$7,9\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Sb-128	9,01 h	F	0,200	$2{,}1\ 10^{-9}$	0,100	$1{,}7\ 10^{-9}$	$8{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$
		M	0,020	$3{,}3\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3{,}4\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}2\ 10^{-10}$
Sb-128	0,173 h	F	0,200	$9{,}8\ 10^{-11}$	0,100	$6{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}0\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}0\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1{,}3\ 10^{-10}$	0,010	$9{,}2\ 10^{-11}$	$4{,}3\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$	$1{,}7\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1{,}4\ 10^{-10}$	0,010	$9{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$	$1{,}8\ 10^{-11}$	$1{,}5\ 10^{-11}$
Sb-129	4,32 h	F	0,200	$1{,}1\ 10^{-9}$	0,100	$8{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2{,}0\ 10^{-9}$	0,010	$1{,}4\ 10^{-9}$	$6{,}8\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2{,}1\ 10^{-9}$	0,010	$1{,}5\ 10^{-9}$	$7{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$
Sb-130	0,667 h	F	0,200	$3{,}0\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$
		M	0,020	$4{,}5\ 10^{-10}$	0,010	$3{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$9{,}8\ 10^{-11}$	$6{,}3\ 10^{-11}$	$5{,}1\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4{,}6\ 10^{-10}$	0,010	$3{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$6{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$
Sb-131	0,383 h	F	0,200	$3{,}5\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$7{,}7\ 10^{-11}$	$4{,}6\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$
		M	0,020	$3{,}9\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}0\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3{,}8\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$7{,}9\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}4\ 10^{-11}$
Tellurio										
Te-116	2,49 h	F	0,600	$5{,}3\ 10^{-10}$	0,300	$4{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$7{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}8\ 10^{-11}$
		M	0,200	$8{,}6\ 10^{-10}$	0,100	$6{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$9{,}1\ 10^{-10}$	0,010	$6{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
Te-121	17,0 d	F	0,600	$1{,}7\ 10^{-9}$	0,300	$1{,}4\ 10^{-9}$	$7{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$
		M	0,200	$2{,}3\ 10^{-9}$	0,100	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$6{,}8\ 10^{-10}$	$4{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2{,}4\ 10^{-9}$	0,010	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$7{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-10}$	$4{,}1\ 10^{-10}$
Te-121m	154 d	F	0,600	$1{,}4\ 10^{-8}$	0,300	$1{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$
		M	0,200	$1{,}9\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}5\ 10^{-8}$	$8{,}8\ 10^{-9}$	$6{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}1\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2{,}3\ 10^{-8}$	0,010	$1{,}9\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$8{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}7\ 10^{-9}$
Te-123	$1{,}00\ 10^{13}$ a	F	0,600	$1{,}1\ 10^{-8}$	0,300	$9{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}2\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$4{,}0\ 10^{-9}$	$3{,}9\ 10^{-9}$
		M	0,200	$5{,}6\ 10^{-9}$	0,100	$4{,}4\ 10^{-9}$	$3{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$
		S	0,020	$5{,}3\ 10^{-9}$	0,010	$5{,}0\ 10^{-9}$	$3{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$
Te-123m	120 d	F	0,600	$9{,}8\ 10^{-9}$	0,300	$6{,}8\ 10^{-9}$	$3{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}5\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1{,}8\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}3\ 10^{-8}$	$8{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-9}$	$4{,}0\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2{,}0\ 10^{-8}$	0,010	$1{,}6\ 10^{-8}$	$9{,}8\ 10^{-9}$	$7{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}1\ 10^{-9}$
Te-125m	58,0 d	F	0,600	$6{,}2\ 10^{-9}$	0,300	$4{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1{,}5\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}1\ 10^{-8}$	$6{,}6\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$4{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1{,}7\ 10^{-8}$	0,010	$1{,}3\ 10^{-8}$	$7{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}3\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$
Te-127	9,35 h	F	0,600	$4{,}3\ 10^{-10}$	0,300	$3{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1{,}0\ 10^{-9}$	0,100	$7{,}3\ 10^{-10}$	$3{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1{,}2\ 10^{-9}$	0,010	$7{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$
Te-127m	109 d	F	0,600	$2{,}1\ 10^{-8}$	0,300	$1{,}4\ 10^{-8}$	$6{,}5\ 10^{-9}$	$3{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$
		M	0,200	$3{,}5\ 10^{-8}$	0,100	$2{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}1\ 10^{-8}$	$9{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$4{,}1\ 10^{-8}$	0,010	$3{,}3\ 10^{-8}$	$2{,}0\ 10^{-8}$	$1{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$9{,}8\ 10^{-9}$
Te-129	1,16 h	F	0,600	$1{,}8\ 10^{-10}$	0,300	$1{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}9\ 10^{-11}$	$1{,}6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3{,}3\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}2\ 10^{-10}$	$9{,}9\ 10^{-11}$	$6{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}4\ 10^{-11}$	$3{,}7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3{,}5\ 10^{-10}$	0,010	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$6{,}9\ 10^{-11}$	$4{,}7\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$
Te-129m	33,6 d	F	0,600	$2{,}0\ 10^{-8}$	0,300	$1{,}3\ 10^{-8}$	$5{,}8\ 10^{-9}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$
		M	0,200	$3{,}5\ 10^{-8}$	0,100	$2{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}4\ 10^{-8}$	$9{,}8\ 10^{-9}$	$8{,}0\ 10^{-9}$	$6{,}6\ 10^{-9}$
		S	0,020	$3{,}8\ 10^{-8}$	0,010	$2{,}9\ 10^{-8}$	$1{,}7\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$9{,}6\ 10^{-9}$	$7{,}9\ 10^{-9}$
Te-131	0,417 h	F	0,600	$2{,}3\ 10^{-10}$	0,300	$2{,}0\ 10^{-10}$	$9{,}9\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$2{,}3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2{,}6\ 10^{-10}$	0,100	$1{,}7\ 10^{-10}$	$8{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}2\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2{,}4\ 10^{-10}$	0,010	$1{,}6\ 10^{-10}$	$7{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$
Te-131m	1,25 d	F	0,600	$8{,}7\ 10^{-9}$	0,300	$7{,}6\ 10^{-9}$	$3{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$8{,}6\ 10^{-10}$
		M	0,200	$7{,}9\ 10^{-9}$	0,100	$5{,}8\ 10^{-9}$	$3{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$9{,}4\ 10^{-10}$
		S	0,020	$7{,}0\ 10^{-9}$	0,010	$5{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}1\ 10^{-10}$
Te-132	3,26 d	F	0,600	$2{,}2\ 10^{-8}$	0,300	$1{,}8\ 10^{-8}$	$8{,}5\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$
		M	0,200	$1{,}6\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}3\ 10^{-8}$	$6{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1{,}5\ 10^{-8}$	0,010	$1{,}1\ 10^{-8}$	$5{,}8\ 10^{-9}$	$3{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$
Te-133	0,207 h	F	0,600	$2{,}4\ 10^{-10}$	0,300	$2{,}1\ 10^{-10}$	$9{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$	$1{,}9\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		M	0,200	$2,0\ 10^{-10}$	0,100	$1,3\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,7\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
Te-133m	0,923 h	F	0,600	$1,0\ 10^{-9}$	0,300	$8,9\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$8,5\ 10^{-10}$	0,100	$5,8\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$7,4\ 10^{-10}$	0,010	$5,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$
Te-134	0,696 h	F	0,600	$4,7\ 10^{-10}$	0,300	$3,7\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
		M	0,200	$5,5\ 10^{-10}$	0,100	$3,9\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$5,6\ 10^{-10}$	0,010	$4,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$
Iodio										
I-120	1,35 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	1,000	$1,0\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,1\ 10^{-9}$	0,100	$7,3\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,0\ 10^{-9}$	0,010	$6,9\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
I-120m	0,883 h	F	1,000	$8,6\ 10^{-10}$	1,000	$6,9\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$8,2\ 10^{-10}$	0,100	$5,9\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$8,2\ 10^{-10}$	0,010	$5,8\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$
I-121	2,12 h	F	1,000	$2,3\ 10^{-10}$	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,1\ 10^{-10}$	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	0,010	$1,4\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
I-123	13,2 h	F	1,000	$8,7\ 10^{-10}$	1,000	$7,9\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$5,3\ 10^{-10}$	0,100	$3,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$6,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,3\ 10^{-10}$	0,010	$3,2\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
I-124	4,18 d	F	1,000	$4,7\ 10^{-8}$	1,000	$4,5\ 10^{-8}$	$2,2\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,7\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$
		M	0,200	$1,4\ 10^{-8}$	0,100	$9,3\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
		S	0,020	$6,2\ 10^{-9}$	0,010	$4,4\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$
I-125	60,1 d	F	1,000	$2,0\ 10^{-8}$	1,000	$2,3\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,2\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$
		M	0,200	$6,9\ 10^{-9}$	0,100	$5,6\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2,4\ 10^{-9}$	0,010	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
I-126	13,0 d	F	1,000	$8,1\ 10^{-8}$	1,000	$8,3\ 10^{-8}$	$4,5\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$9,8\ 10^{-9}$
		M	0,200	$2,4\ 10^{-8}$	0,100	$1,7\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$
		S	0,020	$8,3\ 10^{-9}$	0,010	$5,9\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
I-128	0,416 h	F	1,000	$1,5\ 10^{-10}$	1,000	$1,1\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,2\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	0,010	$1,2\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
I-129	$1,57\ 10^{7}$ a	F	1,000	$7,2\ 10^{-8}$	1,000	$8,6\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-8}$	$6,7\ 10^{-8}$	$4,6\ 10^{-8}$	$3,6\ 10^{-8}$
		M	0,200	$3,6\ 10^{-8}$	0,100	$3,3\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-8}$	0,010	$2,6\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,8\ 10^{-9}$
I-130	12,4 h	F	1,000	$8,2\ 10^{-9}$	1,000	$7,4\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4,3\ 10^{-9}$	0,100	$3,1\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,3\ 10^{-9}$	0,010	$2,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$
I-131	8,04 d	F	1,000	$7,2\ 10^{-8}$	1,000	$7,2\ 10^{-8}$	$3,7\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,4\ 10^{-9}$
		M	0,200	$2,2\ 10^{-8}$	0,100	$1,5\ 10^{-8}$	$8,2\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
		S	0,020	$8,8\ 10^{-9}$	0,010	$6,2\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
I-132	2,30 h	F	1,000	$1,1\ 10^{-9}$	1,000	$9,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$9,9\ 10^{-10}$	0,100	$7,3\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$9,3\ 10^{-10}$	0,010	$6,8\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
I-132m	1,39 h	F	1,000	$9,6\ 10^{-10}$	1,000	$8,4\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$
		M	0,200	$7,2\ 10^{-10}$	0,100	$5,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6,6\ 10^{-10}$	0,010	$4,8\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$
I-133	20,8 h	F	1,000	$1,9\ 10^{-8}$	1,000	$1,8\ 10^{-8}$	$8,3\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
		M	0,200	$6,6\ 10^{-9}$	0,100	$4,4\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,8\ 10^{-9}$	0,010	$2,9\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
I-134	0,876 h	F	1,000	$4,6\ 10^{-10}$	1,000	$3,7\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,8\ 10^{-10}$	0,100	$3,4\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,8\ 10^{-10}$	0,010	$3,4\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$
I-135	6,61 h	F	1,000	$4,1\ 10^{-9}$	1,000	$3,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$
		M	0,200	$2,2\ 10^{-9}$	0,100	$1,6\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		S	0,020	$1,8\ 10^{-9}$	0,010	$1,3\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Cesio										
Cs-125	0,750 h	F	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	1,000	$8,3\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,0\ 10^{-10}$	0,100	$1,4\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	0,010	$1,4\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
Cs-127	6,25 h	F	1,000	$1,6\ 10^{-10}$	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,8\ 10^{-10}$	0,100	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,0\ 10^{-10}$	0,010	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$
Cs-129	1,34 d	F	1,000	$3,4\ 10^{-10}$	1,000	$2,8\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$5,7\ 10^{-10}$	0,100	$4,6\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6,3\ 10^{-10}$	0,010	$4,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$7,7\ 10^{-11}$
Cs-130	0,498 h	F	1,000	$8,3\ 10^{-11}$	1,000	$5,6\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$9,4\ 10^{-12}$	$7,8\ 10^{-12}$
		M	0,200	$1,3\ 10^{-10}$	0,100	$8,7\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,4\ 10^{-10}$	0,010	$9,0\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
Cs-131	9,69 d	F	1,000	$2,4\ 10^{-10}$	1,000	$1,7\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,5\ 10^{-10}$	0,100	$2,6\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,8\ 10^{-10}$	0,010	$2,8\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
Cs-132	6,48 d	F	1,000	$1,5\ 10^{-9}$	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,9\ 10^{-9}$	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,0\ 10^{-9}$	0,010	$1,6\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$
Cs-134	2,06 a	F	1,000	$1,1\ 10^{-8}$	1,000	$7,3\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$
		M	0,200	$3,2\ 10^{-8}$	0,100	$2,6\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$7,0\ 10^{-8}$	0,010	$6,3\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$
Cs-134m	2,90 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	1,000	$8,6\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,3\ 10^{-10}$	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,6\ 10^{-10}$	0,010	$2,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
Cs-135	$2,30\ 10^{6}$ a	F	1,000	$1,7\ 10^{-9}$	1,000	$9,9\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,2\ 10^{-8}$	0,100	$9,3\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2,7\ 10^{-8}$	0,010	$2,4\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-9}$
Cs-135m	0,883 h	F	1,000	$9,2\ 10^{-11}$	1,000	$7,8\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,2\ 10^{-10}$	0,100	$9,9\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	0,010	$1,0\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Cs-136	13,1 d	F	1,000	$7,3\ 10^{-9}$	1,000	$5,2\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
		M	0,200	$1,3\ 10^{-8}$	0,100	$1,0\ 10^{-8}$	$6,0\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	0,010	$1,1\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$
Cs-137	30,0 a	F	1,000	$8,8\ 10^{-9}$	1,000	$5,4\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$
		M	0,200	$3,6\ 10^{-8}$	0,100	$2,9\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,7\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,1\ 10^{-7}$	0,010	$1,0\ 10^{-7}$	$7,0\ 10^{-8}$	$4,8\ 10^{-8}$	$4,2\ 10^{-8}$	$3,9\ 10^{-8}$
Cs-138	0,536 h	F	1,000	$2,6\ 10^{-10}$	1,000	$1,8\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,0\ 10^{-10}$	0,100	$2,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,2\ 10^{-10}$	0,010	$2,8\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$
Bario[e)]										
Ba-126	1,61 h	F	0,600	$6,7\ 10^{-10}$	0,200	$5,2\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,0\ 10^{-9}$	0,100	$7,0\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	0,010	$7,2\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Ba-128	2,43 d	F	0,600	$5,9\ 10^{-9}$	0,200	$5,4\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,1\ 10^{-8}$	0,100	$7,8\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,2\ 10^{-8}$	0,010	$8,3\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Ba-131	11,8 d	F	0,600	$2,1\ 10^{-9}$	0,200	$1,4\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
		M	0,200	$3,7\ 10^{-9}$	0,100	$3,1\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,7\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,0\ 10^{-9}$	0,010	$3,0\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$
Ba-131m	0,243 h	F	0,600	$2,7\ 10^{-11}$	0,200	$2,1\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$6,7\ 10^{-12}$	$4,7\ 10^{-12}$	$4,0\ 10^{-12}$
		M	0,200	$4,8\ 10^{-11}$	0,100	$3,3\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,0\ 10^{-12}$	$7,4\ 10^{-12}$
		S	0,020	$5,0\ 10^{-11}$	0,010	$3,5\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,5\ 10^{-12}$	$7,8\ 10^{-12}$

[e)] Il valore f_1 per le persone di età compresa fra 1 e 15 anni per il tipo F è 0,3.

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Ba-133	10,7 a	F	0,600	$1,1\ 10^{-8}$	0,200	$4,5\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
		M	0,200	$1,5\ 10^{-8}$	0,100	$1,0\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$3,2\ 10^{-8}$	0,010	$2,9\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$
Ba-133m	1,62 d	F	0,600	$1,4\ 10^{-9}$	0,200	$1,1\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
		M	0,200	$3,0\ 10^{-9}$	0,100	$2,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,1\ 10^{-9}$	0,010	$2,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$
Ba-135m	1,20 d	F	0,600	$1,1\ 10^{-9}$	0,200	$1,0\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
		M	0,200	$2,4\ 10^{-9}$	0,100	$1,8\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,7\ 10^{-9}$	0,010	$1,9\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$
Ba-139	1,38 h	F	0,600	$3,3\ 10^{-10}$	0,200	$2,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$
		M	0,200	$5,4\ 10^{-10}$	0,100	$3,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$5,7\ 10^{-10}$	0,010	$3,6\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$
Ba-140	12,7 d	F	0,600	$1,4\ 10^{-8}$	0,200	$7,8\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
		M	0,200	$2,7\ 10^{-8}$	0,100	$2,0\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-8}$	0,010	$2,2\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$8,6\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$
Ba-141	0,305 h	F	0,600	$1,9\ 10^{-10}$	0,200	$1,4\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,0\ 10^{-10}$	0,100	$2,0\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,2\ 10^{-10}$	0,010	$2,1\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$
Ba-142	0,177 h	F	0,600	$1,3\ 10^{-10}$	0,200	$9,6\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,8\ 10^{-10}$	0,100	$1,3\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
Lantanio										
La-131	0,983 h	F	0,005	$1,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		M	0,005	$1,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
La-132	4,80 h	F	0,005	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,7\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,005	$1,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
La-135	19,5 h	F	0,005	$1,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,7\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
		M	0,005	$1,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
La-137	$6,00\ 10^{4}$ a	F	0,005	$2,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-9}$
		M	0,005	$8,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$
La-138	$1,35\ 10^{11}$ a	F	0,005	$3,7\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-7}$	$2,4\ 10^{-7}$	$1,8\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$	$1,5\ 10^{-7}$
		M	0,005	$1,3\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-7}$	$9,1\ 10^{-8}$	$6,8\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-8}$
La-140	1,68 d	F	0,005	$5,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,2\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$
		M	0,005	$8,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,3\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
La-141	3,93 h	F	0,005	$8,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$
		M	0,005	$1,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,3\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
La-142	1,54 h	F	0,005	$5,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,8\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$
		M	0,005	$8,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,7\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$
La-143	0,237 h	F	0,005	$1,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,6\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
		M	0,005	$2,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
Cerio										
Ce-134	3,00 d	F	0,005	$7,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,3\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$
		M	0,005	$1,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,6\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,0\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Ce-135	17,6 h	F	0,005	$2,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$
		S	0,005	$3,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$
Ce-137	9,00 h	F	0,005	$7,5\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,6\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$8,7\ 10^{-12}$	$7,0\ 10^{-12}$
		M	0,005	$1,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,6\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,8\ 10^{-12}$
		S	0,005	$1,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,8\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
Ce-137m	1,43 d	F	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$
		S	0,005	$3,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
Ce-139	138 d	F	0,005	$1,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,5\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
		M	0,005	$7,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,1\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
		S	0,005	$7,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,3\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Ce-141	32,5 d	F	0,005	$1,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,3\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$
		M	0,005	$1,4\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,3\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-8}$	$7,1\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$
Ce-143	1,38 d	F	0,005	$3,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
		M	0,005	$5,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-10}$
		S	0,005	$5,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$
Ce-144	284 d	F	0,005	$3,6\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,7\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$7,8\ 10^{-8}$	$4,8\ 10^{-8}$	$4,0\ 10^{-8}$
		M	0,005	$1,9\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-7}$	$8,8\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$	$3,6\ 10^{-8}$
		S	0,005	$2,1\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$	$7,3\ 10^{-8}$	$5,8\ 10^{-8}$	$5,3\ 10^{-8}$
Praseodimio										
Pr-136	0,218 h	M	0,005	$1,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,8\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,0\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
Pr-137	1,28 h	M	0,005	$1,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
Pr-138m	2,10 h	M	0,005	$5,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$
		S	0,005	$6,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,7\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
Pr-139	4,51 h	M	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
Pr-142	19,1 h	M	0,005	$5,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
		S	0,005	$5,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Pr-142m	0,243h	M	0,005	$6,7\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$7,9\ 10^{-12}$	$6,6\ 10^{-12}$
		S	0,005	$7,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,7\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$8,4\ 10^{-12}$	$7,0\ 10^{-12}$
Pr-143	13,6 d	M	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,4\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,3\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,2\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Pr-144	0,288 h	M	0,005	$1,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
Pr-145	5,98 h	M	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		S	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Pr-147	0,227 h	M	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
Neodimio										
Nd-136	0,844 h	M	0,005	$4,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$
		S	0,005	$4,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,3\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Nd-138	5,04 h	M	0,005	$2,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
		S	0,005	$2,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
Nd-139	0,495 h	M	0,005	$9,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,2\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,9\ 10^{-12}$
		S	0,005	$9,4\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,4\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
Nd-139m	5,50 h	M	0,005	$1,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,8\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
		S	0,005	$1,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,1\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
Nd-141	2,49 h	M	0,005	$4,1\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$9,6\ 10^{-12}$	$6,0\ 10^{-12}$	$4,8\ 10^{-12}$
		S	0,005	$4,3\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-12}$	$5,0\ 10^{-12}$
Nd-147	11,0 d	M	0,005	$1,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,0\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,6\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Nd-149	1,73 h	M	0,005	$6,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$
		S	0,005	$7,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$
Nd-151	0,207 h	M	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,9\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Prometio										
Pm-141	0,348 h	M	0,005	$1,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,4\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,7\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
Pm-143	265 d	M	0,005	$6,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
		S	0,005	$5,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,8\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Pm-144	363 d	M	0,005	$3,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,8\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$9,3\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-9}$
		S	0,005	$2,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-9}$
Pm-145	17,7 a	M	0,005	$1,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,8\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$
		S	0,005	$7,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,5\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Pm-146	5,53 a	M	0,005	$6,4\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,9\ 10^{-8}$	$3,9\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$	$2,2\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$
		S	0,005	$5,3\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,9\ 10^{-8}$	$3,3\ 10^{-8}$	$2,2\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$
Pm-147	2,62 a	M	0,005	$2,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,0\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$6,8\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$
Pm-148	5,37 d	M	0,005	$1,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-8}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
Pm-148m	41,3 d	M	0,005	$2,4\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,7\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$
		S	0,005	$2,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$8,3\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-9}$
Pm-149	2,21 d	M	0,005	$5,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-10}$
		S	0,005	$5,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$
Pm-150	2,68 h	M	0,005	$1,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
		S	0,005	$1,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,2\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Pm-151	1,18 d	M	0,005	$3,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
		S	0,005	$3,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$
Samario										
Sm-141	0,170 h	M	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
Sm-141m	0,377 h	M	0,005	$3,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
Sm-142	1,21 h	M	0,005	$7,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$
Sm-145	340 d	M	0,005	$8,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,8\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
Sm-146	$1,03\ 10^{8}$ a	M	0,005	$2,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$
Sm-147	$1,06\ 10^{11}$ a	M	0,005	$2,5\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$9,6\ 10^{-6}$	$9,6\ 10^{-6}$
Sm-151	90,0 a	M	0,005	$1,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-8}$	$6,7\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$
Sm-153	1,95 d	M	0,005	$4,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
Sm-155	0,368 h	M	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,9\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Sm-156	9,40 h	M	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Europio										
Eu-145	5,94 d	M	0,005	$3,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Eu-146	4,61 d	M	0,005	$5,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$
Eu-147	24,0 d	M	0,005	$4,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Eu-148	54,5 d	M	0,005	$1,4\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-8}$	$6,8\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$
Eu-149	93,1 d	M	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
Eu-150	34,2 a	M	0,005	$1,1\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-7}$	$7,8\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-8}$	$5,3\ 10^{-8}$	$5,3\ 10^{-8}$
Eu-150	12,6 h	M	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Eu-152	13,3 a	M	0,005	$1,1\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-7}$	$7,0\ 10^{-8}$	$4,9\ 10^{-8}$	$4,3\ 10^{-8}$	$4,2\ 10^{-8}$
Eu-152m	9,32 h	M	0,005	$1,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Eu-154	8,80 a	M	0,005	$1,6\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-7}$	$9,7\ 10^{-8}$	$6,5\ 10^{-8}$	$5,6\ 10^{-8}$	$5,3\ 10^{-8}$
Eu-155	4,96 a	M	0,005	$2,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$9,2\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-9}$
Eu-156	15,2 d	M	0,005	$1,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-8}$	$7,7\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$
Eu-157	15,1 h	M	0,005	$2,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$
Eu-158	0,765 h	M	0,005	$4,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
Gadolinio										
Gd-145	0,382 h	F	0,005	$1,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,6\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,005	$1,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
Gd-146	48,3 d	F	0,005	$2,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$7,8\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$
		M	0,005	$2,8\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$9,3\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$
Gd-147	1,59 d	F	0,005	$2,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
		M	0,005	$2,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
Gd-148	93,0 a	F	0,005	$8,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,6\ 10^{-5}$	$4,7\ 10^{-5}$	$3,2\ 10^{-5}$	$2,6\ 10^{-5}$	$2,6\ 10^{-5}$
		M	0,005	$3,2\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,3\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$
Gd-149	9,40 d	F	0,005	$2,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$
Gd-151	120 d	F	0,005	$6,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,9\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-10}$
		M	0,005	$4,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$
Gd-152	$1,08\ 10^{14}$ a	F	0,005	$5,9\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-5}$	$3,4\ 10^{-5}$	$2,4\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$
		M	0,005	$2,1\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,3\ 10^{-5}$	$8,9\ 10^{-6}$	$7,9\ 10^{-6}$	$8,0\ 10^{-6}$
Gd-153	242 d	F	0,005	$1,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-8}$	$6,5\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		M	0,005	$9,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
Gd-159	18,6 h	F	0,005	$1,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,9\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,005	$2,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
Terbio										
Tb-147	1,65 h	M	0,005	$6,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$7,6\ 10^{-11}$
Tb-149	4,15 h	M	0,005	$2,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-8}$	$9,6\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$
Tb-150	3,27 h	M	0,005	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,4\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Tb-151	17,6 h	M	0,005	$1,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
Tb-153	2,34 d	M	0,005	$1,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Tb-154	21,4 h	M	0,005	$2,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$
Tb-155	5,32 d	M	0,005	$1,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Tb-156	5,34 d	M	0,005	$7,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Tb-156m	1,02 d	M	0,005	$1,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,4\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Tb-156m	5,00 h	M	0,005	$6,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$
Tb-157	$1,50\ 10^{2}$ a	M	0,005	$3,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Tb-158	$1,50\ 10^{2}$ a	M	0,005	$1,1\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-7}$	$7,0\ 10^{-8}$	$5,1\ 10^{-8}$	$4,7\ 10^{-8}$	$4,6\ 10^{-8}$
Tb-160	72,3 d	M	0,005	$3,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,6\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-9}$
Tb-161	6,91 d	M	0,005	$6,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,7\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Disprosio										
Dy-155	10,0 h	M	0,005	$5,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$	$7,7\ 10^{-11}$
Dy-157	8,10 h	M	0,005	$2,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$
Dy-159	144 d	M	0,005	$2,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$
Dy-165	2,33 h	M	0,005	$5,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,4\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
Dy-166	3,40 d	M	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,3\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
Olmio										
Ho-155	0,800 h	M	0,005	$1,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
Ho-157	0,210 h	M	0,005	$3,4\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$8,0\ 10^{-12}$	$5,1\ 10^{-12}$	$4,2\ 10^{-12}$
Ho-159	0,550 h	M	0,005	$4,6\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,3\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-12}$	$6,1\ 10^{-12}$
Ho-161	2,50 h	M	0,005	$5,7\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-12}$	$6,0\ 10^{-12}$
Ho-162	0,250 h	M	0,005	$2,1\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-12}$	$4,8\ 10^{-12}$	$3,4\ 10^{-12}$	$2,8\ 10^{-12}$
Ho-162m	1,13 h	M	0,005	$1,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
Ho-164	0,483 h	M	0,005	$6,8\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$9,9\ 10^{-12}$	$8,4\ 10^{-12}$
Ho-164m	0,625 h	M	0,005	$9,1\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
Ho-166	1,12 d	M	0,005	$6,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$
Ho-166m	$1,20\ 10^{3}$ a	M	0,005	$2,6\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-7}$	$1,8\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$1,2\ 10^{-7}$	$1,2\ 10^{-7}$
Ho-167	3,10 h	M	0,005	$5,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$
Erbio										
Er-161	3,24 h	M	0,005	$3,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$
Er-165	10,4 h	M	0,005	$7,2\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,3\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$9,6\ 10^{-12}$	$7,9\ 10^{-12}$
Er-169	9,30 d	M	0,005	$4,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Er-171	7,52 h	M	0,005	$1,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Er-172	2,05 d	M	0,005	$6,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,7\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Tulio										
Tm-162	0,362 h	M	0,005	$1,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,6\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Tm-166	7,70 h	M	0,005	$1,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,9\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Tm-167	9,24 d	M	0,005	$5,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Tm-170	129 d	M	0,005	$3,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,8\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,5\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-9}$
Tm-171	1,92 a	M	0,005	$6,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,7\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Tm-172	2,65 d	M	0,005	$8,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,8\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Tm-173	8,24 h	M	0,005	$1,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Tm-175	0,253 h	M	0,005	$1,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
Itterbio										
Yb-162	0,315 h	M	0,005	$1,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,2\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
Yb-166	2,36 d	M	0,005	$4,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-10}$
		S	0,005	$4,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Yb-167	0,292 h	M	0,005	$4,4\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$7,9\ 10^{-12}$	$6,5\ 10^{-12}$
		S	0,005	$4,6\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$8,4\ 10^{-12}$	$6,9\ 10^{-12}$
Yb-169	32,0 d	M	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,3\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,8\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$
Yb-175	4,19 d	M	0,005	$3,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$
		S	0,005	$3,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$
Yb-177	1,90 h	M	0,005	$5,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,3\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$6,4\ 10^{-11}$
		S	0,005	$5,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$
Yb-178	1,23 h	M	0,005	$5,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$7,0\ 10^{-11}$
		S	0,005	$6,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$
Lutezio										
Lu-169	1,42 d	M	0,005	$2,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
		S	0,005	$2,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
Lu-170	2,00 d	M	0,005	$4,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,4\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
		S	0,005	$4,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-10}$
Lu-171	8,22 d	M	0,005	$5,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-10}$
		S	0,005	$4,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$
Lu-172	6,70 d	M	0,005	$8,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,7\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
		S	0,005	$9,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,1\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
Lu-173	1,37 a	M	0,005	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,5\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Lu-174	3,31 a	M	0,005	$1,7\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-8}$	$9,1\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$
Lu-174m	142 d	M	0,005	$1,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-8}$	$8,6\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$
		S	0,005	$2,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-8}$	$9,2\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$
Lu-176	$3,60\ 10^{10}$ a	M	0,005	$1,8\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$	$7,8\ 10^{-8}$	$7,1\ 10^{-8}$	$7,0\ 10^{-8}$
		S	0,005	$1,5\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-7}$	$9,4\ 10^{-8}$	$6,5\ 10^{-8}$	$5,9\ 10^{-8}$	$5,6\ 10^{-8}$
Lu-176m	3,68 h	M	0,005	$8,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,9\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,005	$9,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,2\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Lu-177	6,71 d	M	0,005	$5,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,005	$5,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Lu-177m	161 d	M	0,005	$5,8\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,6\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$
		S	0,005	$6,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,3\ 10^{-8}$	$3,2\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$
Lu-178	0,473 h	M	0,005	$2,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
		S	0,005	$2,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
Lu-178m	0,378 h	M	0,005	$2,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
		S	0,005	$2,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
Lu-179	4,59 h	M	0,005	$9,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,5\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,005	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,8\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Afnio										
Hf-170	16,0 h	F	0,020	$1,4\ 10^{-9}$	0,002	$1,1\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,2\ 10^{-9}$	0,002	$1,7\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$
Hf-172	1,87 a	F	0,020	$1,5\ 10^{-7}$	0,002	$1,3\ 10^{-7}$	$7,8\ 10^{-8}$	$4,9\ 10^{-8}$	$3,5\ 10^{-8}$	$3,2\ 10^{-8}$
		M	0,020	$8,1\ 10^{-8}$	0,002	$6,9\ 10^{-8}$	$4,3\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$
Hf-173	24,0 h	F	0,020	$6,6\ 10^{-10}$	0,002	$5,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	0,002	$8,2\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
Hf-175	70,0 d	F	0,020	$5,4\ 10^{-9}$	0,002	$4,0\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-10}$
		M	0,020	$5,8\ 10^{-9}$	0,002	$4,5\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Hf-177m	0,856 h	F	0,020	$3,9\ 10^{-10}$	0,002	$2,8\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$
		M	0,020	$6,5\ 10^{-10}$	0,002	$4,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$
Hf-178m	31,0 a	F	0,020	$6,2\ 10^{-7}$	0,002	$5,8\ 10^{-7}$	$4,0\ 10^{-7}$	$3,1\ 10^{-7}$	$2,7\ 10^{-7}$	$2,6\ 10^{-7}$
		M	0,020	$2,6\ 10^{-7}$	0,002	$2,4\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$1,2\ 10^{-7}$	$1,2\ 10^{-7}$
Hf-179m	25,1 d	F	0,020	$9,7\ 10^{-9}$	0,002	$6,8\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,020	$1,7\ 10^{-8}$	0,002	$1,3\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$
Hf-180m	5,50 h	F	0,020	$5,4\ 10^{-10}$	0,002	$4,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$
		M	0,020	$9,1\ 10^{-10}$	0,002	$6,8\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Hf-181	42,4 d	F	0,020	$1{,}3\ 10^{-8}$	0,002	$9{,}6\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$
		M	0,020	$2{,}2\ 10^{-8}$	0,002	$1{,}7\ 10^{-8}$	$9{,}9\ 10^{-9}$	$7{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-9}$
Hf-182	$9{,}00\ 10^{6}$ a	F	0,020	$6{,}5\ 10^{-7}$	0,002	$6{,}2\ 10^{-7}$	$4{,}4\ 10^{-7}$	$3{,}6\ 10^{-7}$	$3{,}1\ 10^{-7}$	$3{,}1\ 10^{-7}$
		M	0,020	$2{,}4\ 10^{-7}$	0,002	$2{,}3\ 10^{-7}$	$1{,}7\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$
Hf-182m	1,02 h	F	0,020	$1{,}9\ 10^{-10}$	0,002	$1{,}4\ 10^{-10}$	$6{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,020	$3{,}2\ 10^{-10}$	0,002	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$7{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}6\ 10^{-11}$
Hf-183	1,07 h	F	0,020	$2{,}5\ 10^{-10}$	0,002	$1{,}7\ 10^{-10}$	$7{,}9\ 10^{-11}$	$4{,}9\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$
		M	0,020	$4{,}4\ 10^{-10}$	0,002	$3{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$9{,}8\ 10^{-11}$	$7{,}0\ 10^{-11}$	$5{,}7\ 10^{-11}$
Hf-184	4,12 h	F	0,020	$1{,}4\ 10^{-9}$	0,002	$9{,}6\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2{,}6\ 10^{-9}$	0,002	$1{,}8\ 10^{-9}$	$8{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}9\ 10^{-10}$	$4{,}0\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$
Tantalio										
Ta-172	0,613 h	M	0,010	$2{,}8\ 10^{-10}$	0,001	$1{,}9\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}0\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$
		S	0,010	$2{,}9\ 10^{-10}$	0,001	$2{,}0\ 10^{-10}$	$9{,}8\ 10^{-11}$	$6{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$
Ta-173	3,65 h	M	0,010	$8{,}8\ 10^{-10}$	0,001	$6{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
		S	0,010	$9{,}2\ 10^{-10}$	0,001	$6{,}5\ 10^{-10}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
Ta-174	1,20 h	M	0,010	$3{,}2\ 10^{-10}$	0,001	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$7{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-11}$	$4{,}1\ 10^{-11}$
		S	0,010	$3{,}4\ 10^{-10}$	0,001	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$7{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}3\ 10^{-11}$
Ta-175	10,5 h	M	0,010	$9{,}1\ 10^{-10}$	0,001	$7{,}0\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
		S	0,010	$9{,}5\ 10^{-10}$	0,001	$7{,}3\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$
Ta-176	8,08 h	M	0,010	$1{,}4\ 10^{-9}$	0,001	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$
		S	0,010	$1{,}4\ 10^{-9}$	0,001	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$
Ta-177	2,36 d	M	0,010	$6{,}5\ 10^{-10}$	0,001	$4{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$9{,}6\ 10^{-11}$
		S	0,010	$6{,}9\ 10^{-10}$	0,001	$5{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$
Ta-178	2,20 h	M	0,010	$4{,}4\ 10^{-10}$	0,001	$3{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$8{,}0\ 10^{-11}$	$6{,}5\ 10^{-11}$
		S	0,010	$4{,}6\ 10^{-10}$	0,001	$3{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}5\ 10^{-11}$	$6{,}8\ 10^{-11}$
Ta-179	1,82 a	M	0,010	$1{,}2\ 10^{-9}$	0,001	$9{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}5\ 10^{-10}$	$3{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$
		S	0,010	$2{,}4\ 10^{-9}$	0,001	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}6\ 10^{-10}$
Ta-180	$1{,}00\ 10^{13}$ a	M	0,010	$2{,}7\ 10^{-8}$	0,001	$2{,}2\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$9{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}9\ 10^{-9}$	$6{,}4\ 10^{-9}$
		S	0,010	$7{,}0\ 10^{-8}$	0,001	$6{,}5\ 10^{-8}$	$4{,}5\ 10^{-8}$	$3{,}1\ 10^{-8}$	$2{,}8\ 10^{-8}$	$2{,}6\ 10^{-8}$
Ta-180 m	8,10 h	M	0,010	$3{,}1\ 10^{-10}$	0,001	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$7{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}8\ 10^{-11}$	$4{,}4\ 10^{-11}$
		S	0,010	$3{,}3\ 10^{-10}$	0,001	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$7{,}9\ 10^{-11}$	$5{,}2\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$
Ta-182	115 d	M	0,010	$3{,}2\ 10^{-8}$	0,001	$2{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}1\ 10^{-8}$	$9{,}5\ 10^{-9}$	$7{,}6\ 10^{-9}$
		S	0,010	$4{,}2\ 10^{-8}$	0,001	$3{,}4\ 10^{-8}$	$2{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-8}$
Ta-182m	0,264 h	M	0,010	$1{,}6\ 10^{-10}$	0,001	$1{,}1\ 10^{-10}$	$4{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}0\ 10^{-11}$
		S	0,010	$1{,}6\ 10^{-10}$	0,001	$1{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}2\ 10^{-11}$	$3{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}1\ 10^{-11}$
Ta-183	5,10 d	M	0,010	$1{,}0\ 10^{-8}$	0,001	$7{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$
		S	0,010	$1{,}1\ 10^{-8}$	0,001	$8{,}0\ 10^{-9}$	$4{,}5\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}7\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$
Ta-184	8,70 h	M	0,010	$3{,}2\ 10^{-9}$	0,001	$2{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$7{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}1\ 10^{-10}$
		S	0,010	$3{,}4\ 10^{-9}$	0,001	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}4\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$
Ta-185	0,816 h	M	0,010	$3{,}8\ 10^{-10}$	0,001	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$7{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$
		S	0,010	$4{,}0\ 10^{-10}$	0,001	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}7\ 10^{-11}$	$4{,}8\ 10^{-11}$
Ta-186	0,175 h	M	0,010	$1{,}6\ 10^{-10}$	0,001	$1{,}1\ 10^{-10}$	$4{,}8\ 10^{-11}$	$3{,}1\ 10^{-11}$	$2{,}0\ 10^{-11}$	$1{,}7\ 10^{-11}$
		S	0,010	$1{,}6\ 10^{-10}$	0,001	$1{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}8\ 10^{-11}$
Tungsteno										
W-176	2,30 h	F	0,600	$3{,}3\ 10^{-10}$	0,300	$2{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$8{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-11}$	$4{,}1\ 10^{-11}$
W-177	2,25 h	F	0,600	$2{,}0\ 10^{-10}$	0,300	$1{,}6\ 10^{-10}$	$8{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$
W-178	21,7 d	F	0,600	$7{,}2\ 10^{-10}$	0,300	$5{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$8{,}7\ 10^{-11}$	$7{,}2\ 10^{-11}$
W-179	0,625 h	F	0,600	$9{,}3\ 10^{-12}$	0,300	$6{,}8\ 10^{-12}$	$3{,}3\ 10^{-12}$	$2{,}0\ 10^{-12}$	$1{,}2\ 10^{-12}$	$9{,}2\ 10^{-13}$
W-181	121 d	F	0,600	$2{,}5\ 10^{-10}$	0,300	$1{,}9\ 10^{-10}$	$9{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}7\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$
W-185	75,1 d	F	0,600	$1{,}4\ 10^{-9}$	0,300	$1{,}0\ 10^{-9}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
W-187	23,9 h	F	0,600	$2{,}0\ 10^{-9}$	0,300	$1{,}5\ 10^{-9}$	$7{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$
W-188	69,4 d	F	0,600	$7{,}1\ 10^{-9}$	0,300	$5{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$6{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}7\ 10^{-10}$
Renio										
Re-177	0,233 h	F	1,000	$9{,}4\ 10^{-11}$	0,800	$6{,}7\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}9\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-11}$	$9{,}7\ 10^{-12}$
		M	1,000	$1{,}1\ 10^{-10}$	0,800	$7{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$	$1{,}7\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-11}$
Re-178	0,220 h	F	1,000	$9{,}9\ 10^{-11}$	0,800	$6{,}8\ 10^{-11}$	$3{,}1\ 10^{-11}$	$1{,}9\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}0\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		M	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	0,800	$8,5\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
Re-181	20,0 h	F	1,000	$2,0\ 10^{-9}$	0,800	$1,4\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
		M	1,000	$2,1\ 10^{-9}$	0,800	$1,5\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
Re-182	2,67 d	F	1,000	$6,5\ 10^{-9}$	0,800	$4,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$8,7\ 10^{-9}$	0,800	$6,3\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Re-182	12,7 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	0,800	$1,0\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$1,4\ 10^{-9}$	0,800	$1,1\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
Re-184	38,0 d	F	1,000	$4,1\ 10^{-9}$	0,800	$2,9\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
		M	1,000	$9,1\ 10^{-9}$	0,800	$6,8\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
Re-184m	165 d	F	1,000	$6,6\ 10^{-9}$	0,800	$4,6\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$
		M	1,000	$2,9\ 10^{-8}$	0,800	$2,2\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$9,3\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-9}$
Re-186	3,78 d	F	1,000	$7,3\ 10^{-9}$	0,800	$4,7\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
		M	1,000	$8,7\ 10^{-9}$	0,800	$5,7\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Re-186 m	$2,00\ 10^{5}$ a	F	1,000	$1,2\ 10^{-8}$	0,800	$7,0\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$
		M	1,000	$5,9\ 10^{-8}$	0,800	$4,6\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$
Re-187	$5,00\ 10^{10}$ a	F	1,000	$2,6\ 10^{-11}$	0,800	$1,6\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-12}$	$3,8\ 10^{-12}$	$2,3\ 10^{-12}$	$1,8\ 10^{-12}$
		M	1,000	$5,7\ 10^{-11}$	0,800	$4,1\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-12}$	$6,3\ 10^{-12}$
Re-188	17,0 h	F	1,000	$6,5\ 10^{-9}$	0,800	$4,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$
		M	1,000	$6,0\ 10^{-9}$	0,800	$4,0\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
Re-188m	0,310 h	F	1,000	$1,4\ 10^{-10}$	0,800	$9,1\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
		M	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	0,800	$8,6\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$
Re-189	1,01 d	F	1,000	$3,7\ 10^{-9}$	0,800	$2,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
		M	1,000	$3,9\ 10^{-9}$	0,800	$2,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
Osmio										
Os-180	0,366 h	F	0,020	$7,1\ 10^{-11}$	0,010	$5,3\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,2\ 10^{-12}$
		M	0,020	$1,1\ 10^{-10}$	0,010	$7,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,1\ 10^{-10}$	0,010	$8,2\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
Os-181	1,75 h	F	0,020	$3,0\ 10^{-10}$	0,010	$2,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
		M	0,020	$4,5\ 10^{-10}$	0,010	$3,4\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,7\ 10^{-10}$	0,010	$3,6\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
Os-182	22,0 h	F	0,020	$1,6\ 10^{-9}$	0,010	$1,2\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,5\ 10^{-9}$	0,010	$1,9\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,6\ 10^{-9}$	0,010	$2,0\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
Os-185	94,0 d	F	0,020	$7,2\ 10^{-9}$	0,010	$5,8\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,020	$6,6\ 10^{-9}$	0,010	$5,4\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
		S	0,020	$7,0\ 10^{-9}$	0,010	$5,8\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
Os-189m	6,00 h	F	0,020	$3,8\ 10^{-11}$	0,010	$2,8\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$7,0\ 10^{-12}$	$3,5\ 10^{-12}$	$2,5\ 10^{-12}$
		M	0,020	$6,5\ 10^{-11}$	0,010	$4,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-12}$	$5,0\ 10^{-12}$
		S	0,020	$6,8\ 10^{-11}$	0,010	$4,3\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-12}$	$5,3\ 10^{-12}$
Os-191	15,4 d	F	0,020	$2,8\ 10^{-9}$	0,010	$1,9\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
		M	0,020	$8,0\ 10^{-9}$	0,010	$5,8\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
		S	0,020	$9,0\ 10^{-9}$	0,010	$6,5\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
Os-191m	13,0 h	F	0,020	$3,0\ 10^{-10}$	0,010	$2,0\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,020	$7,8\ 10^{-10}$	0,010	$5,4\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
		S	0,020	$8,5\ 10^{-10}$	0,010	$6,0\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
Os-193	1,25 d	F	0,020	$1,9\ 10^{-9}$	0,010	$1,2\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		M	0,020	$3,8\ 10^{-9}$	0,010	$2,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,0\ 10^{-9}$	0,010	$2,7\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
Os-194	6,00 a	F	0,020	$8,7\ 10^{-8}$	0,010	$6,8\ 10^{-8}$	$3,4\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$
		M	0,020	$9,9\ 10^{-8}$	0,010	$8,3\ 10^{-8}$	$4,8\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$
		S	0,020	$2.6\ 10^{-7}$	0,010	$2,4\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$	$8,8\ 10^{-8}$	$8,5\ 10^{-8}$
Iridio										
Ir-182	0,250 h	F	0,020	$1,4\ 10^{-10}$	0,010	$9,8\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
		M	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	0,010	$1,4\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,2\ 10^{-10}$	0,010	$1,5\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Ir-184	3,02 h	F	0,020	$5,7\ 10^{-10}$	0,010	$4,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		M	0,020	$8,6\ 10^{-10}$	0,010	$6,4\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$8,9\ 10^{-10}$	0,010	$6,6\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Ir-185	14,0 h	F	0,020	$8,0\ 10^{-10}$	0,010	$6,1\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1,3\ 10^{-9}$	0,010	$9,7\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,4\ 10^{-9}$	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Ir-186	15,8 h	F	0,020	$1,5\ 10^{-9}$	0,010	$1,2\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,2\ 10^{-9}$	0,010	$1,7\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,3\ 10^{-9}$	0,010	$1,8\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$
Ir-186	1,75 h	F	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	0,010	$1,6\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		M	0,020	$3,3\ 10^{-10}$	0,010	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$3,4\ 10^{-10}$	0,010	$2,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$
Ir-187	10,5 h	F	0,020	$3,6\ 10^{-10}$	0,010	$2,8\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
		M	0,020	$5,8\ 10^{-10}$	0,010	$4,3\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6,0\ 10^{-10}$	0,010	$4,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$7,9\ 10^{-11}$
Ir-188	1,73 d	F	0,020	$2,0\ 10^{-9}$	0,010	$1,6\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,7\ 10^{-9}$	0,010	$2,1\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-9}$	0,010	$2,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
Ir-189	13,3 d	F	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	0,010	$8,2\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		M	0,020	$2,7\ 10^{-9}$	0,010	$1,9\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$3,0\ 10^{-9}$	0,010	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$	$6.0\ 10^{-10}$
Ir-190	12,1 d	F	0,020	$6,2\ 10^{-9}$	0,010	$4,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$
		M	0,020	$1,1\ 10^{-8}$	0,010	$8,6\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$1,1\ 10^{-8}$	0,010	$9,4\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Ir-190m	3,10 h	F	0,020	$4,2\ 10^{-10}$	0,010	$3,4\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$
		M	0,020	$6,0\ 10^{-10}$	0,010	$4,7\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$7,9\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6,2\ 10^{-10}$	0,010	$4,8\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1.0\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$
Ir-190m	1,20 h	F	0,020	$3,2\ 10^{-11}$	0,010	$2,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-12}$	$4,3\ 10^{-12}$	$3,6\ 10^{-12}$
		M	0,020	$5,7\ 10^{-11}$	0,010	$4,2\ 10^{-11}$	$2.0\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,3\ 10^{-12}$
		S	0,020	$5,5\ 10^{-11}$	0,010	$4,5\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
Ir-192	74,0 d	F	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	0,010	$1,1\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
		M	0,020	$2,3\ 10^{-8}$	0,010	$1,8\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-8}$	0,010	$2,2\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$
Ir-192m	$2,41\ 10^{2}$ a	F	0,020	$2,7\ 10^{-8}$	0,010	$2,3\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$8,2\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$
		M	0,020	$2,3\ 10^{-8}$	0,010	$2,1\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$8,4\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$
		S	0,020	$9,2\ 10^{-8}$	0,010	$9,1\ 10^{-8}$	$6,5\ 10^{-8}$	$4,5\ 10^{-8}$	$4,0\ 10^{-8}$	$3,9\ 10^{-8}$
Ir-193m	11,9 d	F	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	0,010	$8,4\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
		M	0,020	$4,8\ 10^{-9}$	0,010	$3,5\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,020	$5,4\ 10^{-9}$	0,010	$4,0\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Ir-194	19,1 h	F	0,020	$2,9\ 10^{-9}$	0,010	$1,9\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
		M	0,020	$5,3\ 10^{-9}$	0,010	$3,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
		S	0,020	$5,5\ 10^{-9}$	0,010	$3,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Ir-194m	171 d	F	0,020	$3,4\ 10^{-8}$	0,010	$2,7\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$
		M	0,020	$3,9\ 10^{-8}$	0,010	$3,2\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,0\ 10^{-9}$
		S	0,020	$5,0\ 10^{-8}$	0,010	$4,2\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$
Ir-195	2,50 h	F	0,020	$2,9\ 10^{-10}$	0,010	$1,9\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
		M	0,020	$5,4\ 10^{-10}$	0,010	$3,6\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$6,7\ 10^{-11}$
		S	0,020	$5,7\ 10^{-10}$	0,010	$3,8\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$7,1\ 10^{-11}$
Ir-195m	3,80 h	F	0,020	$6,9\ 10^{-10}$	0,010	$4,8\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
		M	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	0,010	$8,6\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1.9\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,3\ 10^{-9}$	0,010	$9,0\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Platino										
Pt-186	2,00 h	F	0,020	$3,0\ 10^{-10}$	0,010	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
Pt-188	10,2 d	F	0,020	$3,6\ 10^{-9}$	0,010	$2,7\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
Pt-189	10,9 h	F	0,020	$3,8\ 10^{-10}$	0,010	$2,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$
Pt-191	2,80 d	F	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	0,010	$7,9\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Pt-193	50,0 a	F	0,020	$2,2\ 10^{-10}$	0,010	$1,6\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Pt-193m	4,33 d	F	0,020	$1,6\ 10^{-9}$	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Pt-195m	4,02 d	F	0,020	$2,2\ 10^{-9}$	0,010	$1,5\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Pt-197	18,3 h	F	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	0,010	$7,3\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$
Pt-197m	1,57 h	F	0,020	$2,8\ 10^{-10}$	0,010	$1,8\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Pt-199	0,513 h	F	0,020	$1,3\ 10^{-10}$	0,010	$8,3\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
Pt-200	12,5 h	F	0,020	$2,6\ 10^{-9}$	0,010	$1,7\ 10^{-9}$	$7,2\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Oro										
Au-193	17,6 h	F	0,200	$3,7\ 10^{-10}$	0,100	$2,8\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$7,5\ 10^{-10}$	0,100	$5,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,200	$7,9\ 10^{-10}$	0,100	$5,9\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Au-194	1,65 d	F	0,200	$1,2\ 10^{-9}$	0,100	$9,6\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,7\ 10^{-9}$	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
		S	0,200	$1,7\ 10^{-9}$	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
Au-195	183 d	F	0,200	$7,2\ 10^{-10}$	0,100	$5,3\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$5,2\ 10^{-9}$	0,100	$4,1\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		S	0,200	$8,1\ 10^{-9}$	0,100	$6,6\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Au-198	2,69 d	F	0,200	$2,4\ 10^{-9}$	0,100	$1,7\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
		M	0,200	$5,0\ 10^{-9}$	0,100	$4,1\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$9,7\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-10}$
		S	0,200	$5,4\ 10^{-9}$	0,100	$4,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$
Au-198m	2,30 d	F	0,200	$3,3\ 10^{-9}$	0,100	$2,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$
		M	0,200	$8,7\ 10^{-9}$	0,100	$6,5\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
		S	0,200	$9,5\ 10^{-9}$	0,100	$7,1\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
Au-199	3,14 d	F	0,200	$1,1\ 10^{-9}$	0,100	$7,9\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,4\ 10^{-9}$	0,100	$2,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-10}$
		S	0,200	$3,8\ 10^{-9}$	0,100	$2,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$
Au-200	0,807 h	F	0,200	$1,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,2\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$3,2\ 10^{-10}$	0,100	$2,1\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
		S	0,200	$3,4\ 10^{-10}$	0,100	$2,1\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
Au-200m	18,7 h	F	0,200	$2,7\ 10^{-9}$	0,100	$2,1\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
		M	0,200	$4,8\ 10^{-9}$	0,100	$3,7\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$
		S	0,200	$5,1\ 10^{-9}$	0,100	$3,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-10}$
Au-201	0,440 h	F	0,200	$9,0\ 10^{-11}$	0,100	$5,7\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,7\ 10^{-12}$
		M	0,200	$1,5\ 10^{-10}$	0,100	$9,6\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
		S	0,200	$1,5\ 10^{-10}$	0,100	$1,0\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Mercurio										
Hg-193 (organico)	3,50 h	F	0,800	$2,2\ 10^{-10}$	0,400	$1,8\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Hg-193	3,50 h	F	0,040	$2,7\ 10^{-10}$	0,020	$2,0\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,040	$5,3\ 10^{-10}$	0,020	$3,8\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$
Hg-193m (organico)	11,1 h	F	0,800	$8,4\ 10^{-10}$	0,400	$7,6\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Hg-193m	11,1 h	F	0,040	$1,1\ 10^{-9}$	0,020	$8,5\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,040	$1,9\ 10^{-9}$	0,020	$1,4\ 10^{-9}$	$7,2\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Hg-194 (organico)	$2,60\ 10^{2}$ a	F	0,800	$4,9\ 10^{-8}$	0,400	$3,7\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$
Hg-194	$2,60\ 10^{2}$ a	F	0,040	$3,2\ 10^{-8}$	0,020	$2,9\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$
(inorganico)		M	0,040	$2,1\ 10^{-8}$	0,020	$1,9\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-9}$
Hg-195 (organico)	9,90 h	F	0,800	$2,0\ 10^{-10}$	0,400	$1,8\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
Hg-195	9,90 h	F	0,040	$2,7\ 10^{-10}$	0,020	$2,0\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,040	$5,3\ 10^{-10}$	0,020	$3,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$
Hg-195m (organico)	1,73 d	F	0,800	$1,1\ 10^{-9}$	0,400	$9,7\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Hg-195m	1,73 d	F	0,040	$1,6\ 10^{-9}$	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,040	$3,7\ 10^{-9}$	0,020	$2,6\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
Hg-197 (organico)	2,67 d	F	0,800	$4,7\ 10^{-10}$	0,400	$4,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
Hg-197	2,67 d	F	0,040	$6,8\ 10^{-10}$	0,020	$4,7\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,040	$1,7\ 10^{-9}$	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$
Hg-197m	23,8 h	F	0,800	$9,3\ 10^{-10}$	0,400	$7,8\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1])	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
(organico)										
Hg-197m	23,8 h	F	0,040	$1,4\ 10^{-9}$	0,020	$9,3\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,040	$3,5\ 10^{-9}$	0,020	$2,5\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
Hg-199m (organico)	0,710 h	F	0,800	$1,4\ 10^{-10}$	0,400	$9,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
Hg-199m	0,710 h	F	0,040	$1,4\ 10^{-10}$	0,020	$9,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
(inorganico)		M	0,040	$2,5\ 10^{-10}$	0,020	$1,7\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
Hg-203 (organico)	46,6 d	F	0,800	$5,7\ 10^{-9}$	0,400	$3,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Hg-203	46,6 d	F	0,040	$4,2\ 10^{-9}$	0,020	$2,9\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$
(inorganico)		M	0,040	$1,0\ 10^{-8}$	0,020	$7,9\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Tallio										
Tl-194	0,550 h	F	1,000	$3,6\ 10^{-11}$	1,000	$3,0\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$9,2\ 10^{-12}$	$5,5\ 10^{-12}$	$4,4\ 10^{-12}$
Tl-194m	0,546 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-10}$	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
Tl-195	1,16 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	1,000	$1,0\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$
Tl-197	2,84 h	F	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	1,000	$9,7\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$
Tl-198	5,30 h	F	1,000	$4,7\ 10^{-10}$	1,000	$4,0\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
Tl-198m	1,87 h	F	1,000	$3,2\ 10^{-10}$	1,000	$2,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Tl-199	7,42 h	F	1,000	$1,7\ 10^{-10}$	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
Tl-200	1,09 d	F	1,000	$1,0\ 10^{-9}$	1,000	$8,7\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Tl-201	3,04 d	F	1,000	$4,5\ 10^{-10}$	1,000	$3,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$
Tl-202	12,2 d	F	1,000	$1,5\ 10^{-9}$	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Tl-204	3,78 a	F	1,000	$5,0\ 10^{-9}$	1,000	$3,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$
Piombo[f)]										
Pb-195m	0,263 h	F	0,600	$1,3\ 10^{-10}$	0,200	$1,0\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,0\ 10^{-10}$	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	0,010	$1,5\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
Pb-198	2,40 h	F	0,600	$3,4\ 10^{-10}$	0,200	$2,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$5,0\ 10^{-10}$	0,100	$4,0\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$5,4\ 10^{-10}$	0,010	$4,2\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$7,0\ 10^{-11}$
Pb-199	1,50 h	F	0,600	$1,9\ 10^{-10}$	0,200	$1,6\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,8\ 10^{-10}$	0,100	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-10}$	0,010	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Pb-200	21,5 h	F	0,600	$1,1\ 10^{-9}$	0,200	$9,3\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
		M	0,200	$2,2\ 10^{-9}$	0,100	$1,7\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,4\ 10^{-9}$	0,010	$1,8\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
Pb-201	9,40 h	F	0,600	$4,8\ 10^{-10}$	0,200	$4,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
		M	0,200	$8,0\ 10^{-10}$	0,100	$6,4\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
		S	0,020	$8,8\ 10^{-10}$	0,010	$6,7\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Pb-202	$3,00\ 10^{5}$ a	F	0,600	$1,9\ 10^{-8}$	0,200	$1,3\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$
		M	0,200	$1,2\ 10^{-8}$	0,100	$8,9\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-9}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-8}$	0,010	$2,8\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$
Pb-202m	3,62 h	F	0,600	$4,7\ 10^{-10}$	0,200	$4,0\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$
		M	0,200	$6,9\ 10^{-10}$	0,100	$5,6\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$7,3\ 10^{-10}$	0,010	$5,8\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Pb-203	2,17 d	F	0,600	$7,2\ 10^{-10}$	0,200	$5,8\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$8,5\ 10^{-11}$
		M	0,200	$1,3\ 10^{-9}$	0,100	$1,0\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1,5\ 10^{-9}$	0,010	$1,1\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Pb-205	$1,43\ 10^{7}$ a	F	0,600	$1,1\ 10^{-9}$	0,200	$6,9\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
		M	0,200	$1,1\ 10^{-9}$	0,100	$7,7\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-9}$	0,010	$2,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-10}$
Pb-209	3,25 h	F	0,600	$1,8\ 10^{-10}$	0,200	$1,2\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,0\ 10^{-10}$	0,100	$2,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,4\ 10^{-10}$	0,010	$2,9\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$
Pb-210	22,3 a	F	0,600	$4,7\ 10^{-6}$	0,200	$2,9\ 10^{-6}$	$1,5\ 10^{-6}$	$1,4\ 10^{-6}$	$1,3\ 10^{-6}$	$9,0\ 10^{-7}$

[f)] Il valore f_1 per le persone di età compresa fra 1 e 15 anni per il tipo F è 0,4.

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		M	0,200	$5,0\ 10^{-6}$	0,100	$3,7\ 10^{-6}$	$2,2\ 10^{-6}$	$1,5\ 10^{-6}$	$1,3\ 10^{-6}$	$1,1\ 10^{-6}$
		S	0,020	$1,8\ 10^{-5}$	0,010	$1,8\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$7,2\ 10^{-6}$	$5,9\ 10^{-6}$	$5,6\ 10^{-6}$
Pb-211	0,601 h	F	0,600	$2,5\ 10^{-8}$	0,200	$1,7\ 10^{-8}$	$8,7\ 10^{-9}$	$6.1\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$
		M	0,200	$6,2\ 10^{-8}$	0,100	$4,5\ 10^{-8}$	$2,5\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$
		S	0,020	$6,6\ 10^{-8}$	0,010	$4,8\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$
Pb-212	10,6 h	F	0,600	$1,9\ 10^{-7}$	0,200	$1,2\ 10^{-7}$	$5,4\ 10^{-8}$	$3,5\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,8\ 10^{-8}$
		M	0,200	$6,2\ 10^{-7}$	0,100	$4,6\ 10^{-7}$	$3,0\ 10^{-7}$	$2,2\ 10^{-7}$	$2,2\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$
		S	0,020	$6,7\ 10^{-7}$	0,010	$5,0\ 10^{-7}$	$3,3\ 10^{-7}$	$2,5\ 10^{-7}$	$2,4\ 10^{-7}$	$1,9\ 10^{-7}$
Pb-214	0,447 h	F	0,600	$2,2\ 10^{-8}$	0,200	$1,5\ 10^{-8}$	$6,9\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$
		M	0,200	$6,4\ 10^{-8}$	0,100	$4,6\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$
		S	0,020	$6,9\ 10^{-8}$	0,010	$5,0\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$
Bismuto										
Bi-200	0,606 h	F	0,100	$1,9\ 10^{-10}$	0,050	$1,5\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
		M	0,100	$2,5\ 10^{-10}$	0,050	$1,9\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
Bi-201	1,80 h	F	0,100	$4,0\ 10^{-10}$	0,050	$3,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$
		M	0,100	$5,5\ 10^{-10}$	0,050	$4,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$
Bi-202	1,67 h	F	0,100	$3,4\ 10^{-10}$	0,050	$2,8\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$
		M	0,100	$4,2\ 10^{-10}$	0,050	$3,4\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$
Bi-203	11,8 h	F	0,100	$1,5\ 10^{-9}$	0,050	$1,2\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
		M	0,100	$2,0\ 10^{-9}$	0,050	$1,6\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Bi-205	15,3 d	F	0,100	$3,0\ 10^{-9}$	0,050	$2,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
		M	0,100	$5,5\ 10^{-9}$	0,050	$4,4\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$
Bi-206	6,24 d	F	0,100	$6,1\ 10^{-9}$	0,050	$4,8\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$7,4\ 10^{-10}$
		M	0,100	$1,0\ 10^{-8}$	0,050	$8,0\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Bi-207	38,0 a	F	0,100	$4,3\ 10^{-9}$	0,050	$3,3\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$
		M	0,100	$2,3\ 10^{-8}$	0,050	$2,0\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$8,2\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$
Bi-210	5,01 d	F	0,100	$1,1\ 10^{-8}$	0,050	$6,9\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
		M	0,100	$3,9\ 10^{-7}$	0,050	$3,0\ 10^{-7}$	$1,9\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$	$9,3\ 10^{-8}$
Bi-210m	$3,00\ 10^{6}$ a	F	0,100	$4,1\ 10^{-7}$	0,050	$2,6\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$8,3\ 10^{-8}$	$5,6\ 10^{-8}$	$4,6\ 10^{-8}$
		M	0,100	$1,5\ 10^{-5}$	0,050	$1,1\ 10^{-5}$	$7,0\ 10^{-6}$	$4,8\ 10^{-6}$	$4,1\ 10^{-6}$	$3,4\ 10^{-6}$
Bi-212	1,01 h	F	0,100	$6,5\ 10^{-8}$	0,050	$4,5\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$9,1\ 10^{-9}$
		M	0,100	$1,6\ 10^{-7}$	0,050	$1,1\ 10^{-7}$	$6,0\ 10^{-8}$	$4,4\ 10^{-8}$	$3,8\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$
Bi-213	0,761 h	F	0,100	$7,7\ 10^{-8}$	0,050	$5,3\ 10^{-8}$	$2,5\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$
		M	0,100	$1,6\ 10^{-7}$	0,050	$1,2\ 10^{-7}$	$6,0\ 10^{-8}$	$4,4\ 10^{-8}$	$3,6\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$
Bi-214	0,332 h	F	0,100	$5,0\ 10^{-8}$	0,050	$3,5\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,2\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-9}$
		M	0,100	$8,7\ 10^{-8}$	0,050	$6,1\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$2,2\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$
Polonio										
Po-203	0,612 h	F	0,200	$1,9\ 10^{-10}$	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$2,7\ 10^{-10}$	0,100	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$2,8\ 10^{-10}$	0,010	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
Po-205	1,80 h	F	0,200	$2,6\ 10^{-10}$	0,100	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
		M	0,200	$4,0\ 10^{-10}$	0,100	$3,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
		S	0,020	$4,2\ 10^{-10}$	0,010	$3,2\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$
Po-207	5,83 h	F	0,200	$4,8\ 10^{-10}$	0,100	$4,0\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$
		M	0,200	$6,2\ 10^{-10}$	0,100	$5,1\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$7,8\ 10^{-11}$
		S	0,020	$6,6\ 10^{-10}$	0,010	$5,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$
Po-210	138 d	F	0,200	$7,4\ 10^{-6}$	0,100	$4,8\ 10^{-6}$	$2,2\ 10^{-6}$	$1,3\ 10^{-6}$	$7,7\ 10^{-7}$	$6,1\ 10^{-7}$
		M	0,200	$1,5\ 10^{-5}$	0,100	$1,1\ 10^{-5}$	$6,7\ 10^{-6}$	$4,6\ 10^{-6}$	$4,0\ 10^{-6}$	$3,3\ 10^{-6}$
		S	0,020	$1,8\ 10^{-5}$	0,010	$1,4\ 10^{-5}$	$8,6\ 10^{-6}$	$5,9\ 10^{-6}$	$5,1\ 10^{-6}$	$4,3\ 10^{-6}$
Astatinio										
At-207	1,80 h	F	1,000	$2,4\ 10^{-9}$	1,000	$1,7\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
		M	1,000	$9,2\ 10^{-9}$	1,000	$6,7\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$
At-211	7,21 h	F	1,000	$1,4\ 10^{-7}$	1,000	$9,7\ 10^{-8}$	$4,3\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$
		M	1,000	$5,2\ 10^{-7}$	1,000	$3,7\ 10^{-7}$	$1,9\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$
Francio										
Fr-222	0,240 h	F	1,000	$9,1\ 10^{-8}$	1,000	$6,3\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Fr-223	0,363 h	F	1,000	$1{,}1\ 10^{-8}$	1,000	$7{,}3\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$8{,}9\ 10^{-10}$
Radio[g]										
Ra-223	11,4 d	F	0,600	$3{,}0\ 10^{-6}$	0,200	$1{,}0\ 10^{-6}$	$4{,}9\ 10^{-7}$	$4{,}0\ 10^{-7}$	$3{,}3\ 10^{-7}$	$1{,}2\ 10^{-7}$
		M	0,200	$2{,}8\ 10^{-5}$	0,100	$2{,}1\ 10^{-5}$	$1{,}3\ 10^{-5}$	$9{,}9\ 10^{-6}$	$9{,}4\ 10^{-6}$	$7{,}4\ 10^{-6}$
		S	0,020	$3{,}2\ 10^{-5}$	0,010	$2{,}4\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$8{,}7\ 10^{-6}$
Ra-224	3,66 d	F	0,600	$1{,}5\ 10^{-6}$	0,200	$6{,}0\ 10^{-7}$	$2{,}9\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}7\ 10^{-7}$	$7{,}5\ 10^{-8}$
		M	0,200	$1{,}1\ 10^{-5}$	0,100	$8{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}3\ 10^{-6}$	$3{,}9\ 10^{-6}$	$3{,}7\ 10^{-6}$	$3{,}0\ 10^{-6}$
		S	0,020	$1{,}2\ 10^{-5}$	0,010	$9{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}9\ 10^{-6}$	$4{,}4\ 10^{-6}$	$4{,}2\ 10^{-6}$	$3{,}4\ 10^{-6}$
Ra-225	14,8 d	F	0,600	$4{,}0\ 10^{-6}$	0,200	$1{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}6\ 10^{-7}$	$4{,}6\ 10^{-7}$	$3{,}8\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$
		M	0,200	$2{,}4\ 10^{-5}$	0,100	$1{,}8\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$8{,}4\ 10^{-6}$	$7{,}9\ 10^{-6}$	$6{,}3\ 10^{-6}$
		S	0,020	$2{,}8\ 10^{-5}$	0,010	$2{,}2\ 10^{-5}$	$1{,}4\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$9{,}8\ 10^{-6}$	$7{,}7\ 10^{-6}$
Ra-226	$1{,}60\ 10^{3}$ a	F	0,600	$2{,}6\ 10^{-6}$	0,200	$9{,}4\ 10^{-7}$	$5{,}5\ 10^{-7}$	$7{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-6}$	$3{,}6\ 10^{-7}$
		M	0,200	$1{,}5\ 10^{-5}$	0,100	$1{,}1\ 10^{-5}$	$7{,}0\ 10^{-6}$	$4{,}9\ 10^{-6}$	$4{,}5\ 10^{-6}$	$3{,}5\ 10^{-6}$
		S	0,020	$3{,}4\ 10^{-5}$	0,010	$2{,}9\ 10^{-5}$	$1{,}9\ 10^{-5}$	$1{,}2\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$9{,}5\ 10^{-6}$
Ra-227	0,703 h	F	0,600	$1{,}5\ 10^{-9}$	0,200	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}8\ 10^{-10}$	$6{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}3\ 10^{-10}$	$4{,}6\ 10^{-10}$
		M	0,200	$8{,}0\ 10^{-10}$	0,100	$6{,}7\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$1{,}0\ 10^{-9}$	0,010	$8{,}5\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$
Ra-228	5,75 a	F	0,600	$1{,}7\ 10^{-5}$	0,200	$5{,}7\ 10^{-6}$	$3{,}1\ 10^{-6}$	$3{,}6\ 10^{-6}$	$4{,}6\ 10^{-6}$	$9{,}0\ 10^{-7}$
		M	0,200	$1{,}5\ 10^{-5}$	0,100	$1{,}0\ 10^{-5}$	$6{,}3\ 10^{-6}$	$4{,}6\ 10^{-6}$	$4{,}4\ 10^{-6}$	$2{,}6\ 10^{-6}$
		S	0,020	$4{,}9\ 10^{-5}$	0,010	$4{,}8\ 10^{-5}$	$3{,}2\ 10^{-5}$	$2{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-5}$
Attinio										
Ac-224	2,90 h	F	0,005	$1{,}3\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}9\ 10^{-8}$	$4{,}7\ 10^{-8}$	$3{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}1\ 10^{-8}$
		M	0,005	$4{,}2\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$	$1{,}5\ 10^{-7}$	$1{,}4\ 10^{-7}$	$1{,}1\ 10^{-7}$
		S	0,005	$4{,}6\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}7\ 10^{-7}$	$1{,}6\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$
Ac-225	10,0 d	F	0,005	$1{,}1\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}7\ 10^{-6}$	$4{,}0\ 10^{-6}$	$2{,}6\ 10^{-6}$	$1{,}1\ 10^{-6}$	$8{,}8\ 10^{-7}$
		M	0,005	$2{,}8\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-5}$	$1{,}3\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$9{,}3\ 10^{-6}$	$7{,}4\ 10^{-6}$
		S	0,005	$3{,}1\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$8{,}5\ 10^{-6}$
Ac-226	1,21 d	F	0,005	$1{,}5\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-6}$	$4{,}0\ 10^{-7}$	$2{,}6\ 10^{-7}$	$1{,}2\ 10^{-7}$	$9{,}6\ 10^{-8}$
		M	0,005	$4{,}3\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-6}$	$2{,}1\ 10^{-6}$	$1{,}5\ 10^{-6}$	$1{,}5\ 10^{-6}$	$1{,}2\ 10^{-6}$
		S	0,005	$4{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-6}$	$2{,}3\ 10^{-6}$	$1{,}7\ 10^{-6}$	$1{,}6\ 10^{-6}$	$1{,}3\ 10^{-6}$
Ac-227	21,8 a	F	0,005	$1{,}7\ 10^{-3}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-3}$	$1{,}0\ 10^{-3}$	$7{,}2\ 10^{-4}$	$5{,}6\ 10^{-4}$	$5{,}5\ 10^{-4}$
		M	0,005	$5{,}7\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}5\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-4}$
		S	0,005	$2{,}2\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-4}$	$8{,}7\ 10^{-5}$	$7{,}6\ 10^{-5}$	$7{,}2\ 10^{-5}$
Ac-228	6,13 h	F	0,005	$1{,}8\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-7}$	$9{,}7\ 10^{-8}$	$5{,}7\ 10^{-8}$	$2{,}9\ 10^{-8}$	$2{,}5\ 10^{-8}$
		M	0,005	$8{,}4\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}3\ 10^{-8}$	$4{,}7\ 10^{-8}$	$2{,}9\ 10^{-8}$	$2{,}0\ 10^{-8}$	$1{,}7\ 10^{-8}$
		S	0,005	$6{,}4\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-8}$	$3{,}3\ 10^{-8}$	$2{,}2\ 10^{-8}$	$1{,}9\ 10^{-8}$	$1{,}6\ 10^{-8}$
Torio										
Th-226	0,515 h	F	0,005	$1{,}4\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-7}$	$4{,}8\ 10^{-8}$	$3{,}4\ 10^{-8}$	$2{,}5\ 10^{-8}$	$2{,}2\ 10^{-8}$
		M	0,005	$3{,}0\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}1\ 10^{-7}$	$8{,}3\ 10^{-8}$	$7{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}8\ 10^{-8}$
		S	0,005	$3{,}1\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}2\ 10^{-7}$	$8{,}8\ 10^{-8}$	$7{,}5\ 10^{-8}$	$6{,}1\ 10^{-8}$
Th-227	18,7 d	F	0,005	$8{,}4\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}2\ 10^{-6}$	$2{,}6\ 10^{-6}$	$1{,}6\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-6}$	$6{,}7\ 10^{-7}$
		M	0,005	$3{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$8{,}5\ 10^{-6}$
		S	0,005	$3{,}9\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}9\ 10^{-5}$	$1{,}4\ 10^{-5}$	$1{,}3\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$
Th-228	1,91 a	F	0,005	$1{,}8\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-4}$	$8{,}3\ 10^{-5}$	$5{,}2\ 10^{-5}$	$3{,}6\ 10^{-5}$	$2{,}9\ 10^{-5}$
		M	0,005	$1{,}3\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$	$6{,}8\ 10^{-5}$	$4{,}6\ 10^{-5}$	$3{,}9\ 10^{-5}$	$3{,}2\ 10^{-5}$
		S	0,005	$1{,}6\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-4}$	$8{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}5\ 10^{-5}$	$4{,}7\ 10^{-5}$	$4{,}0\ 10^{-5}$
Th-229	$7{,}34\ 10^{3}$ a	F	0,005	$5{,}4\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}1\ 10^{-4}$	$3{,}6\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-4}$
		M	0,005	$2{,}3\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$
		S	0,005	$2{,}1\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-4}$	$8{,}7\ 10^{-5}$	$7{,}6\ 10^{-5}$	$7{,}1\ 10^{-5}$
Th-230	$7{,}70\ 10^{4}$ a	F	0,005	$2{,}1\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$	$9{,}9\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-4}$
		M	0,005	$7{,}7\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}4\ 10^{-5}$	$5{,}5\ 10^{-5}$	$4{,}3\ 10^{-5}$	$4{,}2\ 10^{-5}$	$4{,}3\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4{,}0\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-5}$	$2{,}4\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}4\ 10^{-5}$
Th-231	1,06 d	F	0,005	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$9{,}2\ 10^{-11}$	$7{,}8\ 10^{-11}$
		M	0,005	$2{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$8{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}8\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$3{,}1\ 10^{-10}$

[g] Il valore f_1 per le persone di età compresa fra 1 e 15 anni per il tipo F è 0,3.

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
		S	0,005	$2,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
Th-232	$1,40\ 10^{10}$ a	F	0,005	$2,3\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$
		M	0,005	$8,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-5}$	$6,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-5}$	$4,7\ 10^{-5}$	$4,5\ 10^{-5}$
		S	0,005	$5,4\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-5}$	$3,7\ 10^{-5}$	$2,6\ 10^{-5}$	$2,5\ 10^{-5}$	$2,5\ 10^{-5}$
Th-234	24,1 d	F	0,005	$4,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$
		M	0,005	$3,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-9}$
		S	0,005	$4,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$9,1\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-9}$
Protattinio										
Pa-227	0,638 h	M	0,005	$3,6\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$1,0\ 10^{-7}$	$9,0\ 10^{-8}$	$7,4\ 10^{-8}$
		S	0,005	$3,8\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,8\ 10^{-7}$	$1,5\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$	$8,1\ 10^{-8}$	$8,0\ 10^{-8}$
Pa-228	22,0 h	M	0,005	$2,6\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$8,8\ 10^{-8}$	$7,7\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-8}$
		S	0,005	$2,9\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-7}$	$1,5\ 10^{-7}$	$1,0\ 10^{-7}$	$9,1\ 10^{-8}$	$7,5\ 10^{-8}$
Pa-230	17,4 d	M	0,005	$2,4\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-6}$	$1,1\ 10^{-6}$	$8,3\ 10^{-7}$	$7,6\ 10^{-7}$	$6,1\ 10^{-7}$
		S	0,005	$2,9\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-6}$	$1,4\ 10^{-6}$	$1,0\ 10^{-6}$	$9,6\ 10^{-7}$	$7,6\ 10^{-7}$
Pa-231	$3,27\ 10^{4}$ a	M	0,005	$2,2\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-4}$
		S	0,005	$7,4\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,9\ 10^{-5}$	$5,2\ 10^{-5}$	$3,9\ 10^{-5}$	$3,6\ 10^{-5}$	$3,4\ 10^{-5}$
Pa-232	1,31 d	M	0,005	$1,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$
		S	0,005	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$
Pa-233	27,0 d	M	0,005	$1,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,5\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,7\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-8}$	$7,5\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$
Pa-234	6,70 h	M	0,005	$2,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
		S	0,005	$2,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
Uranio										
U-230	20,8 d	F	0,040	$3,2\ 10^{-6}$	0,020	$1,5\ 10^{-6}$	$7,2\ 10^{-7}$	$5,4\ 10^{-7}$	$4,1\ 10^{-7}$	$3,8\ 10^{-7}$
		M	0,040	$4,9\ 10^{-5}$	0,020	$3,7\ 10^{-5}$	$2,4\ 10^{-5}$	$1,8\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,3\ 10^{-5}$
		S	0,020	$5,8\ 10^{-5}$	0,002	$4,4\ 10^{-5}$	$2,8\ 10^{-5}$	$2,1\ 10^{-5}$	$2,0\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$
U-231	4,20 d	F	0,040	$8,9\ 10^{-10}$	0,020	$6,2\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-11}$
		M	0,040	$2,4\ 10^{-9}$	0,020	$1,7\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$
		S	0,020	$2,6\ 10^{-9}$	0,002	$1,9\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
U-232	72,0 a	F	0,040	$1,6\ 10^{-5}$	0,020	$1,0\ 10^{-5}$	$6,9\ 10^{-6}$	$6,8\ 10^{-6}$	$7,5\ 10^{-6}$	$4,0\ 10^{-6}$
		M	0,040	$3,0\ 10^{-5}$	0,020	$2,4\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$7,8\ 10^{-6}$
		S	0,020	$1,0\ 10^{-4}$	0,002	$9,7\ 10^{-5}$	$6,6\ 10^{-5}$	$4,3\ 10^{-5}$	$3,8\ 10^{-5}$	$3,7\ 10^{-5}$
U-233	$1,58\ 10^{5}$ a	F	0,040	$2,2\ 10^{-6}$	0,020	$1,4\ 10^{-6}$	$9,4\ 10^{-7}$	$8,4\ 10^{-7}$	$8,6\ 10^{-7}$	$5,8\ 10^{-7}$
		M	0,040	$1,5\ 10^{-5}$	0,020	$1,1\ 10^{-5}$	$7,2\ 10^{-6}$	$4,9\ 10^{-6}$	$4,3\ 10^{-6}$	$3,6\ 10^{-6}$
		S	0,020	$3,4\ 10^{-5}$	0,002	$3,0\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$9,6\ 10^{-6}$
U-234	$2,44\ 10^{5}$ a	F	0,040	$2,1\ 10^{-6}$	0,020	$1,4\ 10^{-6}$	$9,0\ 10^{-7}$	$8,0\ 10^{-7}$	$8,2\ 10^{-7}$	$5,6\ 10^{-7}$
		M	0,040	$1,5\ 10^{-5}$	0,020	$1,1\ 10^{-5}$	$7,0\ 10^{-6}$	$4,8\ 10^{-6}$	$4,2\ 10^{-6}$	$3,5\ 10^{-6}$
		S	0,020	$3,3\ 10^{-5}$	0,002	$2,9\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$9,4\ 10^{-6}$
U-235	$7,04\ 10^{8}$ a	F	0,040	$2,0\ 10^{-6}$	0,020	$1,3\ 10^{-6}$	$8,5\ 10^{-7}$	$7,5\ 10^{-7}$	$7,7\ 10^{-7}$	$5,2\ 10^{-7}$
		M	0,040	$1,3\ 10^{-5}$	0,020	$1,0\ 10^{-5}$	$6,3\ 10^{-6}$	$4,3\ 10^{-6}$	$3,7\ 10^{-6}$	$3,1\ 10^{-6}$
		S	0,020	$3,0\ 10^{-5}$	0,002	$2,6\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$9,2\ 10^{-6}$	$8,5\ 10^{-6}$
U-236	$2,34\ 10^{7}$ a	F	0,040	$2,0\ 10^{-6}$	0,020	$1,3\ 10^{-6}$	$8,5\ 10^{-7}$	$7,5\ 10^{-7}$	$7,8\ 10^{-7}$	$5,3\ 10^{-7}$
		M	0,040	$1,4\ 10^{-5}$	0,020	$1,0\ 10^{-5}$	$6,5\ 10^{-6}$	$4,5\ 10^{-6}$	$3,9\ 10^{-6}$	$3,2\ 10^{-6}$
		S	0,020	$3,1\ 10^{-5}$	0,002	$2,7\ 10^{-5}$	$1,8\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$9,5\ 10^{-6}$	$8,7\ 10^{-6}$
U-237	6,75 d	F	0,040	$1,8\ 10^{-9}$	0,020	$1,5\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
		M	0,040	$7,8\ 10^{-9}$	0,020	$5,7\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
		S	0,020	$8,7\ 10^{-9}$	0,002	$6,4\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
U-238	$4,47\ 10^{9}$ a	F	0,040	$1,9\ 10^{-6}$	0,020	$1,3\ 10^{-6}$	$8,2\ 10^{-7}$	$7,3\ 10^{-7}$	$7,4\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-7}$
		M	0,040	$1,2\ 10^{-5}$	0,020	$9,4\ 10^{-6}$	$5,9\ 10^{-6}$	$4,0\ 10^{-6}$	$3,4\ 10^{-6}$	$2,9\ 10^{-6}$
		S	0,020	$2,9\ 10^{-5}$	0,002	$2,5\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$8,7\ 10^{-6}$	$8,0\ 10^{-6}$
U-239	0,392 h	F	0,040	$1,0\ 10^{-10}$	0,020	$6,6\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$
		M	0,040	$1,8\ 10^{-10}$	0,020	$1,2\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
		S	0,020	$1,9\ 10^{-10}$	0,002	$1,2\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
U-240	14,1 h	F	0,040	$2,4\ 10^{-9}$	0,020	$1,6\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
		M	0,040	$4,6\ 10^{-9}$	0,020	$3,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
		S	0,020	$4,9\ 10^{-9}$	0,002	$3,3\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Nettunio										
Np-232	0,245 h	F	0,005	$2,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
		M	0,005	$8,9\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,7\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Np-233	0,603 h	F	0,005	$1,1\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-12}$	$4,2\ 10^{-12}$	$2,5\ 10^{-12}$	$1,4\ 10^{-12}$	$1,1\ 10^{-12}$
		M	0,005	$1,5\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-12}$	$3,3\ 10^{-12}$	$2,1\ 10^{-12}$	$1,6\ 10^{-12}$
		S	0,005	$1,5\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-12}$	$3,4\ 10^{-12}$	$2,1\ 10^{-12}$	$1,7\ 10^{-12}$
Np-234	4,40 d	F	0,005	$2,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,2\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
		S	0,005	$3,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Np-235	1,08 a	F	0,005	$4,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
		M	0,005	$2,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
		S	0,005	$2,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
Np-236	$1,15\ 10^{5}$ a	F	0,005	$8,9\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,1\ 10^{-6}$	$7,2\ 10^{-6}$	$7,5\ 10^{-6}$	$7,9\ 10^{-6}$	$8,0\ 10^{-6}$
		M	0,005	$3,0\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-6}$	$2,7\ 10^{-6}$	$2,7\ 10^{-6}$	$3,1\ 10^{-6}$	$3,2\ 10^{-6}$
		S	0,005	$1,6\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-6}$	$1,3\ 10^{-6}$	$1,0\ 10^{-6}$	$1,0\ 10^{-6}$	$1,0\ 10^{-6}$
Np-236	22,5 h	F	0,005	$2,8\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-9}$
		M	0,005	$1,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$
		S	0,005	$1,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-8}$	$8,5\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$
Np-237	$2,14\ 10^{6}$ a	F	0,005	$9,8\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,3\ 10^{-5}$	$6,0\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-5}$	$4,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-5}$
		M	0,005	$4,4\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-5}$	$2,8\ 10^{-5}$	$2,2\ 10^{-5}$	$2,2\ 10^{-5}$	$2,3\ 10^{-5}$
		S	0,005	$3,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-5}$	$2,1\ 10^{-5}$	$1,4\ 10^{-5}$	$1,3\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$
Np-238	2,12 d	F	0,005	$9,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$
		M	0,005	$7,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,8\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
		S	0,005	$8,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,2\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Np-239	2,36 d	F	0,005	$2,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
		M	0,005	$5,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,2\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$
		S	0,005	$5,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Np-240	1,08 h	F	0,005	$3,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$
		M	0,005	$6,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$
		S	0,005	$6,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$
Plutonio										
Pu-234	8,80 h	F	0,005	$3,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-8}$	$9,8\ 10^{-9}$	$5,7\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$
		M	0,005	$7,8\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,9\ 10^{-8}$	$3,7\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-5}$	$6,6\ 10^{-8}$	$4,2\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$
Pu-235	0,422 h	F	0,005	$1,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-12}$	$3,9\ 10^{-12}$	$2,2\ 10^{-12}$	$1,3\ 10^{-12}$	$1,0\ 10^{-12}$
		M	0,005	$1,3\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-12}$	$2,9\ 10^{-12}$	$1,9\ 10^{-12}$	$1,4\ 10^{-12}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-12}$	$3,0\ 10^{-12}$	$1,9\ 10^{-12}$	$1,5\ 10^{-12}$
Pu-236	2,85 a	F	0,005	$1,0\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,5\ 10^{-5}$	$6,1\ 10^{-5}$	$4,4\ 10^{-5}$	$3,7\ 10^{-5}$	$4,0\ 10^{-5}$
		M	0,005	$4,8\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,3\ 10^{-5}$	$2,9\ 10^{-5}$	$2,1\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$2,0\ 10^{-5}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$3,1\ 10^{-5}$	$2,0\ 10^{-5}$	$1,4\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$
Pu-237	45,3 d	F	0,005	$2,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
		M	0,005	$1,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-5}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$
Pu-238	87,7 a	F	0,005	$2,0\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$
		M	0,005	$7,8\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,4\ 10^{-5}$	$5,6\ 10^{-5}$	$4,4\ 10^{-5}$	$4,3\ 10^{-5}$	$4,6\ 10^{-5}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$4,0\ 10^{-5}$	$2,7\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$
Pu-239	$2,41\ 10^{4}$ a	F	0,005	$2,1\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$
		M	0,005	$8,0\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,7\ 10^{-5}$	$6,0\ 10^{-5}$	$4,8\ 10^{-5}$	$4,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-5}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$4,3\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$3,9\ 10^{-5}$	$2,7\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$
Pu-240	$6,54\ 10^{3}$ a	F	0,005	$2,1\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$
		M	0,005	$8,0\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,7\ 10^{-5}$	$6,0\ 10^{-5}$	$4,8\ 10^{-5}$	$4,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-5}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$4,3\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$3,9\ 10^{-5}$	$2,7\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$
Pu-241	14,4 a	F	0,005	$2,8\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-6}$	$2,6\ 10^{-6}$	$2,4\ 10^{-6}$	$2,2\ 10^{-6}$	$2,3\ 10^{-6}$
		M	0,005	$9,1\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,7\ 10^{-7}$	$9,2\ 10^{-7}$	$8,3\ 10^{-7}$	$8,6\ 10^{-7}$	$9,0\ 10^{-7}$
		S	$1,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-7}$	$1,0\ 10^{-5}$	$2,3\ 10^{-7}$	$2,0\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Pu-242	$3{,}76\ 10^5$ a	F	0,005	$2{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$
		M	0,005	$7{,}6\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}3\ 10^{-5}$	$5{,}7\ 10^{-5}$	$4{,}5\ 10^{-5}$	$4{,}5\ 10^{-5}$	$4{,}8\ 10^{-5}$
		S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$3{,}6\ 10^{-5}$	$2{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}7\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$
Pu-243	4,95 h	F	0,005	$2{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$8{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}7\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$
		M	0,005	$5{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}7\ 10^{-11}$	$8{,}3\ 10^{-11}$
		S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$4{,}1\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$9{,}2\ 10^{-11}$	$8{,}6\ 10^{-11}$
Pu-244	$8{,}26\ 10^7$ a	F	0,005	$2{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}9\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$
		M	0,005	$7{,}4\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}6\ 10^{-5}$	$4{,}5\ 10^{-5}$	$4{,}4\ 10^{-5}$	$4{,}7\ 10^{-5}$
		S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-5}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$3{,}5\ 10^{-5}$	$2{,}4\ 10^{-5}$	$1{,}7\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$
Pu-245	10,5 h	F	0,005	$1{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3{,}6\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$8{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}0\ 10^{-10}$
		S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}4\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$
Pu-246	10,9 d	F	0,005	$2{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-8}$	$7{,}0\ 10^{-9}$	$4{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$
		M	0,005	$3{,}5\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}1\ 10^{-8}$	$9{,}1\ 10^{-9}$	$7{,}4\ 10^{-9}$
		S	$1{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-5}$	$2{,}8\ 10^{-8}$	$1{,}6\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-8}$	$8{,}0\ 10^{-9}$
Americio										
Am-237	1,22 h	F	0,005	$9{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}3\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}3\ 10^{-11}$	$1{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,005	$1{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$6{,}2\ 10^{-11}$	$4{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$
		S	0,005	$1{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}3\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$
Am-238	1,63 h	F	0,005	$4{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$9{,}6\ 10^{-11}$	$8{,}8\ 10^{-11}$	$9{,}0\ 10^{-11}$
		S	0,005	$2{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}2\ 10^{-11}$	$6{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}4\ 10^{-11}$
Am-239	11,9 h	F	0,005	$8{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$9{,}1\ 10^{-11}$	$7{,}6\ 10^{-11}$
		M	0,005	$1{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$
		S	0,005	$1{,}6\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}9\ 10^{-10}$	$4{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$
Am-240	2,12 d	F	0,005	$2{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$8{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$
		M	0,005	$2{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}3\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$
		S	0,005	$3{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}3\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$
Am-241	$4{,}32\ 10^2$ a	F	0,005	$1{,}8\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}2\ 10^{-5}$	$9{,}6\ 10^{-5}$
		M	0,005	$7{,}3\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}9\ 10^{-5}$	$5{,}1\ 10^{-5}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$4{,}2\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4{,}6\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$2{,}7\ 10^{-5}$	$1{,}9\ 10^{-5}$	$1{,}7\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-5}$
Am-242	16,0 h	F	0,005	$9{,}2\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}1\ 10^{-8}$	$3{,}5\ 10^{-8}$	$2{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}1\ 10^{-8}$
		M	0,005	$7{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}9\ 10^{-8}$	$3{,}6\ 10^{-8}$	$2{,}4\ 10^{-8}$	$2{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}7\ 10^{-8}$
		S	0,005	$8{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}2\ 10^{-8}$	$3{,}9\ 10^{-8}$	$2{,}7\ 10^{-8}$	$2{,}4\ 10^{-8}$	$2{,}0\ 10^{-8}$
Am-242m	$1{,}52\ 10^2$ a	F	0,005	$1{,}6\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}5\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-4}$	$9{,}4\ 10^{-5}$	$8{,}8\ 10^{-5}$	$9{,}2\ 10^{-5}$
		M	0,005	$5{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}3\ 10^{-5}$	$4{,}1\ 10^{-5}$	$3{,}4\ 10^{-5}$	$3{,}5\ 10^{-5}$	$3{,}7\ 10^{-5}$
		S	0,005	$2{,}5\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-5}$	$1{,}7\ 10^{-5}$	$1{,}2\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$	$1{,}1\ 10^{-5}$
Am-243	$7{,}38\ 10^3$ a	F	0,005	$1{,}8\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-4}$	$1{,}2\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}1\ 10^{-5}$	$9{,}6\ 10^{-5}$
		M	0,005	$7{,}2\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}8\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-5}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$4{,}0\ 10^{-5}$	$4{,}1\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4{,}4\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-5}$	$2{,}6\ 10^{-5}$	$1{,}8\ 10^{-5}$	$1{,}6\ 10^{-5}$	$1{,}5\ 10^{-5}$
Am-244	10,1 h	F	0,005	$1{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$9{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}6\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$3{,}5\ 10^{-9}$	$3{,}7\ 10^{-9}$
		M	0,005	$6{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}0\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$
		S	0,005	$6{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$
Am-244m	0,433 h	F	0,005	$4{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$
		M	0,005	$3{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$9{,}2\ 10^{-11}$	$8{,}3\ 10^{-11}$	$8{,}4\ 10^{-11}$
		S	0,005	$3{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}5\ 10^{-11}$	$5{,}7\ 10^{-11}$
Am-245	2,05 h	F	0,005	$2{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$6{,}2\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$	$2{,}1\ 10^{-11}$
		M	0,005	$3{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}7\ 10^{-11}$	$6{,}4\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$
		S	0,005	$4{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$9{,}2\ 10^{-11}$	$6{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}6\ 10^{-11}$
Am-246	0,650 h	F	0,005	$3{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}8\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$
		M	0,005	$5{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$7{,}9\ 10^{-11}$	$6{,}6\ 10^{-11}$
		S	0,005	$5{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}9\ 10^{-11}$
Am-246m	0,417 h	F	0,005	$1{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}9\ 10^{-11}$	$4{,}2\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$	$1{,}6\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-11}$
		M	0,005	$1{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$6{,}1\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}2\ 10^{-11}$
		S	0,005	$2{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$6{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}1\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$	$2{,}3\ 10^{-11}$
Curio										

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1]	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Cm-238	2,40 h	F	0,005	$7,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-10}$
		M	0,005	$2,1\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$
		S	0,005	$2,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-8}$	$8,6\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$
Cm-240	27,0 d	F	0,005	$8,3\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,3\ 10^{-6}$	$3,2\ 10^{-6}$	$2,0\ 10^{-6}$	$1,5\ 10^{-6}$	$1,3\ 10^{-6}$
		M	0,005	$1,2\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,1\ 10^{-6}$	$5,8\ 10^{-6}$	$4,2\ 10^{-6}$	$3,8\ 10^{-6}$	$3,2\ 10^{-6}$
		S	0,005	$1,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,9\ 10^{-6}$	$6,4\ 10^{-6}$	$4,6\ 10^{-6}$	$4,3\ 10^{-6}$	$3,5\ 10^{-6}$
Cm-241	32,8 d	F	0,005	$1,1\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,9\ 10^{-8}$	$4,9\ 10^{-8}$	$3,5\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-8}$
		M	0,005	$1,3\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-7}$	$6,6\ 10^{-8}$	$4,8\ 10^{-8}$	$4,4\ 10^{-8}$	$3,7\ 10^{-8}$
		S	0,005	$1,4\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-7}$	$6,9\ 10^{-8}$	$4,9\ 10^{-8}$	$4,5\ 10^{-8}$	$3,7\ 10^{-8}$
Cm-242	163 d	F	0,005	$2,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$6,1\ 10^{-6}$	$4,0\ 10^{-6}$	$3,3\ 10^{-6}$
		M	0,005	$2,2\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$7,3\ 10^{-6}$	$6,4\ 10^{-6}$	$5,2\ 10^{-6}$
		S	0,005	$2,4\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$	$8,2\ 10^{-6}$	$7,3\ 10^{-6}$	$5,9\ 10^{-6}$
Cm-243	28,5 a	F	0,005	$1,6\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$9,5\ 10^{-5}$	$7,3\ 10^{-5}$	$6,5\ 10^{-5}$	$6,9\ 10^{-5}$
		M	0,005	$6,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,1\ 10^{-5}$	$4,2\ 10^{-5}$	$3,1\ 10^{-5}$	$3,0\ 10^{-5}$	$3,1\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4,6\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-5}$	$2,6\ 10^{-5}$	$1,8\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$	$1,5\ 10^{-5}$
Cm-244	18,1 a	F	0,005	$1,5\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-4}$	$8,3\ 10^{-5}$	$6,1\ 10^{-5}$	$5,3\ 10^{-5}$	$5,7\ 10^{-5}$
		M	0,005	$6,2\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,7\ 10^{-5}$	$3,7\ 10^{-5}$	$2,7\ 10^{-5}$	$2,6\ 10^{-5}$	$2,7\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4,4\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,8\ 10^{-5}$	$2,5\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,5\ 10^{-5}$	$1,3\ 10^{-5}$
Cm-245	$8,50\ 10^{3}$ a	F	0,005	$1,9\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-4}$	$9,4\ 10^{-5}$	$9,9\ 10^{-5}$
		M	0,005	$7,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,9\ 10^{-5}$	$5,1\ 10^{-5}$	$4,1\ 10^{-5}$	$4,1\ 10^{-5}$	$4,2\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4,5\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-5}$	$2,7\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$
Cm-246	$4,73\ 10^{3}$ a	F	0,005	$1,9\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-4}$	$9,4\ 10^{-5}$	$9,8\ 10^{-5}$
		M	0,005	$7,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,9\ 10^{-5}$	$5,1\ 10^{-5}$	$4,1\ 10^{-5}$	$4,1\ 10^{-5}$	$4,2\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4,6\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-5}$	$2,7\ 10^{-5}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$
Cm-247	$1,56\ 10^{7}$ a	F	0,005	$1,7\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$9,4\ 10^{-5}$	$8,6\ 10^{-5}$	$9,0\ 10^{-5}$
		M	0,005	$6,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,3\ 10^{-5}$	$4,7\ 10^{-5}$	$3,7\ 10^{-5}$	$3,7\ 10^{-5}$	$3,9\ 10^{-5}$
		S	0,005	$4,1\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-5}$	$2,4\ 10^{-5}$	$1,7\ 10^{-5}$	$1,5\ 10^{-5}$	$1,4\ 10^{-5}$
Cm-248	$3,39\ 10^{5}$ a	F	0,005	$6,8\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,5\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-4}$	$3,7\ 10^{-4}$	$3,4\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-4}$
		M	0,005	$2,5\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$
		S	0,005	$1,4\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-4}$	$8,2\ 10^{-5}$	$5,6\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-5}$	$4,8\ 10^{-5}$
Cm-249	1,07 h	F	0,005	$1,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,8\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$
		M	0,005	$2,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
		S	0,005	$2,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
Cm-250	$6,90\ 10^{3}$ a	F	0,005	$3,9\ 10^{-3}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,7\ 10^{-3}$	$2,6\ 10^{-3}$	$2,1\ 10^{-3}$	$2,0\ 10^{-3}$	$2,1\ 10^{-3}$
		M	0,005	$1,4\ 10^{-3}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-3}$	$9,9\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-4}$	$8,4\ 10^{-4}$
		S	0,005	$7,2\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,5\ 10^{-4}$	$4,4\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-4}$	$2,7\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-4}$
Berchelio										
Bk-245	4,94 d	M	0,005	$8,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,6\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
Bk-246	1,83 d	M	0,005	$2,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
Bk-247	$1,38\ 10^{3}$ a	M	0,005	$1,5\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-5}$	$7,2\ 10^{-5}$	$6,9\ 10^{-5}$
Bk-249	320 d	M	0,005	$3,3\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,3\ 10^{-7}$	$2,4\ 10^{-7}$	$1,8\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$	$1,6\ 10^{-7}$
Bk-250	3,22 h	M	0,005	$3,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Californio										
Cf-244	0,323 h	M	0,005	$7,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$
Cf-246	1,49 d	M	0,005	$1,7\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-6}$	$8,3\ 10^{-7}$	$6,1\ 10^{-7}$	$5,7\ 10^{-7}$	$4,5\ 10^{-7}$
Cf-248	334 d	M	0,005	$3,8\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-5}$	$2,1\ 10^{-5}$	$1,4\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$8,8\ 10^{-6}$
Cf-249	$350\ 10^{2}$ a	M	0,005	$1,6\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$8,0\ 10^{-5}$	$7,2\ 10^{-5}$	$7,0\ 10^{-5}$
Cf-250	13,1 a	M	0,005	$1,1\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,8\ 10^{-5}$	$6,6\ 10^{-5}$	$4,2\ 10^{-5}$	$3,5\ 10^{-5}$	$3,4\ 10^{-5}$
Cf-251	$8,98\ 10^{2}$ a	M	0,005	$1,6\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$8,1\ 10^{-5}$	$7,3\ 10^{-5}$	$7,1\ 10^{-5}$
Cf-252	2,64 a	M	0,005	$9,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-5}$	$5,6\ 10^{-5}$	$3,2\ 10^{-5}$	$2,2\ 10^{-5}$	$2,0\ 10^{-5}$
Cf-253	17,8 d	M	0,005	$5,4\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,2\ 10^{-6}$	$2,6\ 10^{-6}$	$1,9\ 10^{-6}$	$1,7\ 10^{-6}$	$1,3\ 10^{-6}$
Cf-254	60,5 d	M	0,005	$2,5\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-4}$	$7,0\ 10^{-5}$	$4,8\ 10^{-5}$	$4,1\ 10^{-5}$
Einsteinio										
Es-250	2,10 h	M	0,005	$2,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
Es-251	1,38 d	M	0,005	$7,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,0\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
Es-253	20,5 d	M	0,005	$1,1\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,0\ 10^{-6}$	$5,1\ 10^{-6}$	$3,7\ 10^{-6}$	$3,4\ 10^{-6}$	$2,7\ 10^{-6}$

Nuclide	Tempo di dimezzam.	Tipo assorb.[1])	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
			f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Es-254	276 d	M	0,005	$3,7\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-5}$	$2,0\ 10^{-5}$	$1,3\ 10^{-5}$	$1,0\ 10^{-5}$	$8,6\ 10^{-6}$
Es-254m	1,64 d	M	0,005	$1,7\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-6}$	$8,4\ 10^{-7}$	$6,3\ 10^{-7}$	$5,9\ 10^{-7}$	$4,7\ 10^{-7}$
Fermio										
Fm-252	22,7 h	M	0,005	$1,2\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,0\ 10^{-7}$	$5,8\ 10^{-7}$	$4,3\ 10^{-7}$	$4,0\ 10^{-7}$	$3,2\ 10^{-7}$
Fm-253	3,00 d	M	0,005	$1,5\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-6}$	$7,3\ 10^{-7}$	$5,4\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-7}$	$4,0\ 10^{-7}$
Fm-254	3,24 h	M	0,005	$3,2\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,3\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$9,8\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-8}$
Fm-255	20,1 h	M	0,005	$1,2\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,3\ 10^{-7}$	$4,7\ 10^{-7}$	$3,5\ 10^{-7}$	$3,4\ 10^{-7}$	$2,7\ 10^{-7}$
Fm-257	101 d	M	0,005	$3,3\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-5}$	$1,6\ 10^{-5}$	$1,1\ 10^{-5}$	$8,8\ 10^{-6}$	$7,1\ 10^{-6}$
Mendelevio										
Md-257	5,20 h	M	0,005	$1,0\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,2\ 10^{-8}$	$5,1\ 10^{-8}$	$3,6\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$2,5\ 10^{-8}$
Md-258	55,0 d	M	0,005	$2,4\ 10^{-5}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-5}$	$1,2\ 10^{-5}$	$8,6\ 10^{-6}$	$7,3\ 10^{-6}$	$5,9\ 10^{-6}$

TABELLA IV.4

Coefficienti di dose efficace impegnata per unità di introduzione per ingestione per individui della popolazione ($Sv \cdot Bq^{-1}$)

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Idrogeno									
Acqua tritiata	12,3 a	1,000	$6,4\ 10^{-11}$	1,000	$4,8\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
OBT[a)]	12,3 a	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$
Berillio									
Be-7	53,3 d	0,020	$1,8\ 10^{-10}$	0,005	$1,3\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
Be-10	$1,60\ 10^{6}$ a	0,020	$1,4\ 10^{-8}$	0,005	$8,0\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Carbonio									
C-11	0,340 h	1,000	$2,6\ 10^{-10}$	1,000	$1,5\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
C-14	$5,73\ 10^{3}$ a	1,000	$1,4\ 10^{-9}$	1,000	$1,6\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$
Fluoro									
F-18	1,83 h	1,000	$5,2\ 10^{-10}$	1,000	$3,0\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$
Sodio									
Na-22	2,60 a	1,000	$2,1\ 10^{-8}$	1,000	$1,5\ 10^{-8}$	$8,4\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$
Na-24	15,0 h	1,000	$3,5\ 10^{-9}$	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
Magnesio									
Mg-28	20,9 h	1,000	$1,2\ 10^{-8}$	0,500	$1,4\ 10^{-8}$	$7,4\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
Alluminio									
Al-26	$7,16\ 10^{5}$ a	0,020	$3,4\ 10^{-8}$	0,010	$2,1\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,1\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$
Silicio									
Si-31	2,62 h	0,020	$1,9\ 10^{-9}$	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
Si-32	$4,50\ 10^{2}$ a	0,020	$7,3\ 10^{-9}$	0,010	$4,1\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Fosforo									
P-32	14,3 d	1,000	$3,1\ 10^{-8}$	0,800	$1,9\ 10^{-8}$	$9,4\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
P-33	25,4 d	1,000	$2,7\ 10^{-9}$	0,800	$1,8\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
Zolfo									
S-35 (inorg.)	87,4 d	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	1,000	$8,7\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
S-35 (organico)	87,4 d	1,000	$7,7\ 10^{-9}$	1,000	$5,4\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-10}$
Cloro									
Cl-36	$3,01\ 10^{5}$ a	1,000	$9,8\ 10^{-9}$	1,000	$6,3\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$
Cl-38	0,620 h	1,000	$1,4\ 10^{-9}$	1,000	$7,7\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Cl-39	0,927 h	1,000	$9,7\ 10^{-10}$	1,000	$5,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$
Potassio									
K-40	$1,28\ 10^{9}$ a	1,000	$6,2\ 10^{-8}$	1,000	$4,2\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-9}$
K-42	12,4 h	1,000	$5,1\ 10^{-9}$	1,000	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
K-43	22,6 h	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	1,000	$1,4\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
K-44	0,369 h	1,000	$1,0\ 10^{-9}$	1,000	$5,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$
K-45	0,333 h	1,000	$6,2\ 10^{-10}$	1,000	$3,5\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Calcio[b)]									
Ca-41	$1,40\ 10^{5}$ a	0,600	$1,2\ 10^{-9}$	0,300	$5,2\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Ca-45	163 d	0,600	$1,1\ 10^{-8}$	0,300	$4,9\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$
Ca-47	4,53 d	0,600	$1,3\ 10^{-8}$	0,300	$9,3\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
Scandio									
Sc-43	3,89 h	0,001	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Sc-44	3,93 h	0,001	$3,5\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$
Sc-44m	2,44 d	0,001	$2,4\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-8}$	$8,3\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Sc-46	83,8 d	0,001	$1,1\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$7,9\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Sc-47	3,35 d	0,001	$6,1\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
Sc-48	1,82 d	0,001	$1,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$9,3\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Sc-49	0,956 h	0,001	$1,0\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,7\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$

[a)] OBT designa il tritio legato organicamente.

[b)] Il valore f_1 per le persone di età compresa tra 1 e 15 anni è 0,4.

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Titanio									
Ti-44	47,3 a	0,020	$5,5\ 10^{-8}$	0,010	$3,1\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,9\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$
Ti-45	3,08 h	0,020	$1,6\ 10^{-9}$	0,010	$9,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
Vanadio									
V-47	0,543 h	0,020	$7,3\ 10^{-10}$	0,010	$4,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$
V-48	16,2 d	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	0,010	$1,1\ 10^{-8}$	$5,9\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
V-49	330 d	0,020	$2,2\ 10^{-10}$	0,010	$1,4\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
Cromo									
Cr-48	23,0 h	0,200	$1,4\ 10^{-9}$	0,100	$9,9\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
		0,020	$1,4\ 10^{-9}$	0,010	$9,9\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
Cr-49	0,702 h	0,200	$6,8\ 10^{-10}$	0,100	$3,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$
		0,020	$6,8\ 10^{-10}$	0,010	$3,9\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$
Cr-51	27,7 d	0,200	$3,5\ 10^{-10}$	0,100	$2,3\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$
		0,020	$3,3\ 10^{-10}$	0,010	$2,2\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Manganese									
Mn-51	0,770 h	0,200	$1,1\ 10^{-9}$	0,100	$6,1\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$
Mn-52	5,59 d	0,200	$1,2\ 10^{-8}$	0,100	$8,8\ 10^{-9}$	$5,1\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
Mn-52m	0,352 h	0,200	$7,8\ 10^{-10}$	0,100	$4,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$6,9\ 10^{-11}$
Mn-53	$3,70\ 10^{6}$ a	0,200	$4,1\ 10^{-10}$	0,100	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$
Mn-54	312 d	0,200	$5,4\ 10^{-9}$	0,100	$3,1\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-10}$
Mn-56	2,58 h	0,200	$2,7\ 10^{-9}$	0,100	$1,7\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
Ferro[c)]									
Fe-52	8,28 h	0,600	$1,3\ 10^{-8}$	0,100	$9,1\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Fe-55	2,70 a	0,600	$7,6\ 10^{-9}$	0,100	$2,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
Fe-59	44,5 d	0,600	$3,9\ 10^{-8}$	0,100	$1,3\ 10^{-8}$	$7,5\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
Fe-60	$1,00\ 10^{5}$ a	0,600	$7,9\ 10^{-7}$	0,100	$2,7\ 10^{-7}$	$2,7\ 10^{-7}$	$2,5\ 10^{-7}$	$2,3\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$
Cobalto[d)]									
Co-55	17,5 h	0,600	$6,0\ 10^{-9}$	0,100	$5,5\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Co-56	78,7 d	0,600	$2,5\ 10^{-8}$	0,100	$1,5\ 10^{-8}$	$8,8\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$
Co-57	271 d	0,600	$2,9\ 10^{-9}$	0,100	$1,6\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Co-58	70,8 d	0,600	$7,3\ 10^{-9}$	0,100	$4,4\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$
Co-58m	9,15 h	0,600	$2,0\ 10^{-10}$	0,100	$1,5\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Co-60	5,27 a	0,600	$5,4\ 10^{-8}$	0,100	$2,7\ 10^{-8}$	$1,7\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$
Co-60m	0,174 h	0,600	$2,2\ 10^{-11}$	0,100	$1,2\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-12}$	$3,2\ 10^{-12}$	$2,2\ 10^{-12}$	$1,7\ 10^{-12}$
Co-61	1,65 h	0,600	$8,2\ 10^{-10}$	0,100	$5,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-11}$
Co-62m	0,232 h	0,600	$5,3\ 10^{-10}$	0,100	$3,0\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
Nichel									
Ni-56	6,10 d	0,100	$5,3\ 10^{-9}$	0,050	$4,0\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$
Ni-57	1,50 d	0,100	$6,8\ 10^{-9}$	0,050	$4,9\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$
Ni-59	$7,50\ 10^{4}$ a	0,100	$6,4\ 10^{-10}$	0,050	$3,4\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$
Ni-63	96,0 a	0,100	$1,6\ 10^{-9}$	0,050	$8,4\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
Ni-65	2,52 h	0,100	$2,1\ 10^{-9}$	0,050	$1,3\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Ni-66	2,27 d	0,100	$3,3\ 10^{-8}$	0,050	$2,2\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,6\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$
Rame									
Cu-60	0,387 h	1,000	$7,0\ 10^{-10}$	0,500	$4,2\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$7,0\ 10^{-11}$
Cu-61	3,41 h	1,000	$7,1\ 10^{-10}$	0,500	$7,5\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Cu-64	12,7 h	1,000	$5,2\ 10^{-10}$	0,500	$8,3\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Cu-67	2,58 d	1,000	$2,1\ 10^{-9}$	0,500	$2,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,2\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$
Zinco									
Zn-62	9,26 h	1,000	$4,2\ 10^{-9}$	0,500	$6,5\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$
Zn-63	0,635 h	1,000	$8,7\ 10^{-10}$	0,500	$5,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$
Zn-65	244 d	1,000	$3,6\ 10^{-8}$	0,500	$1,6\ 10^{-8}$	$9,7\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$
Zn-69	0,950 h	1,000	$3,5\ 10^{-10}$	0,500	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
Zn-69m	13,8 h	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	0,500	$2,3\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
Zn-71m	3,92 h	1,000	$1,4\ 10^{-9}$	0,500	$1,5\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$

[c)] Il valore f_1 per le persone di età compresa tra 1 e 15 anni è 0,2.

[d)] Il valore f_1 per le persone di età compresa tra 1 e 15 anni è 0,3.

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Zn-72	1,94 d	1,000	$8,7\ 10^{-9}$	0,500	$8,6\ 10^{-9}$	$4,5\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Gallio									
Ga-65	0,253 h	0,010	$4,3\ 10^{-10}$	0,001	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Ga-66	9,40 h	0,010	$1,2\ 10^{-8}$	0,001	$7,9\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Ga-67	3,26 d	0,010	$1,8\ 10^{-9}$	0,001	$1,2\ 10^{-9}$	$6,4\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Ga-68	1,13 h	0,010	$1,2\ 10^{-9}$	0,001	$6,7\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Ga-70	0,353 h	0,010	$3,9\ 10^{-10}$	0,001	$2,2\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
Ga-72	14,1 h	0,010	$1,0\ 10^{-8}$	0,001	$6,8\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Ga-73	4,91 h	0,010	$3,0\ 10^{-9}$	0,001	$1,9\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Germanio									
Ge-66	2,27 h	1,000	$8,3\ 10^{-10}$	1,000	$5,3\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Ge-67	0,312 h	1,000	$7,7\ 10^{-10}$	1,000	$4,2\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
Ge-68	288 d	1,000	$1,2\ 10^{-8}$	1,100	$8,0\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Ge-69	1,63 d	1,000	$2,0\ 10^{-9}$	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
Ge-71	11,8 d	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	1,000	$7,8\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
Ge-75	1,38 h	1,000	$5,5\ 10^{-10}$	1,000	$3,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$
Ge-77	11,3 h	1,000	$3,0\ 10^{-9}$	1,000	$1,8\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$
Ge-78	1,45 h	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	1,000	$7,0\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Arsenico									
As-69	0,253 h	1,000	$6,6\ 10^{-10}$	0,500	$3,7\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$
As-70	0,876 h	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	0,500	$7,8\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
As-71	2,70 d	1,000	$2,8\ 10^{-9}$	0,500	$2,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$
As-72	1,08 d	1,000	$1,1\ 10^{-8}$	0,500	$1,2\ 10^{-8}$	$6,3\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
As-73	80,3 d	1,000	$2,6\ 10^{-9}$	0,500	$1,9\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
As-74	17,8 d	1,000	$1,0\ 10^{-8}$	0,500	$8,2\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
As-76	1,10 d	1,000	$1,0\ 10^{-8}$	0,500	$1,1\ 10^{-8}$	$5,8\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$
As-77	1,62 d	1,000	$2,7\ 10^{-9}$	0,500	$2,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
As-78	1,51 h	1,000	$2,0\ 10^{-9}$	0,500	$1,4\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Selenio									
Se-70	0,683 h	1,000	$1,0\ 10^{-9}$	0,800	$7,1\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Se-73	7,15 h	1,000	$1,6\ 10^{-9}$	0,800	$1,4\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Se-73m	0,650 h	1,000	$2,6\ 10^{-10}$	0,800	$1,8\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
Se-75	120 d	1,000	$2,0\ 10^{-8}$	0,800	$1,3\ 10^{-8}$	$8,3\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$
Se-79	$6,50\ 10^{4}$ a	1,000	$4,1\ 10^{-8}$	0,800	$2,8\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$
Se-81	0,308 h	1,000	$3,4\ 10^{-10}$	0,800	$1,9\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
Se-81m	0,954 h	1,000	$6,0\ 10^{-10}$	0,800	$3,7\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$
Se-83	0,375 h	1,000	$4,6\ 10^{-10}$	0,800	$2,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
Bromo									
Br-74	0,422 h	1,000	$9,0\ 10^{-10}$	1,000	$5,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$
Br-74m	0,691 h	1,000	$1,5\ 10^{-9}$	1,000	$8,5\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
Br-75	1,63 h	1,000	$8,5\ 10^{-10}$	1,000	$4,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$	$7,9\ 10^{-11}$
Br-76	16,2 h	1,000	$4,2\ 10^{-9}$	1,000	$2,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$
Br-77	2,33 d	1,000	$6,3\ 10^{-10}$	1,000	$4,4\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$
Br-80	0,290 h	1,000	$3,9\ 10^{-10}$	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
Br-80m	4,42 h	1,000	$1,4\ 10^{-9}$	1,000	$8,0\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Br-82	1,47 d	1,000	$3,7\ 10^{-9}$	1,000	$2,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
Br-83	2,39 h	1,000	$5,3\ 10^{-10}$	1,000	$3,0\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$
Br-84	0,530 h	1,000	$1,0\ 10^{-9}$	1,000	$5,8\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$
Rubidio									
Rb-79	0,382 h	1,000	$5,7\ 10^{-10}$	1,000	$3,2\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$
Rb-81	4,58 h	1,000	$5,4\ 10^{-10}$	1,000	$3,2\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Rb-81m	0,533 h	1,000	$1,1\ 10^{-10}$	1,000	$6,2\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,7\ 10^{-12}$
Rb-82m	6,20 h	1,000	$8,7\ 10^{-10}$	1,000	$5,9\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Rb-83	86,2 d	1,000	$1,1\ 10^{-8}$	1,000	$8,4\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
Rb-84	32,8 d	1,000	$2,0\ 10^{-8}$	1,000	$1,4\ 10^{-8}$	$7,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$
Rb-86	18,7 d	1,000	$3,1\ 10^{-8}$	1,000	$2,0\ 10^{-8}$	$9,9\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$
Rb-87	$4,70\ 10^{10}$ a	1,000	$1,5\ 10^{-8}$	1,000	$1,0\ 10^{-8}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Rb-88	0,297 h	1,000	$1,1\ 10^{-9}$	1,000	$6,2\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$
Rb-89	0,253 h	1,000	$5,4\ 10^{-10}$	1,000	$3,0\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
Stronzio[e)]									
Sr-80	1,67 h	0,600	$3,7\ 10^{-9}$	0,300	$2,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$
Sr-81	0,425 h	0,600	$8,4\ 10^{-10}$	0,300	$4,9\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$	$7,7\ 10^{-11}$
Sr-82	25,0 d	0,600	$7,2\ 10^{-8}$	0,300	$4,1\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$8,7\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$
Sr-83	1,35 d	0,600	$3,4\ 10^{-9}$	0,300	$2,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$
Sr-85	64,8 d	0,600	$7,7\ 10^{-9}$	0,300	$3,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-10}$
Sr-85m	1,16 h	0,600	$4,5\ 10^{-11}$	0,300	$3,0\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$	$7,8\ 10^{-12}$	$6,1\ 10^{-12}$
Sr-87m	2,80 h	0,600	$2,4\ 10^{-10}$	0,300	$1,7\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$
Sr-89	50,5 d	0,600	$3,6\ 10^{-8}$	0,300	$1,8\ 10^{-8}$	$8,9\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$
Sr-90	29,1 a	0,600	$2,3\ 10^{-7}$	0,300	$7,3\ 10^{-8}$	$4,7\ 10^{-8}$	$6,0\ 10^{-8}$	$8,0\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$
Sr-91	9,50 h	0,600	$5,2\ 10^{-9}$	0,300	$4,0\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$
Sr-92	2,71 h	0,600	$3,4\ 10^{-9}$	0,300	$2,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
Ittrio									
Y-86	14,7 h	0,001	$7,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,2\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$
Y-86m	0,800 h	0,001	$4,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$
Y-87	3,35 d	0,001	$4,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Y-88	107 d	0,001	$8,1\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$6,0\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Y-90	2,67 d	0,001	$3,1\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$5,9\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$
Y-90m	3,19 h	0,001	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Y-91	58,5 d	0,001	$2,8\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-8}$	$8,8\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Y-91m	0,828 h	0,001	$9,2\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-4}$	$6,0\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,1\ 10^{-11}$
Y-92	3,54 h	0,001	$5,9\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$
Y-93	10,1 h	0,001	$1,4\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-4}$	$8,5\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Y-94	0,318 h	0,001	$9,9\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$5,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$
Y-95	0,178 h	0,001	$5,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-4}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,9\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$
Zirconio									
Zr-86	16,5 h	0,020	$6,9\ 10^{-9}$	0,010	$4,8\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$
Zr-88	83,4 d	0,020	$2,8\ 10^{-9}$	0,010	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$
Zr-89	3,27 d	0,020	$6,5\ 10^{-9}$	0,010	$4,5\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-10}$
Zr-93	$1,53\ 10^{6}$ a	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	0,010	$7,6\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-9}$
Zr-95	64,0 d	0,020	$8,5\ 10^{-9}$	0,010	$5,6\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$
Zr-97	16,9 h	0,020	$2,2\ 10^{-8}$	0,010	$1,4\ 10^{-8}$	$7,3\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
Niobio									
Nb-88	0,238 h	0,020	$6,7\ 10^{-10}$	0,010	$3,8\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$
Nb-89	2,03 h	0,020	$3,0\ 10^{-9}$	0,010	$2,0\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
Nb-89	1,10 h	0,020	$1,5\ 10^{-9}$	0,010	$8,7\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
Nb-90	14,6 h	0,020	$1,1\ 10^{-8}$	0,010	$7,2\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Nb-93m	13,6 a	0,020	$1,5\ 10^{-9}$	0,010	$9,1\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Nb-94	$2,03\ 10^{4}$ a	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	0,010	$9,7\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Nb-95	35,1 d	0,020	$4,6\ 10^{-9}$	0,010	$3,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,4\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-10}$
Nb-95m	3,61 d	0,020	$6,4\ 10^{-9}$	0,010	$4,1\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Nb-96	23,3 h	0,020	$9,2\ 10^{-9}$	0,010	$6,3\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Nb-97	1,20 h	0,020	$7,7\ 10^{-10}$	0,010	$4,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$
Nb-98	0,858 h	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	0,010	$7,1\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Molibdeno									
Mo-90	5,67 h	1,000	$1,7\ 10^{-9}$	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Mo-93	$3,50\ 10^{3}$ a	1,000	$7,9\ 10^{-9}$	1,000	$6,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$
Mo-93m	6,85 h	1,000	$8,0\ 10^{-10}$	1,000	$5,4\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Mo-99	2,75 d	1,000	$5,5\ 10^{-9}$	1,000	$3,5\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$
Mo-101	0,244 h	1,000	$4,8\ 10^{-10}$	1,000	$2,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$
Tecnezio									
Tc-93	2,75 h	1,000	$2,7\ 10^{-10}$	0,500	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$
Tc-93m	0,725 h	1,000	$2,0\ 10^{-10}$	0,500	$1,3\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$

[e)] Il valore f_1 per le persone di età compresa tra 1 e 15 anni è 0,4.

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Tc-94	4,88 h	1,000	$1,2\ 10^{-9}$	0,500	$1,0\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
Tc-94m	0,867 h	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	0,500	$6,5\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Tc-95	20,0 h	1,000	$9,9\ 10^{-10}$	0,500	$8,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Tc-95m	61,0 d	1,000	$4,7\ 10^{-9}$	0,500	$2,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Tc-96	4,28 d	1,000	$6,7\ 10^{-9}$	0,500	$5,1\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Tc-96m	0,858 h	1,000	$1,0\ 10^{-10}$	0,500	$6,5\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
Tc-97	$2,60\ 10^{6}$ a	1,000	$9,9\ 10^{-10}$	0,500	$4,9\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$
Tc-97m	87,0 d	1,000	$8,7\ 10^{-9}$	0,500	$4,1\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Tc-98	$4,20\ 10^{6}$ a	1,000	$2,3\ 10^{-8}$	0,500	$1,2\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
Tc-99	$2,13\ 10^{5}$ a	1,000	$1,0\ 10^{-8}$	0,500	$4,8\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$
Tc-99m	6,02 h	1,000	$2,0\ 10^{-10}$	0,500	$1,3\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
Tc-101	0,237 h	1,000	$2,4\ 10^{-10}$	0,500	$1,3\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
Tc-104	0,303 h	1,000	$1,0\ 10^{-9}$	0,500	$5,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$
Rutenio									
Ru-94	0,863 h	0,100	$9,3\ 10^{-10}$	0,050	$5,9\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$
Ru-97	2,90 d	0,100	$1,2\ 10^{-9}$	0,050	$8,5\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
Ru-103	39,3 d	0,100	$7,1\ 10^{-9}$	0,050	$4,6\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$
Ru-105	4,44 h	0,100	$2,7\ 10^{-9}$	0,050	$1,8\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Ru-106	1,01 a	0,100	$8,4\ 10^{-8}$	0,050	$4,9\ 10^{-8}$	$2,5\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$8,6\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-9}$
Rodio									
Rh-99	16,0 d	0,100	$4,2\ 10^{-9}$	0,050	$2,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$
Rh-99m	4,70 h	0,100	$4,9\ 10^{-10}$	0,050	$3,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$
Rh-100	20,8 h	0,100	$4,9\ 10^{-9}$	0,050	$3,6\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-10}$
Rh-101	3,20 a	0,100	$4,9\ 10^{-9}$	0,050	$2,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Rh-101m	4,34 d	0,100	$1,7\ 10^{-9}$	0,050	$1,2\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
Rh-102	2,90 a	0,100	$1,9\ 10^{-8}$	0,050	$1,0\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$
Rh-102m	207 d	0,100	$1,2\ 10^{-8}$	0,050	$7,4\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Rh-103m	0,935 h	0,100	$4,7\ 10^{-11}$	0,050	$2,7\ 10^{-11}$	$1,3\ 10^{-11}$	$7,4\ 10^{-12}$	$4,8\ 10^{-12}$	$3,8\ 10^{-12}$
Rh-105	1,47 d	0,100	$4,0\ 10^{-9}$	0,050	$2,7\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$
Rh-106m	2,20 h	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	0,050	$9,7\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
Rh-107	0,362 h	0,100	$2,9\ 10^{-10}$	0,050	$1,6\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$4,5\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Palladio									
Pd-100	3,63 d	0,050	$7,4\ 10^{-9}$	0,005	$5,2\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$
Pd-101	8,27 h	0,050	$8,2\ 10^{-10}$	0,005	$5,7\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$
Pd-103	17,0 d	0,050	$2,2\ 10^{-9}$	0,005	$1,4\ 10^{-9}$	$7,2\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Pd-107	$6,50\ 10^{6}$ a	0,050	$4,4\ 10^{-10}$	0,005	$2,8\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$
Pd-109	13,4 h	0,050	$6,3\ 10^{-9}$	0,005	$4,1\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$
Argento									
Ag-102	0,215 h	0,100	$4,2\ 10^{-10}$	0,050	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$
Ag-103	1,09 h	0,100	$4,5\ 10^{-10}$	0,050	$2,7\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$5,5\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$
Ag-104	1,15 h	0,100	$4,3\ 10^{-10}$	0,050	$2,9\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
Ag-104m	0,558 h	0,100	$5,6\ 10^{-10}$	0,050	$3,3\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Ag-105	41,0 d	0,100	$3,9\ 10^{-9}$	0,050	$2,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$
Ag-106	0,399 h	0,100	$3,7\ 10^{-10}$	0,050	$2,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$
Ag-106m	8,41 d	0,100	$9,7\ 10^{-9}$	0,050	$6,9\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Ag-108m	$1,27\ 10^{2}$ a	0,100	$2,1\ 10^{-8}$	0,050	$1,1\ 10^{-8}$	$6,5\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$
Ag-110m	250 d	0,100	$2,4\ 10^{-8}$	0,050	$1,4\ 10^{-8}$	$7,8\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$
Ag-111	7,45 d	0,100	$1,4\ 10^{-8}$	0,050	$9,3\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Ag-112	3,12 h	0,100	$4,9\ 10^{-9}$	0,050	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
Ag-115	0,333 h	0,100	$7,2\ 10^{-10}$	0,050	$4,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
Cadmio									
Cd-104	0,961 h	0,100	$4,2\ 10^{-10}$	0,050	$2,9\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Cd-107	6,49 h	0,100	$7,1\ 10^{-10}$	0,050	$4,6\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-11}$
Cd-109	1,27 a	0,100	$2,1\ 10^{-8}$	0,050	$9,5\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
Cd-113	$9,30\ 10^{15}$ a	0,100	$1,0\ 10^{-7}$	0,050	$4,8\ 10^{-8}$	$3,7\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	$2,6\ 10^{-8}$	$2,5\ 10^{-8}$
Cd-113m	13,6 a	0,100	$1,2\ 10^{-7}$	0,050	$5,6\ 10^{-8}$	$3,9\ 10^{-8}$	$2,9\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$
Cd-115	2,23 d	0,100	$1,4\ 10^{-8}$	0,050	$9,7\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Cd-115m	44,6 d	0,100	$4{,}1\ 10^{-8}$	0,050	$1{,}9\ 10^{-8}$	$9{,}7\ 10^{-9}$	$6{,}9\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
Cd-117	2,49 h	0,100	$2{,}9\ 10^{-9}$	0,050	$1{,}9\ 10^{-9}$	$9{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$
Cd-117m	3,36 h	0,100	$2{,}6\ 10^{-9}$	0,050	$1{,}7\ 10^{-9}$	$9{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}6\ 10^{-10}$	$3{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$
Indio									
In-109	4,20 h	0,040	$5{,}2\ 10^{-10}$	0,020	$3{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}2\ 10^{-11}$	$6{,}6\ 10^{-11}$
In-110	4,90 h	0,040	$1{,}5\ 10^{-9}$	0,020	$1{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}5\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$
In-110	1,15 h	0,040	$1{,}1\ 10^{-9}$	0,020	$6{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$
In-111	2,83 d	0,040	$2{,}4\ 10^{-9}$	0,020	$1{,}7\ 10^{-9}$	$9{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$2{,}9\ 10^{-10}$
In-112	0,240 h	0,040	$1{,}2\ 10^{-10}$	0,020	$6{,}7\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$1{,}9\ 10^{-11}$	$1{,}3\ 10^{-11}$	$1{,}0\ 10^{-11}$
In-113m	1,66 h	0,040	$3{,}0\ 10^{-10}$	0,020	$1{,}8\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}2\ 10^{-11}$	$3{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}8\ 10^{-11}$
In-114m	49,5 d	0,040	$5{,}6\ 10^{-8}$	0,020	$3{,}1\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$9{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}2\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$
In-115	$5{,}10\ 10^{15}$ a	0,040	$1{,}3\ 10^{-7}$	0,020	$6{,}4\ 10^{-8}$	$4{,}8\ 10^{-8}$	$4{,}3\ 10^{-8}$	$3{,}6\ 10^{-8}$	$3{,}2\ 10^{-8}$
In-115m	4,49 h	0,040	$9{,}6\ 10^{-10}$	0,020	$6{,}0\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$8{,}6\ 10^{-11}$
In-116m	0,902 h	0,040	$5{,}8\ 10^{-10}$	0,020	$3{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}0\ 10^{-11}$	$6{,}4\ 10^{-11}$
In-117	0,730 h	0,040	$3{,}3\ 10^{-10}$	0,020	$1{,}9\ 10^{-10}$	$9{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}8\ 10^{-11}$	$3{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}1\ 10^{-11}$
In-117m	1,94 h	0,040	$1{,}4\ 10^{-9}$	0,020	$8{,}6\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$
In-119m	0,300 h	0,040	$5{,}9\ 10^{-10}$	0,020	$3{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$8{,}8\ 10^{-11}$	$6{,}0\ 10^{-11}$	$4{,}7\ 10^{-11}$
Stagno									
Sn-110	4,00 h	0,040	$3{,}5\ 10^{-9}$	0,020	$2{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}4\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}5\ 10^{-10}$
Sn-111	0,588 h	0,040	$2{,}5\ 10^{-10}$	0,020	$1{,}5\ 10^{-10}$	$7{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}4\ 10^{-11}$	$3{,}0\ 10^{-11}$	$2{,}3\ 10^{-11}$
Sn-113	115 d	0,040	$7{,}8\ 10^{-9}$	0,020	$5{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$9{,}2\ 10^{-10}$	$7{,}3\ 10^{-10}$
Sn-117m	13,6 d	0,040	$7{,}7\ 10^{-9}$	0,020	$5{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$8{,}8\ 10^{-10}$	$7{,}1\ 10^{-10}$
Sn-119m	293 d	0,040	$4{,}1\ 10^{-9}$	0,020	$2{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$7{,}5\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$	$3{,}4\ 10^{-10}$
Sn-121	1,13 d	0,040	$2{,}6\ 10^{-9}$	0,020	$1{,}7\ 10^{-9}$	$8{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}3\ 10^{-10}$
Sn-121m	55,0 a	0,040	$4{,}6\ 10^{-9}$	0,020	$2{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$8{,}2\ 10^{-10}$	$4{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}8\ 10^{-10}$
Sn-123	129 d	0,040	$2{,}5\ 10^{-8}$	0,020	$1{,}6\ 10^{-8}$	$7{,}8\ 10^{-9}$	$4{,}6\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$
Sn-123m	0,668 h	0,040	$4{,}7\ 10^{-10}$	0,020	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$7{,}3\ 10^{-11}$	$4{,}9\ 10^{-11}$	$3{,}8\ 10^{-11}$
Sn-125	9,64 d	0,040	$3{,}5\ 10^{-8}$	0,020	$2{,}2\ 10^{-8}$	$1{,}1\ 10^{-8}$	$6{,}7\ 10^{-9}$	$3{,}8\ 10^{-9}$	$3{,}1\ 10^{-9}$
Sn-126	$1{,}00\ 10^{5}$ a	0,040	$5{,}0\ 10^{-8}$	0,020	$3{,}0\ 10^{-8}$	$1{,}6\ 10^{-8}$	$9{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}9\ 10^{-9}$	$4{,}7\ 10^{-9}$
Sn-127	2,10 h	0,040	$2{,}0\ 10^{-9}$	0,020	$1{,}3\ 10^{-9}$	$6{,}6\ 10^{-10}$	$4{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$
Sn-128	0,985 h	0,040	$1{,}6\ 10^{-9}$	0,020	$9{,}7\ 10^{-10}$	$4{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}5\ 10^{-10}$
Antimonio									
Sb-115	0,530 h	0,200	$2{,}5\ 10^{-10}$	0,100	$1{,}5\ 10^{-10}$	$7{,}5\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}1\ 10^{-11}$	$2{,}4\ 10^{-11}$
Sb-116	0,263 h	0,200	$2{,}7\ 10^{-10}$	0,100	$1{,}6\ 10^{-10}$	$8{,}0\ 10^{-11}$	$4{,}8\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$2{,}6\ 10^{-11}$
Sb-116m	1,00 h	0,200	$5{,}0\ 10^{-10}$	0,100	$3{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$8{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}7\ 10^{-11}$
Sb-117	2,80 h	0,200	$1{,}6\ 10^{-10}$	0,100	$1{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}6\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}8\ 10^{-11}$
Sb-118m	5,00 h	0,200	$1{,}3\ 10^{-9}$	0,100	$1{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}8\ 10^{-10}$	$3{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$
Sb-119	1,59 d	0,200	$8{,}4\ 10^{-10}$	0,100	$5{,}8\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$8{,}0\ 10^{-11}$
Sb-120	5,76 d	0,200	$8{,}1\ 10^{-9}$	0,100	$6{,}0\ 10^{-9}$	$3{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$
Sb-120	0,265 h	0,200	$1{,}7\ 10^{-10}$	0,100	$9{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}6\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$	$1{,}8\ 10^{-11}$	$1{,}4\ 10^{-11}$
Sb-122	2,70 d	0,200	$1{,}8\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}2\ 10^{-8}$	$6{,}1\ 10^{-9}$	$3{,}7\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$
Sb-124	60,2 d	0,200	$2{,}5\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}6\ 10^{-8}$	$8{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}2\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}5\ 10^{-9}$
Sb-124m	0,337 h	0,200	$8{,}5\ 10^{-11}$	0,100	$4{,}9\ 10^{-11}$	$2{,}5\ 10^{-11}$	$1{,}5\ 10^{-11}$	$1{,}0\ 10^{-11}$	$8{,}0\ 10^{-12}$
Sb-125	2,77 a	0,200	$1{,}1\ 10^{-8}$	0,100	$6{,}1\ 10^{-9}$	$3{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$
Sb-126	12,4 d	0,200	$2{,}0\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}4\ 10^{-8}$	$7{,}6\ 10^{-9}$	$4{,}9\ 10^{-9}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$
Sb-126m	0,317 h	0,200	$3{,}9\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}6\ 10^{-11}$	$4{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}6\ 10^{-11}$
Sb-127	3,85 d	0,200	$1{,}7\ 10^{-8}$	0,100	$1{,}2\ 10^{-8}$	$5{,}9\ 10^{-9}$	$3{,}6\ 10^{-9}$	$2{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$
Sb-128	9,01 h	0,200	$6{,}3\ 10^{-9}$	0,100	$4{,}5\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$9{,}5\ 10^{-10}$	$7{,}6\ 10^{-10}$
Sb-128	0,173 h	0,200	$3{,}7\ 10^{-10}$	0,100	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$6{,}0\ 10^{-11}$	$4{,}1\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$
Sb-129	4,32 h	0,200	$4{,}3\ 10^{-9}$	0,100	$2{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$8{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}3\ 10^{-10}$	$4{,}2\ 10^{-10}$
Sb-130	0,667 h	0,200	$9{,}1\ 10^{-10}$	0,100	$5{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$9{,}1\ 10^{-11}$
Sb-131	0,383 h	0,200	$1{,}1\ 10^{-9}$	0,100	$7{,}3\ 10^{-10}$	$3{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$
Tellurio									
Te-116	2,49 h	0,600	$1{,}4\ 10^{-9}$	0,300	$1{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}5\ 10^{-10}$	$3{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$
Te-121	17,0 d	0,600	$3{,}1\ 10^{-9}$	0,300	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$8{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}4\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$
Te-121m	154 d	0,600	$2{,}7\ 10^{-8}$	0,300	$1{,}2\ 10^{-8}$	$6{,}9\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}3\ 10^{-9}$
Te-123	$1{,}00\ 10^{13}$ a	0,600	$2{,}0\ 10^{-8}$	0,300	$9{,}3\ 10^{-9}$	$6{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}7\ 10^{-9}$	$4{,}4\ 10^{-9}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Te-123m	120 d	0,600	$1,9\ 10^{-8}$	0,300	$8,8\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Te-125m	58,0 d	0,600	$1,3\ 10^{-8}$	0,300	$6,3\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$
Te-127	9,35 h	0,600	$1,5\ 10^{-9}$	0,300	$1,2\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Te-127m	109 d	0,600	$4,1\ 10^{-8}$	0,300	$1,8\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$
Te-129	1,16 h	0,600	$7,5\ 10^{-10}$	0,300	$4,4\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$
Te-129m	33,6 d	0,600	$4,4\ 10^{-8}$	0,300	$2,4\ 10^{-8}$	$1,2\ 10^{-8}$	$6,6\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$
Te-131	0,417 h	0,600	$9,0\ 10^{-10}$	0,300	$6,6\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$
Te-131m	1,25 d	0,600	$2,0\ 10^{-8}$	0,300	$1,4\ 10^{-8}$	$7,8\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
Te-132	3,26 d	0,600	$4,8\ 10^{-8}$	0,300	$3,0\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$8,3\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$
Te-133	0,207 h	0,600	$8,4\ 10^{-10}$	0,300	$6,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$
Te-133m	0,923 h	0,600	$3,1\ 10^{-9}$	0,300	$2,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$6,3\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$
Te-134	0,696 h	0,600	$1,1\ 10^{-9}$	0,300	$7,5\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Iodio									
I-120	1,35 h	1,000	$3,9\ 10^{-9}$	1,000	$2,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$7,2\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$
I-120m	0,883 h	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	1,000	$1,5\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
I-121	2,12 h	1,000	$6,2\ 10^{-10}$	1,000	$5,3\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$
I-123	13,2 h	1,000	$2,2\ 10^{-9}$	1,000	$1,9\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
I-124	4,18 d	1,000	$1,2\ 10^{-7}$	1,000	$1,1\ 10^{-7}$	$6,3\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$
I-125	60,1 d	1,000	$5,2\ 10^{-8}$	1,000	$5,7\ 10^{-8}$	$4,1\ 10^{-8}$	$3,1\ 10^{-8}$	$2,2\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$
I-126	13,0 d	1,000	$2,1\ 10^{-7}$	1,000	$2,1\ 10^{-7}$	$1,3\ 10^{-7}$	$6,8\ 10^{-8}$	$4,5\ 10^{-8}$	$2,9\ 10^{-8}$
I-128	0,416 h	1,000	$5,7\ 10^{-10}$	1,000	$3,3\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$
I-129	$1,57\ 10^{7}$ a	1,000	$1,8\ 10^{-7}$	1,000	$2,2\ 10^{-7}$	$1,7\ 10^{-7}$	$1,9\ 10^{-7}$	$1,4\ 10^{-7}$	$1,1\ 10^{-7}$
I-130	12,4 h	1,000	$2,1\ 10^{-8}$	1,000	$1,8\ 10^{-8}$	$9,8\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
I-131	8,04 d	1,000	$1,8\ 10^{-7}$	1,000	$1,8\ 10^{-7}$	$1,0\ 10^{-7}$	$5,2\ 10^{-8}$	$3,4\ 10^{-8}$	$2,2\ 10^{-8}$
I-132	2,30 h	1,000	$3,0\ 10^{-9}$	1,000	$2,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$
I-132m	1,39 h	1,000	$2,4\ 10^{-9}$	1,000	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
I-133	20,8 h	1,000	$4,9\ 10^{-8}$	1,000	$4,4\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$1,0\ 10^{-8}$	$6,8\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$
I-134	0,876 h	1,000	$1,1\ 10^{-9}$	1,000	$7,5\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
I-135	6,61 h	1,000	$1,0\ 10^{-8}$	1,000	$8,9\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$
Cesio									
Cs-125	0,750 h	1,000	$3,9\ 10^{-10}$	1,000	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
Cs-127	6,25 h	1,000	$1,8\ 10^{-10}$	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Cs-129	1,34 d	1,000	$4,4\ 10^{-10}$	1,000	$3,0\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$
Cs-130	0,498 h	1,000	$3,3\ 10^{-10}$	1,000	$1,8\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
Cs-131	9,69 d	1,000	$4,6\ 10^{-10}$	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$
Cs-132	6,48 d	1,000	$2,7\ 10^{-9}$	1,000	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,7\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$
Cs-134	2,06 a	1,000	$2,6\ 10^{-8}$	1,000	$1,6\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$
Cs-134m	2,90 h	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	1,000	$1,2\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
Cs-135	$2,30\ 10^{6}$ a	1,000	$4,1\ 10^{-9}$	1,000	$2,3\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
Cs-135m	0,883 h	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	1,000	$8,6\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
Cs-136	13,1 d	1,000	$1,5\ 10^{-8}$	1,000	$9,5\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$
Cs-137	30,0 a	1,000	$2,1\ 10^{-8}$	1,000	$1,2\ 10^{-8}$	$9,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$
Cs-138	0,536 h	1,000	$1,1\ 10^{-9}$	1,000	$5,9\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,2\ 10^{-11}$
Bario[f)]									
Ba-126	1,61 h	0,600	$2,7\ 10^{-9}$	0,200	$1,7\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Ba-128	2,43 d	0,600	$2,0\ 10^{-8}$	0,200	$1,7\ 10^{-8}$	$9,0\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$
Ba-131	11,8 d	0,600	$4,2\ 10^{-9}$	0,200	$2,6\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,4\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$
Ba-131m	0,243 h	0,600	$5,8\ 10^{-11}$	0,200	$3,2\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$9,3\ 10^{-12}$	$6,3\ 10^{-12}$	$4,9\ 10^{-12}$
Ba-133	10,7 a	0,600	$2,2\ 10^{-8}$	0,200	$6,2\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Ba-133m	1,62 d	0,600	$4,2\ 10^{-9}$	0,200	$3,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
Ba-135m	1,20 d	0,600	$3,3\ 10^{-9}$	0,200	$2,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$
Ba-139	1,38 h	0,600	$1,4\ 10^{-9}$	0,200	$8,4\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Ba-140	12,7 d	0,600	$3,2\ 10^{-8}$	0,200	$1,8\ 10^{-8}$	$9,2\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$
Ba-141	0,305 h	0,600	$7,6\ 10^{-10}$	0,200	$4,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$7,0\ 10^{-11}$
Ba-142	0,177 h	0,600	$3,6\ 10^{-10}$	0,200	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,3\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$

[f)] Il valore f_1 per le persone di età compresa tra 1 e 15 anni è 0,3.

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Lantanio									
La-131	0,983 h	0,005	$3,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$4,4\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$
La-132	4,80 h	0,005	$3,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$
La-135	19,5 h	0,005	$2,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$
La-137	$6,00\ 10^{4}$ a	0,005	$1,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$
La-138	$1,35\ 10^{11}$ a	0,005	$1,3\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,6\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
La-140	1,68 d	0,005	$2,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
La-141	3,93 h	0,005	$4,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$
La-142	1,54 h	0,005	$1,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
La-143	0,237 h	0,005	$6,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$5,6\ 10^{-11}$
Cerio									
Ce-134	3,00 d	0,005	$2,8\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,8\ 10^{-8}$	$9,1\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$
Ce-135	17,6 h	0,005	$7,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,7\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$
Ce-137	9,00 h	0,005	$2,6\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
Ce-137m	1,43 d	0,005	$6,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
Ce-139	138 d	0,005	$2,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Ce-141	32,5 d	0,005	$8,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-10}$
Ce-143	1,38 d	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,0\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Ce-144	284 d	0,005	$6,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$6,5\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$
Praseodimio									
Pr-136	0,218 h	0,005	$3,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
Pr-137	1,28 h	0,005	$4,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$
Pr-138m	2,10 h	0,005	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,4\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Pr-139	4,51 h	0,005	$3,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
Pr-142	19,1 h	0,005	$1,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,8\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Pr-142m	0,243 h	0,005	$2,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Pr-143	13,6 d	0,005	$1,4\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-9}$	$4,3\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Pr-144	0,288 h	0,005	$6,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,5\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$
Pr-145	5,98 h	0,005	$4,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$
Pr-147	0,227 h	0,005	$3,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
Neodimio									
Nd-136	0,844 h	0,005	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$
Nd-138	5,04 h	0,005	$7,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-10}$
Nd-139	0,495 h	0,005	$2,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$	$2,0\ 10^{-11}$
Nd-139m	5,50 h	0,005	$2,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
Nd-141	2,49 h	0,005	$7,8\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,0\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,3\ 10^{-12}$
Nd-147	11,0 d	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,8\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Nd-149	1,73 h	0,005	$1,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,7\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Nd-151	0,207 h	0,005	$3,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$
Prometio									
Pm-141	0,348 h	0,005	$4,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$
Pm-143	265 d	0,005	$1,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
Pm-144	363 d	0,005	$7,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,7\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,7\ 10^{-10}$
Pm-145	17,7 a	0,005	$1,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,8\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Pm-146	5,53 a	0,005	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,1\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$
Pm-147	2,62 a	0,005	$3,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Pm-148	5,37 d	0,005	$3,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-8}$	$9,7\ 10^{-9}$	$5,8\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$
Pm-148m	41,3 d	0,005	$1,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Pm-149	2,21 d	0,005	$1,2\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,4\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$
Pm-150	2,68 h	0,005	$2,8\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Pm-151	1,18 d	0,005	$8,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-10}$
Samario									
Sm-141	0,170 h	0,005	$4,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,3\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$
Sm-141m	0,377 h	0,005	$7,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
Sm-142	1,21 h	0,005	$2,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Sm-145	340 d	0,005	$2,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,4\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Sm-146	$1,03\ 10^{8}$ a	0,005	$1,5\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-7}$	$1,0\ 10^{-7}$	$7,0\ 10^{-8}$	$5,8\ 10^{-8}$	$5,4\ 10^{-8}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Sm-147	1,06 10^{11} a	0,005	1,4 10^{-6}	5,0 10^{-4}	1,4 10^{-7}	9,2 10^{-8}	6,4 10^{-8}	5,2 10^{-8}	4,9 10^{-8}
Sm-151	90,0 a	0,005	1,5 10^{-9}	5,0 10^{-4}	6,4 10^{-10}	3,3 10^{-10}	2,0 10^{-10}	1,2 10^{-10}	9,8 10^{-11}
Sm-153	1,95 d	0,005	8,4 10^{-9}	5,0 10^{-4}	5,4 10^{-9}	2,7 10^{-9}	1,6 10^{-9}	9,2 10^{-10}	7,4 10^{-10}
Sm-155	0,368 h	0,005	3,6 10^{-10}	5,0 10^{-4}	2,0 10^{-10}	9,7 10^{-11}	5,5 10^{-11}	3,7 10^{-11}	2,9 10^{-11}
Sm-156	9,40 h	0,005	2,8 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,8 10^{-9}	9,0 10^{-10}	5,4 10^{-10}	3,1 10^{-10}	2,5 10^{-10}
Europio									
Eu-145	5,94 d	0,005	5,1 10^{-9}	5,0 10^{-4}	3,7 10^{-9}	2,1 10^{-9}	1,4 10^{-9}	9,4 10^{-10}	7,5 10^{-10}
Eu-146	4,61 d	0,005	8,5 10^{-9}	5,0 10^{-4}	6,2 10^{-9}	3,6 10^{-9}	2,4 10^{-9}	1,6 10^{-9}	1,3 10^{-9}
Eu-147	24,0 d	0,005	3,7 10^{-9}	5,0 10^{-4}	2,5 10^{-9}	1,4 10^{-9}	8,9 10^{-10}	5,6 10^{-10}	4,4 10^{-10}
Eu-148	54,5 d	0,005	8,5 10^{-9}	5,0 10^{-4}	6,0 10^{-9}	3,5 10^{-9}	2,4 10^{-9}	1,6 10^{-9}	1,3 10^{-9}
Eu-149	93,1 d	0,005	9,7 10^{-10}	5,0 10^{-4}	6,3 10^{-10}	3,4 10^{-10}	2,1 10^{-10}	1,3 10^{-10}	1,0 10^{-10}
Eu-150	34,2 a	0,005	1,3 10^{-8}	5,0 10^{-4}	5,7 10^{-9}	3,4 10^{-9}	2,3 10^{-9}	1,5 10^{-9}	1,3 10^{-9}
Eu-150	12,6 h	0,005	4,4 10^{-9}	5,0 10^{-4}	2,8 10^{-9}	1,4 10^{-9}	8,2 10^{-10}	4,7 10^{-10}	3,8 10^{-10}
Eu-152	13,3 a	0,005	1,6 10^{-8}	5,0 10^{-4}	7,4 10^{-9}	4,1 10^{-9}	2,6 10^{-9}	1,7 10^{-9}	1,4 10^{-9}
Eu-152m	9,32 h	0,005	5,7 10^{-9}	5,0 10^{-4}	3,6 10^{-9}	1,8 10^{-9}	1,1 10^{-9}	6,2 10^{-10}	5,0 10^{-10}
Eu-154	8,80 a	0,005	2,5 10^{-8}	5,0 10^{-4}	1,2 10^{-8}	6,5 10^{-9}	4,1 10^{-9}	2,5 10^{-9}	2,0 10^{-9}
Eu-155	4,96 a	0,005	4,3 10^{-9}	5,0 10^{-4}	2,2 10^{-9}	1,1 10^{-9}	6,8 10^{-10}	4,0 10^{-10}	3,2 10^{-10}
Eu-156	15,2 d	0,005	2,2 10^{-8}	5,0 10^{-4}	1,5 10^{-8}	7,5 10^{-9}	4,6 10^{-9}	2,7 10^{-9}	2,2 10^{-9}
Eu-157	15,1 h	0,005	6,7 10^{-9}	5,0 10^{-4}	4,3 10^{-9}	2,2 10^{-9}	1,3 10^{-9}	7,5 10^{-10}	6,0 10^{-10}
Eu-158	0,765 h	0,005	1,1 10^{-9}	5,0 10^{-4}	6,2 10^{-10}	3,1 10^{-10}	1,8 10^{-10}	1,2 10^{-10}	9,4 10^{-11}
Gadolinio									
Gd-145	0,382 h	0,005	4,5 10^{-10}	5,0 10^{-4}	2,6 10^{-10}	1,3 10^{-10}	8,1 10^{-11}	5,6 10^{-11}	4,4 10^{-11}
Gd-146	48,3 d	0,005	9,4 10^{-9}	5,0 10^{-4}	6,0 10^{-9}	3,2 10^{-9}	2,0 10^{-9}	1,2 10^{-9}	9,6 10^{-10}
Gd-147	1,59 d	0,005	4,5 10^{-9}	5,0 10^{-4}	3,2 10^{-9}	1,8 10^{-9}	1,2 10^{-9}	7,7 10^{-10}	6,1 10^{-10}
Gd-148	93,0 a	0,005	1,7 10^{-6}	5,0 10^{-4}	1,6 10^{-7}	1,1 10^{-7}	7,3 10^{-8}	5,9 10^{-8}	5,6 10^{-8}
Gd-149	9,40 d	0,005	4,0 10^{-9}	5,0 10^{-4}	2,7 10^{-9}	1,5 10^{-9}	9,3 10^{-10}	5,7 10^{-10}	4,5 10^{-10}
Gd-151	120 d	0,005	2,1 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,3 10^{-9}	6,8 10^{-10}	4,2 10^{-10}	2,4 10^{-10}	2,0 10^{-10}
Gd-152	1,08 10^{14} a	0,005	1,2 10^{-6}	5,0 10^{-4}	1,2 10^{-7}	7,7 10^{-8}	5,3 10^{-8}	4,3 10^{-8}	4,1 10^{-8}
Gd-153	242 d	0,005	2,9 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,8 10^{-9}	9,4 10^{-10}	5,8 10^{-10}	3,4 10^{-10}	2,7 10^{-10}
Gd-159	18,6 h	0,005	5,7 10^{-9}	5,0 10^{-4}	3,6 10^{-9}	1,8 10^{-9}	1,1 10^{-9}	6,2 10^{-10}	4,9 10^{-10}
Terbio									
Tb-147	1,65 h	0,005	1,5 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,0 10^{-9}	5,4 10^{-10}	3,3 10^{-10}	2,0 10^{-10}	1,6 10^{-10}
Tb-149	4,15 h	0,005	2,4 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,5 10^{-9}	8,0 10^{-10}	5,0 10^{-10}	3,1 10^{-10}	2,5 10^{-10}
Tb-150	3,27 h	0,005	2,5 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,6 10^{-9}	8,3 10^{-10}	5,1 10^{-10}	3,2 10^{-10}	2,5 10^{-10}
Tb-151	17,6 h	0,005	2,7 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,9 10^{-9}	1,0 10^{-9}	6,7 10^{-10}	4,2 10^{-10}	3,4 10^{-10}
Tb-153	2,34 d	0,005	2,3 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,5 10^{-9}	8,2 10^{-10}	5,1 10^{-10}	3,1 10^{-10}	2,5 10^{-10}
Tb-154	21,4 h	0,005	4,7 10^{-9}	5,0 10^{-4}	3,4 10^{-9}	1,9 10^{-9}	1,3 10^{-9}	8,1 10^{-10}	6,5 10^{-10}
Tb-155	5,32 d	0,005	1,9 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,3 10^{-9}	6,8 10^{-10}	4,3 10^{-10}	2,6 10^{-10}	2,1 10^{-10}
Tb-156	5,34 d	0,005	9,0 10^{-9}	5,0 10^{-4}	6,3 10^{-9}	3,5 10^{-9}	2,3 10^{-9}	1,5 10^{-9}	1,2 10^{-9}
Tb-156m	1,02 d	0,005	1,5 10^{-9}	5,0 10^{-4}	1,0 10^{-9}	5,6 10^{-10}	3,5 10^{-10}	2,2 10^{-10}	1,7 10^{-10}
Tb-156m	5,00 h	0,005	8,0 10^{-10}	5,0 10^{-4}	5,2 10^{-10}	2,7 10^{-10}	1,7 10^{-10}	1,0 10^{-10}	8,1 10^{-11}
Tb-157	1,50 10^{2} a	0,005	4,9 10^{-10}	5,0 10^{-4}	2,2 10^{-10}	1,1 10^{-10}	6,8 10^{-11}	4,1 10^{-11}	3,4 10^{-11}
Tb-158	1,50 10^{2} a	0,005	1,3 10^{-8}	5,0 10^{-4}	5,9 10^{-9}	3,3 10^{-9}	2,1 10^{-9}	1,4 10^{-9}	1,1 10^{-9}
Tb-160	72,3 d	0,005	1,6 10^{-8}	5,0 10^{-4}	1,0 10^{-8}	5,4 10^{-9}	3,3 10^{-9}	2,0 10^{-9}	1,6 10^{-9}
Tb-161	6,91 d	0,005	8,3 10^{-9}	5,0 10^{-4}	5,3 10^{-9}	2,7 10^{-9}	1,6 10^{-9}	9,0 10^{-10}	7,2 10^{-10}
Disprosio									
Dy-155	10,0 h	0,005	9,7 10^{-10}	5,0 10^{-4}	6,8 10^{-10}	3,8 10^{-10}	2,5 10^{-10}	1,6 10^{-10}	1,3 10^{-10}
Dy-157	8,10 h	0,005	4,4 10^{-10}	5,0 10^{-4}	3,1 10^{-10}	1,8 10^{-10}	1,2 10^{-10}	7,7 10^{-11}	6,1 10^{-11}
Dy-159	144 d	0,005	1,0 10^{-9}	5,0 10^{-4}	6,4 10^{-10}	3,4 10^{-10}	2,1 10^{-10}	1,3 10^{-10}	1,0 10^{-10}
Dy-165	2,33 h	0,005	1,3 10^{-9}	5,0 10^{-4}	7,9 10^{-10}	3,9 10^{-10}	2,3 10^{-10}	1,4 10^{-10}	1,1 10^{-10}
Dy-166	3,40 d	0,005	1,9 10^{-8}	5,0 10^{-4}	1,2 10^{-8}	6,0 10^{-9}	3,6 10^{-9}	2,0 10^{-9}	1,6 10^{-9}
Olmio									
Ho-155	0,800 h	0,005	3,8 10^{-10}	5,0 10^{-4}	2,3 10^{-10}	1,2 10^{-10}	7,1 10^{-11}	4,7 10^{-11}	3,7 10^{-11}
Ho-157	0,210 h	0,005	5,8 10^{-11}	5,0 10^{-4}	3,6 10^{-11}	1,9 10^{-11}	1,2 10^{-11}	8,1 10^{-12}	6,5 10^{-12}
Ho-159	0,550 h	0,005	7,1 10^{-11}	5,0 10^{-4}	4,3 10^{-11}	2,3 10^{-11}	1,4 10^{-11}	9,9 10^{-12}	7,9 10^{-12}
Ho-161	2,50 h	0,005	1,4 10^{-10}	5,0 10^{-4}	8,1 10^{-11}	4,2 10^{-11}	2,5 10^{-11}	1,6 10^{-11}	1,3 10^{-11}
Ho-162	0,250 h	0,005	3,5 10^{-11}	5,0 10^{-4}	2,0 10^{-11}	1,0 10^{-11}	6,0 10^{-12}	4,2 10^{-12}	3,3 10^{-12}

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Ho-162m	1,13 h	0,005	$2,4\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
Ho-164	0,483 h	0,005	$1,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,5\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$9,5\ 10^{-12}$
Ho-164m	0,625 h	0,005	$2,0\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$
Ho-166	1,12 d	0,005	$1,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,0\ 10^{-8}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Ho-166m	$1,20\ 10^{3}$ a	0,005	$2,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,3\ 10^{-9}$	$5,3\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$
Ho-167	3,10 h	0,005	$8,8\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,5\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$
Erbio									
Er-161	3,24 h	0,005	$6,5\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,0\ 10^{-11}$
Er-165	10,4 h	0,005	$1,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$	$1,9\ 10^{-11}$
Er-169	9,30 d	0,005	$4,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$
Er-171	7,52 h	0,005	$4,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$
Er-172	2,05 d	0,005	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,8\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Tulio									
Tm-162	0,362 h	0,005	$2,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
Tm-166	7,70 h	0,005	$2,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$
Tm-167	9,24 d	0,005	$6,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Tm-170	129 d	0,005	$1,6\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,8\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Tm-171	1,92 a	0,005	$1,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,8\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Tm-172	2,65 d	0,005	$1,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-8}$	$6,1\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Tm-173	8,24 h	0,005	$3,3\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$3,8\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$
Tm-175	0,253 h	0,005	$3,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
Itterbio									
Yb-162	0,315 h	0,005	$2,2\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,3\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
Yb-166	2,36 d	0,005	$7,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,4\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$
Yb-167	0,292 h	0,005	$7,0\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$	$8,4\ 10^{-12}$	$6,7\ 10^{-12}$
Yb-169	32,0 d	0,005	$7,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,6\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-10}$
Yb-175	4,19 d	0,005	$5,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
Yb-177	1,90 h	0,005	$1,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,8\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,8\ 10^{-11}$
Yb-178	1,23 h	0,005	$1,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,4\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Lutezio									
Lu-169	1,42 d	0,005	$3,5\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$
Lu-170	2,00 d	0,005	$7,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$5,2\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$
Lu-171	8,22 d	0,005	$5,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,0\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-10}$
Lu-172	6,70 d	0,005	$1,0\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$7,0\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Lu-173	1,37 a	0,005	$2,7\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Lu-174	3,31 a	0,005	$3,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,7\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
Lu-174m	142 d	0,005	$6,2\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,8\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
Lu-176	$3,60\ 10^{10}$ a	0,005	$2,4\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$
Lu-176m	3,68 h	0,005	$2,0\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Lu-177	6,71 d	0,005	$6,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$
Lu-177m	161 d	0,005	$1,7\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-8}$	$5,8\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$
Lu-178	0,473 h	0,005	$5,9\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,3\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,0\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$
Lu-178m	0,378 h	0,005	$4,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,1\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$
Lu-179	4,59 h	0,005	$2,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,5\ 10^{-9}$	$7,5\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Afnio									
Hf-170	16,0 h	0,020	$3,9\ 10^{-9}$	0,002	$2,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$
Hf-172	1,87 a	0,020	$1,9\ 10^{-8}$	0,002	$6,1\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Hf-173	24,0 h	0,020	$1,9\ 10^{-9}$	0,002	$1,3\ 10^{-9}$	$7,2\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
Hf-175	70,0 d	0,020	$3,8\ 10^{-9}$	0,002	$2,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$
Hf-177m	0,856 h	0,020	$7,8\ 10^{-10}$	0,002	$4,7\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$
Hf-178m	31,0 a	0,020	$7,0\ 10^{-8}$	0,002	$1,9\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$	$7,8\ 10^{-9}$	$5,5\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$
Hf-179m	25,1 d	0,020	$1,2\ 10^{-8}$	0,002	$7,8\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Hf-180m	5,50 h	0,020	$1,4\ 10^{-9}$	0,002	$9,7\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Hf-181	42,4 d	0,020	$1,2\ 10^{-8}$	0,002	$7,4\ 10^{-9}$	$3,8\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Hf-182	$9,00\ 10^{6}$ a	0,020	$5,6\ 10^{-8}$	0,002	$7,9\ 10^{-9}$	$5,4\ 10^{-9}$	$4,0\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$
Hf-182m	1,02 h	0,020	$4,1\ 10^{-10}$	0,002	$2,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,8\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$
Hf-183	1,07 h	0,020	$8,1\ 10^{-10}$	0,002	$4,8\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Hf-184	4,12 h	0,020	$5,5\ 10^{-9}$	0,002	$3,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,6\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$
Tantalio									
Ta-172	0,613 h	0,010	$5,5\ 10^{-10}$	0,001	$3,2\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$
Ta-173	3,65 h	0,010	$2,0\ 10^{-9}$	0,001	$1,3\ 10^{-9}$	$6,5\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$
Ta-174	1,20 h	0,010	$6,2\ 10^{-10}$	0,001	$3,7\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$
Ta-175	10,5 h	0,010	$1,6\ 10^{-9}$	0,001	$1,1\ 10^{-9}$	$6,2\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Ta-176	8,08 h	0,010	$2,4\ 10^{-9}$	0,001	$1,7\ 10^{-9}$	$9,2\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$
Ta-177	2,36 d	0,010	$1,0\ 10^{-9}$	0,001	$6,9\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Ta-178	2,20 h	0,010	$6,3\ 10^{-10}$	0,001	$4,5\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,1\ 10^{-11}$	$7,2\ 10^{-11}$
Ta-179	1,82 a	0,010	$6,2\ 10^{-10}$	0,001	$4,1\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,1\ 10^{-11}$	$6,5\ 10^{-11}$
Ta-180	$1,00\ 10^{13}$ a	0,010	$8,1\ 10^{-9}$	0,001	$5,3\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$8,4\ 10^{-10}$
Ta-180m	8,10 h	0,010	$5,8\ 10^{-10}$	0,001	$3,7\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Ta-182	115 d	0,010	$1,4\ 10^{-8}$	0,001	$9,4\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-9}$	$3,1\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Ta-182m	0,264 h	0,010	$1,4\ 10^{-10}$	0,001	$7,5\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$	$1,5\ 10^{-11}$	$1,2\ 10^{-11}$
Ta-183	5,10 d	0,010	$1,4\ 10^{-8}$	0,001	$9,3\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Ta-184	8,70 h	0,010	$6,7\ 10^{-9}$	0,001	$4,4\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,5\ 10^{-10}$	$6,8\ 10^{-10}$
Ta-185	0,816 h	0,010	$8,3\ 10^{-10}$	0,001	$4,6\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,6\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$
Ta-186	0,175 h	0,010	$3,8\ 10^{-10}$	0,001	$2,1\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$
Tungsteno									
W-176	2,30 h	0,600	$6,8\ 10^{-10}$	0,300	$5,5\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
W-177	2,25 h	0,600	$4,4\ 10^{-10}$	0,300	$3,2\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$
W-178	21,7 d	0,600	$1,8\ 10^{-9}$	0,300	$1,4\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
W-179	0,625 h	0,600	$3,4\ 10^{-11}$	0,300	$2,0\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$6,2\ 10^{-12}$	$4,2\ 10^{-12}$	$3,3\ 10^{-12}$
W-181	121 d	0,600	$6,3\ 10^{-10}$	0,300	$4,7\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$7,6\ 10^{-11}$
W-185	75,1 d	0,600	$4,4\ 10^{-9}$	0,300	$3,3\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,7\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
W-187	23,9 h	0,600	$5,5\ 10^{-9}$	0,300	$4,3\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
W-188	69,4 d	0,600	$2,1\ 10^{-8}$	0,300	$1,5\ 10^{-8}$	$7,7\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
Renio									
Re-177	0,233 h	1,000	$2,5\ 10^{-10}$	0,800	$1,4\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$4,1\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$
Re-178	0,220 h	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	0,800	$1,6\ 10^{-10}$	$7,9\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,5\ 10^{-11}$
Re-181	20,0 h	1,000	$4,2\ 10^{-9}$	0,800	$2,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,2\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
Re-182	2,67 d	1,000	$1,4\ 10^{-8}$	0,800	$8,9\ 10^{-9}$	$4,7\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Re-182	12,7 h	1,000	$2,4\ 10^{-9}$	0,800	$1,7\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
Re-184	38,0 d	1,000	$8,9\ 10^{-9}$	0,800	$5,6\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Re-184m	165 d	1,000	$1,7\ 10^{-8}$	0,800	$9,8\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Re-186	3,78 d	1,000	$1,9\ 10^{-8}$	0,800	$1,1\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$
Re-186m	$2,00\ 10^{5}$ a	1,000	$3,0\ 10^{-8}$	0,800	$1,6\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$
Re-187	$5,00\ 10^{10}$ a	1,000	$6,8\ 10^{-11}$	0,800	$3,8\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-12}$	$5,1\ 10^{-12}$
Re-188	17,0 h	1,000	$1,7\ 10^{-8}$	0,800	$1,1\ 10^{-8}$	$5,4\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Re-188m	0,310 h	1,000	$3,8\ 10^{-10}$	0,800	$2,3\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$	$3,0\ 10^{-11}$
Re-189	1,01 d	1,000	$9,8\ 10^{-9}$	0,800	$6,2\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$7,8\ 10^{-10}$
Osmio									
Os-180	0,366 h	0,020	$1,6\ 10^{-10}$	0,010	$9,8\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,7\ 10^{-11}$
Os-181	1,75 h	0,020	$7,6\ 10^{-10}$	0,010	$5,0\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$
Os-182	22,0 h	0,020	$4,6\ 10^{-9}$	0,010	$3,2\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Os-185	94,0 d	0,020	$3,8\ 10^{-9}$	0,010	$2,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,8\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$
Os-189m	6,00 h	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	0,010	$1,3\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-11}$	$3,8\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,8\ 10^{-11}$
Os-191	15,4 d	0,020	$6,3\ 10^{-9}$	0,010	$4,1\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,7\ 10^{-10}$
Os-191m	13,0 h	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	0,010	$7,1\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,6\ 10^{-11}$
Os-193	1,25 d	0,020	$9,3\ 10^{-9}$	0,010	$6,0\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$
Os-194	6,00 a	0,020	$2,9\ 10^{-8}$	0,010	$1,7\ 10^{-8}$	$8,8\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$3,0\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$
Iridio									
Ir-182	0,250 h	0,020	$5,3\ 10^{-10}$	0,010	$3,0\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$	$6,0\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$
Ir-184	3,02 h	0,020	$1,5\ 10^{-9}$	0,010	$9,7\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Ir-185	14,0 h	0,020	$2,4\ 10^{-9}$	0,010	$1,6\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Ir-186	15,8 h	0,020	$3,8\ 10^{-9}$	0,010	$2,7\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,6\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$	$4,9\ 10^{-10}$
Ir-186	1,75 h	0,020	$5,8\ 10^{-10}$	0,010	$3,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$6,1\ 10^{-11}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Ir-187	10,5 h	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	0,010	$7,3\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Ir-188	1,73 d	0,020	$4,6\ 10^{-9}$	0,010	$3,3\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
Ir-189	13,3 d	0,020	$2,5\ 10^{-9}$	0,010	$1,7\ 10^{-9}$	$8,6\ 10^{-10}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
Ir-190	12,1 d	0,020	$1,0\ 10^{-8}$	0,010	$7,1\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Ir-190m	3,10 h	0,020	$9,4\ 10^{-10}$	0,010	$6,4\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Ir-190m	1,20 h	0,020	$7,9\ 10^{-11}$	0,010	$5,0\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$1,6\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,0\ 10^{-12}$
Ir-192	74,0 d	0,020	$1,3\ 10^{-8}$	0,010	$8,7\ 10^{-9}$	$4,6\ 10^{-9}$	$2,8\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Ir-192m	$2,41\ 10^{2}$ a	0,020	$2,8\ 10^{-9}$	0,010	$1,4\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$
Ir-193m	11,9 d	0,020	$3,2\ 10^{-9}$	0,010	$2,0\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$6,0\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$
Ir-194	19,1 h	0,020	$1,5\ 10^{-8}$	0,010	$9,8\ 10^{-9}$	$4,9\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Ir-194m	171 d	0,020	$1,7\ 10^{-8}$	0,010	$1,1\ 10^{-8}$	$6,4\ 10^{-9}$	$4,1\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$
Ir-195	2,50 h	0,020	$1,2\ 10^{-9}$	0,010	$7,3\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Ir-195m	3,80 h	0,020	$2,3\ 10^{-9}$	0,010	$1,5\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$
Platinio									
Pt-186	2,00 h	0,020	$7,8\ 10^{-10}$	0,010	$5,3\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$
Pt-188	10,2 d	0,020	$6,7\ 10^{-9}$	0,010	$4,5\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$7,6\ 10^{-10}$
Pt-189	10,9 h	0,020	$1,1\ 10^{-9}$	0,010	$7,4\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Pt-191	2,80 d	0,020	$3,1\ 10^{-9}$	0,010	$2,1\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,9\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$
Pt-193	50,0 a	0,020	$3,7\ 10^{-10}$	0,010	$2,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$6,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
Pt-193m	4,33 d	0,020	$5,2\ 10^{-9}$	0,010	$3,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$9,9\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$
Pt-195m	4,02 d	0,020	$7,1\ 10^{-9}$	0,010	$4,6\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$6,3\ 10^{-10}$
Pt-197	18,3 h	0,020	$4,7\ 10^{-9}$	0,010	$3,0\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$8,8\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
Pt-197m	1,57 h	0,020	$1,0\ 10^{-9}$	0,010	$6,1\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$
Pt-199	0,513 h	0,020	$4,7\ 10^{-10}$	0,010	$2,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$5,0\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$
Pt-200	12,5 h	0,020	$1,4\ 10^{-8}$	0,010	$8,8\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Oro									
Au-193	17,6 h	0,200	$1,2\ 10^{-9}$	0,100	$8,8\ 10^{-10}$	$4,6\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Au-194	1,65 h	0,200	$2,9\ 10^{-9}$	0,100	$2,2\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$
Au-195	183 d	0,200	$2,4\ 10^{-9}$	0,100	$1,7\ 10^{-9}$	$8,9\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$
Au-198	2,69 d	0,200	$1,0\ 10^{-8}$	0,100	$7,2\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$
Au-198m	2,30 d	0,200	$1,2\ 10^{-8}$	0,100	$8,5\ 10^{-9}$	$4,4\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Au-199	3,14 d	0,200	$4,5\ 10^{-9}$	0,100	$3,1\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$5,5\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
Au-200	0,807 h	0,200	$8,3\ 10^{-10}$	0,100	$4,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$6,8\ 10^{-11}$
Au-200m	18,7 h	0,200	$9,2\ 10^{-9}$	0,100	$6,6\ 10^{-9}$	$3,5\ 10^{-9}$	$2,2\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Au-201	0,440 h	0,200	$3,1\ 10^{-10}$	0,100	$1,7\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$	$2,4\ 10^{-11}$
Mercurio									
Hg-193	3,50 h	1,000	$3,3\ 10^{-10}$	1,000	$1,9\ 10^{-10}$	$9,8\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
(organico)		0,800	$4,7\ 10^{-10}$	0,400	$4,4\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$8,3\ 10^{-11}$	$6,6\ 10^{-11}$
Hg-193 (inorg.)	3,50 h	0,040	$8,5\ 10^{-10}$	0,020	$5,5\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$8,2\ 10^{-11}$
Hg-193m	11,1 h	1,000	$1,1\ 10^{-9}$	1,000	$6,8\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
(organico)		0,800	$1,6\ 10^{-9}$	0,400	$1,8\ 10^{-9}$	$9,5\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$3,0\ 10^{-10}$
Hg-193m (inorg.)	11,1 h	0,040	$3,6\ 10^{-9}$	0,020	$2,4\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$8,1\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
Hg-194	$2,60\ 10^{2}$ a	1,000	$1,3\ 10^{-7}$	1,000	$1,2\ 10^{-7}$	$8,4\ 10^{-8}$	$6,6\ 10^{-8}$	$5,5\ 10^{-8}$	$5,1\ 10^{-8}$
(organico)		0,800	$1,1\ 10^{-7}$	0,400	$4,8\ 10^{-8}$	$3,5\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$2,1\ 10^{-8}$
Hg-194 (inorg.)	$2,60\ 10^{2}$ a	0,040	$7,2\ 10^{-9}$	0,020	$3,6\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$
Hg-195	9,90 h	1,000	$3,0\ 10^{-10}$	1,000	$2,0\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$6,4\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$3,4\ 10^{-11}$
(organico)		0,800	$4,6\ 10^{-10}$	0,400	$4,8\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$7,5\ 10^{-11}$
Hg-195 (inorg.)	9,90 h	0,040	$9,5\ 10^{-10}$	0,020	$6,3\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$
Hg-195m	1,73 d	1,000	$2,1\ 10^{-9}$	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$
(organico)		0,800	$2,6\ 10^{-9}$	0,400	$2,8\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,1\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$
Hg-195m (inorg.)	1,73 d	0,040	$5,8\ 10^{-9}$	0,020	$3,8\ 10^{-9}$	$2,0\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$
Hg-197	2,67 d	1,000	$9,7\ 10^{-10}$	1,000	$6,2\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,9\ 10^{-11}$
(organico)		0,800	$1,3\ 10^{-9}$	0,400	$1,2\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Hg-197 (inorg.)	2,67 d	0,040	$2,5\ 10^{-9}$	0,020	$1,6\ 10^{-9}$	$8,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$
Hg-197m	23,8 h	1,000	$1,5\ 10^{-9}$	1,000	$9,5\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$
(organico)		0,800	$2,2\ 10^{-9}$	0,400	$2,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,3\ 10^{-10}$	$4,2\ 10^{-10}$	$3,4\ 10^{-10}$
Hg-197m (inorg.)	23,8 h	0,040	$5,2\ 10^{-9}$	0,020	$3,4\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,0\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-10}$	$4,7\ 10^{-10}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Hg-199m	0,710 h	1,000	$3,4\ 10^{-10}$	1,000	$1,9\ 10^{-10}$	$9,3\ 10^{-11}$	$5,3\ 10^{-11}$	$3,6\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$
(organico)		0,800	$3,6\ 10^{-10}$	0,400	$2,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$5,8\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
Hg-199m (inorg.)	0,710 h	0,040	$3,7\ 10^{-10}$	0,020	$2,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$	$5,9\ 10^{-11}$	$3,9\ 10^{-11}$	$3,1\ 10^{-11}$
Hg-203	46,6 d	1,000	$1,5\ 10^{-8}$	1,000	$1,1\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-9}$	$3,6\ 10^{-9}$	$2,3\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
(organico)		0,800	$1,3\ 10^{-8}$	0,400	$6,4\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$
Hg-203 (inorg.)	46,6 d	0,040	$5,5\ 10^{-9}$	0,020	$3,6\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$
Tallio									
Tl-194	0,550 h	1,000	$6,1\ 10^{-11}$	1,000	$3,9\ 10^{-11}$	$2,2\ 10^{-11}$	$1,4\ 10^{-11}$	$1,0\ 10^{-11}$	$8,1\ 10^{-12}$
Tl-194m	0,546 h	1,000	$3,8\ 10^{-10}$	1,000	$2,2\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$7,0\ 10^{-11}$	$4,9\ 10^{-11}$	$4,0\ 10^{-11}$
Tl-195	1,16 h	1,000	$2,3\ 10^{-10}$	1,000	$1,4\ 10^{-10}$	$7,5\ 10^{-11}$	$4,7\ 10^{-11}$	$3,3\ 10^{-11}$	$2,7\ 10^{-11}$
Tl-197	2,84 h	1,000	$2,1\ 10^{-10}$	1,000	$1,3\ 10^{-10}$	$6,7\ 10^{-11}$	$4,2\ 10^{-11}$	$2,8\ 10^{-11}$	$2,3\ 10^{-11}$
Tl-198	5,30 h	1,000	$4,7\ 10^{-10}$	1,000	$3,3\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$8,7\ 10^{-11}$	$7,3\ 10^{-11}$
Tl-198m	1,87 h	1,000	$4,8\ 10^{-10}$	1,000	$3,0\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$9,7\ 10^{-11}$	$6,7\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Tl-199	7,42 h	1,000	$2,3\ 10^{-10}$	1,000	$1,5\ 10^{-10}$	$7,7\ 10^{-11}$	$4,8\ 10^{-11}$	$3,2\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$
Tl-200	1,09 d	1,000	$1,3\ 10^{-9}$	1,000	$9,1\ 10^{-10}$	$5,3\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
Tl-201	3,04 d	1,000	$8,4\ 10^{-10}$	1,000	$5,5\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$
Tl-202	12,2 d	1,000	$2,9\ 10^{-9}$	1,000	$2,1\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^{-10}$	$5,4\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$
Tl-204	3,78 a	1,000	$1,3\ 10^{-8}$	1,000	$8,5\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,5\ 10^{-9}$	$1,2\ 10^{-9}$
Piombo[g)]									
Pb-195m	0,263 h	0,600	$2,6\ 10^{-10}$	0,200	$1,6\ 10^{-10}$	$8,4\ 10^{-11}$	$5,2\ 10^{-11}$	$3,5\ 10^{-11}$	$2,9\ 10^{-11}$
Pb-198	2,40 h	0,600	$5,9\ 10^{-10}$	0,200	$4,8\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$1,0\ 10^{-10}$
Pb-199	1,50 h	0,600	$3,5\ 10^{-10}$	0,200	$2,6\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,4\ 10^{-11}$	$6,3\ 10^{-11}$	$5,4\ 10^{-11}$
Pb-200	21,5 h	0,600	$2,5\ 10^{-9}$	0,200	$2,0\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$7,0\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$	$4,0\ 10^{-10}$
Pb-201	9,40 h	0,600	$9,4\ 10^{-10}$	0,200	$7,8\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$
Pb-202	$3,00\ 10^{5}$ a	0,600	$3,4\ 10^{-8}$	0,200	$1,6\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$2,7\ 10^{-8}$	$8,8\ 10^{-9}$
Pb-202m	3,62 h	0,600	$7,6\ 10^{-10}$	0,200	$6,1\ 10^{-10}$	$3,5\ 10^{-10}$	$2,3\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$
Pb-203	2,17 d	0,600	$1,6\ 10^{-9}$	0,200	$1,3\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^{-10}$	$4,3\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
Pb-205	$1,43\ 10^{7}$ a	0,600	$2,1\ 10^{-9}$	0,200	$9,9\ 10^{-10}$	$6,2\ 10^{-10}$	$6,1\ 10^{-10}$	$6,5\ 10^{-10}$	$2,8\ 10^{-10}$
Pb-209	3,25 h	0,600	$5,7\ 10^{-10}$	0,200	$3,8\ 10^{-10}$	$1,9\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$6,6\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$
Pb-210	22,3 a	0,600	$8,4\ 10^{-6}$	0,200	$3,6\ 10^{-6}$	$2,2\ 10^{-6}$	$1,9\ 10^{-6}$	$1,9\ 10^{-6}$	$6,9\ 10^{-7}$
Pb-211	0,601 h	0,600	$3,1\ 10^{-9}$	0,200	$1,4\ 10^{-9}$	$7,1\ 10^{-10}$	$4,1\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,8\ 10^{-10}$
Pb-212	10,6 h	0,600	$1,5\ 10^{-7}$	0,200	$6,3\ 10^{-8}$	$3,3\ 10^{-8}$	$2,0\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$6,0\ 10^{-9}$
Pb-214	0,447 h	0,600	$2,7\ 10^{-9}$	0,200	$1,0\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-10}$	$3,1\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$
Bismuto									
Bi-200	0,606 h	0,100	$4,2\ 10^{-10}$	0,050	$2,7\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$9,5\ 10^{-11}$	$6,4\ 10^{-11}$	$5,1\ 10^{-11}$
Bi-201	1,80 h	0,100	$1,0\ 10^{-9}$	0,050	$6,7\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Bi-202	1,67 h	0,100	$6,4\ 10^{-10}$	0,050	$4,4\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$8,9\ 10^{-11}$
Bi-203	11,8 h	0,100	$3,5\ 10^{-9}$	0,050	$2,5\ 10^{-9}$	$1,4\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$6,0\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$
Bi-205	15,3 d	0,100	$6,1\ 10^{-9}$	0,050	$4,5\ 10^{-9}$	$2,6\ 10^{-9}$	$1,7\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,0\ 10^{-10}$
Bi-206	6,24 d	0,100	$1,4\ 10^{-8}$	0,050	$1,0\ 10^{-8}$	$5,7\ 10^{-9}$	$3,7\ 10^{-9}$	$2,4\ 10^{-9}$	$1,9\ 10^{-9}$
Bi-207	38,0 a	0,100	$1,0\ 10^{-8}$	0,050	$7,1\ 10^{-9}$	$3,9\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Bi-210	5,01 d	0,100	$1,5\ 10^{-8}$	0,050	$9,7\ 10^{-9}$	$4,8\ 10^{-9}$	$2,9\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$1,3\ 10^{-9}$
Bi-210m	$3,00\ 10^{6}$ a	0,100	$2,1\ 10^{-7}$	0,050	$9,1\ 10^{-8}$	$4,7\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$
Bi-212	1,01 h	0,100	$3,2\ 10^{-9}$	0,050	$1,8\ 10^{-9}$	$8,7\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-10}$	$3,3\ 10^{-10}$	$2,6\ 10^{-10}$
Bi-213	0,761 h	0,100	$2,5\ 10^{-9}$	0,050	$1,4\ 10^{-9}$	$6,7\ 10^{-10}$	$3,9\ 10^{-10}$	$2,5\ 10^{-10}$	$2,0\ 10^{-10}$
Bi-214	0,332 h	0,100	$1,4\ 10^{-9}$	0,050	$7,4\ 10^{-10}$	$3,6\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Polonio									
Po-203	0,612 h	1,000	$2,9\ 10^{-10}$	0,500	$2,4\ 10^{-10}$	$1,3\ 10^{-10}$	$8,5\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$	$4,6\ 10^{-11}$
Po-205	1,80 h	1,000	$3,5\ 10^{-10}$	0,500	$2,8\ 10^{-10}$	$1,6\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$	$7,2\ 10^{-11}$	$5,8\ 10^{-11}$
Po-207	5,83 h	1,000	$4,4\ 10^{-10}$	0,500	$5,7\ 10^{-10}$	$3,2\ 10^{-10}$	$2,1\ 10^{-10}$	$1,4\ 10^{-10}$	$1,1\ 10^{-10}$
Po-210	138 d	1,000	$2,6\ 10^{-5}$	0,500	$8,8\ 10^{-6}$	$4,4\ 10^{-6}$	$2,6\ 10^{-6}$	$1,6\ 10^{-6}$	$1,2\ 10^{-6}$
Astatino									
At-207	1,80 h	1,000	$2,5\ 10^{-9}$	1,000	$1,6\ 10^{-9}$	$8,0\ 10^{-10}$	$4,8\ 10^{-10}$	$2,9\ 10^{-10}$	$2,4\ 10^{-10}$
At-211	7,21 h	1,000	$1,2\ 10^{-7}$	1,000	$7,8\ 10^{-8}$	$3,8\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$	$1,1\ 10^{-8}$
Francio									

[g)] Il valore f_1 per le persone di età compresa tra 1 e 15 anni è 0,4.

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Fr-222	0,240 h	1,000	$6{,}2\ 10^{-9}$	1,000	$3{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$8{,}5\ 10^{-10}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
Fr-223	0,363 h	1,000	$2{,}6\ 10^{-8}$	1,000	$1{,}7\ 10^{-8}$	$8{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-9}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$
Radio[h)]									
Ra-223	11,4 d	0,600	$5{,}3\ 10^{-6}$	0,200	$1{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}7\ 10^{-7}$	$4{,}5\ 10^{-7}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$1{,}0\ 10^{-7}$
Ra-224	3,66 d	0,600	$2{,}7\ 10^{-6}$	0,200	$6{,}6\ 10^{-7}$	$3{,}5\ 10^{-7}$	$2{,}6\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$	$6{,}5\ 10^{-8}$
Ra-225	14,8 d	0,600	$7{,}1\ 10^{-6}$	0,200	$1{,}2\ 10^{-6}$	$6{,}1\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-7}$	$4{,}4\ 10^{-7}$	$9{,}9\ 10^{-8}$
Ra-226	$1{,}60\ 10^{3}$ a	0,600	$4{,}7\ 10^{-6}$	0,200	$9{,}6\ 10^{-7}$	$6{,}2\ 10^{-7}$	$8{,}0\ 10^{-7}$	$1{,}5\ 10^{-6}$	$2{,}8\ 10^{-7}$
Ra-227	0,703 h	0,600	$1{,}1\ 10^{-9}$	0,200	$4{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}5\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}1\ 10^{-11}$
Ra-228	5,75 a	0,600	$3{,}0\ 10^{-5}$	0,200	$5{,}7\ 10^{-6}$	$3{,}4\ 10^{-6}$	$3{,}9\ 10^{-6}$	$5{,}3\ 10^{-6}$	$6{,}9\ 10^{-7}$
Attinio									
Ac-224	2,90 h	0,005	$1{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$8{,}8\ 10^{-10}$	$7{,}0\ 10^{-10}$
Ac-225	10,0 d	0,005	$4{,}6\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}8\ 10^{-7}$	$9{,}1\ 10^{-8}$	$5{,}4\ 10^{-8}$	$3{,}0\ 10^{-8}$	$2{,}4\ 10^{-8}$
Ac-226	1,21 d	0,005	$1{,}4\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}6\ 10^{-8}$	$3{,}8\ 10^{-8}$	$2{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}0\ 10^{-8}$
Ac-227	21,8 a	0,005	$3{,}3\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}1\ 10^{-6}$	$2{,}2\ 10^{-6}$	$1{,}5\ 10^{-6}$	$1{,}2\ 10^{-6}$	$1{,}1\ 10^{-6}$
Ac-228	6,13 h	0,005	$7{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$8{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}3\ 10^{-10}$	$4{,}3\ 10^{-10}$
Torio									
Th-226	0,515 h	0,005	$4{,}4\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$6{,}7\ 10^{-10}$	$4{,}5\ 10^{-10}$	$3{,}5\ 10^{-10}$
Th-227	18,7 d	0,005	$3{,}0\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}0\ 10^{-8}$	$3{,}6\ 10^{-8}$	$2{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$8{,}8\ 10^{-9}$
Th-228	1,91 a	0,005	$3{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}5\ 10^{-7}$	$9{,}4\ 10^{-8}$	$7{,}2\ 10^{-8}$
Th-229	$7{,}34\ 10^{3}$ a	0,005	$1{,}1\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-6}$	$7{,}8\ 10^{-7}$	$6{,}2\ 10^{-7}$	$5{,}3\ 10^{-7}$	$4{,}9\ 10^{-7}$
Th-230	$7{,}70\ 10^{4}$ a	0,005	$4{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}1\ 10^{-7}$	$3{,}1\ 10^{-7}$	$2{,}4\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}1\ 10^{-7}$
Th-231	1,06 d	0,005	$3{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}4\ 10^{-10}$	$4{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}4\ 10^{-10}$
Th-232	$1{,}40\ 10^{10}$ a	0,005	$4{,}6\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}5\ 10^{-7}$	$3{,}5\ 10^{-7}$	$2{,}9\ 10^{-7}$	$2{,}5\ 10^{-7}$	$2{,}3\ 10^{-7}$
Th-234	24,1 d	0,005	$4{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}3\ 10^{-8}$	$7{,}4\ 10^{-9}$	$4{,}2\ 10^{-9}$	$3{,}4\ 10^{-9}$
Protattinio									
Pa-227	0,638 h	0,005	$5{,}8\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$8{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}8\ 10^{-10}$	$4{,}5\ 10^{-10}$
Pa-228	22,0 h	0,005	$1{,}2\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$9{,}7\ 10^{-10}$	$7{,}8\ 10^{-10}$
Pa-230	17,4 d	0,005	$2{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}7\ 10^{-9}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}2\ 10^{-10}$
Pa-231	$3{,}27\ 10^{4}$ a	0,005	$1{,}3\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-6}$	$1{,}1\ 10^{-6}$	$9{,}2\ 10^{-7}$	$8{,}0\ 10^{-7}$	$7{,}1\ 10^{-7}$
Pa-232	1,31 d	0,005	$6{,}3\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}2\ 10^{-9}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$8{,}9\ 10^{-10}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
Pa-233	27,0 d	0,005	$9{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}2\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$8{,}7\ 10^{-10}$
Pa-234	6,70 h	0,005	$5{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$6{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-10}$
Uranio									
U-230	20,8 d	0,040	$7{,}9\ 10^{-7}$	0,020	$3{,}0\ 10^{-7}$	$1{,}5\ 10^{-7}$	$1{,}0\ 10^{-7}$	$6{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}6\ 10^{-8}$
U-231	4,20 d	0,040	$3{,}1\ 10^{-9}$	0,020	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$6{,}1\ 10^{-10}$	$3{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}8\ 10^{-10}$
U-232	72,0 a	0,040	$2{,}5\ 10^{-6}$	0,020	$8{,}2\ 10^{-7}$	$5{,}8\ 10^{-7}$	$5{,}7\ 10^{-7}$	$6{,}4\ 10^{-7}$	$3{,}3\ 10^{-7}$
U-233	$1{,}58\ 10^{5}$ a	0,040	$3{,}8\ 10^{-7}$	0,020	$1{,}4\ 10^{-7}$	$9{,}2\ 10^{-8}$	$7{,}8\ 10^{-8}$	$7{,}8\ 10^{-8}$	$5{,}1\ 10^{-8}$
U-234	$2{,}44\ 10^{5}$ a	0,040	$3{,}7\ 10^{-7}$	0,020	$1{,}3\ 10^{-7}$	$8{,}8\ 10^{-8}$	$7{,}4\ 10^{-8}$	$7{,}4\ 10^{-8}$	$4{,}9\ 10^{-8}$
U-235	$7{,}04\ 10^{8}$ a	0,040	$3{,}5\ 10^{-7}$	0,020	$1{,}3\ 10^{-7}$	$8{,}5\ 10^{-8}$	$7{,}1\ 10^{-8}$	$7{,}0\ 10^{-8}$	$4{,}7\ 10^{-8}$
U-236	$2{,}34\ 10^{7}$ a	0,040	$3{,}5\ 10^{-7}$	0,020	$1{,}3\ 10^{-7}$	$8{,}4\ 10^{-8}$	$7{,}0\ 10^{-8}$	$7{,}0\ 10^{-8}$	$4{,}7\ 10^{-8}$
U-237	6,75 d	0,040	$8{,}3\ 10^{-9}$	0,020	$5{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$9{,}5\ 10^{-10}$	$7{,}6\ 10^{-10}$
U-238	$4{,}47\ 10^{9}$ a	0,040	$3{,}4\ 10^{-7}$	0,020	$1{,}2\ 10^{-7}$	$8{,}0\ 10^{-8}$	$6{,}8\ 10^{-8}$	$6{,}7\ 10^{-8}$	$4{,}5\ 10^{-8}$
U-239	0,392 h	0,040	$3{,}4\ 10^{-10}$	0,020	$1{,}9\ 10^{-10}$	$9{,}3\ 10^{-11}$	$5{,}4\ 10^{-11}$	$3{,}5\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$
U-240	14,1 h	0,040	$1{,}3\ 10^{-8}$	0,020	$8{,}1\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$
Nettunio									
Np-232	0,245 h	0,005	$8{,}7\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}1\ 10^{-11}$	$2{,}7\ 10^{-11}$	$1{,}7\ 10^{-11}$	$1{,}2\ 10^{-11}$	$9{,}7\ 10^{-12}$
Np-233	0,603 h	0,005	$2{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}6\ 10^{-12}$	$4{,}0\ 10^{-12}$	$2{,}8\ 10^{-12}$	$2{,}2\ 10^{-12}$
Np-234	4,40 d	0,005	$6{,}2\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}4\ 10^{-9}$	$2{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$8{,}1\ 10^{-10}$
Np-235	1,08 a	0,005	$7{,}1\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}1\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}2\ 10^{-10}$	$6{,}8\ 10^{-11}$	$5{,}3\ 10^{-11}$
Np-236	$1{,}15\ 10^{5}$ a	0,005	$1{,}9\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}8\ 10^{-8}$	$1{,}8\ 10^{-8}$	$1{,}8\ 10^{-8}$	$1{,}7\ 10^{-8}$
Np-236	22,5 h	0,005	$2{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-9}$	$6{,}6\ 10^{-10}$	$4{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$
Np-237	$2{,}14\ 10^{6}$ a	0,005	$2{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}4\ 10^{-7}$	$1{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}1\ 10^{-7}$
Np-238	2,12 d	0,005	$9{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}2\ 10^{-9}$	$3{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}1\ 10^{-10}$
Np-239	2,36 d	0,005	$8{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}7\ 10^{-9}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}0\ 10^{-9}$	$8{,}0\ 10^{-10}$
Np-240	1,08 h	0,005	$8{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}2\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$8{,}2\ 10^{-11}$

h) Il valore f_1 per le persone di età compresa tra 1 e 15 anni è 0,3.

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Plutonio									
Pu-234	8,80 h	0,005	$2{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}5\ 10^{-10}$	$3{,}3\ 10^{-10}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$
Pu-235	0,422 h	0,005	$2{,}2\ 10^{-11}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}3\ 10^{-11}$	$6{,}5\ 10^{-12}$	$3{,}9\ 10^{-12}$	$2{,}7\ 10^{-12}$	$2{,}1\ 10^{-12}$
Pu-236	2,85 a	0,005	$2{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}4\ 10^{-7}$	$1{,}0\ 10^{-7}$	$8{,}5\ 10^{-8}$	$8{,}7\ 10^{-8}$
Pu-237	45,3 d	0,005	$1{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}9\ 10^{-10}$	$3{,}6\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$
Pu-238	87,7 a	0,005	$4{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-7}$	$3{,}1\ 10^{-7}$	$2{,}4\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}3\ 10^{-7}$
Pu-239	$2{,}41\ 10^{4}$ a	0,005	$4{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}2\ 10^{-7}$	$3{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}4\ 10^{-7}$	$2{,}5\ 10^{-7}$
Pu-240	$6{,}54\ 10^{3}$ a	0,005	$4{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}2\ 10^{-7}$	$3{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}4\ 10^{-7}$	$2{,}5\ 10^{-7}$
Pu-241	14,4 a	0,005	$5{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}1\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$	$4{,}8\ 10^{-9}$
Pu-242	$3{,}76\ 10^{5}$ a	0,005	$4{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}0\ 10^{-7}$	$3{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}6\ 10^{-7}$	$2{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}4\ 10^{-7}$
Pu-243	4,95 h	0,005	$1{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$6{,}2\ 10^{-10}$	$3{,}1\ 10^{-10}$	$1{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$8{,}5\ 10^{-11}$
Pu-244	$8{,}26\ 10^{7}$ a	0,005	$4{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}1\ 10^{-7}$	$3{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}6\ 10^{-7}$	$2{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}4\ 10^{-7}$
Pu-245	10,5 h	0,005	$8{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}1\ 10^{-9}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}5\ 10^{-9}$	$8{,}9\ 10^{-10}$	$7{,}2\ 10^{-10}$
Pu-246	10,9 d	0,005	$3{,}6\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}3\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$7{,}1\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
Americio									
Am-237	1,22 h	0,005	$1{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$5{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}3\ 10^{-11}$	$2{,}2\ 10^{-11}$	$1{,}8\ 10^{-11}$
Am-238	1,63 h	0,005	$2{,}5\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$9{,}1\ 10^{-11}$	$5{,}9\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}2\ 10^{-11}$
Am-239	11,9 h	0,005	$2{,}6\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}7\ 10^{-9}$	$8{,}4\ 10^{-10}$	$5{,}1\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$
Am-240	2,12 d	0,005	$4{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}3\ 10^{-10}$	$5{,}8\ 10^{-10}$
Am-241	$4{,}32\ 10^{2}$ a	0,005	$3{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$
Am-242	16,0 h	0,005	$5{,}0\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$6{,}4\ 10^{-10}$	$3{,}7\ 10^{-10}$	$3{,}0\ 10^{-10}$
Am-242m	$1{,}52\ 10^{2}$ a	0,005	$3{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}0\ 10^{-7}$	$2{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$	$1{,}9\ 10^{-7}$	$1{,}9\ 10^{-7}$
Am-243	$7{,}38\ 10^{3}$ a	0,005	$3{,}6\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$
Am-244	10,1 h	0,005	$4{,}9\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}1\ 10^{-9}$	$1{,}6\ 10^{-9}$	$9{,}6\ 10^{-10}$	$5{,}8\ 10^{-10}$	$4{,}6\ 10^{-10}$
Am-244m	0,433 h	0,005	$3{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}0\ 10^{-10}$	$9{,}6\ 10^{-11}$	$5{,}5\ 10^{-11}$	$3{,}7\ 10^{-11}$	$2{,}9\ 10^{-11}$
Am-245	2,05 h	0,005	$6{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}5\ 10^{-10}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$7{,}9\ 10^{-11}$	$6{,}2\ 10^{-11}$
Am-246	0,650 h	0,005	$6{,}7\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}8\ 10^{-10}$	$1{,}9\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$7{,}3\ 10^{-11}$	$5{,}8\ 10^{-11}$
Am-246m	0,417 h	0,005	$3{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}4\ 10^{-11}$	$4{,}4\ 10^{-11}$	$3{,}4\ 10^{-11}$
Curio									
Cm-238	2,40 h	0,005	$7{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}9\ 10^{-10}$	$2{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}6\ 10^{-10}$	$1{,}0\ 10^{-10}$	$8{,}0\ 10^{-11}$
Cm-240	27,0 d	0,005	$2{,}2\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-8}$	$2{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$9{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}6\ 10^{-9}$
Cm-241	32,8 d	0,005	$1{,}1\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}7\ 10^{-9}$	$3{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}1\ 10^{-10}$
Cm-242	163 d	0,005	$5{,}9\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$7{,}6\ 10^{-8}$	$3{,}9\ 10^{-8}$	$2{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$
Cm-243	28,5 a	0,005	$3{,}2\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}6\ 10^{-7}$	$1{,}4\ 10^{-7}$	$1{,}5\ 10^{-7}$
Cm-244	18,1 a	0,005	$2{,}9\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-7}$	$1{,}9\ 10^{-7}$	$1{,}4\ 10^{-7}$	$1{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}2\ 10^{-7}$
Cm-245	$8{,}50\ 10^{3}$ a	0,005	$3{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}8\ 10^{-7}$	$2{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}1\ 10^{-7}$	$2{,}1\ 10^{-7}$
Cm-246	$4{,}73\ 10^{3}$ a	0,005	$3{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}8\ 10^{-7}$	$2{,}2\ 10^{-7}$	$2{,}1\ 10^{-7}$	$2{,}1\ 10^{-7}$
Cm-247	$1{,}56\ 10^{7}$ a	0,005	$3{,}4\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}5\ 10^{-7}$	$2{,}6\ 10^{-7}$	$2{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}9\ 10^{-7}$	$1{,}9\ 10^{-7}$
Cm-248	$3{,}39\ 10^{5}$ a	0,005	$1{,}4\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}4\ 10^{-6}$	$1{,}0\ 10^{-6}$	$8{,}4\ 10^{-7}$	$7{,}7\ 10^{-7}$	$7{,}7\ 10^{-7}$
Cm-249	1,07 h	0,005	$3{,}9\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}2\ 10^{-10}$	$1{,}1\ 10^{-10}$	$6{,}1\ 10^{-11}$	$4{,}0\ 10^{-11}$	$3{,}1\ 10^{-11}$
Cm-250	$6{,}90\ 10^{3}$ a	0,005	$7{,}8\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}2\ 10^{-6}$	$6{,}0\ 10^{-6}$	$4{,}9\ 10^{-6}$	$4{,}4\ 10^{-6}$	$4{,}4\ 10^{-6}$
Berchelio									
Bk-245	4,94 d	0,005	$6{,}1\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$3{,}9\ 10^{-9}$	$2{,}0\ 10^{-9}$	$1{,}2\ 10^{-9}$	$7{,}2\ 10^{-10}$	$5{,}7\ 10^{-10}$
Bk-246	1,83 d	0,005	$3{,}7\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$9{,}4\ 10^{-10}$	$6{,}0\ 10^{-10}$	$4{,}8\ 10^{-10}$
Bk-247	$1{,}38\ 10^{3}$ a	0,005	$8{,}9\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}6\ 10^{-7}$	$6{,}3\ 10^{-7}$	$4{,}6\ 10^{-7}$	$3{,}8\ 10^{-7}$	$3{,}5\ 10^{-7}$
Bk-249	320 d	0,005	$2{,}2\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}9\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$	$1{,}1\ 10^{-9}$	$9{,}7\ 10^{-10}$
Bk-250	3,22 h	0,005	$1{,}5\ 10^{-9}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}5\ 10^{-10}$	$4{,}4\ 10^{-10}$	$2{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}7\ 10^{-10}$	$1{,}4\ 10^{-10}$
Californio									
Cf-244	0,323 h	0,005	$9{,}8\ 10^{-10}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$4{,}8\ 10^{-10}$	$2{,}4\ 10^{-10}$	$1{,}3\ 10^{-10}$	$8{,}9\ 10^{-11}$	$7{,}0\ 10^{-11}$
Cf-246	1,49 d	0,005	$5{,}0\ 10^{-8}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}4\ 10^{-8}$	$1{,}2\ 10^{-8}$	$7{,}3\ 10^{-9}$	$4{,}1\ 10^{-9}$	$3{,}3\ 10^{-9}$
Cf-248	334 d	0,005	$1{,}5\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}6\ 10^{-7}$	$9{,}9\ 10^{-8}$	$6{,}0\ 10^{-8}$	$3{,}3\ 10^{-8}$	$2{,}8\ 10^{-8}$
Cf-249	$3{,}50\ 10^{2}$ a	0,005	$9{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}7\ 10^{-7}$	$6{,}4\ 10^{-7}$	$4{,}7\ 10^{-7}$	$3{,}8\ 10^{-7}$	$3{,}5\ 10^{-7}$
Cf-250	13,1 a	0,005	$5{,}7\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}5\ 10^{-7}$	$3{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}3\ 10^{-7}$	$1{,}7\ 10^{-7}$	$1{,}6\ 10^{-7}$
Cf-251	$8{,}98\ 10^{2}$ a	0,005	$9{,}1\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$8{,}8\ 10^{-7}$	$6{,}5\ 10^{-7}$	$4{,}7\ 10^{-7}$	$3{,}9\ 10^{-7}$	$3{,}6\ 10^{-7}$
Cf-252	2,64 a	0,005	$5{,}0\ 10^{-6}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$5{,}1\ 10^{-7}$	$3{,}2\ 10^{-7}$	$1{,}9\ 10^{-7}$	$1{,}0\ 10^{-7}$	$9{,}0\ 10^{-8}$
Cf-253	17,8 d	0,005	$1{,}0\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$1{,}1\ 10^{-8}$	$6{,}0\ 10^{-9}$	$3{,}7\ 10^{-9}$	$1{,}8\ 10^{-9}$	$1{,}4\ 10^{-9}$
Cf-254	60,5 d	0,005	$1{,}1\ 10^{-5}$	$5{,}0\ 10^{-4}$	$2{,}6\ 10^{-6}$	$1{,}4\ 10^{-6}$	$8{,}4\ 10^{-7}$	$5{,}0\ 10^{-7}$	$4{,}0\ 10^{-7}$

Nuclide	Tempo di dimezzamento	Età ≤ 1 a		Età:	1-2 a	2-7 a	7-12 a	12-17 a	> 17 a
		f_1	h(g)	f_1	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
Einsteinio									
Es-250	2,10 h	0,005	$2,3\ 10^{-10}$	$5,0\ 10^{-4}$	$9,9\ 10^{-11}$	$5,7\ 10^{-11}$	$3,7\ 10^{-11}$	$2,6\ 10^{-11}$	$2,1\ 10^{-11}$
Es-251	1,38 d	0,005	$1,9\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,2\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-10}$	$3,7\ 10^{-10}$	$2,2\ 10^{-10}$	$1,7\ 10^{-10}$
Es-253	20,5 d	0,005	$1,7\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$4,5\ 10^{-8}$	$2,3\ 10^{-8}$	$1,4\ 10^{-8}$	$7,6\ 10^{-9}$	$6,1\ 10^{-9}$
Es-254	276 d	0,005	$1,4\ 10^{-6}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,6\ 10^{-7}$	$9,8\ 10^{-8}$	$6,0\ 10^{-8}$	$3,3\ 10^{-8}$	$2,8\ 10^{-8}$
Es-254m	1,64 d	0,005	$5,7\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,0\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$	$9,1\ 10^{-9}$	$5,2\ 10^{-9}$	$4,2\ 10^{-9}$
Fermio									
Fm-252	22,7 h	0,005	$3,8\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$2,0\ 10^{-8}$	$9,9\ 10^{-9}$	$5,9\ 10^{-9}$	$3,3\ 10^{-9}$	$2,7\ 10^{-9}$
Fm-253	3,00 d	0,005	$2,5\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$6,7\ 10^{-9}$	$3,4\ 10^{-9}$	$2,1\ 10^{-9}$	$1,1\ 10^{-9}$	$9,1\ 10^{-10}$
Fm-254	3,24 h	0,005	$5,6\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$3,2\ 10^{-9}$	$1,6\ 10^{-9}$	$9,3\ 10^{-10}$	$5,6\ 10^{-10}$	$4,4\ 10^{-10}$
Fm-255	20,1 h	0,005	$3,3\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,9\ 10^{-8}$	$9,5\ 10^{-9}$	$5,6\ 10^{-9}$	$3,2\ 10^{-9}$	$2,5\ 10^{-9}$
Fm-257	101 d	0,005	$9,8\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$1,1\ 10^{-7}$	$6,5\ 10^{-8}$	$4,0\ 10^{-8}$	$1,9\ 10^{-8}$	$1,5\ 10^{-8}$
Mendelevio									
Md-257	5,20 h	0,005	$3,1\ 10^{-9}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,8\ 10^{-10}$	$4,5\ 10^{-10}$	$2,7\ 10^{-10}$	$1,5\ 10^{-10}$	$1,2\ 10^{-10}$
Md-258	55,0 d	0,005	$6,3\ 10^{-7}$	$5,0\ 10^{-4}$	$8,9\ 10^{-8}$	$5,0\ 10^{-8}$	$3,0\ 10^{-8}$	$1,6\ 10^{-8}$	$1,3\ 10^{-8}$

TABELLA IV.5

Valori di f_1 per il calcolo dei coefficienti della dose efficace da ingestione per lavoratori

Elemento	f_1	Composti
Idrogeno	1,000	Ingestione di acqua tritiata
	1,000	Tritio legato organicamente
Berillio	0,005	Tutti i composti
Carbonio	1,000	Traccianti organici
Fluoro	1,000	Tutti i composti
Sodio	1,000	Tutti i composti
Magnesio	0,500	Tutti i composti
Alluminio	0,010	Tutti i composti
Silicio	0,010	Tutti i composti
Fosforo	0,800	Tutti i composti
Zolfo	0,800	Composti inorganici
	0,100	Zolfo elementare
	1,000	Zolfo organico
Cloro	1,000	Tutti i composti
Potassio	1,000	Tutti i composti
Calcio	0,300	Tutti i composti
Scandio	$1,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Titanio	0,010	Tutti i composti
Vanadio	0,010	Tutti i composti
Cromio	0,100	Composti esavalenti
	0,010	Composti trivalenti
Manganese	0,100	Tutti i composti
Ferro	0,100	Tutti i composti
Cobalto	0,100	Composti non specificati
	0,050	Ossidi, idrosidi
Nichel	0,050	Tutti i composti
Rame	0,500	Tutti i composti
Zinco	0,500	Tutti i composti
Gallio	0,001	Tutti i composti
Germanio	1,000	Tutti i composti
Arsenico	0,500	Tutti i composti
Selenio	0,800	Composti non specificati
	0,050	Selenio elementare e seleniuri
Bromo	1,000	Tutti i composti
Rubidio	1,000	Tutti i composti
Stronzio	0,300	Composti non specificati
	0,010	Titanato di stronzio ($SrTiO_3$)
Ittrio	$1,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Zirconio	0,002	Tutti i composti
Niobio	0,010	Tutti i composti
Molibdeno	0,800	Composti non specificati

Elemento	f_1	Composti
	0,050	Solfuro di molibdeno
Tecnezio	0,800	Tutti i composti
Rutenio	0,050	Tutti i composti
Rodio	0,050	Tutti i composti
Palladio	0,005	Tutti i composti
Argento	0,050	Tutti i composti
Cadmio	0,050	Tutti i composti inorganici
Indio	0,020	Tutti i composti
Stagno	0,020	Tutti i composti
Antimonio	0,100	Tutti i composti
Tellurio	0,300	Tutti i composti
Iodio	1,000	Tutti i composti
Cesio	1,000	Tutti i composti
Bario	0,100	Tutti i composti
Lantanio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Cerio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Praseodimio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Neodimio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Prometio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Samario	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Europio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Gadolinio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Terbio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Disprosio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Olmio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Erbio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Tulio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Itterbio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Lutezio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Afnio	0,002	Tutti i composti
Tantalio	0,001	Tutti i composti
Tungsteno	0,300	Composti non specificati
	0,010	Acido tungstico
Renio	0,800	Tutti i composti
Osmio	0,010	Tutti i composti
Iridio	0,010	Tutti i composti
Platino	0,010	Tutti i composti
Oro	0,100	Tutti i composti
Mercurio	0,020	Tutti i composti inorganici
Mercurio	1,000	Metilmercurio
	0,400	Composti organici non specificati
Tallio	1,000	Tutti i composti
Piombo	0,200	Tutti i composti
Bismuto	0,050	Tutti i composti
Polonio	0,100	Tutti i composti
Astatinio	1,000	Tutti i composti
Francio	1,000	Tutti i composti

Elemento	f_1	Composti
Radio	0,200	Tutti i composti
Attinio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Torio	$5,0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	$2,0\ 10^{-4}$	Ossidi e idrossidi
Protattinio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Uranio	0,020	Composti non specificati
	0,002	La maggior parte dei composti tetravalenti, per esempio UO_2, U_3O_8, UF_4
Nettunio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Plutonio	$5,0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	$1,0\ 10^{-4}$	Nitrati
	$1,0\ 10^{-4}$	Ossidi insolubili
Americio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Curio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Berchelio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Californio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Einsteinio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Fermio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Mendelevio	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti

TABELLA IV.6

Composti, tipi di assorbimento polmonare e valori di f_1 per il calcolo di coefficienti di dose efficace per unità di introduzione da inalazione per i lavoratori esposti, gli apprendisti e gli studenti di 18 o più anni di età

Elemento	Tipo di assorbimento	f_1	Composti
Berillio	M	0,005	Composti non specificati
	S	0,005	Ossidi, alogenuri e nitrati
Fluoro	F	1,000	Determinati combinando i cationi
	M	1,000	Determinati combinando i cationi
	S	1,000	Determinati combinando i cationi
Sodio	F	1,000	Tutti i composti
Magnesio	F	0,500	Composti non specificati
	M	0,500	Ossidi, idrossidi, carburi, alogenuri e nitrati
Alluminio	F	0,010	Composti non specificati
	M	0,010	Ossidi, idrossidi, carburi, alogenuri, nitrati e alluminio metallico
Silicio	F	0,010	Composti non specificati
	M	0,010	Ossidi, idrossidi, carburi e nitrati
	S	0,010	Aerosol di vetro alluminosilicato
Fosforo	F	0,800	Composti non specificati
	M	0,800	Alcuni fosfati: determinati combinando i cationi
Zolfo	F	0,800	Solfuri e solfati: determinati combinando i cationi
	M	0,800	Zolfo elementare. Solfuri e solfati: determinati combinando i cationi
Cloro	F	1,000	Determinati combinando i cationi
	M	1,000	Determinati combinando i cationi
Potassio	F	1,000	Tutti i composti
Calcio	M	0,300	Tutti i composti
Scandio	S	$1,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Titanio	F	0,010	Composti non specificati
	M	0,010	Ossidi, idrossidi, carburi, alogenuri e nitrati
	S	0,010	Titaniato di stronzio ($SrTiO_3$)
Vanadio	F	0,010	Composti non specificati
	M	0,010	Ossidi, idrossidi, carburi e alogenuri
Cromo	F	0,100	Composti non specificati
	M	0,100	Alogenuri e nitrati
	S	0,100	Ossidi e idrossidi
Manganese	F	0,100	Composti non specificati
	M	0,100	Ossidi, idrossidi, alogenuri e nitrati
Ferro	F	0,100	Composti non specificati
	M	0,100	Ossidi, idrossidi e alogenuri
Cobalto	M	0,100	Composti non specificati
	S	0,050	Ossidi, idrossidi, alogenuri e nitrati
Nichel	F	0,050	Composti non specificati
	M	0,050	Ossidi, idrossidi e carburi
Rame	F	0,500	Composti inorganici non specificati
	M	0,500	Solfuri, alogenuri e nitrati

Elemento	Tipo di assorbimento	f_1	Composti
	S	0,500	Ossidi e idrossidi
Zinco	S	0,500	Tutti i composti
Gallio	F	0,001	Composti non specificati
	M	0,001	Ossidi, idrossidi, carburi, alogenuri e nitrati
Germanio	F	1,000	Composti non specificati
	M	1,000	Ossidi, solfuri e alogenuri
Arsenico	M	0,500	Tutti i composti
Selenio	F	0,800	Composti inorganici non specificati
	M	0,800	Selenio elementare, ossidi, idrossidi e carburi
Bromo	F	1,000	Determinati combinando i cationi
	M	1,000	Determinati combinando i cationi
Rubidio	F	1,000	Tutti i composti
Stronzio	F	0,300	Composti non specificati
	S	0,010	Titaniato di stronzio ($SrTiO_3$)
Ittrio	M	$1,0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$1,0\ 10^{-4}$	Ossidi e idrossidi
Zirconio	F	0,002	Composti non specificati
	M	0,002	Ossidi, idrossidi, alogenuri e nitrati
	S	0,002	Carburo di zirconio
Niobio	M	0,010	Composti non specificati
	S	0,010	Ossidi e idrossidi
Molibdeno	F	0,800	Composti non specificati
	S	0,050	Solfuro di molibdeno, ossidi e idrossidi
Tecnezio	F	0,800	Composti non specificati
	M	0,800	Ossidi, idrossidi, alogenuri e nitrati
Rutenio	F	0,050	Composti non specificati
	M	0,050	Alogenuri
	S	0,050	Ossidi e idrossidi
Rodio	F	0,050	Composti non specificati
	M	0,050	Alogenuri
	S	0,050	Ossidi e idrossidi
Palladio	F	0,005	Composti non specificati
	M	0,005	Nitrati e alogenuri
	S	0,005	Ossidi e idrossidi
Argento	F	0,050	Composti non specificati e argento metallico
	M	0,050	Nitrati e solfuri
	S	0,050	Ossidi e idrossidi, carburi
Cadmio	F	0,050	Composti non specificati
	M	0,050	Solfuri, alogenuri e nitrati
	S	0,050	Ossidi e idrossidi
Indio	F	0,020	Composti non specificati
	M	0,020	Ossidi, idrossidi, alogenuni e nitrati
Stagno	F	0,020	Composti non specificati
	M	0,020	Fosfato stannico, solfuri, ossidi, idrossidi, alogenuri e nitrati
Antimonio	F	0,100	Composti non specificati
	M	0,010	Ossidi, idrossidi, alogenuri, solfuri, solfati e nitrati
Tellurio	F	0,300	Composti non specificati
	M	0,300	Ossidi, idrossidi e nitrati

Elemento	Tipo di assorbimento	f_1	Composti
Iodio	F	1,000	Tutti i composti
Cesio	F	1,000	Tutti i composti
Bario	F	0,100	Tutti i composti
Lantanio	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi e idrossidi
Cerio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi, idrossidi e fluoruri
Praseodimio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi, idrossidi, carburi e fluoruri
Neodimio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi, idrossidi, carburi e fluoruri
Prometio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi, idrossidi, carburi e fluoruri
Samario	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Europio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Gadolinio	F	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi, idrossidi e fluoruri
Terbio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Disprosio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Olmio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
Erbio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Tulio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Itterbio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi, idrossidi e fluoruri
Lutezio	M	$5{,}0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$5{,}0\ 10^{-4}$	Ossidi, idrossidi e fluoruri
Afnio	F	0,002	Composti non specificati
	M	0,002	Ossidi, idrossidi alogenuri, carburi e nitrati
Tantalio	M	0,001	Composti non specificati
	S	0,001	Tantalio elementare, ossidi, idrossidi, alogenuri, carburi, nitrati e nitruri
Tungsteno	F	0,300	Tutti i composti
Renio	F	0,800	Composti non specificati
	M	0,800	Ossidi, idrossidi alogenuri e nitrati
Osmio	F	0,010	Composti non specificati
	M	0,010	Alogenuri e nitrati
	S	0,010	Ossidi e idrossidi
Iridio	F	0,010	Composti non specificati
	M	0,010	Iridio metallico, alogenuri e nitrati
	S	0,010	Ossidi e idrossidi
Platino	F	0,010	Tutti i composti
Oro	F	0,100	Composti non specificati
	M	0,100	Alogenuri e nitrati
	S	0,100	Ossidi e idrossidi
Mercurio	F	0,020	Solfati
	M	0,020	Ossidi, idrossidi, alogenuri, nitrati e solfuri
Mercurio	F	0,400	Tutti i composti organici
Tallio	F	1,000	Tutti i composti
Piombo	F	0,200	Tutti i composti

Elemento	Tipo di assorbimento	f_1	Composti
Bismuto	F	0,050	Nitrato di bismuto
	M	0,050	Composti non specificati
Polonio	F	0,100	Composti non specificati
	M	0,100	Ossidi, idrossidi e nitrati
Astatinio	F	1,000	Determinati combinando i cationi
	M	1,000	Determinati combinando i cationi
Francio	F	1,000	Tutti i composti
Radio	M	0,200	Tutti i composti
Attinio	F	$5,0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	M	$5,0\ 10^{-4}$	Alogenuri e nitrati
	S	$5,0\ 10^{-4}$	Ossidi e idrossidi
Torio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$2,0\ 10^{-4}$	Ossidi e idrossidi
Protatinio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$5,0\ 10^{-4}$	Ossidi e idrossidi
Uranio	F	0,020	La maggior parte dei composti esavalenti, per esempio, UF_6, UO_2F_2 e $UO_2\ (NO_3)_2$
	M	0,020	Composti meno solubili, per esempio, UO_3, UF_4, UCl_4 e la maggior parte degli altri composti esavalenti
	S	0,002	Composti altamente insolubili, per esempio, UO_2 e U_3O_8
Nettunio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Plutonio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Composti non specificati
	S	$1,0\ 10^{-5}$	Ossidi insolubili
Americio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Curio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Berchelio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Californio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Einsteinio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Fermio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti
Mendelevio	M	$5,0\ 10^{-4}$	Tutti i composti

TABELLA IV.7

Dose efficace per esposizione di adulti a gas inerti

Nuclide	**Tempo di dimezzamento**	**Dose efficace per unità di concentrazione integrata in aria (Sv·giorno^{-1}/Bq·m^{-3})***
Argon		
Ar-37	35,0 g	$4{,}1\ 10^{-15}$
Ar-39	269 a	$1{,}1\ 10^{-11}$
Ar-41	1,83 h	$5{,}3\ 10^{-9}$
Krypton		
Kr-74	11,5 m	$4{,}5\ 10^{-9}$
Kr-76	14,8 h	$1{,}6\ 10^{-9}$
Kr-77	74,7 m	$3{,}9\ 10^{-9}$
Kr-79	1,46 g	$9{,}7\ 10^{-10}$
Kr-81	$2{,}10\ 10^{5}$ a	$2{,}1\ 10^{-11}$
Kr-83m	1,83 h	$2{,}1\ 10^{-13}$
Kr-85	10,7 a	$2{,}2\ 10^{-11}$
Kr-85m	4,48 h	$5{,}9\ 10^{-10}$
Kr-87	1,27 h	$3{,}4\ 10^{-9}$
Kr-88	2,84 h	$8{,}4\ 10^{-9}$
Xenon		
Xe-120	40,0 m	$1{,}5\ 10^{-9}$
Xe-121	40,1 m	$7{,}5\ 10^{-9}$
Xe-122	20,1 h	$1{,}9\ 10^{-10}$
Xe-123	2,08 h	$2{,}4\ 10^{-9}$
Xe-125	17,0 h	$9{,}3\ 10^{-10}$
Xe-127	36,4 g	$9{,}7\ 10^{-10}$
Xe-129m	8,0 g	$8{,}1\ 10^{-11}$
Xe-131m	11,9 g	$3{,}2\ 10^{-11}$
Xe-133m	2,19 g	$1{,}1\ 10^{-10}$
Xe-133	5,24 g	$1{,}2\ 10^{-10}$
Xe-135m	15,3 m	$1{,}6\ 10^{-9}$
Xe-135	9,10 h	$9{,}6\ 10^{-10}$
Xe-138	14,2 m	$4{,}7\ 10^{-9}$

*** N.R. Nel sistema internazionale l'unità "giorno" si indica con "d".**

TABELLA IV.8

Tipi di assorbimento polmonare (F, M, S, G) per il calcolo dei coefficienti della dose efficace da inalazione di particolato, gas e vapori per gli individui della popolazione

Elemento	Tipo assorbimento[a)]
Idrogeno	F, M*, S, G
Berillio	M, S
Carbonio	F, M*, S, G
Fluoro	F, M, S
Sodio	F
Magnesio	F, M
Alluminio	F, M
Silicio	F, M, S
Fosforo	F, M
Zolfo	F, M*, S, G
Cloro	F, M
Potassio	F
Calcio	F, M, S
Scandio	S
Titanio	F, M, S
Vanadio	F, M
Cromo	F, M, S
Manganese	F, M
Ferro	F, M*, S
Cobalto	F, M*, S
Nichel	F, M*, S, G
Rame	F, M, S
Zinco	F, M*, S
Gallio	F, M
Germanio	F, M
Arsenico	M
Selenio	F*, M, S

Elemento	Tipo assorbimento[a)]
Bromo	F, M
Rubidio	F
Stronzio	F, M*, S
Ittrio	M, S
Zirconio	F, M*, S
Niobio	F, M*, S
Molibdeno	F, M*, S
Tecnezio	F, M*, S
Rutenio	F, M*, S, G
Rodio	F, M, S
Palladio	F, M, S
Argento	F, M*, S
Cadmio	F, M, S
Indio	F, M
Stagno	F, M
Antimonio	F, M*, S
Tellurio	F, M*, S, G
Iodio	F*, M, S, G
Cesio	F*, M, S
Bario	F, M*, S
Lantanio	F, M
Cerio	F, M*, S
Praseodimio	M, S
Neodimio	M, S
Promezio	M, S
Samario	M
Europio	M

Elemento	Tipo assorbimento[a)]
Gadolinio	F, M
Terbio	M
Disprosio	M
Olmio	M
Erbio	M
Tulio	M
Itterbio	M, S
Lutezio	M, S
Afnio	F, M
Tantalio	M, S
Tungsteno	F
Renio	F, M
Osmio	F, M, S
Iridio	F, M, S
Platino	F
Oro	F, M, S
Mercurio	F, M, G
Tallio	F
Piombo	F, M*, S, G
Bismuto	F, M
Polonio	F, M*, S, G
Astato	F, M
Francio	F
Radio	F, M*, S
Attinio	F, M, S
Torio	F, M, S*
Protattinio	M, S
Uranio	F, M*, S
Nettunio	F, M*, S
Plutonio	F, M*, S
Americio	F, M*, S
Curio	F, M*, S
Berchelio	M
Californio	M
Einsteinio	M
Fermio	M
Mendelevio	M

[a)] F: rapido; M: moderato; S: lento; G: gas e vapori.

* Tipo di assorbimento polmonare raccomandato in assenza di informazioni specifiche.

Istruzione Operativa per la gestione e il controllo delle Sorgenti Radiogene

Copia numero:____

Rilasciata a: _____

Funzione: _____

REV.	DATA	CAUSALE
00		prima emissione
01		revisione

SCOPO

Lo scopo della presente istruzione operativa è di garantire la gestione e il controllo delle sorgenti radiogene presenti all'interno dello stabilimento, sia in fase di utilizzo od in seguito ad emergenza incendio.

CAMPO D'APPLICAZIONE

Questo documento si applica a tutti i reparti dello stabilimento, sia interni che esterni all'edificio industriale.

DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Abbreviazioni:

RSA: Responsabile Sistema di Gestione Ambientale
COA: Coordinatore Ambientale del Sito

RESPONSABILITÀ

Il COA ha la responsabilità di garantire annualmente la periodica sorveglianza delle sorgenti radiogene installate, tramite misurazioni eseguite da ditta specializzata con frequenza annuale.
Tutto il personale deve osservare le istruzioni interne di protezione e sicurezza poste in prossimità degli apparecchi di controllo (Allegato 2).

MODALITA' OPERATIVE

Generalità

Le apparecchiature contenenti emettitori di sorgenti radioattive sono complessivamente ……. e sono dislocate nei seguenti reparti: …… (linea ……), e …… (linea ……).

Si tratta di apparecchiature utilizzate per la misurazione e il controllo di ……., contenenti ciascuna un tubo a raggi ics e provviste di un apposito segnale di pericolo (una targhetta gialla con il simbolo della radioattività).

Rischi e Precauzioni in caso di Emergenza

Nel caso un incendio coinvolga sostanze radioattive, potrebbero risultare per i soccorritori, in aggiunta al rischio legato all'incendio e alla sua estensione, il rischio di irradiazione esterna, dovuto alle radiazioni penetranti emesse dalle sostanze radioattive, e il rischio di irradiazione interna e di contaminazione, dovuto alla loro dispersione nell'ambiente.

Osservare le seguenti cautele e disposizioni:

Rischi	**Avvistamento di un'incendio**	**Operazioni di spegnimento**	**Azioni dopo lo spegnimento**
u Sostanze Radioattive. u Irradiazione esterna: un modesto rischio di irradiazione esterna é sempre presente quando ci si avvicina a sorgenti radioattive, anche se ben schermati. u Contaminazione:il rischio può essere causato da radionuclidi sotto forma di polveri, aerosol, vapori, che successivamente per ricaduta, contaminano le superfici circostanti.	v Chiunque avvisti un incendio, che coinvolga locali in cui sono detenute sorgenti radioattive deve comporre da un qualsiasi apparecchio telefonico il numero di Emergenza …….. specificando il locale dove l'incendio si é sviluppato. v Si ricorda che bisogna, se possibile, dare immediata comunicazione anche all'Esperto Qualificato e al R.S.P.P. (interno ……).	u L'attacco al fuoco deve essere attuato con mezzi adeguati, ricordando che esso coinvolge materiale radioattivo e pertanto deve essere portato da più lontano possibile e dal minimo numero di persone necessarie. u L'utilizzazione dell'acqua deve essere ridotta al minimo e, ove indispensabile, utilizzata di preferenza polverizzata anche allo scopo di abbattere eventuali polveri presenti. u I soccorritori devono comunque indossare vestiario di protezione, maschere antigas ed antipolvere, e, nel caso le condizioni di urgenza lo permettessero, munirsi di dosimetro individuale e/o di apparecchi portatili di rivelazione.	ž E' vietata la sosta e qualsiasi altra attività nei locali coinvolti nell'incendio senza la preventiva autorizzazione dell'Esperto Qualificato. ž La rimozione dei materiali di scarto, prodotti dall'incendio, deve avvenire secondo le modalità raccomandate dall'Esperto Qualificato.

REGISTRAZIONE ED ARCHIVIAZIONE

I documenti dei rapporti periodici relativi alla sorveglianza delle sorgenti radiogene che perverranno al COA, dovranno essere esaminati ed archiviati dal COA presso l'archivio specifico.

RIFERIMENTI

- Norma UNI EN ISO 14001
- Manuale di Gestione Ambientale
- D.Lgs. n°230/1995 e s.m.i.

ALLEGATI

Allegato 1: Pianta dello stabilimento con indicazione dell'ubicazione delle sorgenti radiogene;
Allegato 2: Istruzioni interne di protezione e sicurezza (Generatori a raggi-ics).

DENOMINAZIONE AZIENDALE

Sito di …… (..)

IO…….- Allegato 1: Pianta dello stabilimento con indicazione dell'ubicazione delle Sorgenti Radiogene

Oggetto

- Le seguenti informazioni, sono fornite al fine di disciplinare la protezione e la sicurezza durante il funzionamento e l'utilizzo degli Apparecchi di Controllo Livelli (Generatori a Raggi-X).

Misure Preventive di Protezione e Sicurezza

1. Il comando dell'emissione raggi-X dell'apparecchio generatore può essere effettuato soltanto dalle persone autorizzate (manutentori e .....);
2. Durante la normale attività lavorativa, tenersi alla massima distanza dalla sorgente radiante;
3. Durante il funzionamento dell'apparecchio non inserire mani o parti del corpo all'interno del dispositivo di controllo di livello;
4. Nel caso di operazioni di manutenzione da effettuarsi in prossimità delle apparecchiature,

   si dovrà preventivamente escludere l'emissione delle radiazioni;
5. E' vietato manomettere l'apparecchio misuratore di livello. Lo smontaggio e la sostituzione della sorgente radioattiva deve essere fatto soltanto dalla Ditta fornitrice dell'apparecchiatura.

Misure Operative di Protezione e Sicurezza

6. Occorre segnalare immediatamente al Responsabile degli apparecchi ed all'esperto qualificato ogni supposta condizione di pericolo;
7. Durante tutte le operazioni di manutenzione il personale addetto deve assicurarsi di operare ad apparecchio spento;

Comportamento in caso di Emergenza

8. In caso di emergenza presso lo Stabilimento (incendio, od altro), rendere edotti i Vigili del Fuoco (115) della presenza di sorgenti radianti.

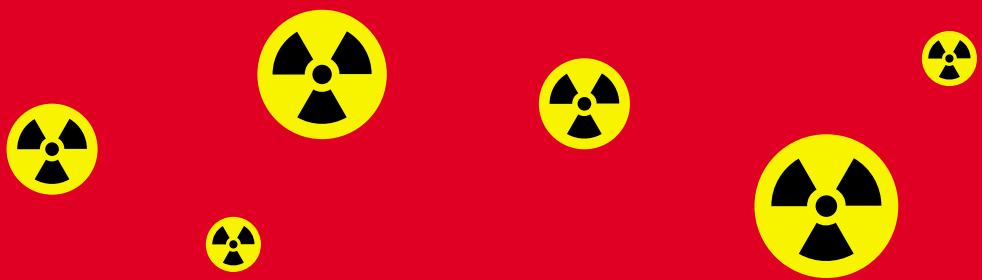
Il responsabile dell'impiego

.....

RegioneLombardia

Sanità

LA RADIOPROTEZIONE NELLE ATTIVITÀ SANITARIE: MANUALE INFORMATIVO AD USO DEI LAVORATORI



Alla redazione del presente manuale informativo hanno contribuito:

Anna Anversa[1], Luisa Biazzi[2], Roberto Brambilla[3], Cristina Canzi[3], Stefano De Crescenzo[1], Giuseppe Eulisse[3], Daniele Fantinato[4], Roberta Matheoud[3], Guido Pedroli[5], Gabriella Raimondi[3], Maurizio Rozza[3], Anna Maria Segalini[6], Franco Voltini[3].

[1]Direzione Generale Sanità - U.O. Prevenzione - Regione Lombardia
[2]Università di Pavia
[3]I.R.C.C.S Ospedale Maggiore Milano
[4]I.R.C.C.S. Fondazione Salvatore Maugeri Pavia
[5]A.O. Niguarda Ca' Granda Milano
[6]Libero professionista

PRESENTAZIONE

Nel quadro dell'attuazione del "Progetto Obiettivo Prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro in Lombardia, 1998-2000", di cui alla deliberazione del Consiglio Regionale n. VI/0848 dell'8 aprile 1998, e in sintonia con la realizzazione del progetto speciale "La prevenzione del rischio nel comparto Sanità", la Unità Organizzativa Prevenzione della Direzione Generale Sanità della Regione Lombardia ha predisposto anche la realizzazione di una serie di iniziative per la prevenzione dei rischi professionali da esposizione alle radiazioni ionizzanti. Si tratta certamente di un fattore di rischio tra i più conosciuti e meglio affrontati dalla normativa di protezione in ambito occupazionale; infatti gli attuali sistemi e procedure di limitazione delle dosi riescono ad ottenere, se correttamente applicati, la sostanziale protezione della stragrande maggioranza dei lavoratori, anche se permane ovviamente il rischio incidentale e/o di eventi anomali ed in proposito deve essere adottato ogni utile strumento di prevenzione.

A livello regionale sono state realizzate o avviate in questi anni diverse iniziative in materia di radioprotezione dei lavoratori: si ricordano l'altro le seguenti:

- la definizione di linee guida per la classificazione di radioprotezione dei dipendenti pubblici del comparto Sanità esposti a rischio derivante da radiazioni ionizzanti, approvate con la circolare regionale 15/SAN del 18/4/94 ed aggiornate alla fine del 1995 in relazione all'entrata in vigore del D. Lgs. 230/95 il 1/1/1996;
- l'emanazione della circolare regionale n. 4/SAN del 24 gennaio 2001, a seguito della entrata in vigore del D. Lgs. 241/2000, che ha modificato e integrato il D. Lgs. 230/95 recependo la direttiva 96/29/Euratom, introducendo tra l'altro diverse novità nel Capo VIII, riguardante la protezione sanitaria dei lavoratori;
- sono in fase di avanzata elaborazione le informazioni ricevute in questi mesi da una trentina di strutture sanitarie pubbliche e private riguardo ai lavoratori esposti, ai relativi dati dosimetrici ed alla classificazione di radioprotezione: tali informazioni saranno la base per la formulazione di una linea guida regionale relativa all'applicazione del principio di ottimizzazione alle attività sanitarie comportanti il rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti, in ottemperanza a quanto prescritto dall'art. 2 del citato D. Lgs. 230/95 e successive modifiche e integrazioni.

Certamente la formazione ed informazione del personale esposto a rischio da radiazioni ionizzanti rappresenta un elemento importante per conseguire l'obiettivo della tutela della salute dei lavoratori in questo campo e si è pertanto progettata la realizzazione di un'iniziativa specifica in materia; in questo contesto si è inserita la proposta, avanzata nell'autunno scorso da un gruppo di fisici dell'Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati in radioprotezione (ANPEQ – Gruppo Regionale Lombardia), di un manuale informativo specificamente dedicato ai lavoratori esposti che operano nelle strutture sanitarie.

La proposta è stata accolta ed il manuale, rielaborato al fine di renderlo maggiormente coerente con gli obiettivi regionali, è stato sottoposto anche all'esame della Commissione di esperti per l'applicazione del D. Lgs. 230/95 istituita presso la U.O. Prevenzione.
Si ritiene che questo manuale informativo rappresenti un utile strumento per dare concreta applicazione agli obblighi di informazione dei lavoratori, previsti, oltre che dal D. Lgs. 626/94 sul piano generale, in maniera specifica dall'art. 61, comma 3, lettera e) del D. Lgs. 230/95; lo si mette a disposizione prima di tutto dei Direttori Generali delle Aziende Sanitarie lombarde ma anche dei datori di lavoro di tutte le strutture sanitarie pubbliche e private della Lombardia, con l'auspicio che possa essere ampiamente utilizzato nell'ambito dell'attuazione degli adempimenti mirati alla prevenzione dei rischi da esposizione professionale alle radiazioni ionizzanti.

L'Assessore regionale alla Sanità
Carlo Borsani

Milano, ottobre 2001

INDICE

1. Introduzione 6
1.1. Le origini storiche e tecnologiche della radioprotezione 6
1.2. Le radiazioni di origine naturale 8
1.3. L'interazione delle radiazioni con i tessuti 9
1.3.1. Gli effetti delle radiazioni sulle cellule 10
1.3.2. Gli effetti delle radiazioni sull'organismo 10
1.4. I princìpi della radioprotezione 14
1.5. La normativa nazionale di radioprotezione 15
1.5.1. Criteri di classificazione dei lavoratori e delle zone 17
1.5.2. Sorveglianza fisica 19
1.5.3. Sorveglianza medica 20
1.5.4. La protezione sanitaria della popolazione 21
1.6. Glossario 22
2. Le apparecchiature radiologiche 26
2.1. Generalità 26
2.2. Generalità sui meccanismi di formazione dell'immagine radiografica 27
3. Principi generali di radioprotezione operativa nelle attività comportanti l'utilizzo di apparecchiature radiologiche 29
3.1. Fonti di rischio in attività radiologica 29
3.1.1. Fascio primario 29
3.1.2. Radiazione diffusa 29
3.1.3. Radiazione di fuga 30
3.2. Rischio da irradiazione esterna 30
3.3. Il rischio radiologico nelle attività comportanti l'impiego di apparecchiature radiologiche 32
3.3.1. Il rischio in attività radiologica tradizionale 32
3.3.2. Fonti di rischio in fluoroscopia 33
3.3.3. Rischio radiologico nelle procedure speciali 33
3.4. Esempi di tecniche di radioprotezione per la riduzione della dose agli operatori 33
4. La radiologia tradizionale 34
4.1. Principali apparecchiature e accessori utilizzati in radiologia tradizionale 34
4.2. Misure di prevenzione e protezione 35
5. La mammografia 37
5.1. Generalità 37
5.2. Misure di prevenzione e protezione 37
6. La tomografia computerizzata 38
6.1. Generalità 38
6.2. Misure di prevenzione e protezione 39

7. La radioscopia e la radiologia interventistica 41
7.1. Generalità 41
7.2. Misure di prevenzione e protezione 41
8. La radiologia dentale 44
8.1. Generalità 44
8.2. L'ortopantomografia 44
8.3. La radiologia dentale 44
8.4. Misure di prevenzione e protezione 45
9. La mineralometria ossea computerizzata 46
9.1. Generalità 46
9.2. Misure di prevenzione e protezione 46
10. La radioterapia 47
10.1. Generalità 47
10.1.1. Teleradioterapia 47
10.1.2. Brachiterapia 48
10.2. Misure di prevenzione e protezione 49
10.2.1. Teleradioterapia 49
10.2.2. Brachiterapia 49
11. Radioprotezione nelle attività che comportano l'utilizzo di sostanze radioattive non sigillate 51
11.1. Generalità 51
11.2. Rischio di irradiazione esterna 51
11.3. Valutazione del rischio per irradiazione esterna 53
11.4. Rischio di irradiazione interna 54
11.5. Valutazione del rischio per irradiazione interna in attività diagnostica 54
11.5.1. Incorporazione per inalazione 54
11.5.2. Incorporazione per ingestione 54
11.6. Valutazione del rischio per irradiazione interna in attività terapeutica 55
12. La radioimmunologia (R.I.A.) 56
12.1. Generalità 56
12.2. Misure di prevenzione e protezione 56
12.3. Rifiuti radioattivi 57
13. Medicina nucleare 58
13.1. Introduzione 58
13.2. Misure di prevenzione e protezione 59
13.3. Rifiuti radioattivi 60
14. Il ciclotrone 62
14.1. Generalità 62
14.2. Misure di prevenzione e protezione 62
15. La tomografia ad emissione di positroni 64
16. La terapia radiometabolica 66
16.1. Generalità 66

16.2. Misure di prevenzione e protezione 66
16.3. Rifiuti radioattivi 67
16.3.1. Rifiuti solidi 67
16.3.2. Rifiuti liquidi 68
17. Irradiazione dei preparati biologici. 69
17.1. Generalità 69
17.2. Misure di prevenzione e protezione. 69
18. Norme di radioprotezione 70
18.1. Appendice 1 - Unità di Misura. 70
18.2. Appendice 2 - Norme di radioprotezione in radiodiagnostica. . . . 72

1. INTRODUZIONE

1.1. Le origini storiche e tecnologiche della radioprotezione.

L'8 novembre 1895 Wilhelm Conrad Röentgen, professore di fisica all'Università di Wurzburg, stava studiando le caratteristiche dei raggi prodotti all'interno di un tubo nel quale era stato prodotto il vuoto e generata un'alta differenza di potenziale tra due elettrodi in esso contenuti. Questi raggi, chiamati *raggi catodici*, avevano origine in prossimità dell'elettrodo *catodo* ed erano diretti verso l'elettrodo *anodo*. Röentgen studiava, in particolare, la luminescenza indotta dal fascio di raggi catodici sul vetro del tubo.

A un certo punto decise di "oscurare" questa luminescenza ricoprendo il tubo con un mantello sottile di cartone nero, in grado di impedire il passaggio dei raggi del sole o di una lampada ad arco; in queste condizioni notò una debole emissione luminosa provenire da un piccolo schermo fluorescente di carta spalmato di platinocianuro di bario, che si trovava casualmente a una certa distanza dal tubo.

La fluorescenza indotta sullo schermo durante il funzionamento del tubo persisteva anche allontanando lo schermo fluorescente o ponendo il tubo stesso in una cassetta di legno chiusa ermeticamente.

Tutto questo non trovava ragionevole spiegazione con il fenomeno dei raggi catodici, oggetto di studio da parte di numerosi fisici in quel periodo (J.J. Thomson dimostrò nel 1897 che i raggi catodici sono costituiti da cariche elettriche negative, in seguito chiamate *elettroni*).

Röentgen si accorse inoltre, con grande emozione, che interponendo la propria mano tra il tubo e lo schermo fluorescente appariva su questo l'ombra delle proprie ossa!

A questo punto comprese che qualcosa di sconosciuto, avente origine nel tubo, era in grado di attraversare il cartone opaco, o la cassetta di legno, la propria mano e di giungere a produrre fluorescenza sullo schermo: aveva scoperto **i raggi X**, così chiamati da Röentgen proprio per sottolinearne la natura sconosciuta. Nel giro di poche settimane Röentgen fu in grado di studiare e di descrivere le più importanti caratteristiche dei raggi X, e in particolare:

- la loro capacità di impressionare lastre fotografiche;
- la loro capacità di produrre ionizzazione in aria o in altri gas;
- la loro capacità di attraversare, senza apprezzabile attenuazione, molti materiali a basso numero atomico e a bassa densità;
- il loro significativo assorbimento durante il passaggio attraverso materiali ad alto numero atomico e ad alta densità.

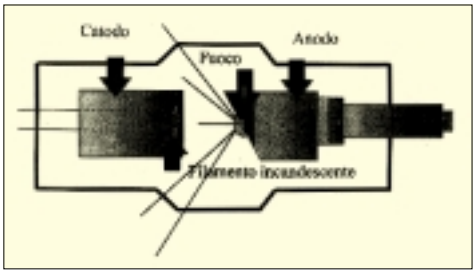
Il primo lavoro presentato da Röentgen, intitolato "Un nuovo tipo di raggi", riportava, oltre alle modalità di produzione e alle caratteristiche principali dei raggi X, anche l'immagine ormai famosa delle "ombre delle ossa della mano" della moglie.

Proprio il diverso grado di assorbimento dei raggi X in materiali a diverso numero atomico e a diversa densità è la caratteristica che viene sfruttata in radiologia clinica per "vedere" l'interno del corpo umano e, nell'industria e nella ricerca,

per esaminare peculiarità o difetti interni a manufatti in genere metallici.
La scoperta dei raggi X diede al clinico medico, da alcuni decenni già in possesso dello *stetoscopio* (lo "strumento che guarda dentro il torace") scoperto da Laennec, un formidabile mezzo diagnostico in grado di indagare l'*invisibile*, attraverso un oggetto fluorescente chiamato *criptoscopio*, lo "strumento che osserva le cose nascoste".
Lo sviluppo delle tecniche radiologiche negli anni successivi fu impressionante anche grazie alla realizzazione nel 1912 da parte di Coolidge di un particolare tipo di tubo a raggi X, dello stesso tipo di quelli ancor oggi utilizzati, sia pure con importanti aggiornamenti tecnici.

W. Röentgen

Il tubo di Coolidge è schematicamente costituito da un'ampolla di vetro, nella quale è praticato il vuoto spinto e nella quale si trovano due elettrodi, un catodo e un anodo (o anticatodo), quest'ultimo costituito da un metallo ad alto numero atomico (ad esempio, tungsteno); nelle vicinanze del catodo si trova un filamento che, riscaldato, libera elettroni. Nella figura seguente è riportato uno schema di massima.



Schema di un tubo a raggi X

Gli elettroni liberati dal filamento riscaldato vengono attratti dall'anticatodo (che è l'elettrodo positivo): l'emissione dei raggi X è dovuta all'interazione degli elettroni (i raggi catodici studiati da Röentgen) con gli atomi dell'anticatodo.
All'epoca della realizzazione di Coolidge era già stata dimostrata da M. Von Laue la natura fisica dei raggi X: sono *onde elettromagnetiche*, fisicamente dello stesso tipo della luce visibile, caratterizzate da una diversa lunghezza d'onda, estremamente piccola (dell'ordine di 10^{-10} m).
Poche settimane dopo la scoperta dei raggi X da parte di Röentgen, il fisico francese Becquerel, ricercando una relazione tra i raggi X appena scoperti e i fenomeni di fluorescenza indotti su sali di uranio, scopriva il fenomeno della *radioattività naturale* e avviava il mondo scientifico dell'epoca alla scoperta della costituzione intima della materia.
Tra il 1898 e il 1902 Pierre Curie e la moglie Marie Sklodowska scoprirono altri elementi (tra i quali il radio) in grado di presentare il fenomeno della radioattività, dimostrando quindi che questo non è esclusivamente caratteristico dell'uranio.
Nel 1934 Irene Curie (figlia dei Curie) e il marito Frederic Joliot scoprirono il fenomeno della *radioattività artificiale*,

I coniugi Curie

cioè la possibilità di produrre artificialmente elementi radioattivi non presenti in natura e aprirono la strada alla scoperta di un grande numero di isotopi radioattivi artificiali (oggi sono centinaia gli isotopi radioattivi producibili artificialmente).
La possibilità successiva di marcare con isotopi radioattivi cellule, molecole o farmaci ha fornito ai ricercatori la possibilità di seguire il comportamento degli stessi all'interno del corpo umano, in particolare consentendo di rilevare, dall'esterno del corpo, la distribuzione della radioattività in un particolare organo (la cosiddetta scintigrafia) ovvero di eseguire indagini funzionali attraverso lo studio dell'accumulo e dell'eliminazione del composto in un organo o in un tessuto biologico.
Proprio lo stesso Becquerel, pochi anni dopo la scoperta della radioattività naturale, doveva accorgersi che le radiazioni scoperte da lui e da Röentgen producono effetti sugli organismi viventi: nasceva quindi da una parte la **radioterapia**, una nuova disciplina della medicina basata sullo sfruttamento terapeutico degli effetti biologici delle radiazioni, dall'altra la **radioprotezione**, cioè la disciplina che tratta della protezione dalle radiazioni.

1.2. Le radiazioni di origine naturale

La scoperta dei raggi X, avvenuta solo un secolo fa, e la diffusa preoccupazione destata dagli effetti devastanti delle esplosioni nucleari prodotte durante l'ultima guerra mondiale hanno diffuso l'idea che le radiazioni ionizzanti fossero solo un prodotto dell'attività umana.
In realtà le radiazioni ionizzanti esistono da sempre sul nostro pianeta e la specie umana si è evoluta vivendo e riproducendosi in un campo di radiazioni naturali, chiamato *fondo naturale di radiazioni*.
Le radiazioni naturali hanno origine in parte dal sole e dallo spazio e in parte dalla crosta terrestre; inoltre isotopi radioattivi naturali sono normalmente presenti nel nostro organismo, come in tutti gli esseri viventi.
L'intensità del fondo naturale è molto variabile da luogo a luogo, è diversa all'aperto e dentro gli edifici; all'interno degli edifici può cambiare, spesso in modo significativo, in funzione di differenti materiali da costruzione e della presenza di radon, gas nobile radioattivo che emana dal suolo e, in assenza di ventilazione, tende a rimanere al suolo, essendo più pesante dell'aria.
In Tabella 1 sono mostrate le dosi me-

diamente assorbite, espresse in millisievert (mSv), da un individuo della popolazione a causa del fondo naturale di radiazioni. Per la definizione di dose si rimanda al glossario al termine di questo capitolo.

Tabella 1 Dose efficace media assorbita da un individuo dovuta a fonti di irradiazione naturali presenti nell'ambiente. (fonte Health Physics, 58-3, 1990)

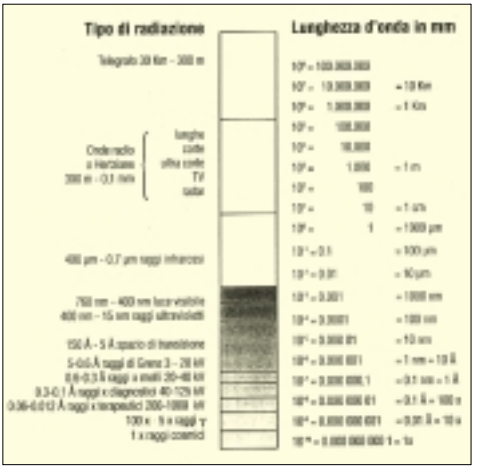
Fonte	mSv/anno
Raggi cosmici	0.355
Radionuclidi presenti in natura prodotti dalla radiazione cosmica	0.015
Radionuclidi primordiali	
Irradiazione esterna	0.41
^{40}K	0.18
Famiglie radioattive (^{238}U e ^{232}Th)	1.42 (*)
Totale	**2.38**

(*) valore estremamente variabile (dipende dal contributo dovuto alla inalazione di radon, gas radioattivo naturale emesso sia dal terreno sia dai materiali di costruzione degli edifici).

1.3. L'interazione delle radiazioni con i tessuti

I raggi X appartengono alla famiglia delle radiazioni elettromagnetiche, che comprende anche la luce visibile, l'infrarosso, l'ultravioletto e i raggi gamma provenienti da decadimenti radioattivi; il solo elemento discriminante tra queste radiazioni è la lunghezza d'onda o la frequenza (che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda).

I raggi X, (come anche le radiazioni elettromagnetiche provenienti dai decadimenti radioattivi) a differenza della luce visibile, dell'infrarosso e dell'ultravioletto, sono radiazioni ionizzanti, perché nel loro passaggio attraverso la materia producono ionizzazioni, cioè alterazioni della struttura elettronica degli atomi; quando questo avviene con gli organismi viventi (in particolare con l'uomo) possono prodursi danni biologici, a volte di estrema gravità.

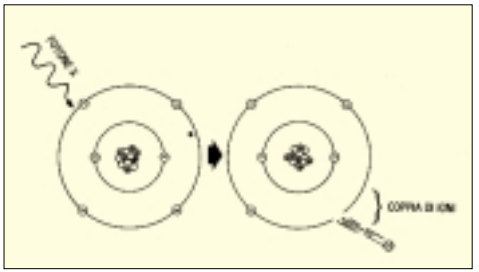


Spettro della radiazione elettromagnetica

Nel seguito vengono riportati i principali meccanismi biologici che comportano danno a seguito di esposizione alle radiazioni ionizzanti e descritti i vari tipi di danno.

1.3.1. Gli effetti delle radiazioni sulle cellule

Il passaggio di radiazioni ionizzanti in una cellula vivente può dare origine a una complessa catena di eventi poiché nella cellula stessa sono presenti molecole molto diverse, alcune molto semplici (l'acqua), altre molto complesse (il DNA).
In ogni caso, il primo evento è la ionizzazione primaria di un atomo o di una molecola della cellula.



Fenomeno della ionizzazione

La ionizzazione provoca la formazione di nuove entità chimiche, a volte molto reattive, come nel caso dei radicali liberi derivanti dalla ionizzazione dell'acqua; in questi casi possono avvenire reazioni chimiche capaci di modificare il contenuto della cellula stessa e quindi in grado di produrre un effetto biologico dipendente dalla natura del danno, dai componenti cellulari danneggiati e dalla specifica funzione della cellula interessata.
La cellula umana contiene 46 cromosomi, che possono essere schematizzati come catene di geni: le caratteristiche di ciascun individuo sono determinate da questi geni e dalla loro disposizione. Ogni cambiamento della struttura di un gene, cioè ogni mutazione, si trasmette alle cellule figlie, che hanno origine dalla cellula mutata.
Dopo un grande numero di replicazioni di cellule mutate può comparire un effetto macroscopico nell'organismo.
Se la mutazione interessa le cellule germinali dell'individuo, è possibile che da una di queste cellule abbia origine un embrione; in questo caso la mutazione avrà un effetto genetico, potendo comparire nell'individuo figlio e/o nei figli che da questo saranno generati.

1.3.2. Gli effetti delle radiazioni sull'organismo

Gli effetti delle radiazioni ionizzanti sull'organismo possono essere di due tipi: somatici e genetici.
Gli effetti somatici si riferiscono ai danni che si osservano nell'individuo esposto e si esauriscono con lui; gli effetti genetici sono riferiti alle conseguenze dei danni prodotti sulle cellule germinali e trasmessi ai discendenti; tali conseguenze si manifestano solo nelle generazioni future.
Gli effetti biologici, inoltre, possono essere suddivisi in "stocastici" e "deterministici".
Gli effetti stocastici sono di tipo probabilistico, ovvero la loro frequenza di comparsa, comunque molto piccola, è funzione della dose; non hanno gradualità di manifestazioni con la dose assorbita, cioè sono del tipo tutto - o - niente quale che sia la dose.
Gli effetti deterministici sono viceversa prevedibili, nel senso che è possibile predire se una persona irradiata con una data dose svilupperà questi effetti. Presentano un valore soglia di dose al di sopra del quale colpiscono tutti o quasi tutti gli irradiati e mostrano un aggravio di sintomi con l'aumentare della dose.

Possono manifestarsi entro qualche giorno o qualche settimana dall'irradiazione (effetti immediati) o dopo mesi o anni (effetti tardivi).
I valori soglia al di sopra dei quali compaiono effetti rilevabili clinicamente sono dell'ordine del sievert o anche più.
Gli effetti somatici possono essere di tipo deterministico o stocastico.
Tra gli effetti somatici deterministici, oltre a quelli dovuti all'esposizione globale acuta di un individuo a dosi elevate, di cui viene riportato in Tabella 2 un quadro schematico e semplificato della sintomatologia in rapporto alla dose, rientrano:

- le radiodermiti, dal semplice eritema cutaneo immediato alla "radiodermite del radiologo", che insorge dopo diversi anni di latenza, ma che non regredisce più, fino ad evolvere, potenzialmente, in epitelioma spinocellulare;
- le alterazioni ematologiche, essenzialmente rappresentate da manifestazioni di aplasia midollare, con riduzione del numero di granulociti, linfociti e piastrine, e da anemie;
- le alterazioni a carico dell'occhio, essenzialmente rappresentate dalla cataratta, che può insorgere, anche a distanza di diversi anni, a seguito dell'esposizione ad una dose unica di 5-8 sievert (Sv);
- danni agli organi genitali, quali la riduzione della fertilità o la sterilità per dosi superiori a 1 Sv.

Tabella 2 Sintomatologia a seguito di esposizione globale acuta di un individuo ad alte dosi

Settimane dopo l'esposizione	Dose (Sv)		
	1-3 (subletale)	**4 (letale)**	**> 6 (sopraletale)**
1	fase latente	nausea e vomito (1 giorno)	nausea e vomito, malessere, diarrea, febbre
2		depilazione, malessere generale	bocca e gola infiammate, ulcerazioni, deperimento, morte
3	perdita appetito, depilazione, infiammazione gola, emorragie	perdita appetito, emorragia, diarrea, febbre, deperimento, morte eventuale	
4	diarrea, guarigione		
Sopravvivenza	certa salvo complicazioni (2.5 Sv sono mortali nel 5% dei casi)	possibile nel 50% dei casi	impossibile

Gli effetti somatici stocastici sono quelli più importanti dal punto di vista radioprotezionistico in quanto, almeno in via teorica e come vedremo più avanti, si possono verificare anche per livelli di dose molto bassi; viceversa gli effetti deterministici si verificano solo per valori di dose elevati e sono quindi da escludere in attività ospedaliere comportanti l'impiego di radiazioni ionizzanti.
Gli effetti somatici stocastici sono rappresentati da lesioni neoplastiche, quali le leucemie e altre forme tumorali solide (cancro del polmone, tumore della mammella, carcinoma della tiroide, tumori dello scheletro, etc.). Tali effetti hanno tempi di latenza piuttosto lunghi: il tempo di latenza minimo varia da tre anni per le leucemie e i tumori ossei a dieci anni per gli altri tumori solidi.
Vanno inoltre considerati i danni embrionali e fetali: infatti, a seguito dell'azione delle radiazioni sul prodotto del concepimento, si possono osservare sia la morte fetale, sia alterazioni dello sviluppo con rischi di malformazioni. Nel primo mese di gravidanza dosi dell'ordine di 0.1 Sv ricevute dall'embrione possono provocare l'aborto. Dalla fine del primo mese fino al terzo si possono produrre diversi tipi di malformazione, mentre dalla fine del terzo mese si possono indurre effetti tardivi, a carattere probabilistico, manifestantisi nei primi anni di vita del bambino. Tra i danni al feto è inoltre da citare il rischio di ritardo mentale grave a seguito di irradiazione nel periodo compreso tra l'ottava e la quindicesima settimana di gestazione e, con minor intensità, tra la sedicesima e la venticinquesima settimana; l'aborto e le malformazioni fetali sono effetti a carattere deterministico con un valore soglia di circa 50 mSv. Gli effetti ereditari, almeno a livello delle dosi considerate a livello radioprotezionistico, sono di tipo stocastico. Essi sono dovuti a due componenti principali: le mutazioni geniche e le aberrazioni cromosomiche. Le mutazioni geniche si distinguono in dominanti e recessive in rapporto alle modalità di trasmissione. Anche le aberrazioni cromosomiche sono di due tipi: aberrazioni numeriche, in relazione alla presenza di cromosomi in più o in meno rispetto al numero caratteristico della specie; aberrazioni strutturali quando, pur mantenendosi questo numero invariato, i geni presenti su uno o più cromosomi sono in eccesso o in difetto rispetto alla norma. Vi sono infine molte condizioni di origine ereditaria aventi trasmissibilità irregolare; esse riguardano, per esempio, le predisposizioni a malattie particolari di grande rilevanza sociale, oppure condizioni non rilevabili nel singolo individuo, ma sulle popolazioni nel loro complesso (fertilità, durata della vita). Al fine di una valutazione più completa del rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti è inoltre utile aver presente, per confronto, i dati relativi all'esposizione degli individui della popolazione alla radiazione dovuta al fondo naturale contenuti in Tabella 1.
Per un più diretto confronto fra il rischio dovuto all'esposizione alle radiazioni ionizzanti ed il rischio dovuto ad altre attività lavorative, in Tabella 3 è mostrata la riduzione media della durata di vita dovuta ad incidenti in diverse attività lavorative, mentre in Tabella 4 è mostrata quella associata a varie cause di tipo non lavorativo. Per confronto viene indicata la riduzione media della durata di vita dovuta all'esposizione alle radiazioni ionizzanti valutata utilizzando i fattori di rischio indicati nella pubblicazione 60 della ICRP (International Commission on Radiological Protection) e considerando

che la perdita media di spettanza vita, in caso di tumore, risulta rispettivamente, di 13.4 anni per un individuo della popolazione e di 12.7 anni per un lavoratore. Il confronto è effettuato per una esposizione continua di 5 mSv/anno, ovvero l'esposizione massima che si riscontra normalmente nei lavoratori in ambiente sanitario, e di 1 mSv/anno, ovvero il limite di dose per le persone del pubblico.

Tabella 3 Riduzione media della durata di vita dovuta ad incidenti in diverse attività lavorative. (fonte Health Physics, 61-3, 1991)

Attività lavorativa	**Riduzione media della durata di vita (giorni)**
Commercio	27
Industria manifatturiera	40
Servizi	27
Trasporti	160
Agricoltura	320
Costruzioni	227
Valore medio	**60**
Esposizione alle radiazioni (5 mSv/anno)	**40**

Tabella 4 Riduzione media della durata di vita associata a varie cause di tipo non lavorativo. (fonte Health Physics, 36-6, 1979 e 61-3, 1991)

Causa	**Riduzione media della durata di vita (giorni)**
Abuso di alcool	4000
Essere celibe, vedovo o divorziato	3500
Fumo (1 pacchetto di sigarette/giorno)	2250
Essere nubile, vedova o divorziata	1600
Essere sovrappeso (+ 20%)	1040
Incidenti con veicoli a motore	207
Alcool	130
Incidenti in casa	74
Fumo passivo	50
Esposizione lavorativa alle radiazioni (5 mSv/anno)	**40**
Cadute	28
Esposizione alle radiazioni di individui della popolazione (1 mSv/anno)	**18**
Esami RX-diagnostici	6
Caffè	6

1.4. I princìpi della radioprotezione.
Scopo della radioprotezione è la prevenzione *totale* degli effetti dannosi non stocastici (che, come detto in precedenza, avvengono sopra una determinata soglia di dose) e la limitazione a livelli considerati *accettabili* della probabilità di accadimento degli effetti stocastici.
La prevenzione degli effetti deterministici si ottiene fissando limiti di equivalente di dose individuale a valori sufficientemente bassi, tali che nessuna dose soglia venga mai raggiunta. La limitazione degli effetti stocastici si ottiene con il "sistema di limitazione delle dosi", che si propone di contenerli ai livelli più bassi ragionevolmente ottenibili.
La radioprotezione si fonda su tre princìpi:
– primo principio, detto di **giustificazione**: nessuna attività umana che esponga alle radiazioni deve essere accolta o proseguita, a meno che la sua introduzione o prosecuzione produca un beneficio netto e dimostrabile;
– secondo principio, detto di **ottimizzazione:** ogni esposizione umana alle radiazioni deve essere tenuta tanto bassa quanto è ragionevolmente ottenibile, facendo luogo a considerazioni economiche e sociali (principio ALARA, dalle iniziali della frase inglese: "tanto bassa quanto è ragionevolmente ottenibile");
– terzo principio, detto di **limitazione delle dosi individuali**: l'equivalente di dose ai singoli individui non deve superare determinati limiti appropriatamente sicuri, stabiliti per le varie circostanze.

Nella tabella 5 è riportato, sia pure in maniera schematica e incompleta, il corso storico della radioprotezione dagli albori a oggi.

Tabella 5: Alcune date importanti nella storia della radioprotezione.

Periodo	Evento
1915	Prime raccomandazioni per la protezione dei lavoratori emanate dalla British Röentgen Society
Anni venti	Definizione della *dose di tolleranza*, uguale per lavoratori e popolazione, pari a 1 R/settimana al corpo intero, cioè 50 R/anno.
1925	I Congresso internazionale di Radiologia a Londra e costituzione dell'ICRU (Commissione Internazionale per le unità di misura)
1928	II Congresso internazionale di Radiologia a Stoccolma e costituzione dell'ICRP (Commissione internazionale per la radioprotezione)
1931	Il *röentgen* (R) è adottato come unità di misura della dose da esposizione al fine di "misurare" i raggi X
1934-1935	In Italia sono promulgati il Testo Unico delle leggi sanitarie e il relativo regolamento di attuazione; viene disciplinato l'esercizio della radiologia
Anni quaranta	Definizione di *dose genetica* intesa come dose media alle gonadi tra gli individui in età fertile. Detta dose è posto che sia "dose di tolleranza"
1941	Il Comitato USA per la radioprotezione raccomanda per il Radio il "deposito corporeo massimo di 0.1 µCi"

Periodo	Evento
Anni cinquanta	Ipotesi di linearità nella relazione dose/effetto stocastico, caduta del concetto di dose di tolleranza, ricerca di una dose a basso rischio biologico
1952	Le malattie professionali da Radio, raggi X e sostanze radioattive sono incluse, in Italia, nella tabella delle lavorazioni per cui è obbligatoria l'assicurazione contro gli infortuni e le malattie professionali
1953	Il *rad* è adottato come unità di misura della dose assorbita
1956	È introdotto in Italia per decreto l'obbligo delle visite mediche preventive e periodiche sui lavoratori addetti a mansioni che implicano l'uso del Radio, dei raggi X e delle sostanze radioattive.
1956-1959	L'ICRP definisce le dosi massime ammissibili al corpo intero per i lavoratori (5 rem/anno) e per gli individui della popolazione (0,5 rem/anno), la dose genetica media per gli individui di una vasta popolazione (5 rem in 30 anni), e propugna la lotta a ogni rischio indebito
1958	È obbligatoria in Italia l'assicurazione dei medici contro le malattie e le lesioni da raggi X e da sostanze radioattive
1959	La Comunità Europea emana proprie direttive di radioprotezione
1960	L'ICRP raccomanda di porre in atto ogni sforzo inteso a ridurre le esposizioni nei limiti più ristretti possibili
1964	L'Italia ha la normativa di radioprotezione (il DPR n. 185)
1965	Principio ALARA (as low as reasonably achievable): le dosi siano mantenute tanto basse quanto è ragionevolmente ottenibile, facendo luogo a considerazioni economiche e sociali
1965-1969	Sono promulgate leggi italiane sulla professione del *tecnico sanitario di radiologia medica*
1969	Il DPR n. 128 sancisce l'obbligo di istituire in taluni ospedali un Servizio di Fisica Sanitaria
1977	La ICRP raccomanda un nuovo sistema di limitazione delle dosi
1995	L'Italia ha una nuova *normativa di radioprotezione*, in attuazione di varie direttive Euratom (il D.Lgs. n. 230)
2000	Viene modificato e integrato il D.Lgs. 230/95 recependo le Direttive Euratom 96/29 e 97/43

1.5. La normativa nazionale di radioprotezione

In Italia esiste un regime giuridico dell'impiego pacifico dell'energia nucleare, nel quale rientra quindi, come caso particolare, la detenzione e l'impiego di macchine generatrici di raggi X o la detenzione e l'impiego di sorgenti radioattive artificiali a scopi diagnostici o terapeutici.

Il testo fondamentale in materia di protezione sanitaria contro il rischio derivante dall'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti è il *Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230*; questo, al fine di recepire la direttiva Euratom 96/29, è stato modificato e integrato dal D. Lgs. 26 maggio 2000, n. 241, e dal D. Lgs. 9 maggio 2001, n. 257.

Per quanto riguarda in particolare la radioprotezione del paziente, la normativa di riferimento è attualmente rappresentata dal D. Lgs. 26 maggio 2000, n. 187, con il quale è stata recepita la direttiva Euratom 97/43. L'obiettivo fondamentale del D. Lgs. 230/95 può essere riassunto dall'art. 2 che recepisce le raccomandazioni internazionali emanate dall'*I.C.R.P. 60 del 1991* (International Commission on Radiological Protection) e di cui di seguito vengono riportati i passi più rilevanti:

1. *Nuovi tipi o nuove categorie di pratiche che comportano un'esposizione alle radiazioni ionizzanti debbono essere giustificati, anteriormente alla loro prima adozione o approvazione, dai loro vantaggi economici, sociali o di altro tipo rispetto al detrimento sanitario che ne può derivare.*
2. *I tipi o le categorie di pratiche esistenti sono sottoposti a verifica per quanto concerne gli aspetti di giustificazione ogniqualvolta emergano nuove ed importanti prove della loro efficacia e delle loro conseguenze.*
3. *Qualsiasi pratica deve essere svolta in modo da mantenere l'esposizione al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali.*
4. *La somma delle dosi derivanti da tutte le pratiche non deve superare i limiti di dose stabiliti per i lavoratori esposti, gli apprendisti, gli studenti e gli individui della popolazione.*

Nel seguito, salvo diversa indicazione, si farà quindi riferimento al citato Decreto Legislativo n. 230/95, del quale si riporta l'indice.

In appendice è anche riportato un glossario dei termini, delle grandezze e delle unità di misura più comunemente utilizzati in radioprotezione.

Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230 "Attuazione delle direttive Euratom 89/618, 90/641, 92/3 e 96/29 in materia di radiazioni ionizzanti".

Sommario

Capo I: Campo di applicazione. Principi generali di protezione dalle radiazioni ionizzanti.
Capo II: Definizioni.
Capo III: Organi.
Capo III bis: Esposizioni da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni
Capo IV: Lavorazioni minerarie.
Capo V: Regime giuridico per importazione, produzione, commercio, trasporto e detenzione.
Capo VI: Regime autorizzativo per le installazioni e particolari disposizioni per rifiuti radioattivi.
Capo VII: Impianti.
Capo VIII: Protezione sanitaria dei lavoratori.
Capo IX: Protezione sanitaria della popolazione.
Capo X: Stato di emergenza nucleare.
Capo XI: Norme penali.
Capo XII: Disposizioni transitorie e finali.
Allegato I: Determinazione delle condizioni di applicazione delle disposizioni per le materie radioattive e per le macchine radiogene.
Allegato I bis: Condizioni per l'applicazione del Capo III bis
Allegato II: Spedizioni, importazioni ed esportazioni di rifiuti radioattivi.
Allegato III: Determinazione, ai sensi dell'art. 82, delle modalità e dei criteri per l'adozione della sorveglianza fisica nonché dei criteri e delle modalità per la classificazione dei lavoratori, degli apprendisti e degli studenti, nonché delle aree di lavoro.

Allegato IV: Determinazione, ai sensi dell'art. 96, dei limiti di dose per i lavoratori, per gli apprendisti, gli studenti e le persone del pubblico gli individui della popolazione, nonché dei criteri di computo e di utilizzazione delle grandezze radioprotezionistiche connesse.

Allegato V: Determinazione, ai sensi degli artt. 78 e 88, delle modalità, titoli di studio, accertamento delle capacità tecnico professionali per l'iscrizione negli elenchi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati. Istituzione degli elenchi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati e determinazione ai sensi degli articoli 77 e 88 delle modalità, titoli di studio, accertamento della capacità tecnico-professionale per l'iscrizione.

Allegato VI: Determinazione, ai sensi dell'art. 74, delle modalità e dei livelli di esposizione professionale di emergenza.

Allegato VII: Determinazione, ai sensi dell'articolo 18, delle modalità della notifica delle pratiche di importazione e di produzione, a fini commerciali, di materie radioattive, di prodotti, apparecchiature e dispositivi in genere contenenti dette materie, nonché delle esenzioni da tale obbligo; determinazione, ai sensi dell'articolo 18-bis delle disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione per l'aggiunta intenzionale di materie radioattive nella produzione e manifattura di beni di consumo e per l'importazione o l'esportazione di tali beni di consumo; determinazione delle modalità di notifica delle pratiche di cui al comma 1 dell'articolo 22 e dei valori di attività e dei valori di concentrazione di attività per unità di massa di cui alle lettere a) e b) del comma 2 dello stesso articolo; determinazione, ai sensi dell'articolo 19 delle modalità di attuazione dell'obbligo di informativa relativo alle materie radioattive immesse in commercio, nonché delle esenzioni da tale obbligo.

Allegato VIII: Determinazione dei criteri e delle modalità per il conferimento della qualifica di sorgente di tipo riconosciuto, ai sensi dell'articolo 26.

Allegato IX: Determinazione, ai sensi dell'articolo 27, comma 2, delle condizioni per la classificazione in Categoria A ed in Categoria B dell'impiego delle sorgenti di radiazioni, delle condizioni per l'esenzione dal nulla osta e delle modalità per il rilascio e la revoca del nullaosta.

Allegato X: Determinazione, ai sensi dell'articolo 31, delle disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione all'attività di raccolta di rifiuti radioattivi provenienti da terzi e delle esenzioni da tale autorizzazione.

Allegato XI: Determinazione ai sensi dell'art. 62, comma 3, dell'art. 81, comma 6 e dell'art. 91, comma 5, delle modalità di tenuta della documentazione relativa alla sorveglianza fisica e medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti e del libretto personale di radioprotezione per i lavoratori esterni.

Allegato XII: Determinazione, ai sensi dell'art. 115 comma 2, dei livelli di intervento nel caso di emergenze radiologiche e nucleari.

1.5.1. Criteri di classificazione dei lavoratori e delle zone

Secondo il D. Lgs. 230/95 si definisce lavoratore esposto chiunque sia suscettibile, durante l'attività lavorativa, di una esposizione alle radiazioni ionizzanti superiore a uno qualsiasi dei limiti fissati per le persone del pubblico.

I lavoratori che non sono suscettibili di una esposizione alle radiazioni ionizzanti superiore a detti limiti sono da classificarsi lavoratori non esposti.

I lavoratori esposti, a loro volta, sono classificati in *categoria A* e *categoria B*.
I lavoratori esposti sono classificati in *categoria A* se sono suscettibili di un'esposizione superiore, in un anno solare, a uno dei seguenti valori:

- 6 mSv di dose efficace;
- i tre decimi di uno qualsiasi dei limiti di dose equivalente per il cristallino (150 mSv in un anno solare), per pelle, mani, avambracci, piedi e caviglie (500 mSv in un anno solare).

I lavoratori esposti non classificati in *categoria A* sono classificati in *categoria B*.
Nella tabella seguente sono riportati i limiti di dose in funzione della classificazione.

	Lavoratori esposti	**Lavoratori non esposti**
Dose efficace	20 mSv/anno	1 mSv/anno
Dose equivalente cristallino	150 mSv/anno	15 mSv/anno
Dose equivalente pelle e estremità	500 mSv	50 mSv

Il sistema di limitazione delle dosi individuali rappresenta un mezzo per garantire che il lavoro che si espone ai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti possa essere ricompreso tra i "lavori comunemente ritenuti sicuri" (utile al proposito il raffronto con i dati contenuti nella tabelle 3).
Per quanto riguarda la *classificazione degli ambienti di lavoro*, la normativa prescrive al datore di lavoro di classificare e segnalare gli ambienti in cui è presente il rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti e regolamentarne l'accesso.
In particolare, viene definita *zona controllata* un ambiente di lavoro in cui sussistono per i lavoratori in essa operanti le condizioni per la classificazione di lavoratori esposti di *categoria A*.
Viene definita *zona sorvegliata* un ambiente di lavoro in cui può essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non è zona controllata.
A integrazione di quanto sopra indicato, si segnalano alcuni aspetti della normativa citata di particolare rilevanza:

1. l'accertamento delle condizioni che portino alla classificazione dei lavoratori è di *competenza esclusiva* dell'esperto qualificato; al datore di lavoro compete, ovviamente, solo la definizione delle attività che i lavoratori devono svolgere;
2. il criterio di classificazione non viene più associato al tipo, al luogo, ai tempi, all'abitualità o all'occasionalità ed alle modalità di svolgimento del lavoro, ma resta legato al *rischio effettivo* di ricevere dosi superiori a limiti prefissati, in considerazione del rischio di irradiazione esterna e contaminazione interna e anche in considerazione di esposizioni potenziali conseguenti a eventi anomali e malfunzionamenti che siano suscettibili di aumentare le dosi dei singoli derivanti dalla normale attività lavorativa programmata. Quanto sopra comporta, per esempio, che la presenza di operatori in zone classificate non determini automaticamente la classificazione dei lavoratori stessi come lavoratori esposti.
   In altre parole, esemplificando, all'interno di una zona controllata è possibile avere lavoratori classificati esposti di *categoria A* e/o lavoratori classificati esposti di *categoria B* e/o lavoratori classificati non esposti, a seconda dell'entità del rischio radiologico associato all'attività lavorativa.

3. Un'attenzione particolare viene dedicata dalla normativa agli apprendisti e studenti.
4. Un'attenzione particolare viene altresì dedicata dalla normativa anche alla tutela della lavoratrice gravida e del neonato: viene infatti prescritto che, ferma restando l'applicazione delle norme speciali concernenti la tutela delle lavoratrici madri, le donne gestanti non possono svolgere attività in zone classificate o, comunque, attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda 1 mSv durante il periodo della gravidanza. È inoltre vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione.
5. I principali casi di non applicazione della citata normativa possono essere riassunti come segue:
   a) esposizione di pazienti nell'ambito di un esame diagnostico o di una terapia che li concerne;
   b) esposizione di persone che coscientemente e volontariamente collaborano a titolo non professionale al sostegno e all'assistenza di pazienti sottoposti a terapia o a diagnosi medica;
   c) esposizione di volontari che prendono parte a programmi di ricerca medica o biomedica, essendo tale esposizione disciplinata da altro provvedimento legislativo.
6. Il D.Lgs. 241/00 ha introdotto, tra l'altro, al Capo III bis la tutela dei lavoratori nei confronti della esposizione derivante da attività con particolari sorgenti naturali di radiazioni che non può essere trascurata dal punto di vista della radioprotezione.

Le attività lavorative considerate sono:
- quelle che si svolgono in tunnel, sottovie, catacombe, grotte e in tutti i luoghi di lavoro sotterranei, oppure in superficie in zone ben individuate, in relazione alla possibile esposizione a radon e a radiazioni gamma;
- quelle che implicano l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi ma che contengono radionuclidi naturali, o che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi ma che contengono radionuclidi naturali;
- quelle in stabilimenti termali o quelle connesse ad attività estrattive non disciplinate dal Capo IV;
- quelle su aerei, con riferimento al personale navigante.

Sono previsti una serie di obblighi per gli esercenti le attività di cui sopra, i quali devono provvedere, a seconda dei casi, a misurazioni di radon e/o a valutazioni di esposizione nei luoghi di lavoro; in caso di superamento dei livelli di azione fissati nell'Allegato 1 bis, gli esercenti devono adottare azioni di rimedio entro tempi definiti. Qualora tali azioni di rimedio risultino inefficaci, l'esercente adotta i provvedimenti previsti dal Capo VIII.

1.5.2. Sorveglianza fisica

Il Capo VIII del D.Lgs. 230/95 (*Protezione sanitaria dei lavoratori*) prevede che i datori di lavoro, esercenti attività comportanti la classificazione degli ambienti di lavoro in una o più zone controllate o sorvegliate oppure la classificazione degli addetti interessati come lavoratori esposti, assicurino la sorveglianza fisica per mezzo di *esperti qualificati* iscritti in elenchi nominativi presso l'Ispettorato medico centrale del lavoro.

Tra le attribuzioni specifiche dell'esperto qualificato si ricordano (art. 79 del D. Lgs. 230/95):

a) redazione della relazione contenente le valutazioni e le indicazioni di radioprotezione inerenti le attività esponenti a rischio al fine di integrare il documento di cui all'art. 4 del Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626 (la normativa sulla prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro) per gli aspetti concernenti i rischi da radiazioni ionizzanti e la collaborazione con il *Servizio di prevenzione e protezione* dell'azienda (art. 80 comma 3, D. Lgs. 230/95);
b) fornire indicazioni al datore di lavoro affinché gli ambienti di lavoro in cui sussista un rischio da radiazioni *vengano individuati, delimitati, segnalati, classificati in zone e che l'accesso ad essi sia adeguatamente regolamentato*;
c) fornire indicazioni al datore di lavoro affinché i lavoratori interessati siano classificati ai fini della radioprotezione;
d) fornire indicazioni al datore di lavoro per *predisporre norme interne di protezione e di sicurezza, consultabili* nei luoghi frequentati dai lavoratori, in particolare nelle zone controllate;
e) fornire indicazioni al datore di lavoro perché siano forniti ai lavoratori, ove necessario, i *mezzi di sorveglianza dosimetrica e di protezione*;
f) fornire indicazioni al datore di lavoro al fine di *rendere edotti i lavoratori, nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione*;
g) effettuare l'esame e la verifica delle attrezzature, dei dispositivi e degli strumenti di protezione e in particolare:
   - procedere *all'esame preventivo* e rilasciare il *relativo benestare*, dal punto di vista della sorveglianza fisica, dei progetti di installazione che comportano rischi di esposizione, nonché delle modifiche alle installazioni implicanti rilevanti trasformazioni delle condizioni, dell'uso o della tipologia delle sorgenti;
   - effettuare la *prima verifica*, dal punto di vista della sorveglianza fisica, di nuove installazioni e delle eventuali modifiche apportate alle stesse;
   - eseguire la *verifica periodica* dell'efficacia dei dispositivi e delle tecniche di radioprotezione;
   - effettuare la *verifica periodica* delle buone condizioni di funzionamento degli strumenti di misurazione;
h) effettuare la *sorveglianza ambientale* di radioprotezione nelle zone controllate e sorvegliate;
i) procedere alla *valutazione delle dosi* in considerazione del rischio di irradiazione esterna e, ove pertinente, del rischio di contaminazione interna.

1.5.3. Sorveglianza medica

I datori di lavoro esercenti attività comportanti la classificazione degli addetti interessati come lavoratori esposti devono assicurare la *sorveglianza medica* per mezzo di *medici autorizzati*, iscritti in elenchi nominativi presso l'Ispettorato medico centrale del lavoro, nel caso di lavoratori esposti di *categoria A* e per mezzo di *medici autorizzati o medici competenti* (D. Lgs. 277/91) nel caso di lavoratori esposti di *categoria B* (art. 83 del D. Lgs. 230/95).

Il datore di lavoro deve inoltre provvedere a che:

- i lavoratori esposti siano tutti sottoposti a *visita medica preventiva* a cura del

medico addetto alla sorveglianza medica (medico autorizzato o medico competente, come già spiegato);
- i lavoratori esposti classificati in *categoria B* siano sottoposti a *visita medica periodica* almeno una volta all'anno a cura del medico autorizzato o del medico competente;
- i lavoratori esposti classificati in *categoria A* siano sottoposti a *visita medica periodica* almeno con periodicità semestrale a cura di un medico autorizzato.

Per quanto riguarda la *visita medica preventiva*, essa deve comprendere una anamnesi completa dalla quale risultino anche le eventuali esposizioni precedenti, dovute sia alle mansioni esercitate sia a esami e trattamenti medici, e un esame clinico generale completato da adeguate indagini specialistiche e di laboratorio per valutare lo stato generale di salute del lavoratore.

In base alle risultanze della visita medica preventiva il medico addetto alla sorveglianza medica comunica per iscritto al datore di lavoro la classificazione dei lavoratori come:
- idonei;
- idonei a determinate condizioni;
- non idonei (devono essere immediatamente allontanati dal lavoro comportante esposizione a radiazioni ionizzanti).

In base alle risultanze delle *visite mediche periodiche e straordinarie* il medico addetto alla sorveglianza medica della protezione può disporre anche la sorveglianza medica dopo la cessazione del lavoro che ha esposto i lavoratori alle radiazioni ionizzanti.

Particolarmente innovativo rispetto alla precedente normativa è poi l'obbligo, da parte del medico addetto alla sorveglianza medica, di illustrare al lavoratore il significato delle dosi ricevute, delle introduzioni di radionuclidi, degli esami medici e radiotossicologici.

Tra le attribuzioni specifiche del medico addetto alla sorveglianza medica si ricordano i seguenti adempimenti (art. 83 del D. Lgs. 230/95):

a) analisi dei rischi individuali connessi alla destinazione lavorativa e alle mansioni al fine della programmazione di indagini specialistiche e di laboratorio atte a valutare lo stato di salute del lavoratore, anche attraverso accessi diretti negli ambienti di lavoro;
b) gestione dei documenti sanitari personali;
c) prestazione di consulenza al datore di lavoro per la messa in atto di infrastrutture e procedure idonee a garantire la sorveglianza medica dei lavoratori esposti, sia in condizioni di lavoro normale che in caso di esposizioni accidentali o di emergenza.

1.5.4. La protezione sanitaria della popolazione

Il Capo IX del D. Lgs. 230/95 è relativo alla protezione sanitaria della popolazione. Di questo aspetto vengono qui riportati solo gli elementi fondamentali, in qualche modo connessi alle attività sanitarie.

Viene esplicitato il *divieto di utilizzare sorgenti di radiazioni ionizzanti sulle persone se non per scopi di diagnostica, di terapia o di ricerca*. Viene affermato che chiunque esplichi attività comportanti l'uso di sorgenti di radiazioni ionizzanti *deve evitare* che le persone del pubblico siano esposte al rischio di ricevere o impegnare dosi superiori ai limiti, anche a seguito di contaminazione di matrici ambientali.

In particolare viene sottolineato che, in

caso di contaminazione radioattiva non prevista o accidentale all'interno di una installazione o durante un'operazione di trasporto che comporti un rischio di significativo incremento del rischio di esposizione delle persone, l'esercente, ovvero il vettore autorizzato al trasporto, deve intraprendere le iniziative idonee ad evitare l'aggravamento del rischio.

Nei casi di maggiore gravità, cioè nel caso che l'evento comporti diffusione della contaminazione all'aria, all'acqua, al suolo e ad altre matrici, o comunque esposizione delle persone all'esterno del perimetro dell'installazione, l'esercente deve darne immediata comunicazione al Prefetto, ai Vigili del fuoco, agli organi del Servizio Sanitario Nazionale e all'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente).

Sempre al fine di ridurre rischi di esposizione alle persone del pubblico, il D. Lgs. 230/95 prevede la necessità di adottare le misure necessarie affinché la gestione dei rifiuti radioattivi, ad esempio provenienti da un servizio di Medicina Nucleare ovvero da un laboratorio di ricerca scientifica, avvenga nel rispetto delle specifiche norme di buona tecnica e delle eventuali prescrizioni tecniche contenute nei provvedimenti autorizzativi.

1.6. Glossario

- **attività (A):** quoziente di dN diviso per dt, in cui dN è il numero atteso di transizioni nucleari spontanee di una determinata quantità di un radionuclide da uno stato particolare di energia in un momento determinato, nell'intervallo di tempo dt;
- **becquerel (Bq):** nome speciale dell'unità di attività (A); un becquerel equivale ad una transizione per secondo.

  $1\ Bq = 1\ s^{-1}$

  I fattori di conversione da utilizzare quando l'attività è espressa in curie (Ci) sono i seguenti:

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

  $1\ Bq = 2{,}7027 \times 10^{-11}\ Ci$
- **contaminazione radioattiva:** contaminazione di una matrice, di una superficie, di un ambiente di vita o di lavoro o di un individuo, prodotta da sostanze radioattive. Nel caso particolare del corpo umano, la contaminazione radioattiva include tanto la contaminazione esterna quanto la contaminazione interna, per qualsiasi via essa si sia prodotta;
- **detrimento sanitario:** stima del rischio di riduzione della durata e della qualità della vita che si verifica in una popolazione a seguito dell'esposizione a radiazioni ionizzanti. Essa include la riduzione derivante da effetti somatici, cancro e gravi disfunzioni genetiche;
- **dose:** grandezza radioprotezionistica ottenuta moltiplicando la dose assorbita (D) per fattori di modifica determinati a norma dell'articolo 96, al fine di qualificare il significato della dose assorbita stessa per gli scopi della radioprotezione;
- **dose efficace (E):** somma delle dosi equivalenti nei diversi organi o tessuti, ponderate nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione; l'unità di dose efficace è il sievert (Sv);
- **dose efficace impegnata (E(t)):** 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; la dose efficace impegnata E(t) è definita da:

  $$E(t) = \sum_T w_T H_T(t)$$

  dove t indica il numero di anni per i quali è effettuata l'integrazione; l'unità di dose efficace impegnata è il sievert;

- **dose impegnata:** dose ricevuta da un organo o da un tessuto, in un determinato periodo di tempo, in seguito all'introduzione di uno o più radionuclidi;
- **dose equivalente (H_T):** dose assorbita media in un tessuto o organo T, ponderata in base al tipo e alla qualità della radiazione nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione; l'unità di dose equivalente è il sievert;
- **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 T, a seguito dell'introduzione di uno o più radionuclidi;
- **emergenza:** una situazione che richiede azioni urgenti per proteggere lavoratori, individui della popolazione ovvero l'intera popolazione o parte di essa;
- **esperto qualificato:** persona che possiede le cognizioni e l'addestramento necessari sia per effettuare misurazioni, esami, verifiche o valutazioni di carattere fisico, tecnico o radiotossicologico, sia per assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi di protezione, sia per fornire tutte le altre indicazioni e formulare provvedimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione. La sua qualificazione è riconosciuta secondo procedure stabilite;
- **esposizione:** qualsiasi esposizione di persone a radiazioni ionizzanti. Si distinguono:
  1) **l'esposizione esterna:** esposizione prodotta da sorgenti situate all'esterno dell'organismo;
  2) **l'esposizione interna:** esposizione prodotta da sorgenti introdotte nell'organismo;
  3) **l'esposizione totale:** combinazione dell'esposizione esterna e dell'esposizione interna;
- **esposizione accidentale:** esposizione di singole persone a carattere fortuito e involontario;
- **esposizione d'emergenza:** esposizione giustificata in condizioni particolari per soccorrere individui in pericolo, prevenire l'esposizione di un gran numero di persone o salvare un'installazione di valore e che può provocare il superamento di uno dei limiti di dose fissati per i lavoratori esposti;
- **esposizione parziale:** esposizione che colpisce soprattutto una parte dell'organismo o uno o più organi o tessuti, oppure esposizione del corpo intero considerata non omogenea;
- **esposizione potenziale:** esposizione che, pur non essendo certa, ha una probabilità di verificarsi prevedibile in anticipo;
- **esposizione soggetta ad autorizzazione speciale:** esposizione che comporta il superamento di uno dei limiti di dose annuale fissati per i lavoratori esposti, ammessa in via eccezionale solo nei casi indicati nel decreto di cui all'articolo 82;
- **fondo naturale di radiazioni:** insieme delle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, sia terrestri che cosmiche, semprechè l'esposizione che ne risulta non sia accresciuta in modo significativo da attività umane;
- **gray (Gy):** nome speciale dell'unità di dose assorbita

  $$1\ Gy = 1\ J\ kg^{-1}$$

  I fattori di conversione da utilizzare quando la dose assorbita è espressa in rad sono i seguenti:

  $$1\ rad = 10^{-2}\ Gy$$
  $$1\ Gy = 100\ rad$$

- **gruppi di riferimento (gruppi critici) della popolazione:** gruppi che comprendono persone la cui esposizione è ragionevolmente omogenea e rappresentativa di quella degli individui della popolazione maggiormente esposti, in relazione ad una determinata fonte di esposizione;
- **incidente:** evento imprevisto che provoca danni ad un'installazione o ne perturba il buon funzionamento e può comportare, per una o più persone, dosi superiori ai limiti;
- **intervento:** attività umana intesa a prevenire o diminuire l'esposizione degli individui alle radiazioni dalle sorgenti che non fanno parte di una pratica o che sono fuori controllo per effetto di un incidente, mediante azioni sulle sorgenti, sulle vie di esposizione e sugli individui stessi;
- **introduzione:** attività dei radionuclidi che penetrano nell'organismo provenienti dall'ambiente esterno;
- **lavoratore esterno:** lavoratore di categoria A che effettua prestazioni in una o più zone controllate di impianti, stabilimenti, laboratori, installazioni in genere gestiti da terzi in qualità sia di dipendente, anche con contratto a termine, di una impresa esterna, sia di lavoratore autonomo, sia di apprendista o studente;
- **lavoratori esposti:** persone sottoposte, per l'attività che svolgono, a un'esposizione che può comportare dosi superiori ai pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico. Sono lavoratori esposti di categoria A i lavoratori che, per il lavoro che svolgono, sono suscettibili di ricevere in un anno solare una dose superiore a uno dei pertinenti valori stabiliti con il decreto di cui all'articolo 82; gli altri lavoratori esposti sono classificati in categoria B;
- **limiti di dose:** limiti massimi fissati per le dosi derivanti dall'esposizione dei lavoratori, degli apprendisti, degli studenti e delle persone del pubblico alle radiazioni ionizzanti causate dalle attività disciplinate. I limiti di dose si applicano alla somma delle dosi ricevute per esposizione esterna nel periodo considerato e delle dosi impegnate derivanti dall'introduzione di radionuclidi nello stesso periodo;
- **livelli di allontanamento:** valori, espressi in termini di concentrazioni di attività o di attività totale, in relazione ai quali possono essere esentati dalle prescrizioni le sostanze radioattive o i materiali contenenti sostanze radioattive derivanti da pratiche soggette agli obblighi previsti dal decreto;
- **livello di intervento:** valore di dose oppure valore derivato, fissato al fine di predisporre interventi di radioprotezione;
- **materia radioattiva:** sostanza o insieme di sostanze radioattive contemporaneamente presenti. Sono fatte salve le particolari definizioni per le materie fissili speciali, le materie grezze, i minerali quali definiti dall'articolo 197 del trattato che istituisce la Comunità europea dell'energia atomica e cioè le materie fissili speciali, le materie grezze e i minerali nonché i combustibili nucleari;
- **matrice ambientale:** qualsiasi componente dell'ambiente, ivi compresi aria, acqua e suolo;
- **medico autorizzato:** medico responsabile della sorveglianza medica dei lavoratori esposti, la cui qualificazione e specializzazione sono riconosciute secondo le procedure e le modalità stabilite;

- **persone del pubblico:** individui della popolazione, esclusi i lavoratori, gli apprendisti e gli studenti esposti in ragione della loro attività e gli individui durante l'esposizione di cui all'articolo 3, comma 5;
- **popolazione nel suo insieme:** l'intera popolazione, ossia i lavoratori esposti, gli apprendisti, gli studenti e le persone del pubblico;
- **pratica:** attività umana che è suscettibile di aumentare l'esposizione degli individui alle radiazioni provenienti da una sorgente artificiale, o da una sorgente naturale di radiazioni, nel caso in cui radionuclidi naturali siano trattati per le loro proprietà radioattive, fissili o fertili, o da quelle sorgenti naturali di radiazioni che divengono soggette a disposizioni ai sensi del capo III bis. Sono escluse le esposizioni dovute ad interventi di emergenza;
- **radiazioni ionizzanti o radiazioni:** trasferimento di energia in forma di particelle o onde elettromagnetiche con lunghezza di onda non superiore a 100 nm o con frequenza non minore di $3 \cdot 10^{15}$ Hz in grado di produrre ioni direttamente o indirettamente;
- **rifiuti radioattivi:** qualsiasi materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, di cui non è previsto il riciclo o la riutilizzazione;
- **servizio riconosciuto di dosimetria individuale:** struttura riconosciuta idonea alle rilevazioni delle letture dei dispositivi di sorveglianza dosimetrica individuale, o alla misurazione della radioattività nel corpo umano o nei campioni biologici. L'idoneità a svolgere tali funzioni è riconosciuta secondo procedure stabilite;
- **sievert (Sv):** nome speciale dell'unità di dose equivalente o di dose efficace. Se il prodotto dei fattori di modifica è uguale a 1:

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$$

Quando la dose equivalente o la dose efficace sono espresse in rem valgono le seguenti relazioni:

$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$
$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

- **smaltimento:** collocazione dei rifiuti, secondo modalità idonee, in un deposito, o in un determinato sito, senza intenzione di recuperarli;
- **smaltimento nell'ambiente:** immissione pianificata di rifiuti radioattivi nell'ambiente in condizioni controllate, entro limiti autorizzati o stabiliti;
- **sorgente artificiale:** sorgente di radiazioni diversa dalla sorgente naturale di radiazioni;
- **sorgente di radiazioni:** apparecchio generatore di radiazioni ionizzanti (macchina radiogena) o materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, dei quali, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività, o la concentrazione di radionuclidi o l'emissione di radiazioni;
- **sorgente naturale di radiazioni:** sorgente di radiazioni ionizzanti di origine naturale, sia terrestre che cosmica;
- **sorgente non sigillata:** qualsiasi sorgente che non corrisponde alle caratteristiche o ai requisiti della sorgente sigillata;
- **sorgente sigillata:** sorgente formata da materie radioattive solidamente incorporate in materie solide e di fatto inattive, o sigillate in un involucro inattivo che presenti una resistenza sufficiente per evitare, in condizioni normali di impiego, dispersione di ma-

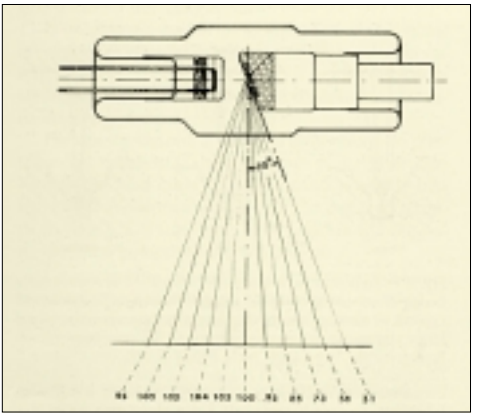
terie radioattive superiore ai valori stabiliti - dalle norme di buona tecnica applicabili;
- **sorveglianza fisica:** l'insieme dei dispositivi adottati, delle valutazioni, delle misure e degli esami effettuati, delle indicazioni fornite e dei provvedimenti formulati dall'esperto qualificato al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione;
- **sorveglianza medica:** l'insieme delle visite mediche, delle indagini specialistiche e di laboratorio, dei provvedimenti sanitari adottati dal medico, al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori esposti;
- **sostanza radioattiva:** ogni specie chimica contenente uno o più radionuclidi di cui, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività o la concentrazione;
- **zona classificata:** ambiente di lavoro sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione contro le radiazioni ionizzanti. Le zone classificate possono essere zone controllate o zone sorvegliate. È zona controllata un ambiente di lavoro, sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione dalle radiazioni ionizzanti, in cui si verifichino le condizioni stabilite con il decreto di cui all'articolo 82 ed in cui l'accesso è segnalato e regolamentato. È zona sorvegliata un ambiente di lavoro in cui può essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non è zona controllata.

2. LE APPARECCHIATURE RADIOLOGICHE

2.1. Generalità

Vengono di seguito sinteticamente e semplicemente descritti i costituenti comuni delle apparecchiature radiologiche utilizzate in radiodiagnostica o in radioterapia con particolare riferimento a quegli aspetti più direttamente connessi alla radioprotezione degli operatori addetti al loro funzionamento.

- **Il tubo radiogeno:** consta di un'ampolla di vetro in cui è stato creato il vuoto e in cui sono collocati due elettrodi affacciati denominati catodo e anodo; un fascio di elettroni emessi dal catodo per effetto termoelettronico viene accelerato da una differenza di potenziale e colpisce un bersaglio metallico, l'anodo: questa interazione è causa dell'emissione dei raggi X e del riscaldamento del tubo.



Tubo radiogeno

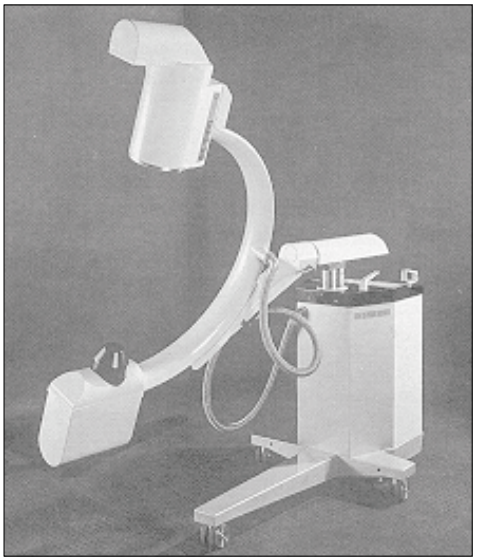
- **La guaina o cuffia:** per evidenti esigenze pratiche ci si trova nella necessità di limitare l'emissione delle radiazioni ad un fascio utile, collimato ed orientato in una precisa direzione: a tale scopo i tubi radiogeni vengono sempre

impiegati in "contenitori" denominati "guaine" o "cuffie" che hanno lo scopo, unitamente al sistema costituito dai collimatori e dai diaframmi, di evitare la dispersione di radiazione X non utile all'effettuazione dell'esame o della terapia. Norme di buona tecnica definiscono la massima entità della radiazione di fuga dalla cuffia dipendentemente dalla tipologia di apparecchiatura.

- **Generatore di alta tensione:** si intende la combinazione di tutti gli elementi per il controllo e la produzione dell'energia elettrica necessaria all'alimentazione di un tubo radiogeno; comprende necessariamente un trasformatore di alta tensione e un sistema di controllo. Un tubo radiogeno utilizzato in una attività diagnostica, infatti, funziona con tensioni comprese tra circa 25 kVp e circa 150 kVp, mentre un tubo radiogeno utilizzato in terapia può arrivare a circa 300 kVp. La tecnologia mette a disposizione vari tipi di generatori (sistemi trifase, triesafase, dodecafase, a scarica di condensatore, ad alta frequenza).
- **Tavolo di comando:** è quel componente dell'impianto radiologico nel quale sono raggruppati tutti gli organi elettrici di regolazione e controllo dei dati di esposizione, gli eventuali dispositivi di sicurezza necessari alla protezione dei circuiti elettrici e del tubo da eventuali sovraccarichi e i dispositivi di comando dell'emissione raggi. I principali parametri impostabili dal tavolo di comando sono:
  - il valore dell'alta tensione (in kVp), che determina la qualità della radiazione emessa dal tubo radiogeno;
  - il valore della corrente del filamento (in mA) che determina, a parità di kVp e di durata dell'esposizione, la quantità di fotoni X emessa dal tubo radiogeno;
  - la durata dell'esposizione.
- **L'intensificatore di brillanza (I.B.) e la catena televisiva:** alcuni materiali, interagendo con le radiazioni ionizzanti, presentano la proprietà di emettere luce (fluorescenza): tale fenomeno è alla base di tutte le attività diagnostiche che utilizzano gli schermi fluorescenti; l'intensità della luce emessa da tali schermi è sempre molto bassa in rapporto alle capacità visive dell'occhio umano: gli intensificatori di brillanza sono dispositivi elettronici che hanno la funzione di accrescere il livello luminoso dell'osservazione per portarlo a condizioni più favorevoli per l'occhio umano. La radiazione X, dopo aver attraversato il paziente, investe la finestra d'ingresso dell'intensificatore di brillanza, dietro la quale è posto un fotocatodo; questo, investito dai fotoni, emette elettroni che vengono accelerati e focalizzati da lenti elettroniche verso lo schermo fluorescente posto sulla finestra d'uscita. Il segnale d'uscita, amplificato varie volte grazie all'accelerazione degli elettroni e alla riduzione del campo di vista, può essere visualizzato tramite una opportuna catena elettronica su uno schermo televisivo. L'immagine analogica ottenuta può essere trasformata in immagine digitale e successivamente memorizzata in un computer per una eventuale elaborazione. Un tipico esempio è costituito dal procedimento di sottrazione d'immagine in angiografia digitale.

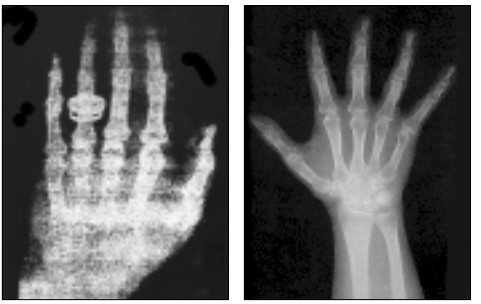
2.2. Generalità sui meccanismi di formazione dell'immagine radiografica

La proprietà più evidente che presentano



Apparecchiatura radiologica dotata di intensificatore di brillanza (I.B.)

i raggi X è la capacità di attraversare la materia. Se sul percorso dei raggi X vengono interposti rispettivamente una struttura anatomica e una pellicola, su di essa verrà registrata *"l'ombra"* della struttura in esame. Alla base, quindi, delle immagini fornite dalle tecniche radiologiche sta il tipo di interazione dei raggi X con la materia, che dipende dalla densità della sostanza attraversata e dal suo numero atomico. Tessuti di bassa densità, come il polmone e il grasso, lasciano passare più facilmente i raggi X e provocano pertanto sulle pellicole radiografiche annerimenti più consistenti; i tessuti ossei, di alta densità e alto numero atomico, assorbono maggiormente i raggi X e lasciano le pellicole meno impressionate, più chiare. Per ridurre la dose al paziente e i tempi di esposizione rendendoli compatibili con il movimento degli organi indagati, la pellicola è racchiusa in una cassetta dotata di "schermi di rinforzo", vale a dire schermi fluorescenti che, trasformando l'energia dei raggi X in energia luminosa, aumentano considerevolmente la sensibilità dei sistemi radiografici. Per rendere visibili organi cavi (vasi sanguigni, stomaco, intestino) è poi possibile effettuare l'indagine dopo la somministrazione al paziente di un "mezzo di contrasto", cioè una sostanza opaca ai raggi X che evidenzia la cavità rispetto ai tessuti circostanti.



L'evoluzione dell'immagine radiografica

Con l'affinamento delle metodiche diagnostiche e l'evoluzione tecnica delle apparecchiature, le immagini ottenute con l'uso dei raggi X hanno subìto costanti miglioramenti (alimentazione ad alta frequenza, riduzione delle dimensioni della macchia focale, anodo rotante, digitalizzazione dell'immagine), con un sostanziale aumento delle informazioni diagnostiche e una decisa diminuzione della dose al paziente attraverso l'uso di schermi di rinforzo alle terre rare, di pellicole ad alta sensibilità, di fasci opportunamente filtrati.

Appunti

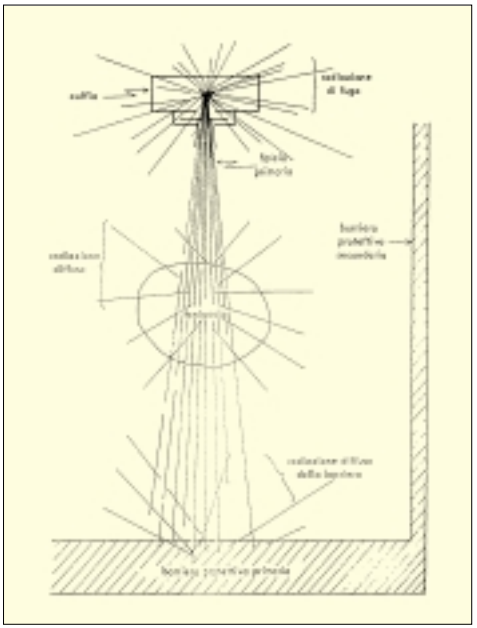
Caratteristiche tecniche principali di una apparecchiatura radiogena

- Tipo di generatore: trifase, alta frequenza, scarica di condensatore.
- Tensione di alimentazione (kVp)
- Corrente anodica (mA)
- Tempo di esposizione (secondi)
- Cuffia
- Presenza o meno di I.B. e catena televisiva

3. PRINCIPI GENERALI DI RADIOPROTEZIONE OPERATIVA NELLE ATTIVITÀ COMPORTANTI L'UTILIZZO DI APPARECCHIATURE RADIOLOGICHE

3.1. Fonti di rischio in attività radiologica

È possibile descrivere schematicamente, come indicato nella successiva figura, i meccanismi alla base del rischio legato alle attività che comportano l'utilizzo di apparecchiature radiologiche.



È pertanto possibile riferirsi alle seguenti fonti di rischio, riassunte in ordine di importanza:

✓ fascio primario
✓ radiazione diffusa
✓ radiazione di fuga

3.1.1. Fascio primario

Per fascio primario si intende il fascio di raggi X emergente dal collimatore. Risulta di gran lunga la fonte di rischio potenzialmente più rilevante. La sua intensità dipende in maniera lineare dalla corrente o dal tempo di esposizione o dal carico applicato al tubo radiogeno (mA, s, mAs).

La sua intensità dipende invece in maniera sovralineare dalla tensione impostata sul tavolo di comando (kVp). Nella tabella successiva sono indicati alcuni valori tipici di rendimenti di tubi radiogeni in funzione della tensione impostata sul tavolo di comando.

tensione (kVp)	mGy/mA per minuto a 1 metro (generatore a potenziale costante)
50	2.6
75	6.1
100	9.6
125	13

3.1.2. Radiazione diffusa

Per radiazione diffusa si intende il campo di radiazioni generato dall'interazione del fascio primario con il paziente; è un campo di radiazioni che si propaga in tutte le direzioni anche se non maniera uniforme. È di gran lunga meno intenso del fascio primario (di solito la sua intensità è inferiore allo 0.1% dell'intensità del fascio primario), ma in tutte le attività radiologiche che comportano la necessità di stazionare in prossimità del paziente durante l'erogazione raggi risulta la fonte di rischio più rilevante; la sua intensità dipende dall'intensità del fascio primario, dalla distanza, dalle dimensioni

del campo irradiato, dalla direzione considerata, dalla tensione applicata al tubo radiogeno.
Nella tabella successiva sono indicati a titolo esemplificativo, tipici campi di radiazione dovuti alla radiazione diffusa a varie distanze dal paziente in attività di grafia e scopia.

distanza	GRAFIA µGy per radiografia (90 kVp, 100 mAs)	SCOPIA µGy per minuto di scopia (90 kVp, 1.6 mA)
in prossimità del fascio	200	200
a 30 cm	40	40
a 65 cm	20	20
a 1 m	10	10
a 2 m	2	2

3.1.3. Radiazione di fuga

Come già detto il fascio di raggi X prodotto all'interno del tubo radiogeno viene emesso in tutte le direzioni; per evidenti esigenze pratiche ci si trova nella necessità di limitare l'emissione delle radiazioni ad un fascio utile, e pertanto di collimarlo ed orientarlo in una precisa direzione: a tale scopo i tubi radiogeni vengono sempre impiegati in "contenitori" denominati "guaine" o "cuffie" che hanno lo scopo, unitamente al sistema costituito dai collimatori e dai diaframmi, di evitare la dispersione di radiazione X non utile all'effettuazione dell'esame o della terapia. Si definisce radiazione di fuga la radiazione emergente dalla cuffia. Le norme di buona tecnica implicano che la radiazione di fuga debba essere inferiore a valori predeterminati, dipendentemente dal tipo di apparecchiatura; ad esempio, nel caso di apparecchiature per radiodiagnostica specialistica, la radiazione di fuga deve essere inferiore a 1 mGy per ora di funzionamento a 1 metro.

3.2. Rischio da irradiazione esterna

Durante le varie fasi dell'utilizzo dei raggi X a scopo diagnostico in ambiente ospedaliero è presente il pericolo di irradiazione esterna del corpo intero o di alcune sue parti (es. mani).
La definizione e la quantificazione del rischio da irradiazione esterna non può prescindere da tre elementi fondamentali:

1. **tempo** (durata dell'esposizione): determina in maniera lineare, a parità di condizioni di esposizione, l'intensità dell'esposizione e conseguentemente del rischio radiologico;
2. **distanza:** la dose di radiazioni segue la legge dell'inverso del quadrato della distanza rispetto al punto di emissione:
   $$D_1 x r_1^2 = D_2 x r_2^2$$
   dove D_1 è l'intensità di dose alla distanza r_1 dalla sorgente e D_2 è l'intensità di dose alla distanza r_2 dalla sorgente (esempio: passando dalla distanza di 1 m a quella di 2 m, l'intensità di dose si riduce di un fattore 4);
3. **disponibilità di schermature:** la radiazione viene attenuata a seguito dell'interazione con il materiale con cui interagisce; pertanto, la dose da radiazione in un punto viene ridotta interponendo del materiale tra la sorgente e il punto d'interesse. La quantità e il tipo di materiale necessario di-

pende dal tipo della radiazione: ad esempio le radiazioni X sono penetranti e, nel caso di energie elevate, richiedono spessori considerevoli di piombo (Pb). Nella tabella successiva sono indicati, a titolo esemplificativo, i fattori di attenuazione della radiazione X per diversi spessori di Pb e diverse tensioni di lavoro.

Spessore in Pb	50 kV	75 kV	100 kV
0.25 mm	250	20	10
0.50 mm	10000	200	50
1 mm	>10000	3000	300
2 mm	>>10000	>>10000	5000

Fattori di attenuazione della radiazione X per diversi spessori di Pb e diverse tensioni di lavoro

Si osservi in proposito che:

- ✓ **l'uso di un grembiule in gomma piombifera di spessore equivalente a 0.25 mm, riduce da 10 a 20 volte la dose assorbita e conseguentemente il rischio professionale;**
- ✓ **l'uso di occhiali anti-X, quando prescritto, porta a livelli trascurabili la dose assorbita dal cristallino.**

La sicurezza nell'attività radiologica si esplica in due momenti diversi:

1. La realizzazione di condizioni di "sicurezza passiva" attraverso:
   - la predisposizione di sale radiologiche di dimensioni adeguate al fine di consentire l'eventuale posizionamento di barriere mobili e/o di sfruttare l'elemento "distanza dalla sorgente" come elemento di protezione individuale;
   - l'ottimizzazione del progetto della sala radiologica e delle schermature fisse e mobili a protezione degli operatori attraverso la valutazione del carico di lavoro della/e apparecchiatura/e in essa presente/i, la valutazione delle geometrie dell'irradiazione, la valutazione dei campi di radiazione dovuti alla radiazione di fuga e diffusa, la valutazione dei fattori di occupazione delle aree, la possibilità di utilizzi futuri della sala stessa;
   - la disponibilità e l'efficienza di dispositivi tecnici di protezione quali microswitch inibitori dei raggi a porte aperte là dove opportuni o necessari, la disponibilità e l'efficienza di segnalazioni luminose indicanti l'erogazione raggi, la presenza della segnaletica di sicurezza;
   - una corretta classificazione, ai fini della radioprotezione, delle aree e del personale;
   - la regolamentazione degli accessi alle zone classificate ai fini della radioprotezione;
   - la disponibilità e l'efficienza dei dispositivi di sicurezza delle apparecchiature radiologiche quali la presenza di pulsanti di erogazione raggi del tipo "a uomo morto", la presenza di protezioni contro l'azionamento involontario dei pedali di erogazione raggi, la disponibilità di segnalazioni acustiche che segnalino il raggiungimento di un tempo di scopia superiore alla norma, i dispositivi di controllo automatico della luminosità, la disponibilità di sistemi digitali di stop dell'immagine e di sistemi pulsati e, in generale, la conformità delle apparecchiature alle norme di buona tecnica;
   - la disponibilità e l'efficienza di indumenti protettivi quali grembiuli in gomma piombifera, guanti e occhiali anti-X;

- la disponibilità e la presenza di norme di radioprotezione specifiche per le attività di interesse;
- verifiche periodiche dell'efficienza dei dispositivi tecnici di protezione disponibili.

2. La realizzazione di un sistema di "sicurezza attiva" attraverso:
   - la formazione e l'informazione specifica del personale addetto all'utilizzo delle apparecchiature radiologiche, soprattutto nelle attività che non vengono svolte da personale con una specifica preparazione radiologica;
   - la formazione della consapevolezza, negli operatori addetti, dell'importanza del rispetto delle norme di radioprotezione e dell'utilizzo dei dispositivi tecnici di protezione, ed eventualmente di misura della dose, disponibili.

3.3. Il rischio radiologico nelle attività comportanti l'impiego di apparecchiature radiologiche

Il rischio lavorativo nelle attività radiologiche comportanti l'utilizzo di apparecchiature radiologiche dipende da numerosi elementi: in particolare dipende in modo determinante dal tipo di pratica radiologica considerata.

In generale è possibile definire tre tipi di fonti di esposizione per i lavoratori:

1. le procedure radiografiche tradizionali
2. le procedure radioscopiche
3. le procedure speciali (angiografia e radiologia interventistica)

Le procedure radiografiche tradizionali risultano essere la pratica radiologica più diffusa e contribuiscono nella maniera più rilevante all'esposizione della popolazione a scopo medico, ma le procedure fluoroscopiche (comprendendo in questa dizione anche le procedure speciali) pur costituendo solo circa il 10 % delle procedure radiologiche risultano essere di gran lunga la fonte di rischio radiologico più rilevante per gli addetti.

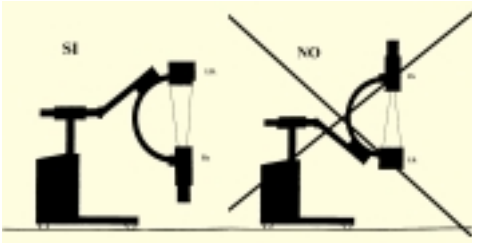
3.3.1. Il rischio in attività radiologica tradizionale

Durante l'attività radiologica tradizionale, il personale staziona normalmente in un box comandi schermato: un progetto ottimizzato di una sala radiologica garantisce che la dose efficace assorbita dall'operatore sia mediamente dell'ordine di 0.1 μSv/radiogramma. Anche per esami su pazienti allettati si può stimare un campo di radiazioni dovuto alla radiazione diffusa variabile da 0.4 a 1 μSv/radiogramma a 1 m. Va sottolineato che, sia al fine di garantire una efficace radioprotezione del paziente che di ottimizzare la protezione del personale, il ricorso ad esami radiologici su pazienti allettati dovrebbe essere fortemente motivato dalla reale impossibilità di spostamento del paziente.

In tomografia computerizzata le dosi al paziente possono essere elevate (dipendentemente dallo spessore dello strato e dal numero di strati) ma le dosi efficaci assorbite dal personale in sala comandi risultano di solito estremamente basse. Per il personale alla console di una TAC la tomografia computerizzata non rappresenta una significativa fonte di rischio; solo in esami particolari, in cui è necessario lo stazionamento nelle vicinanze del gantry, il personale è interessato a campi di radiazioni rilevanti (da 5 a 20 μGy/strato). Per quanto attiene le procedure mammografiche, con apparecchiature dedicate e procedure ottimizzate le esposizioni lavorative risultano di assoluta irrilevanza radioprotezionistica.

3.3.2. Fonti di rischio in fluoroscopia

Premesso che l'uso della fluoroscopia diretta non è più consentito, l'uso della fluoroscopia con intensificatori di brillanza (I.B.) rappresenta la maggiore fonte di esposizione professionale in ambito sanitario; infatti da un lato i tempi di scopia possono, dipendentemente dalle procedure, risultare elevati, dall'altro è quasi sempre necessaria la presenza di uno o più operatori in sala durante l'erogazione raggi. I campi di radiazioni cui sono sottoposti gli operatori in prossimità del paziente possono risultare, dipendentemente dalle procedure e dalle tecniche utilizzate e in assenza di indumenti protettivi, dell'ordine di 20-30 μGy/min. L'uso di apparecchiature telecomandate può ridurre a livelli trascurabili le esposizioni per il personale nel box comandi, ma va sottolineato che in questo caso, se risulta necessaria la presenza di operatori in prossimità del paziente durante l'erogazione raggi, i campi di radiazione cui gli operatori sono sottoposti possono risultare ancora più elevati di quelli caratteristici della fluoroscopia convenzionale, a seguito delle particolari condizioni geometriche dell'irradiazione. Di frequente utilizzo, soprattutto nelle camere operatorie, risultano gli apparecchi radiologici ad arco dotati di intensificatori di brillanza. Con tali apparecchiature, a titolo esemplificativo, i campi di radiazione a 50 cm dal paziente, variano da 10 a 30 μGy/min a 100 kVp, 2.5 mA; i livelli di esposizione e il rischio professionale conseguente in tali casi dipendono fortemente dalla posizione del tubo radiogeno: geometrie con il tubo radiogeno al di sopra del tavolo portano ad un incremento della dose assorbita dal personale di un fattore 3, oltre che aumentare la possibilità di esposizione delle estremità al fascio diretto.



3.3.3. Rischio radiologico nelle procedure speciali

Per procedure speciali in radiologia sono da intendersi gli esami angiografici e le loro applicazioni in neuroradiologia e cardiologia, nonché le procedure di radiologia interventistica.

Tali procedure sono caratterizzate da tempi di esposizione considerevoli (dell'ordine anche delle decine di minuti /procedura), da campi di radiazione in prossimità del paziente dell'ordine di 10 - 30 μGy/min, dalla difficoltà di utilizzo di barriere mobili da parte di tutto il personale presente in sala. In relazione ai carichi di lavoro radiologici individuali spesso molto elevati è estremamente importante la disponibilità e l'utilizzo di grembiuli in gomma piombifera di spessore equivalente a 0.25, 0.35 mm di Pb e l'uso di occhiali anti-X a protezione del cristallino.

3.4. Esempi di tecniche di radioprotezione per la riduzione della dose agli operatori

La riduzione del rischio radiologico per gli operatori addetti all'utilizzo di apparecchiature radiologiche passa anche attraverso l'ottimizzazione della dose al paziente; la riduzione delle esposizioni in radiologia tradizionale può pertanto essere ottenuta:

1. con l'uso di accoppiamenti pellicola /schermi di rinforzo rapidi;

2. attraverso l'ottimizzazione delle condizioni di utilizzo delle sviluppatrici;
3. attraverso una analisi sistematica degli scarti delle pellicole al fine di ridurli il più possibile;
4. attraverso un'accurata collimazione del campo di radiazioni.

Anche nel caso della fluoroscopia e delle procedure speciali la riduzione dell'esposizione professionale passa attraverso la riduzione della dose al paziente; la riduzione delle esposizioni in fluoroscopia può pertanto essere ottenuta:

1. attraverso l'uso di tempi di scopia brevi;
2. in cine-fluoroscopia usando velocità non superiori a 25 fotogrammi/secondo e riprese di soli 3 - 5 secondi;
3. attraverso l'uso di stop di immagine o di sistemi "a memoria";
4. attraverso l'uso del sistema automatico di controllo della luminosità;
5. mantenendo, ogni volta che è possibile, il tubo radiologico al di sotto del tavolo.

Al fine di rendere conto del rischio reale associato alle attività in questione possono risultare utili i risultati della campagna di rilevazione condotta dall'I.S.P.E.S.L. nel 1990 relativamente alle dosi da radiazioni ionizzanti assorbite dai lavoratori degli istituti pubblici di ricovero e cura: dallo studio citato emerge infatti che, nel 99.9 % dei casi, nell'anno di rilevazione, i lavoratori esposti hanno ricevuto dosi non superiori a 50 mSv, nel 95 % dei casi dosi non superiori a 5 mSv, nel 77 % dei casi dosi non superiori a 2 mSv, nel 60 % dei casi dosi non superiori a 1 mSv.

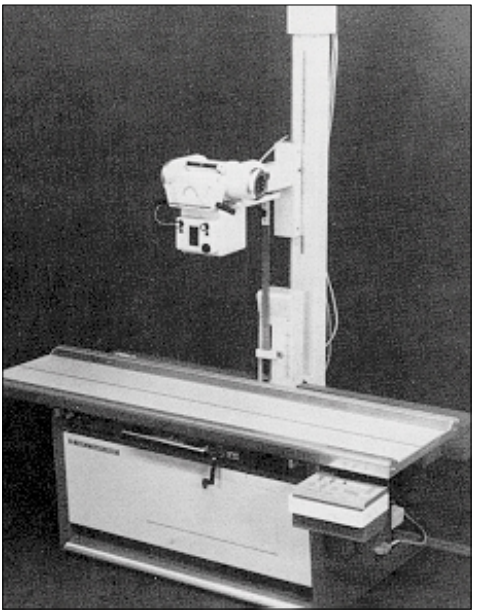
4. LA RADIOLOGIA TRADIZIONALE

4.1. Principali apparecchiature e accessori utilizzati in radiologia tradizionale

- **Ortoclinoscopio:** è l'apparecchiatura radiologica che svolge il maggior lavoro in un servizio di radiologia tradizionale; opportunamente accessoriato consente di eseguire anche gli esami che la pratica radiologica consiglia di eseguire in proiezione A.P. (antero-posteriore) come ad esempio: urografie, colecistografie. Sono spesso dotati di intensificatore di brillanza e telecomandabili.
- **Telecomandato:** è costituito da un tavolo ribaltabile, dotato di intensificatore di brillanza e catena televisiva, in cui tutti i movimenti del tavolo e del tubo radiologico sono comandabili a distanza, in modo che l'operatore stazioni pertanto in posizione protetta.
- **Stativo a colonna:** è essenzialmente costituito da una struttura tubolare solidale al pavimento, alta circa 250 cm, che si può spostare lungo il tavolo d'esame sul quale è montato un carrello dotato di un sistema telescopico che supporta il tubo radiogeno che può quindi spostarsi lungo tre direzioni; oltre alle tre traslazioni il tubo radiologico può inoltre essere ruotato per ottenere la proiezione necessaria all'effettuazione dell'esame.
- **Stativo pensile:** è essenzialmente

costituito da una struttura telescopica che supporta il tubo radiogeno, in grado di scorrere su rotaie collocate sul soffitto della sala.

- **Teleradiografo:** è un accessorio messo a punto specificatamente per la radiografia del torace con elevate distanze fuoco-pelle (almeno 2 m), in modo da ridurre al massimo le sfuocature geometriche e migliorare la nitidezza dei dettagli. È pertanto spesso a corredo di uno stativo pensile o a colonna.
- **Seriografo:** è un accessorio utilizzato quasi sempre per l'esame dell'apparato digerente, presente sui telecomandati e che consente di passare rapidamente dal regime di scopia al regime di grafia.
- **Craniostato:** è un accessorio radiologico concepito per eseguire radiografie del cranio sotto qualsiasi angolazione. I recenti protocolli diagnostici ne hanno ridotto in maniera consistente l'utilizzo.
- **Apparecchiature radiologiche portatili:** si tratta di apparecchiature radiologiche utilizzate di norma per effettuazione di esami su pazienti allettati, alimentate da generatori monoblocco generalmente a scarica di condensatore.
- **Tomografi:** sono apparecchiature che consentono di radiografare i dettagli che giacciono su un determinato piano all'interno del paziente, sfumando i piani soprastanti e sottostanti: questo risultato si ottiene facendo muovere in modo correlato il tubo radiogeno, il paziente e la pellicola secondo determinate direzioni. L'avvento della Tomografia Computerizzata ha notevolmente ridotto il ricorso a tale tecnica diagnostica.



Tavolo con stativo a colonna

Gli ultimi anni hanno visto la sostituzione dei tradizionali sistemi di rivelazione dell'immagine costituiti dai sistemi schermo-pellicola con sistemi digitali costituiti da schermi ai fosfori che memorizzano l'informazione che viene successivamente raccolta in forma digitale mediante lettore laser.

4.2. Misure di prevenzione e protezione

La radioprotezione in attività radiologica tradizionale viene assicurata soprattutto dalla presenza di idonee schermature nelle sale in cui sono collocate le apparecchiature; le schermature vengono dimensionate principalmente in funzione dei materiali utilizzati (cemento, mattoni, piombo), in relazione al numero di esami effettuati, alla destinazione d'uso dei locali confinanti e al loro grado di occupazione. In taluni casi possono essere presenti anche mi-

croswitch inibitori dell'emissione raggi a porte aperte.
La sala radiologica, normalmente classificata *zona controllata*, è indicata, oltre che dalla apposita segnaletica, anche da un dispositivo luminoso che lampeggia durante l'emissione raggi; il suo accesso è interdetto ad apparecchiatura in funzione, a meno che non vengano richiesti interventi particolari al personale addetto (assistenza a pazienti non collaboranti, neonati, ecc.).
Le aree adiacenti alla zona controllata, e in particolare la sala o cabina comandi, possono essere classificate *zona sorvegliata* o non essere classificate, in funzione dell'intensità dei campi di radiazione presenti in tali zone. È obbligatorio per gli operatori addetti l'uso dei dosimetri personali (se prescritti) e degli eventuali dispositivi di protezione individuali assegnati (camici piombiferi, guanti attenuatori, collari e occhiali anti-X) in relazione alle mansioni svolte. Ai fini della protezione dei pazienti è necessario collimare il più possibile il campo e schermare gli organi riproduttivi quando il fascio primario incide in prossimità delle gonadi.

Attività radiologica tradizionale

- Il pericolo di esposizione alle radiazioni ionizzanti sussiste solo a generatore acceso.
- Assicurarsi sempre che le porte della sala radiologica siano chiuse prima di iniziare l'esame radiologico.
- Di norma disporsi al riparo della barriera al tavolo di comando.
- In caso di necessità di stazionamento in prossimità del paziente durante l'erogazione raggi, utilizzare tutti i dispositivi di protezione individuale disponibili.
- L'assistenza ai pazienti è vietata alle donne gravide.
- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- Nel caso di utilizzo di apparecchiature radiologiche portatili, assicurarsi che nessun lavoratore stazioni a meno di 2 metri dal paziente durante l'erogazione raggi.
- Utilizzare sempre il campo di radiazioni più piccolo possibile compatibilmente con le esigenze diagnostiche (collimare).
- Se il fascio primario incide in prossimità delle gonadi, schermare gli organi riproduttivi del paziente.

5. LA MAMMOGRAFIA

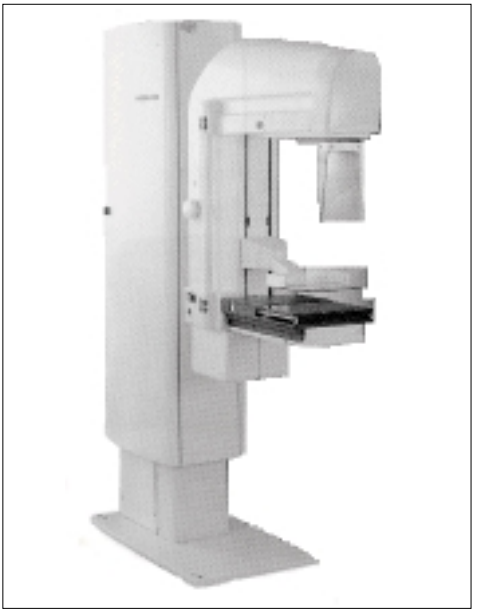
5.1. Generalità

La mammografia costituisce senz'altro il metodo più affidabile per la rivelazione delle lesioni mammarie.
La mammografia, più di ogni altra procedura di radiologia convenzionale, richiede:

- l'utilizzo di apparecchiature dedicate che ottimizzino la dose somministrata alla mammella;
- l'utilizzo di sviluppatrici dedicate;
- elevato contrasto a causa della esigua differenza di densità fra lesioni e tessuto;
- elevata risoluzione spaziale al fine di rivelare microcalcificazioni.

Tali obiettivi possono essere perseguiti attraverso:

- l'utilizzo di radiazioni X di energia molto bassa, normalmente minori o uguali a 30 keV, in modo da migliorare il contrasto dell'immagine;
- l'utilizzo di anodi di molibdeno o di tungsteno con una finestra di berillio ed una filtrazione aggiuntiva di 0.03 mm di molibdeno, per eliminare la componente di energia più bassa dello spettro, che è inutile alla formazione dell'immagine ma contribuisce a somministrare dose;
- l'uso di tubi radiogeni dotati di un fuoco di dimensioni molto piccole;
- l'utilizzo di pellicole monoemulsione ad alto contrasto;
- l'utilizzo del compressore, che migliora il contrasto e la risoluzione e diminuisce la dose all'organo.



Mammografo

5.2. Misure di prevenzione e protezione

Anche in questo caso la radioprotezione viene assicurata soprattutto dalla presenza di idonee schermature nella sala in cui sono collocate le apparecchiature. Poiché l'energia del fascio X impiegato in questa indagine è estremamente bassa, molto spesso le sole pareti perimetrali costituite di mattoni forati sono in grado di garantire una protezione adeguata; per lo stesso motivo sono sufficienti piccoli spessori di vetro piombifero per proteggere adeguatamente l'operatore addetto all'esecuzione dell'esame radiologico.
La sala radiologica, normalmente classificata zona controllata, è indicata, oltre che dalla apposita segnaletica, anche

da un dispositivo luminoso che lampeggia durante l'emissione raggi; il suo accesso è interdetto ad apparecchiatura in funzione.
Le aree adiacenti alla zona controllata, non sono, di solito, classificate ai fini della radioprotezione.
È obbligatorio per gli operatori addetti l'uso dei dosimetri personali (se prescritti).

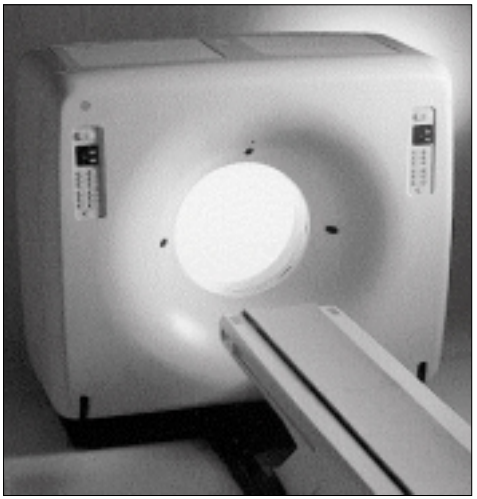
Mammografia

- Il pericolo di esposizione alle radiazioni ionizzanti sussiste solo a generatore acceso.
- Assicurarsi sempre che le porte della sala radiologica siano chiuse prima di iniziare l'esame radiologico.
- Di norma disporsi al riparo della barriera protettiva.
- L'assistenza alle pazienti è vietata alle donne gravide.
- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.

6. LA TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA

6.1. Generalità
La tomografia computerizzata a trasmissione di raggi X (TC) si è imposta negli ultimi anni in maniera crescente tra i metodi di diagnostica per immagini, fino a divenire praticamente indispensabile in ogni tipo di indagine specialistica.
Il sistema TC permette di ottenere la ricostruzione della sezione di una zona anatomica di interesse tramite un fascio collimato emesso da un tubo a raggi X in rotazione attorno all'asse del paziente. Le radiazioni emergenti vengono raccolte da una serie di rivelatori il cui segnale è inviato ad un computer che, tramite appositi algoritmi matematici, ricostruisce in una matrice numerica (numeri CT) i valori di densità dei tessuti attraversati dai raggi X.
Tali valori vengono quindi convertiti in una scala di tonalità di grigi e rappresentati sotto forma di immagine su un monitor. I rivelatori utilizzati possono essere a stato solido o a gas e sono disposti o su un'intera circonferenza o su un arco rotante solidale con il tubo radiogeno.
Uno dei vantaggi offerti da questo sistema di indagine è l'alta risoluzione per oggetti a basso contrasto, per i quali la radiologia convenzionale non è sempre del tutto soddisfacente.
Nuove applicazioni tecnologiche hanno consentito la messa a punto di modelli TC di tipo elicoidale, con acquisizione

contemporanea allo spostamento del lettino; ciò ha consentito l'effettuazione di esami in tempi molto ridotti, l'eliminazione di artefatti dovuti al respiro, la riduzione della dose grazie a particolari scelte dei parametri di acquisizione.
L'uso della TC come metodica diagnostica comporta in generale un certo incremento della dose da radiazioni per il paziente, anche se, proprio per la natura stessa del tipo di indagine, tale dose risulta concentrata solo nella zona d'esame.



Modello di TC

Appunti

- ✓ La TC produce immagini digitali di settori trasversali del corpo.
- ✓ Gantry: struttura circolare che contiene il tubo radiogeno e il sistema di rilevazione.
- ✓ Le immagini ottenute sono ad alta risoluzione.
- ✓ La dose da radiazioni al paziente è localizzata nella zona in esame.
- ✓ Sono possibili ulteriori elaborazioni delle immagini digitali ottenute.
- ✓ Gli apparecchi dell'ultima generazione (TC spirale) consentono acquisizioni particolarmente veloci.

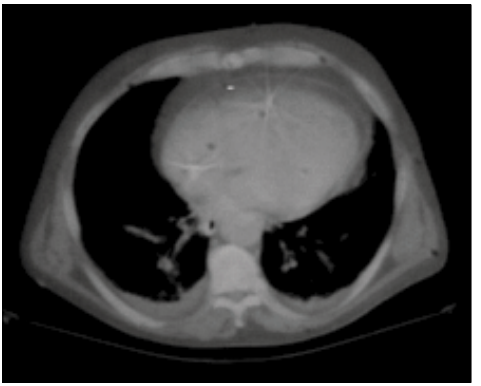
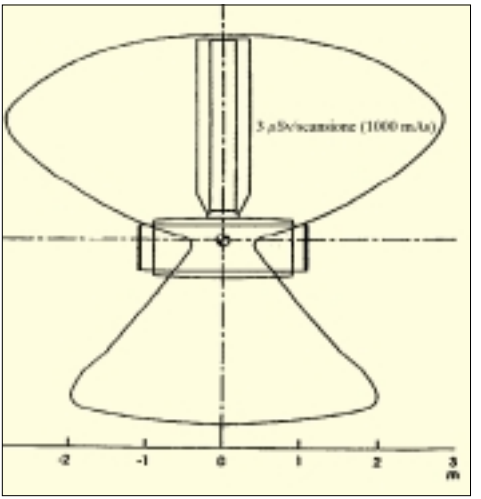


Immagine TC del torace

6.2. Misure di prevenzione e protezione

La sezione TC è costituita da una sala di controllo e da una sala di esame. Nella sala d'esame, durante l'emissione raggi, deve essere presente solo il paziente; in caso di necessità stazionamento in sala durante l'esame (esami dinamici, assistenza a pazienti non autosufficienti, etc.) dovranno obbligatoriamente essere utilizzati i dispositivi di protezione individuale disponibili e si dovrà stazionare di fianco al gantry; in ogni caso non dovranno mai essere introdotte parti del corpo nel gantry durante la scansione.
Anche in questo caso la radioprotezione in attività TC viene assicurata soprattutto dalla presenza di idonee schermature nelle sale in cui sono collocate le apparecchiature; le schermature vengono dimensionate principalmente in funzione dei materiali utilizzati (cemento, mattoni, piombo), in relazione al numero di esami effettuati, alla destinazione d'uso dei locali confinanti e al loro grado di occupazione. Possono essere presenti anche microswitch inibitori dell'emissione raggi a porte aperte. La sala radiologica, normalmente classificata *zona controllata*, è in-

dicata, oltre che dalla apposita segnaletica, anche da un dispositivo luminoso che lampeggia durante l'emissione raggi; il suo accesso è interdetto ad apparecchiatura in funzione, a meno che non vengano richiesti interventi particolari al personale addetto.
Le aree adiacenti alla zona controllata, e in particolare la sala o cabina comandi, possono essere classificate zona sorvegliata o non essere classificate, in funzione dell'intensità dei campi di radiazione presenti in tali zone. È obbligatorio per gli operatori addetti all'attività di diagnostica radiologica l'uso dei dosimetri personali (quando prescritti).



Campi di radiazione tipici all'interno di una Sala T.C.

Attività TC

- Il pericolo di esposizione alle radiazioni ionizzanti sussiste solo a generatore acceso.
- Assicurarsi sempre che le porte della sala radiologica siano chiuse prima di iniziare l'esame radiologico.
- Durante l'esecuzione dell'esame, stazionare all'interno del box comandi.
- In caso di necessità di stazionamento in prossimità del paziente durante l'erogazione raggi, utilizzare tutti i dispositivi di protezione individuale disponibili e stazionare ai bordi del gantry.
- L'assistenza ai pazienti è vietata alle donne gravide.
- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- Se il fascio primario incide in prossimità delle gonadi, schermare gli organi riproduttivi del paziente.

7. LA RADIOSCOPIA E LA RADIOLOGIA INTERVENTISTICA

7.1. Generalità

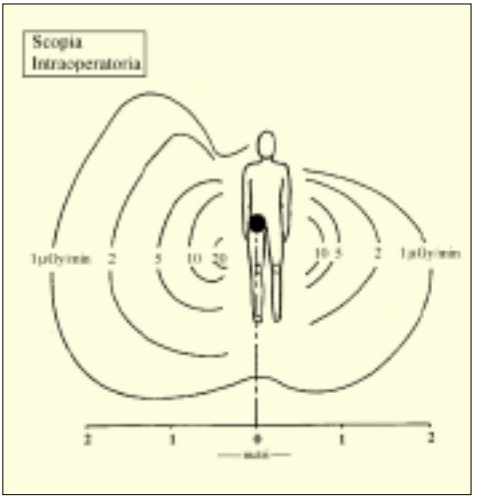
I raggi X utilizzati come ausilio alla diagnostica medica consentono di ottenere non solo immagini statiche (grafia), ma anche di valutare l'evoluzione dinamica del mezzo di contrasto introdotto nel corpo del paziente (es. clisma opaco) oppure di guidare il medico durante interventi chirurgici o procedure endoscopiche. Questa particolare applicazione ha tra i suoi precursori le tecniche di fluoroscopia, largamente utilizzate fino ad alcuni anni fa, che permettevano al radiologo di visualizzare su uno schermo fluorescente le strutture anatomiche del paziente direttamente durante l'esame. Questa tecnica comportava, oltre a notevoli difficoltà nella percezione delle immagini dato lo scarso livello di luminosità di tali schermi, una dose di radiazioni rilevante per l'operatore e ancor più significativa per il paziente (fino a centinaia di volte più elevata di quella di una radiografia convenzionale), a causa del basso rendimento e dei tempi prolungati di esposizione (anche alcuni minuti). L'introduzione di speciali apparecchiature, gli intensificatori di brillanza (I.B.), ha permesso di ridurre drasticamente l'intensità del fascio incidente e di conseguenza la dose al paziente e agli operatori.
Le apparecchiature dotate di I.B. possono essere:

- ✓ **fisse** (collocate normalmente presso i servizi di radiologia, neuroradiologia, cardiologia ed utilizzate per le cosiddette procedure speciali);
- ✓ **mobili** (collocate normalmente presso le camere operatorie, le sale gessi, le sale cistoscopiche, etc.) e costituite normalmente da I.B. ad arco.

Appunti

Principali applicazioni degli intensificatori di brillanza

- Esami radiologici dinamici
- Traumatologia
- Impianti di pace-maker, studi elettrofisiologici, emodinamica
- Angiografie ed embolizzazioni



Tipici campi di radiazione nell'utilizzo di I.B. ad arco

7.2. Misure di prevenzione e protezione

La rilevanza e l'entità dei dispostitivi radioprotettivi in attività radioscopica è fortemente legata al tipo di procedura considerata.
Nelle procedure speciali, che di solito utilizzano apparecchiature fisse, la radioprotezione viene assicurata soprattutto dalla presenza di idonee schermature

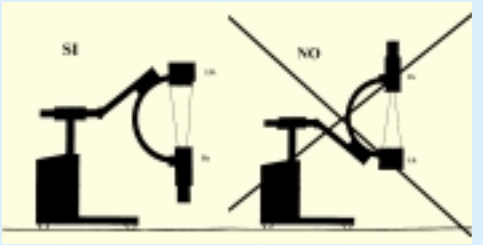
nelle sale in cui sono collocate le apparecchiature; le schermature vengono dimensionate principalmente in funzione dei materiali utilizzati (cemento, mattoni, piombo), in relazione al numero di esami effettuati, alla destinazione d'uso dei locali confinanti e al loro grado di occupazione. In taluni casi possono essere presenti anche microswitch inibitori dell'emissione raggi a porte aperte. La sala radiologica, normalmente classificata *zona controllata*, è indicata, oltre che dalla apposita segnaletica, anche da un dispositivo luminoso che lampeggia durante l'emissione raggi. Le aree adiacenti alla zona controllata, e in particolare la sala o cabina comandi, possono essere classificate *zona sorvegliata* o non essere classificate, in funzione dell'intensità dei campi di radiazione presenti in tali zone.
Viceversa nelle procedure chirurgiche e/o ortopediche, in cui si utilizzano intensificatori di brillanza ad arco, le pareti perimetrali della sala sono di norma sufficienti a schermare adeguatamente i campi di radiazione. Le sale sono normalmente classificate *zona sorvegliata* o controllata, e indicate dalla apposita segnaletica.
Nel caso in cui il personale abbia la necessità di restare in prossimità della fonte radiogena, la sua protezione deve essere assicurata tramite l'utilizzo di schermi mobili, se possibile, e/o di dispositivi di protezione individuale: camici piombiferi, guanti.
Lo stazionamento in sala durante l'erogazione raggi deve essere comunque limitato al personale strettamente indispensabile e per il tempo strettamente necessario. Dipendentemente dal tipo di attività svolta e dall'entità del rischio può o meno essere prescritto l'uso dei dosimetri personali e possono inoltre essere prescritti dosimetri per la valutazione della dose assorbita dalle estremità e dal cristallino.
Alcuni semplici accorgimenti possono poi ridurre in maniera sostanziale il rischio radiologico degli operatori:

- ✓ l'utilizzo dello stop di immagine di cui sono dotati gli intensificatori di brillanza consente di ridurre sensibilmente la durata dell'erogazione raggi e conseguentemente la dose assorbita dagli operatori;
- ✓ l'utilizzo del sistema di controllo automatico della luminosità, oltre ad ottimizzare l'immagine radiologica, riduce la dose al paziente e agli operatori;
- ✓ l'utilizzo dell'apparecchiatura nella configurazione "tubo radiologico in basso I.B. in alto" tutte le volte che è possibile, riduce di tre volte la dose assorbita dagli operatori e rende impossibile l'esposizione delle estremità al fascio diretto.

Per proteggere i pazienti, quando possibile, deve essere limitato il tempo di scopia allo stretto necessario, devono essere usati grembiulini protettivi in piombo per schermare in particolare gli organi riproduttivi quando il fascio primario è orientato in prossimità delle gonadi e mai deve essere usata la scopia per la centratura degli esami di grafia.

Radioscopia e radiologia interventistica

- Il pericolo di esposizione alle radiazioni ionizzanti sussiste solo a generatore acceso.
- Assicurarsi sempre che le porte della sala radiologica siano chiuse prima di utilizzare l'apparecchiatura.
- Durante l'erogazione raggi disporsi al riparo delle barriere mobili o il più lontano possibile dal paziente ogni volta che è possibile.
- Durante l'erogazione raggi tutto il personale la cui presenza non è indispensabile deve uscire dalla sala.
- Durante l'erogazione raggi, il personale il cui stazionamento in sala è indispensabile deve utilizzare tutti i dispositivi di protezione individuale disponibili.
- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- Se il fascio primario incide in prossimità delle gonadi schermare gli organi riproduttivi del paziente.
- Utilizzare lo stop di immagine ogni qualvolta sia possibile
- Utilizzare sempre il dispositivo di controllo automatico della luminosità
- Utilizzare sempre, qualora le esigenze cliniche lo consentano, l'apparecchio nella configurazione "tubo radiologico in basso, intensificatore di brillanza in alto"



8. LA RADIOLOGIA DENTALE

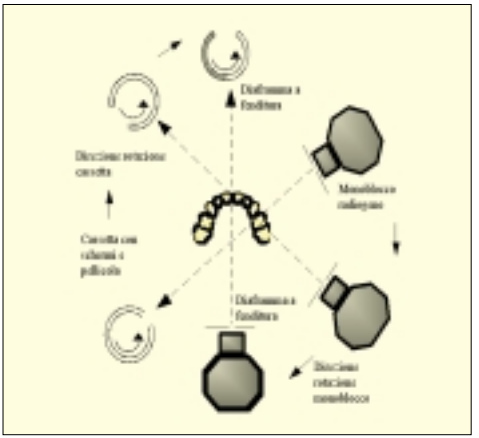
8.1. Generalità

Per gli esami dentali si usano gli ortopantomografi con o senza bracci per cefalometria e gli apparecchi endorali.

8.2. L'ortopantomografia

L'ortopantomografo è una apparecchiatura che consente di eseguire radiogrammi panoramici delle arcate dentarie, consentendo di visualizzare i denti, i seni paranasali, le mascelle superiori e inferiori e le articolazioni temporo-mascellari; funzionano con tensioni variabili normalmente comprese tra i 55 e 90 kV e corrente compresa tra i 8 e 12 mA. I tempi di esposizione si collocano attorno ai 12 – 15 secondi.

È costituito da un braccio rotante che supporta da un lato la sorgente radiogena e dall'altro un tamburo rotante contenente la pellicola con il relativo schermo di rinforzo. Il movimento di rotazione avviene lungo una traiettoria pseudo ellittica al fine di seguire la morfologia dell'arcata dentaria del paziente.



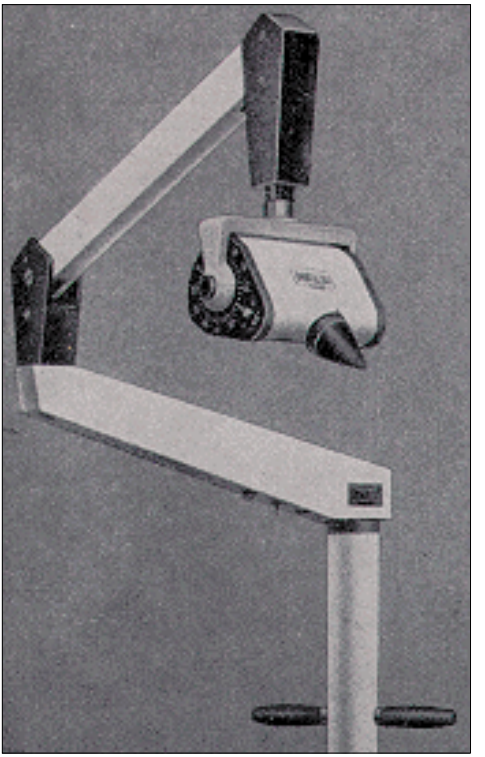
Schema di funzionamento di un ortopantomografo

L'immagine radiologica è costituita da una proiezione sul piano di una superficie che giace su un arco coincidente con la sezione delle arcate dentarie.

Nel settore delle apparecchiature dentali vanno ricordate le apparecchiature anche per cefalometria, costituite da accessori normalmente abbinati agli ortopantomografi, utilizzate per le radiografie del cranio in proiezione postero-anteriore e latero-laterale normalmente usate per procedure ortognatodontiche.

8.3. La radiologia dentale

I monoblocchi dentali sono apparecchiature con generatore di alta tensione e tubo



Monoblocco dentale

contenuti in un unico involucro, utilizzati per radiografie endorali nel settore stomatologico, per eseguire radiografie di piccolo formato; funzionano con tensioni fisse normalmente comprese tra i 50 e 70 kV e corrente compresa tra i 7 e 10 mA. I tempi di esposizione variano da qualche decimo di secondo fino a qualche secondo; sono dotati di coni o cilindri limitatori utilizzati anche come centratori, che vengono appoggiati sulla zona da radiografare.

8.4. Misure di prevenzione e protezione

Anche in questo caso la radioprotezione viene assicurata soprattutto dalla presenza di idonee schermature nella sala in cui sono collocate le apparecchiature. Quasi sempre le sole pareti perimetrali sono in grado di garantire una protezione adeguata nel caso di impiego di apparecchiature endorali, in relazione al basso carico di lavoro che normalmente caratterizza l'impiego di tali apparecchiature; la sala in cui è collocata l'apparecchiatura radiologica è segnalata dalla apposita segnaletica, ed è normalmente classificata *zona sorvegliata*. Le aree adiacenti alla zona sorvegliata, non sono, di solito, classificate ai fini della radioprotezione. L'utilizzo del cavo estensibile che consente di comandare l'erogazione raggi a circa 2 metri dall'apparecchiatura o, meglio, il controllo remotizzato della stessa all'esterno della sala, garantiscono che le dosi assorbite dal personale siano del tutto trascurabili.
La tabella successiva contiene una tipica valutazione dei campi di radiazioni riscontrabili in attività radiologica endorale.

alla distanza di 1 m	≤ 0.5 μGy
alla distanza di 1,5 m	≤ 0.22 μGy
alla distanza di 2 m	≤ 0.13 μGy
alla distanza di 3 m	≤ 0.06 μGy
dietro barriere	< 0.003 μGy

Dosi da radiazione diffusa a 90° da un apparecchio per radiografie endorali funzionante a: 70 kV-7 mA tempo di esposizione di 1 s

Radiologia dentale

- Il pericolo di esposizione alle radiazioni ionizzanti sussiste solo a generatore acceso
- Se il comando non è collocato all'esterno della sala, durante l'erogazione raggi tenersi il più lontano possibile dal paziente utilizzando il cavo estensibile nella massima estensione
- In caso di necessità di stazionamento in prossimità del paziente durante l'erogazione raggi, utilizzare tutti i dispositivi di protezione individuale disponibili
- L'assistenza ai pazienti è vietata alle donne gravide
- Il personale non deve sostenere con le mani le pellicole durante l'erogazione raggi

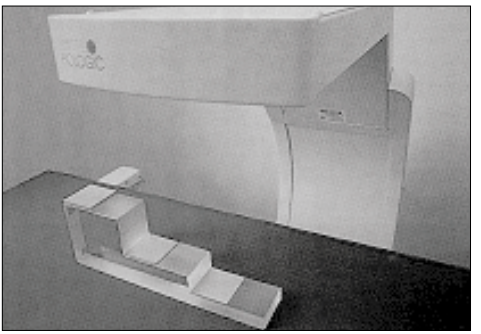
9. LA MINERALOMETRIA OSSEA COMPUTERIZZATA

9.1. Generalità

Tra le tecniche destinate alla valutazione della densitometria ossea, particolare importanza riveste la mineralometria ossea computerizzata (MOC); le apparecchiature destinate alla MOC consentono pertanto di misurare il contenuto di minerale osseo nelle strutture dell'apparato scheletrico, consentendo di diagnosticare la condizione patologica dell'osteoporosi. Alcune tecniche utilizzate a questo scopo (basate sull'esame di particolari distretti corporei come il calcagno, alcuni corpi vertebrali, l'avambraccio) possono utilizzare la radiologia convenzionale, la tomografia computerizzata, gli ultrasuoni, la risonanza magnetica, l'attivazione neutronica. Le apparecchiature MOC possono essere suddivise in apparecchiature a sorgente radioisotopica e apparecchiature a raggi X prodotti da tubo radiogeno. Le apparecchiature a sorgente radioisotopica, attualmente poco utilizzate e in fase di sostituzione con quelle a raggi X, utilizzano sorgenti sigillate di ^{125}I o di ^{241}Am con singola energia di emissione rispettivamente a 30 keV e 60 keV, e sorgenti di ^{153}Gd con doppia energia di 44 e 100 keV. Le apparecchiature che utilizzano un tubo radiogeno emettono raggi X collimati in fascio stretto o a ventaglio, di energia compresa tra 76 e 134 kV o a doppia energia di 70 e 140 kV. In entrambi i casi le sorgenti sono inserite in contenitori schermati in piombo e il fascio di radiazioni in uscita risulta estremamente collimato.

9.2. Misure di prevenzione e protezione

Generalmente tali tipi di installazioni non necessitano di particolari accorgimenti per garantirne il funzionamento in condizioni di sicurezza in quanto il fascio primario collimato investe esclusivamente il paziente e la bassa intensità provoca un irraggiamento trascurabile dovuto alla componente diffusa. I campi di radiazione risultano inferiori a 1 μSv/ora a circa 50 cm di distanza. L'operatore posto alla console di comando in sala è situato normalmente ad almeno 2 m di distanza dalla sorgente, con un rateo di dose di circa 0.3 μSv/ora. Non è necessaria normalmente nessuna schermatura aggiuntiva. La sala d'esame può normalmente essere classificata zona sorvegliata. Buona norma è impedire l'accesso alla sala durante tutta la durata dell'esame. Il personale addetto deve rimanere a distanza di sicurezza durante il funzionamento dell'apparecchiatura e in nessun caso deve intercettare con parti del corpo (mani, braccia, etc.) il fascio di raggi X.



Apparecchiatura MOC

Appunti

Principali tecniche di densitometria ossea

- ✓ Mineralometria ossea computerizzata
- ✓ Radiologia convenzionale
- ✓ Tomografia computerizzata
- ✓ Ultrasuoni
- ✓ Risonanza magnetica
- ✓ Attivazione neutronica

Attività MOC

- Il pericolo di esposizione alle radiazioni ionizzanti sussiste solo a generatore acceso.
- Assicurarsi sempre che le porte della sala siano chiuse prima di iniziare l'esame radiologico.
- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- Non intercettare il fascio di raggi X con le mani.

10. LA RADIOTERAPIA

10.1. Generalità

L'obiettivo della radioterapia è il controllo locale del tumore, che si attua somministrando al focolaio tumorale una dose tale da poterlo distruggere o almeno ridurre di dimensioni.
Le basi fisiche della radioterapia sono:

1. individuazione e definizione dei contorni del focolaio tumorale con la massima accuratezza;
2. determinazione delle caratteristiche del fascio o dei fasci da impiegare e delle modalità di irraggiamento da adottare affinché il volume bersaglio riceva la dose richiesta ed i tessuti circostanti siano il più possibile risparmiati.

La radioterapia comprende la teleradioterapia (effettuata con fasci che arrivano al focolaio dall'esterno) e la brachiterapia (effettuata con sorgenti posizionate in prossimità del focolaio in cavità naturali o attraverso infissioni).

10.1.1. Teleradioterapia

In teleradioterapia si utilizzano fasci di raggi X o elettroni di alta energia prodotti da acceleratori lineari oppure fasci di raggi γ prodotti da sorgenti radioattive come nel caso della cobaltoterapia.

Acceleratore lineare

Gli acceleratori lineari utilizzano onde elettromagnetiche ad alta frequenza per accelerare elettroni che, urtando contro un bersaglio, danno origine a radiazione X in maniera analoga a quanto avviene nei tubi radiogeni.
Alcuni acceleratori sono inoltre realizzati in modo da poter utilizzare oltre ai fasci

di fotoni anche direttamente i fasci di elettroni.
Oltre alle macchine generatrici di fasci di radiazione X o di elettroni, in molti centri sono ancora in uso unità di cobaltoterapia. In questo caso si sfrutta la radiazione γ da 1.173 e 1.333 MeV emessa da una sorgente di cobalto di alta attività. La sorgente è situata all'interno di una testata con alto potere schermante e viene "scoperta" con un dispositivo elettromeccanico azionato solo al momento dell'irradiazione del paziente.

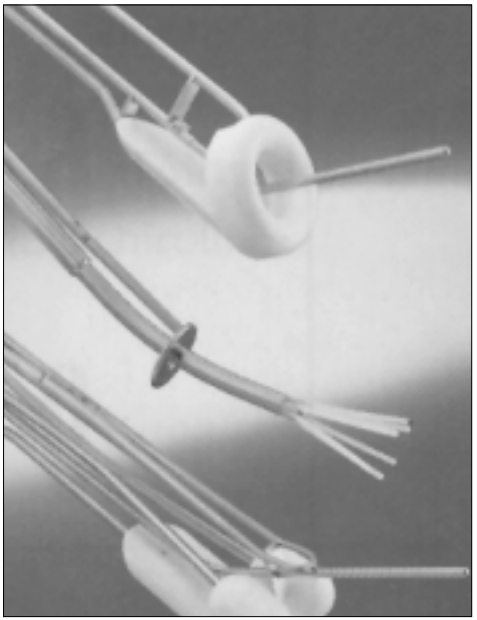
Schema della testata di una unità di cobaltoterapia: A = ruota porta-sorgente, B = involucro di piombo, C = sorgente, D = collimatore.

Una menzione particolare meritano poi le apparecchiature per roentgenterapia, utilizzate ormai soprattutto per terapia antalgica ma che presentano ancora una elevata diffusione.
In tal caso vengono utilizzati fotoni prodotti da un tubo a raggi X funzionante con tensioni da 40 –50 kVp fino a 300 kVp.

- Fasci prodotti da tensioni di 40-60 kVp sono indicati per irradiare volumi bersaglio non più profondi di 1-2 mm e sono utilizzati per terapia di contatto (plesioterapia);
- Fasci prodotti da tensioni di 60-120 kVp sono usati per irradiare volumi a una profondità di circa 5 mm (mesoplesioterapia);
- Fasci prodotti da tensioni di 120-300 kVp accoppiate a filtrazioni particolari e distanziatori, sono usati per irradiare volumi a 2-3 cm di profondità (roentgenterapia).

10.1.2. Brachiterapia

In brachiterapia vengono utilizzate sorgenti sigillate per somministrare una dose locale grazie ad applicazioni di contatto, interstiziali ed endocavitarie. Con questa tecnica è possibile rilasciare una dose elevata al tumore con una rapida diminuzione della dose nel tessuto circostante.
I radionuclidi più comunemente usati sono ^{137}Cs, ^{192}Ir, ^{125}I e ^{198}Au. Le sorgenti vengono fornite incapsulate per formare aghi, o cilindretti.
Il ^{192}Ir viene prodotto anche in fili sottili e flessibili che possono essere tagliati alla lunghezza desiderata.
Nella terapia di contatto le sorgenti, inserite in forme di plastica che aderiscono alla zona da trattare, vengono utilizzate per il trattamento di piccole aree superficiali, per esempio per l'orecchio e per le labbra.
Nella terapia interstiziale le sorgenti, inserite direttamente nella lesione, possono essere impiegate quando il tumore è ben localizzato.
Nella terapia endocavitaria le sorgenti vengono introdotte tramite vettori nelle cavità corporee.
Negli ultimi anni è stato introdotto l'impiego, prima in via sperimentale, poi nella pratica clinica, di sorgenti radioattive sigillate di ^{90}Sr/^{90}Y, ^{192}Ir, ^{32}P veicolate da appositi cateteri a livello coronarico per prevenire la restenosi dopo procedure intervenzionistiche.

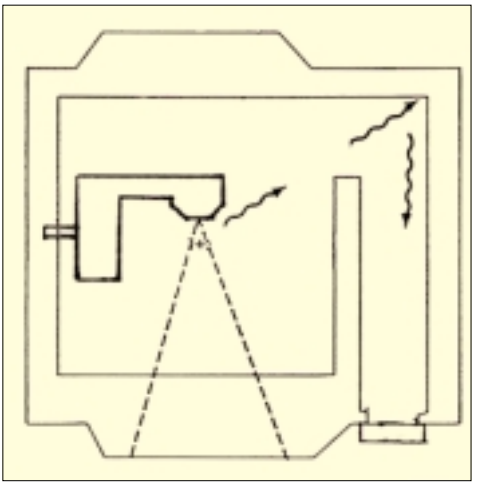


Applicatori per brachiterapia endocavitaria

10.2. Misure di prevenzione e protezione

10.2.1. Teleradioterapia

I locali in cui sono sistemate le apparecchiature per i trattamenti di radioterapia (bunker) hanno pareti schermate realizzate con materiali e spessori diversi dipendentemente dall'energia della radiazione e dal numero di pazienti trattati.
L'accesso alla sala di trattamento è rigorosamente vietato durante i trattamenti e anche l'assistenza a pazienti eventualmente non autosufficienti deve essere delegata a parenti dello stesso, possibilmente anziani.
Il controllo del paziente nel caso di bunker contenenti acceleratori lineari o testate di cobaltoterapia avviene normalmente attraverso una telecamera.
La sala di trattamento, normalmente classificata *zona controllata*, è indicata, oltre che dalla apposita segnaletica, anche da un dispositivo luminoso che lampeggia durante l'emissione raggi e da una segnalazione acustica. Gli accessi alla sala sono dotati di microswitch che impediscono l'emissione raggi se la porta non è perfettamente chiusa e la interrompono in caso di apertura durante l'irradiazione.
Le aree adiacenti alla zona controllata, e in particolare la sala comandi, possono essere classificate *zona sorvegliata* o non essere classificate, in funzione dell'intensità dei campi di radiazione in essa presenti.
Nel caso di apparecchiature per plesioterapia la console di comando può essere situata all'interno della sala di terapia dietro opportune barriere protettive.

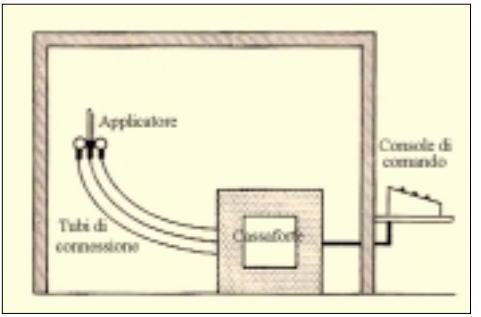


Bunker per un acceleratore lineare

10.2.2. Brachiterapia

I controlli periodici effettuati sulle sorgenti garantiscono la conservazione della loro ermeticità. Le sorgenti non devono mai essere manipolate senza far uso degli appositi mezzi di protezione e i preparati radioattivi non in uso devono sempre essere riposti in appositi contenitori schermati.

Dal punto di vista radioprotezionistico notevoli miglioramenti sono stati introdotti con l'utilizzo della tecnica "after loading" che consente il posizionamento di un vettore all'interno del paziente al fine della verifica geometrica e la simulazione del trattamento senza sorgenti.
I pazienti portatori di impianti interstiziali sono ricoverati in camere di degenza protette l'accesso alle quali è consentito solo al personale autorizzato che tuttavia dovrà stazionarvi per il minor tempo possibile, mantenendosi alla massima distanza consentita compatibilmente con le necessità di assistenza. Di norma gli ambienti in cui si manipolano le sorgenti e in cui sono ricoverati i pazienti portatori di impianti sono classificati zona controllata.



Schema della tecnica "remote loading" in brachiterapia endocavitaria ginecologica

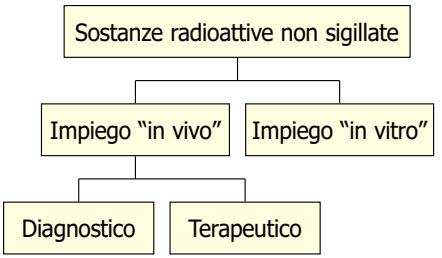
Radioterapia

- Assicurarsi sempre che le porte della sala siano chiuse prima di iniziare il trattamento
- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione
- L'accesso alla sala durante il trattamento è interdetto a tutto il personale
- L'eventuale assistenza a pazienti non autosufficienti deve essere affidata a parenti che si prestino volontariamente, che siano dotati di indumenti protettivi (se del caso) e possibilmente anziani
- Manipolare le sorgenti radioattive facendo uso degli appositi mezzi di protezione
- Dopo la rimozione delle sorgenti radioattive infisse, procedere sistematicamente all'inventario delle sorgenti radioattive
- Stazionare presso il paziente portatore di radioattività solo per il tempo strettamente necessario alla sua assistenza

11. RADIOPROTEZIONE NELLE ATTIVITÀ CHE COMPORTANO L'UTILIZZO DI SOSTANZE RADIOATTIVE NON SIGILLATE

11.1. Generalità

L'impiego di sostanze radioattive non sigillate in ambito sanitario può essere ricondotto alla seguente suddivisione generale:



L'impiego di sostanze radioattive non sigillate comporta un pericolo di irradiazione esterna ed un pericolo di contaminazione degli ambienti di lavoro e del personale (irradiazione interna).

Il rischio di irradiazione esterna e di contaminazione interna dipende dal tipo e forma del radioisotopo utilizzato; è direttamente legato alla quantità di radioattività manipolata, al tempo di manipolazione e di stazionamento nei locali in cui sono presenti sorgenti radioattive o pazienti a cui siano state somministrate sostanze radioattive, alla cattiva pulizia degli ambienti, delle superfici e del personale.

Nelle attività comportanti la manipolazione di sostanze radioattive il rischio professionale è ridotto dalla distanza alla quale si opera, dai mezzi di protezione utilizzati (banchi di lavoro protetti, contenitori e siringhe schermati, telemanipolatori quando necessari, guanti in lattice), dalla funzionalità delle strutture, dalla perizia e professionalità dell'operatore.

11.2. Rischio di irradiazione esterna

L'impiego "in vivo" di sostanze radioattive non sigillate comporta la manipolazione di attività relativamente elevate soprattutto nella preparazione dei radiofarmaci da somministrare (eluizione dal generatore e marcatura del radiofarmaco) in ambito diagnostico ed, in generale, in ambito terapeutico.

L'impiego "in vitro" comporta viceversa un rischio molto più contenuto. In generale è pertanto possibile affermare che il rischio di irradiazione esterna è rilevante nella attività in vivo mentre non riveste particolare importanza nell'attività in vitro.

Nelle tabelle successive sono contenute informazioni utili alla quantificazione del rischio di irradiazione esterna nelle attività comportanti l'utilizzo di sostanze radioattive non sigillate in considerazione del fatto che le situazioni di rischio più rilevanti sono costituite da:

- ✓ la manipolazione delle sostanze radioattive durante la loro preparazione e somministrazione
- ✓ l'irradiazione da parte dei pazienti durante l'effettuazione dell'esame e o la loro assistenza.

Anche in questo caso si osservi l'efficacia dei dispositivi radioprotettivi disponibili e la conseguente importanza del loro utilizzo ogni qualvolta sia possibile.

Radioisotopo	Attività somministrata (MBq)	µSv/h a 1 m per MBq (flacone da 10 ml)
^{99m}Tc	37 - 740	0.022
^{131}I	1 - 5550	0.064
^{67}Ga	74 - 185	0.025
^{111}In	74 - 185	0.072
^{201}Tl	74 - 370	0.018

Parametri di interesse radioprotezionistico di alcuni radioisotopi utilizzati "in vivo"

Radioisotopo	Attività annue manipolate (MBq)	µSv/h a 1 m per MBq (flacone da 10 ml)
^{125}I	37 - 3700	0.014
^{57}Co	74 - 370	0.022
^{32}P	1 - 5550	0.0013
^{35}S	74 - 185	0
^{14}C	74 - 185	0
^{3}H	74 - 185	0

Parametri di interesse radioprotezionistico di alcuni radioisotopi utilizzati "in vitro"

Radioisotopo	µSv/h a contatto senza schermatura	Schermatura	µGy/h a contatto con schermatura
^{99m}Tc	12950	2 mm Pb	130
^{125}I	12580	1 mm Pb	0
^{32}P	888000	1 mm Pb	0
^{57}Co	12580	2 mm Pb	126

Campi di radiazione a contatto di una siringa da 5 ml per una attività di 37 MBq (1 mCi)

Radioisotopo	µSv/h a 100 cm senza schermatura	Schermatura	µGy/h a 100 cm con schermatura
^{99m}Tc	0.814	2 mm Pb	0.008
^{131}I	2.37	11 mm Pb	0.024
^{125}I	0.52	1 mm Pb	0
^{32}P	0.05	1 mm Pb	0
^{57}Co	0.81	2 mm Pb	0.008

Campi di radiazione attorno ai contenitori di sostanze radioattive maggiormente impiegate (flacone 10 ml) per una attività di 37 MBq (1 mCi)

Esame	radiofarmaco	attività (MBq)	μSv/h		
			a contatto	a 0.3 m	a 1 m
scintigrafia ossea	^{99m}Tc MDP	555	15	7.2	2.2
scintigrafia epatica	^{99m}Tc colloide	150	4	2	0.6
angiocardio scintigrafia	^{99m}Tc RBC	740	20	10	3
scintigrafia miocardica	^{201}Tl	110	4	2	0.7

Campi di radiazione medi attorno ad un paziente cui sia stata somministrata una sostanza radioattiva a scopo diagnostico subito dopo la somministrazione.

	attività media somministrata ^{131}I (GBq)	μGy/h max a 1 m	dose equivalente a 1 m dal paziente (T=0 → ∞) (mSv)
terapia ablativa	2.96	100	4.9
terapia delle metastasi	5.55	165	5
ipertiroidismo	0.185	5.5	1

Campi di radiazione medi attorno ad un paziente cui sia stata somministrata una sostanza radioattiva a scopo terapeutico (^{131}I)

11.3. Valutazione del rischio per irradiazione esterna

È possibile contenere il rischio di irradiazione esterna ottimizzando le procedure e il lay-out dei servizi di Medicina nucleare.

1. Gli ambienti devono avere adeguate dimensioni e opportune dislocazioni: devono avere strutture fisse di radioprotezione (es. cella calda), sale di attesa ben separate, percorsi logici osservabili nella pratica quotidiana di lavoro.
2. L'operatore sanitario dovrà porre le soluzioni madre negli appositi alloggiamenti schermati in cassaforte o nei frigoriferi di stoccaggio non appena queste vengano consegnate al reparto; dovrà utilizzare sempre contenitori e siringhe schermati riducendo al minimo possibile il contatto diretto con contenitori, siringhe e provette.
3. L'operatore non dovrà stazionare in prossimità del paziente se non per le operazioni connesse alla corretta esecuzione dell'esame diagnostico; dovrà osservare scrupolosamente i contenuti delle norme di protezione e sicurezza ed esigere il loro rispetto.

Il rispetto delle semplici indicazioni sopra indicate rende possibile contenere il rischio di irradiazione esterna secondo quanto indicato nella tabella successiva.

impiego diagnostico in vivo	2 - 5 µSv/esame	3 - 4 mSv/anno per operatore (< 8 mSv/anno)	5 - 20 µSv/esame alle mani
impiego terapeutico (terapia dell'ipertiroidismo)	< 1 µSv/terapia (preparazione e somministrazione)	< 5 µSv/terapia (assistenza al paziente)	
impiego terapeutico (terapia delle metastasi da tumore tirodeo)	< 10 µSv/terapia (preparazione e somministrazione)	< 50 µSv/terapia (assistenza al paziente)	
impiego "in vitro"	rischio molto contenuto salvo casi particolari, quali l'impiego di emettitori beta di alta energia (ad es. ^{32}P), per cui occorre l'impiego di particolari mezzi di protezione.		<< 1 mSv/anno (per le normali attività sanitarie)

Tipiche dosi connesse all'impiego di sostanze radioattive in forma non sigillata a scopo terapeutico

11.4. Rischio di irradiazione interna

Nelle attività in questione è sempre presente il rischio di incorporazione di sostanze radioattive.

I principali potenziali meccanismi di incorporazione sono costituiti da:

- l'ingestione di sostanze radioattive
- l'inalazione di radionuclidi presenti sulle superfici di lavoro contaminate e risospesi nell'aria o a causa di una evaporazione di sostanze radioattive durante la manipolazione.

11.5. Valutazione del rischio per irradiazione interna in attività diagnostica

11.5.1. Incorporazione per inalazione

I radiofarmaci normalmente impiegati in ambito sanitario sono prevalentemente in forma non volatile; in generale i dati in letteratura riportano valori della frazione di attività inalata, rispetto all'attività impiegata, molto piccoli; pertanto, al fine della stima del rischio, si valuta, normalmente, che venga ingerita una frazione dell'attività impiegata pari a 10-6.

Un discorso particolare va fatto nel caso dell'impiego di sostanze marcate con iodio radioattivo, in particolare ioduri, data la maggior volatilità di questi composti.

Pertanto:

- si può considerare un rischio molto limitato di inalazione nel caso dell'attività diagnostica "in vivo" ed "in vitro", a meno che non si usino grandi quantità di ^{131}I;
- particolare attenzione va prestata per quanto riguarda l'attività terapeutica con ^{131}I.

11.5.2. Incorporazione per ingestione

L'incorporazione per ingestione di sostanze radioattive da parte del personale operatore è dovuta alla eventuale contaminazione radioattiva delle mani, pelle e vestiti. In letteratura viene riportato che la più importante via di incorporazione è quella mani-bocca durante la preparazione del radiofarmaco. Le frazioni di attività ingerite, qualora si adottino gli oppor-

Radionuclide	Attività impiegata comportante E(50) = 1 mSv/anno (GBq/anno)
^{99m}Tc	4000
^{131}I	4
^{67}Ga	450
^{111}In	300
^{201}Tl	950

tuni accorgimenti operativi, sono comunque molto piccole. Al fine della stima del rischio si valuta normalmente che venga ingerita una frazione dell'attività impiegata pari a 10^{-5}. Sulla base dei dati sopra indicati, nella tabella successiva è indicata la quantità di sostanze radioattive che è necessario manipolare annualmente per dare origine alla possibilità di assorbire una dose pari a 1 mSv.

È possibile contenere il rischio di irradiazione interna applicando delle semplici regole comportamentali:

- evitando le contaminazioni personali (usando gli indumenti protettivi ed, in particolare, i guanti monouso);
- evitando le contaminazioni delle superfici e mantenendo i luoghi di lavoro il più possibile "puliti";
- mantenendo la pulizia personale e degli indumenti di lavoro;
- controllando regolarmente la presenza di eventuale contaminazione all'uscita della zona controllata;
- eliminando velocemente e con la dovuta cautela qualsiasi contaminazione superficiale;
- mettendo sempre in funzione le cappe di aspirazione e gli impianti di ventilazione;
- osservando tutte le indicazioni contenute nelle norme di protezione e sicurezza.

11.6. Valutazione del rischio per irradiazione interna in attività terapeutica

Come già detto le soluzioni di radioiodio presentano un alto potenziale di volatilizzazione. La volatilità dipende dalle caratteristiche della soluzione (può variare di un fattore fino a 100).

In letteratura vengono riportati i seguenti valori di attività incorporata come frazione dell'attività manipolata:

soluzione volatile: 6.3×10^{-6}

soluzione volatile sotto cappa: 2.2×10^{-6}

soluzione non volatile: 7×10^{-8}

È importante che la soluzione abbia le seguenti caratteristiche:

- pH > 7
- aggiunta di antiossidanti (disodio fosfato) e agenti chelanti (disodio EDTA)

Le capsule presentano di norma una volatilizzazione potenziale del radioiodio molto inferiore.

Da quanto sopra esposto risultano evidenti le procedure necessarie per ridurre il rischio di irradiazione interna degli operatori addetti alla somministrazione, oltre ovviamente all'impiego degli usuali mezzi di protezione contro la contaminazione personale:

- ✓ impiegare capsule o, comunque, soluzioni non volatili;
- ✓ operare sotto cappa (in modo particolare nell'apertura dei contenitori);
- ✓ evitare l'esposizione all'aria del materiale radioattivo.

L'irradiazione interna dovuta all'assistenza al paziente è dovuta sia alla contaminazione dell'aria, sia alla contaminazione delle suppellettili, della biancheria, etc.

Infatti si ha una escrezione di radioattività da parte del paziente con conseguente contaminazione dell'aria e di tutto il

materiale con cui entra in contatto il paziente stesso; ovviamente vi è presenza di contaminazione nei servizi igienici: in questo caso, al fine della protezione dell'operatore, oltre ai normali mezzi di protezione contro la contaminazione personale (uso di guanti monouso, ecc.), si sottolinea l'importanza dei seguenti interventi:

- uso di materiale a perdere;
- riduzione del tempo di permanenza nella camera di degenza al minimo indispensabile.

Sulla base delle precedenti valutazioni è possibile riassumere i livelli di rischio legati all'impiego di sostanze radioattive non sigillate in ambito sanitario nel modo seguente:

Tipo di impiego	Rischio da irradiazione esterna	Rischio da irradiazione interna
"in vivo" diagnostico	moderato - alto	basso - moderato
"in vivo" terapeutico	alto	alto
"in vitro"	basso - moderato	basso

12. LA RADIOIMMUNOLOGIA (R.I.A.)

12.1. Generalità

Nel campo della biochimica clinica la tecnica del dosaggio radioimmunologico (Radio Immuno Assay - RIA) ha avuto in questi anni una notevole diffusione.

Questa tecnica si basa sulla reazione fra antigene marcato con radiotracciante ed anticorpo offrendo il grande vantaggio della specificità della reazione immunologica con la notevole sensibilità delle misure di radioattività in vitro.

La scelta del radiotracciante è vincolata dalle seguenti necessità: tipo di radiazione emessa facilmente rilevabile, emivita sufficientemente lunga, reattività chimica elevata, elevato grado di purezza ed elevata attività specifica.

Attualmente lo ^{125}I risulta essere il radioisotopo più utilizzato; la sostanza marcata in genere è sotto forma liquida o liofilizzata.

Tra le più comuni indagini RIA si possono ricordare: dosaggi ormonali, marker tumorali, marker dell'epatite.

È da ricordare tuttavia che in questi laboratori vengono normalmente effettuate anche indagini "non RIA", sempre in vitro, utilizzando radionuclidi per la ricerca, tra l'altro, di cellule citotossiche in corso di immunizzazione, misurazione della sintesi di DNA in corso di blastizzazione linfocitaria da alloantigeni, diagnosi molecolare di anemie emolitiche da difetto di membrana ed enzimopatie eritrocitarie.

12.2. Misure di prevenzione e protezione

La protezione dei lavoratori in un laboratorio RIA si fonda in larga misura su accorgimenti progettuali.

Un laboratorio RIA è normalmente strutturato a blocchi consistenti in: sala prelievi, deposito materiale radioattivo, sala dosaggi, sala conteggi, deposito rifiuti radioattivi sia liquidi che solidi, ed eventualmente, in relazione alle attività manipolate, una zona di decontaminazione.

Ai fini della protezione dei lavoratori in esso operanti, un Laboratorio RIA deve essere dotato:

- ✓ di un sistema di ventilazione adeguato alla tipologia e alle quantità di sostanze radioattive in esso utilizzate;
- ✓ una cappa
- ✓ pavimenti a sguscio e superfici lavabili per facilitare le operazioni di decontaminazione;
- ✓ adeguata strumentazione di monitoraggio della contaminazione superficiale (monitor per contaminazioni superficiali);
- ✓ un deposito per lo stoccaggio e il decadimento di rifiuti liquidi e solidi radioattivi, prima del loro smaltimento.

Modalità di manipolazione beta emittenti di alta energia

Di solito il rischio di irradiazione esterna è praticamente trascurabile in tali attività a meno che non si utilizzino beta emettitori di alta energia; ai fini della protezione dai rischi di irradiazione interna è indispensabile utilizzare tutti i dispositivi di protezione individuali disponibili e in particolare guanti monouso da utilizzare durante la manipolazione del tracciante.

12.3. Rifiuti radioattivi

Le attività radioimmunologiche comportano l'inevitabile produzione di rifiuti radioattivi. Una corretta gestione dei rifiuti radioattivi, riveste pertanto rilievo particolare in relazione al loro possibile impatto sull'ambiente. In tali attività il rifiuto solido consiste principalmente in materiale di risulta della attività del laboratorio quali flaconi, ampolle, provette e tubi a perdere, puntali di pipettatrice, materiale assorbente per banchi, guanti in lattice o polietilene etc.; si tratta, in generale, di materiale ad alto volume e a bassa concentrazione radioattiva.

Il rifiuto liquido consiste viceversa essenzialmente nel siero marcato con la sostanza radioattiva, vials contenenti liquido scintillante e, in alcuni casi, nelle acque di primo risciacquo delle provette o tubi contenenti il composto al quale il marker radioattivo si associa; si tratta, in generale, di materiale di modesta volumetria e concentrazione radioattiva dell'ordine del centinaio di Bq/ml.

Radioimmunologia

- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- Durante la manipolazione di sostanze radioattive indossare sempre i guanti monouso.
- In Zona Controllata è vietato bere, mangiare e fumare.
- All'uscita eseguire il controllo della contaminazione personale con l'apposito strumento di misura. Nel caso venga riscontrata contaminazione attenersi alle specifiche procedure ed avvisare il Responsabile del reparto e l'Esperto Qualificato.
- Evitare di portare mani e oggetti (penne) alla bocca.
- È vietato trasportare all'esterno del laboratorio qualunque attrezzatura senza prima averne controllato la possibile contaminazione.

13. MEDICINA NUCLEARE

13.1. Introduzione

La Medicina nucleare si occupa dello studio della morfologia e della funzionalità di alcuni organi del corpo umano, utilizzando sorgenti γ emittenti non sigillate (energia dei fotoni emessi: da 100 a 400 keV circa).

L'esame scintigrafico viene effettuato somministrando al paziente, principalmente per via endovenosa, una sostanza radioattiva legata ad un composto chimico (tracciante) diverso a seconda dell'organo che si desidera studiare.

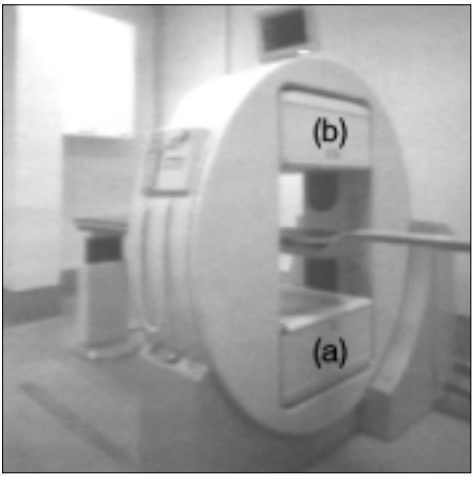
Il composto chimico a cui il radionuclide viene legato deve fare in modo che esso venga condotto nei tessuti dell'organo di interesse.

I radionuclidi più comunemente usati sono ^{99m}Tc, ^{67}Ga, ^{111}In, ^{201}Tl e ^{123}I; nella tabella successiva sono indicati alcuni dei parametri di interesse radioprotezionistico ad essi relativi.

Isotopo	T1/2	Energia (keV)
^{67}Ga	3.26 d	93.3
		184.6
		300.2
^{111}In	2.81 d	171.3
		245.4
^{123}I	13.2 h	159.0
^{99m}Tc	6.0 h	140.5
^{201}Tl	3.0 d	167.4

Parametri di interesse radioprotezionistico relativi ad alcuni radionuclidi utilizzati in medicina nucleare

Alla base della formazione di una immagine scintigrafica è la possibilità, accostando al corpo del paziente un rivelatore di radiazioni, di rivelare i fotoni emessi dalla sostanza somministrata; i segnali prodotti dal rivelatore, opportunamente processati da un sistema elettronico, forniscono a video l'immagine della distribuzione del tracciante. L'insieme costituito da rivelatore e dal sistema elettronico di elaborazione del segnale viene chiamato comunemente **gamma camera**.



Gamma camera a doppia testa

L'esame scintigrafico può essere effettuato con tecnica planare o tomografica. Nel primo caso la testa del tomografo viene posizionata in corrispondenza della regione corporea da indagare della quale vengono acquisite una o più immagini.
L'acquisizione planare può essere statica o, quando si voglia studiare un fenomeno a rapida variazione temporale (per esempio la funzionalità renale), dinamica: in tal caso vengono acquisite molte immagini in rapidissima successione, nell'ordine di 1 immagine al secondo.

Nell'acquisizione tomografica la gamma camera ruota attorno al paziente in corrispondenza del distretto corporeo da indagare fornendo un elevato numero di proiezioni da cui, con opportuni algoritmi matematici, si ottengono sezioni dell'organo in studio transassiali o secondo assi orientati in qualsiasi direzione.
Una gamma camera può essere a testa singola, doppia o tripla: solitamente le ultime due vengono impiegate per esami tomografici perché, potendo acquisire contemporaneamente più proiezioni, riducono la durata dell'esame.

13.2. Misure di prevenzione e protezione

La protezione dei lavoratori, in un Servizio di Medicina nucleare, si fonda in larga misura su accorgimenti progettuali; un Servizio di medicina nucleare deve infatti essere caratterizzato da:

- ✓ sistemi di ventilazione che convoglino l'aria dalle zone fredde alle zone calde e garantiscano adeguati ricambi di aria;
- ✓ un locale apposito per la manipolazione di radionuclidi (camera calda);
- ✓ pavimenti a sguscio e superfici lavabili per facilitare le operazioni di decontaminazione;
- ✓ percorsi differenziati in ingresso e in uscita dal reparto e una zona di decontaminazione;
- ✓ adeguata strumentazione di monitoraggio della contaminazione superficiale (monitor mani - piedi, monitor per contaminazioni superficiali)
- ✓ un deposito per lo stoccaggio e il decadimento di rifiuti liquidi e solidi radioattivi, prima del loro smaltimento.

Come già detto, l'attività svolta nel servizio di Medicina nucleare espone gli operatori alla irradiazione esterna e alla possibilità di contaminazione interna.

Irradiazione esterna: è dovuta principalmente alle seguenti attività:
- preparazione delle attività da somministrare: l'operatore normalmente lavora inserendo solo le braccia in una cella completamente schermata con piombo e vetro piombifero; le mani sono la parte del corpo esposta;
- somministrazione del tracciante al paziente: la siringa utilizzata dal medico è schermata ma solo in parte;
- assistenza al paziente: gli operatori prestano assistenza ai pazienti che talvolta, per le modalità di esecuzione di alcuni esami, rimangono nel servizio per tempi prolungati (anche qualche ora).

Contaminazione interna: si può verificare:
- durante la manipolazione per inalazione o per contaminazione cutanea;
- in seguito a comportamenti inadeguati: ad esempio, portarsi le mani alla bocca e mangiare e bere negli ambienti esposti a contaminazione;

Ai fini della protezione dai rischi di irradiazione esterna è necessario che vengano utilizzate tutte le schermature strutturali presenti nel servizio: cella di manipolazione in camera calda, barriere fisse e mobili. È altresì indispensabile utilizzare tutti i dispositivi di protezione disponibili e in particolare gli schermi in piombo per le siringhe, per i flaconi contenenti traccianti e per i contenitori di rifiuti.
Ai fini della protezione dai rischi di irradiazione interna è indispensabile utilizzare tutti i dispositivi di protezione individuali disponibili e in particolare guanti monouso da utilizzare durante la manipolazione del tracciante, gli indumenti e le calzature da indossare solo durante la permanenza in reparto.

Cella schermata di manipolazione

Schermi per siringhe

13.3. Rifiuti radioattivi
Le attività di Medicina nucleare comportano l'inevitabile produzione di rifiuti radioattivi. Una corretta gestione dei rifiuti

radioattivi riveste pertanto rilievo particolare in relazione al loro possibile impatto sull'ambiente. Nell'esercizio delle attività di diagnostica in vivo vengono prodotti, di norma, solo rifiuti radioattivi in forma solida e liquida, a condizione che:

a) i vapori o gas radioattivi, peraltro prodotti normalmente in piccole quantità, vengano filtrati prima della loro immissione in ambiente da parte degli impianti di ventilazione e/o condizionamento di cui sono normalmente dotate le strutture di medicina nucleare;
b) si provveda alla sostituzione programmata dei filtri assoluti e/o a carbone attivo dei servizi di medicina nucleare al fine di mantenerne inalterata la funzionalità e il potere filtrante.

I rifiuti solidi derivanti dall'uso di sostanze radioattive a scopo diagnostico in vivo sono principalmente costituiti da:

* siringhe, provette e contenitori vuoti di sostanze radioattive;
* materiale di medicazione;
* biancheria contaminata;
* materiale venuto a contatto con escreti di pazienti sottoposti ad esame scintigrafico (pannoloni, teli, cateteri, sondini, etc);
* materiale di consumo utilizzato in camera operatoria e venuto a contato con pazienti portatori di radioattività sottoposti a intervento chirurgico (ad es. nel caso di 99^{m}-Tc utilizzato nella ricerca del linfonodo sentinella);
* materiali utilizzati per operazioni di lavaggio e decontaminazione;
* filtri degli impianti di estrazione dell'aria dei servizi di Medicina nucleare.

In generale si tratta di materiale, prevalentemente "a perdere", contaminato da sostanze radioattive a breve tempo di dimezzamento e spesso con presenza di tossicità batteriologica o chimica. Materiale contaminato non "a perdere" (ad esempio biancheria) può essere riutilizzato dopo adeguate procedure di decontaminazione e/o dopo un tempo sufficiente a consentire il decadimento della sostanza radioattiva a livelli trascurabili.

Un residuo solido molto frequente è costituito dalle colonne di resine a scambio ionico utilizzate per l'eluizione di 99^{m}-Tc. Va inoltre sottolineato che spesso per la manipolazione, il trasferimento e il contenimento di soluzioni radioattive pronte per l'impiego clinico, si utilizzano prevalentemente siringhe, provette e altri tipi di contenitori di materiale plastico, del tipo a perdere; è opportuno trattare tale materiale, anche se contenente residui liquidi, come un rifiuto solido.

I principali rifiuti liquidi derivanti dall'uso di sostanze radioattive non sigillate a scopo diagnostico in vivo, sono costituiti da:

* **residui di soluzioni somministrate**, costituiti da piccoli volumi con attività inferiore, in genere, al centinaio di MBq; sono in gran parte contenuti in flaconcini con tappo a tenuta e, proprio in considerazione di questi elementi, non è consigliabile estrarre il liquido dai contenitori ma è viceversa opportuno considerare i contenitori stessi come rifiuti solidi;
* **acque utilizzate per il lavaggio di vetrerie o altri oggetti contaminati**, con un volume non precisabile e attività massima dell'ordine di qualche kBq; tale fonte di produzione è evidentemente estremamente contenuta nel caso di utilizzo di materiale "disposable";
* **acque di lavaggio di biancheria contaminata**, con volume non precisabile e attività non stimabili a priori ma comunque estremamente contenute;
* **escreti dei pazienti**, di solito raccolti in sistemi di vasche.

Medicina nucleare

- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- Durante la manipolazione di sostanze radioattive indossare sempre i guanti monouso.
- In Zona Controllata è vietato bere, mangiare e fumare.
- All'uscita eseguire il controllo della contaminazione personale con l'apposito strumento di misura. Nel caso venga riscontrata contaminazione attenersi alle specifiche procedure ed avvisare il Responsabile del reparto e l'Esperto Qualificato.
- Evitare di portare mani e oggetti (penne) alla bocca.
- La preparazione dei radiofarmaci da somministrare deve avvenire sotto cappa.
- Per la somministrazione utilizzare sempre siringhe schermate.
- Durante l'esame non rimanere in prossimità del paziente.
- L'assistenza ai pazienti è vietata alle donne gravide.
- È vietato trasportare all'esterno del Servizio qualunque attrezzatura senza prima averne controllato la possibile contaminazione.

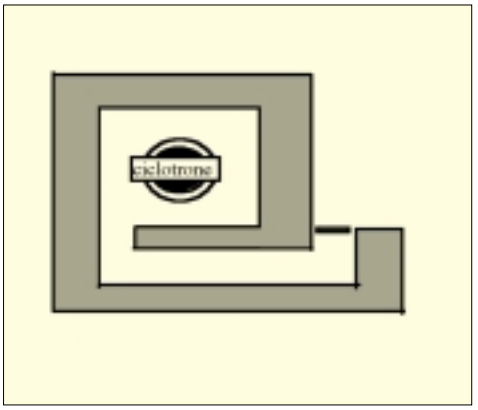
14. IL CICLOTRONE

14.1. Generalità

Uno dei metodi più usati nella produzione di radionuclidi si basa sull'utilizzo di un acceleratore di particelle cariche, il ciclotrone. In tale apparecchiatura le particelle cariche vengono accelerate fino ad ottenere elevate energie e fatte collidere su opportuni bersagli, target, producendo reazioni nucleari che portano alla formazione di nuovi elementi radioattivi.

14.2. Misure di prevenzione e protezione

I problemi radioprotezionistici relativi alla installazione di un ciclotrone in ambito ospedaliero sono spesso rilevanti poiché difficilmente esso può essere collocato lontano da ambienti destinati all'utilizzo delle sostanze radioattive da esso prodotte. Pertanto esso viene alloggiato in un bunker avente pareti di cemento dello spessore di 2 metri circa. Tale necessità è dovuta ai notevoli campi di radiazioni gamma e neutronici prodotti dalle collisione delle particelle cariche accelerate sia con i bersagli che con le strutture stesse del ciclotrone (pozzi di spegnimento, collimatore, etc.).



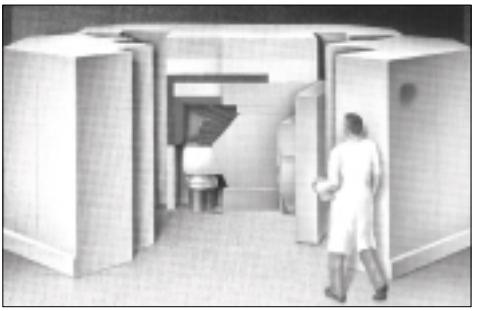
Bunker per ciclotrone

L'interazione dei neutroni prodotti con i gas che compongono l'aria ne produce l'attivazione cioè la produzione di radioisotopi gassosi.
Dato il significativo livello di rischio cui potrebbero essere esposte le persone che accidentalmente dovessero trovarsi nel bunker durante il funzionamento della macchina, occorre corredare l'impianto con sistemi di sicurezza che per offrire sufficiente affidabilità devono avere i requisiti di:

- molteplicità (più di un dispositivo di sicurezza);
- automaticità (funzionamento indipendente da errore umano);
- interdipendenza.

Essi agiscono a livelli diversi in funzione dell'entità del rischio inserendosi automaticamente e impedendo qualsiasi esecuzione di operazioni che non rispettino una determinata sequenza. Qualora un dispositivo di sicurezza venisse forzato si avrebbe lo spegnimento immediato dell'acceleratore. Nel bunker, nel camino di espulsione dell'aria ed in generale nei luoghi frequentati dagli operatori sono presenti sistemi di monitoraggio ambientale, sia fissi che mobili.

Tutti questi sistemi di controllo sono tali da escludere, nella normale attività della macchina, qualunque possibilità di incidente. Qualunque operazione all'interno del bunker del ciclotrone, classificato come zona controllata, richiede la valutazione preventiva del rischio e pertanto deve essere autorizzata dall'esperto qualificato.
Recentemente sono stati posti in commercio ciclotroni autoschermanti, tali da non richiedere la costruzione di un bunker dedicato.


Esempio di schermature per ciclotrone

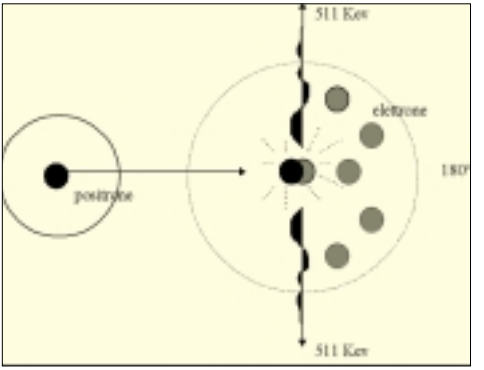
Il materiale schermante è normalmente costituito da boro, polietilene, piombo e cemento. La maggior parte di questi ciclotroni risulta avere una energia delle particelle accelerate di circa 10 – 11 MeV e una corrente di circa 50 μA. Per ciclotroni aventi energie superiori, pari a circa 16-18 MeV, rimane comunque la necessità di schermare il locale di installazione con pareti in cemento aventi spessore di circa 20 cm per ridurre i campi di radiazione sia gamma che neutronici.

Ciclotrone

- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- In Zona Controllata è vietato bere, mangiare e fumare.
- All'uscita eseguire il controllo della contaminazione personale con l'apposito strumento di misura. Nel caso venga riscontrata contaminazione attenersi alle specifiche istruzioni ed avvisare il Responsabile del reparto e l'Esperto Qualificato.
- Evitare di portare mani e oggetti (penne) alla bocca.
- L'accesso al bunker è consentito solo quando si verificano tutti i consensi forniti dai sistemi di sicurezza.
- Gli addetti che devono comunque accedere al bunker entro le prime ore dopo l'irraggiamento devono essere autorizzati preventivamente dall'Esperto Qualificato.
- Ogni operazione di manutenzione ordinaria o straordinaria sul ciclotrone ed in particolare in prossimità dei pozzi di spegnimento deve essere preventivamente autorizzata dall'Esperto Qualificato.

15. LA TOMOGRAFIA AD EMISSIONE DI POSITRONI

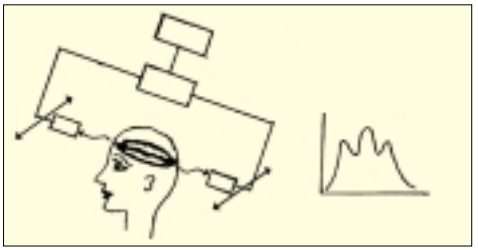
La tomografia ad emissione di positroni (PET) consente di misurare la concentrazione dei traccianti radioattivi nell'organo in esame e di ricostruire immagini di sezioni dell'organo stesso in termini di distribuzioni di concentrazione del radiotracciante.
La concentrazione di questi radiotraccianti può poi essere messa in relazione a processi fisiologici e metabolici attraverso appropriati modelli matematici.
La PET utilizza radionuclidi emittenti positroni (decadimento ß+) e rileva le radiazioni γ da 511 keV emesse a 180° in seguito alla annichilazione del positrone con un elettrone.



Processo di annichilazione

Un sistema di coppie di rivelatori opposti permettono la rivelazione dei γ emessi in coincidenza ed il segnale viene inviato ad

un computer per il trattamento dei dati per la creazioni di immagini tomografiche. Tra i vantaggi sostanziali dell'impiego dei



Ricostruzione del segnale

radionuclidi emittenti positroni nella tomografia ad emissione rispetto a quelli a singolo fotone normalmente usati in Medicina nucleare si possono citare:

- miglioramento della rivelazione in profondità;
- incremento della statistica di conteggio dei tomogrammi;
- maggiore accuratezza delle informazioni fornite dai tomogrammi;
- possibilità di utilizzare come traccianti isotopi di elementi fisiologicamente contenuti nei tessuti e da essi metabolizzati.

L'applicazione biomedica della PET ha contribuito alla selezione di quattro traccianti da destinare all'uso in vivo e che soli coprono circa il 90% delle attuali applicazioni della tomografia a positroni.
La diffusione dei tomografi ad emissione di positroni risulta limitata dal fatto che la breve emivita dei radioisotopi che, tra l'altro, comporta una riduzione della dose al paziente, implica la loro utilizzazione vicino al luogo di produzione.

Radioisotopo	Emivita
^{18}F	1,7 ore
^{11}C	20,3 minuti
^{13}N	10 minuti
^{15}O	123 secondi

Campi di radiazione a 1 metro di distanza dalle sorgenti radioattive impiegate

Radioisotopo	µSv/h per 37 MBq (1 mCi)
^{18}F	5,69
^{11}C	5,88
^{13}N	5,88
^{15}O	5,81

PET

- Se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- In Zona Controllata è vietato bere, mangiare e fumare.
- All'uscita eseguire il controllo della contaminazione personale con l'apposito strumento di misura. Nel caso venga riscontrata contaminazione attenersi alle specifiche procedure ed avvisare il Responsabile del reparto e l'Esperto Qualificato.
- Evitare di portare mani e oggetti (penne) alla bocca.
- Per la somministrazione utilizzare sempre siringhe schermate.
- Durante l'esame non rimanere in prossimità del paziente.
- L'assistenza ai pazienti è vietata alle donne gravide.

16. LA TERAPIA RADIOMETABOLICA

16.1. Generalità

In terapia radiometabolica vengono somministrate sostanze radioattive a scopo terapeutico.
La scelta del radiofarmaco da impiegare dipende dalle caratteristiche fisiche del radionuclide, dalla natura chimica del composto e da come questo viene metabolizzato dall'organismo. Da un punto di vista fisico i radionuclidi più indicati sono gli emettitori beta puri caratterizzati da un rilascio di energia localizzato. La mancata disponibilità di emettitori beta puri comporta, talvolta, la necessità di utilizzo di emettitori beta - gamma che, oltre all'effetto terapeutico, creano un campo di radiazioni indesiderato attorno al paziente.
Nella tabella successiva sono riportati alcuni dati sui radionuclidi più comunemente usati in terapia.

Nuclide	$T_{1/2}$ (g)	$E_\beta$max (MeV)	E_γ (MeV)
^{131}I	8.02	0.600	0.364
^{89}Sr	52	1.463	
^{90}Y	2.7	2.27	
^{32}P	14.3	1.71	

Caratteristiche dei radionuclidi più usati in terapia radiometabolica.

Per quanto riguarda la forma chimica del composto somministrato, essa deve consentire una captazione selettiva nel sito patologico.

16.2. Misure di prevenzione e protezione

È importante sottolineare che la somministrazione di ^{131}I in attività superiori a 600 MBq implica la necessità di ospedalizzazione del paziente in un apposito reparto di degenza protetta. In tal caso la protezione dei lavoratori si fonda in larga misura su accorgimenti progettuali; un reparto di degenza protetta deve infatti essere caratterizzato da:

- ✓ sistemi di ventilazione che convoglino l'aria dalle zone fredde (corridoi) alle zone calde (camere di degenza) e garantiscano adeguati ricambi di aria;
- ✓ pavimenti a sguscio e superfici lavabili per facilitare le operazioni di decontaminazione;
- ✓ schermature adeguate delle sale di degenza;
- ✓ disponibilità di schermature mobili all'interno delle stanze di degenza;
- ✓ sistemi di raccolta e contenimento degli escreti dei pazienti;
- ✓ percorsi differenziati in ingresso e in uscita dal reparto per il personale e per i pazienti e una zona di decontaminazione;
- ✓ adeguata strumentazione di monitoraggio della contaminazione superficiale (monitor mani - piedi, monitor per contaminazioni superficiali);
- ✓ un deposito per lo stoccaggio e il decadimento di rifiuti liquidi e solidi radioattivi, prima del loro smaltimento.

Anche questa attività espone gli operatori alla irradiazione esterna e alla possibilità di contaminazione interna.
Irradiazione esterna: è dovuta principalmente alle seguenti attività:

- preparazione delle attività da somministrare nel caso in cui non vengano somministrate capsule;
- assistenza al paziente ricoverato:

Contaminazione interna: si può verificare:

- a seguito di inalazione;
- a seguito di comportamenti inadeguati: ad esempio, portarsi le mani alla bocca;

Ai fini della protezione dai rischi di irradiazione esterna è necessario che:

1. il personale stazioni nelle stanze di degenza per il tempo strettamente necessario all'assistenza ai pazienti;
2. vengano utilizzate tutte le schermature mobili presenti nelle sale di degenza;
3. il paziente provveda da solo a portare la capsula alla bocca.

Ai fini della protezione dai rischi di irradiazione interna è indispensabile utilizzare tutti i dispositivi di protezione individuali disponibili, e in particolare guanti monouso da utilizzare durante la manipolazione del tracciante, indumenti e calzature o sovrascarpe da indossare solo durante la permanenza in reparto.

16.3. Rifiuti radioattivi

Anche le attività di terapia radiometabolica comportano l'inevitabile produzione di rifiuti radioattivi. Una corretta gestione dei rifiuti radioattivi riveste pertanto rilievo particolare in relazione al loro possibile impatto sull'ambiente.

La quasi totalità delle sorgenti non sigillate utilizzate a scopo terapeutico sono disponibili allo stato liquido o solido (capsule).

Nelle attività terapeutiche è possibile riferirsi principalmente ai rifiuti radioattivi prodotti in forma solida o liquida sottoforma di escreti dei pazienti; per quanto riguarda i vapori e/o gas radioattivi prodotti, particolare attenzione dovrà essere posta alla progettazione e alla gestione dei reparti di degenza protetta in cui viene utilizzato ^{131}I a scopo terapeutico. In tali situazioni, al fine di limitare l'immissione di aeriformi radiocontaminati in atmosfera, è necessario che:

a) il reparto di degenza sia dotato di impianto di condizionamento radioprotezionisticamente ottimizzato;
b) l'aria espulsa dal reparto sia filtrata attraverso filtri a carbone attivo;
c) si provveda alla sostituzione programmata dei filtri a carbone attivo al fine di mantenere inalterata l'efficienza di filtrazione dell'impianto;
d) non si addizionino composti chimici che possano favorire la produzione di iodio in forma gassosa (ad esempio ipoclorito di sodio) ai liquami contenuti nelle vasche che raccolgono gli escreti dei pazienti.

16.3.1. Rifiuti solidi

I rifiuti solidi derivanti dall'uso di sostanze radioattive non sigillate a scopo terapeutico sono costituiti da:

* contenitori vuoti di sostanze radioattive, siringhe eventualmente utilizzate per la somministrazione;
* contenitori da trasporto delle sostanze radioattive;
* materiale di medicazione;
* guanti e materiale utilizzato per la pulizia e la decontaminazione;
* siringhe e bicchieri contaminati;
* residui di sostanze alimentari consumate dai pazienti;
* piatti e stoviglie utilizzati dai pazienti;
* biancheria e lenzuola contaminate;
* filtri degli impianti di estrazione dell'aria in particolare dai reparti di degenza protetta che ospitano pazienti portatori di ^{131}I.

In generale si tratta di materiale contaminato da sostanze radioattive a breve o medio tempo di dimezzamento e spesso con presenza di una certa tossicità batteriologica o chimica.

Nel caso di somministrazione di ^{131}I a scopo terapeutico in reparti di degenza protetta, tutto il materiale a contatto con il paziente (residui di cibo, stoviglie, biancheria, lenzuola etc.) presenta valori di

radiocontaminazione anche rilevanti e pertanto dovrà essere considerato un potenziale rifiuto radioattivo.

16.3.2. Rifiuti liquidi

I principali rifiuti liquidi derivanti dall'uso di sostanze radioattive non sigillate a scopo terapeutico sono costituiti da:

* residui di radiofarmaci per i quali valgono le considerazioni già esposte a proposito delle attività diagnostiche;
* acque eventualmente utilizzate per il lavaggio di vetrerie o altri oggetti contaminati per le quali valgono le considerazioni già esposte a proposito delle attività diagnostiche;
* acque di lavaggio di biancheria contaminata con volume non precisabile e attività non stimabili a priori per le quali valgono le considerazioni già esposte a proposito delle attività diagnostiche a condizione di una corretta gestione della biancheria eventualmente radiocontaminata;
* escreti dei pazienti raccolti in un sistema di vasche.

Terapia radiometabolica

- Assicurarsi di portare i dosimetri personali secondo le modalità indicate nelle norme di radioprotezione.
- Durante la manipolazione di sostanze radioattive indossare sempre i guanti monouso.
- In Reparto è vietato bere, mangiare e fumare.
- All'uscita eseguire il controllo della contaminazione personale con l'apposito strumento di misura. Nel caso venga riscontrata contaminazione attenersi alle specifiche istruzioni ed avvisare il Responsabile del reparto e l'Esperto Qualificato.
- Evitare di portare mani e oggetti (penne) alla bocca.
- Trattare tutto il materiale proveniente dalle stanze di degenza (stoviglie, piatti, residui di cibo, etc.) come radiocontaminato.
- Trattenersi nelle sale di degenza per il tempo strettamente necessario all'assistenza.

17. IRRADIAZIONE DEI PREPARATI BIOLOGICI

17.1. Generalità

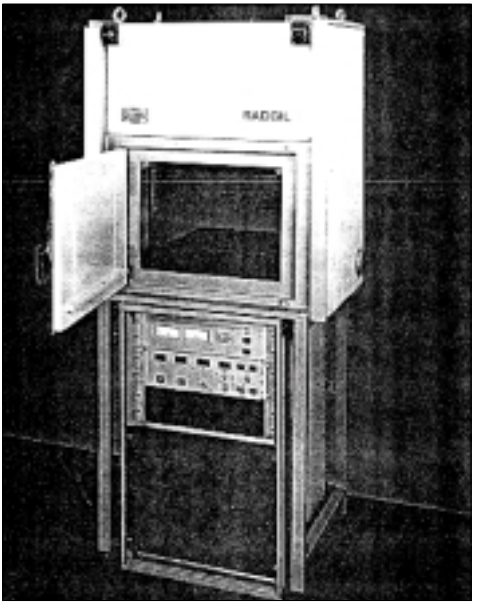
Per irradiare preparati biologici, in particolare sangue, concentrati piastrinici ed emoderivati, cellule, tessuti ed organi da trapianto, si usano macchine dedicate. Esse sono costituite normalmente da una cella schermata contenente la sorgente radiogena e nella quale vengono inseriti i campioni da irradiare. Esistono apparecchiature a sorgente radioisotopica e apparecchiature a raggi X prodotti da tubo radiogeno.

Le apparecchiature a sorgente radioisotopica, attualmente poco utilizzate e in fase di sostituzione con quelle a raggi X, utilizzano normalmente sorgenti sigillate di 137-Cs. L'apparecchiatura utilizzante il tubo radiogeno funziona a tensioni fino a 200 kV.

17.2. Misure di prevenzione e protezione

Generalmente queste installazioni non necessitano di particolari accorgimenti per garantirne il funzionamento in condizioni di sicurezza in quanto il fascio radiante rimane completamente confinato all'interno della cella. La schermatura di questa è studiata per garantire all'esterno di essa una riduzione della dose a valori praticamente confrontabili con il fondo naturale.

Il personale addetto deve essere istruito sul corretto funzionamento delle apparecchiature e deve seguire scrupolosamente tutte le indicazioni tecniche e di sicurezza.



Apparecchiatura per irraggiamento di emoderivati

18. NORME DI RADIOPROTEZIONE

Da quanto indicato nei capitoli precedenti, emerge con chiarezza che condizioni di sicurezza nelle attività che comportano il rischio di esposizioni alle radiazioni ionizzanti possono essere ottenute da un lato con azioni e/o provvedimenti definiti preventivamente all'esercizio dell'attività, dall'altro utilizzando procedure di lavoro condotte correttamente da un punto di vista radioprotezionistico. In tale contesto assume particolare importanza quanto disposto in materia di norme di radioprotezione alla lettera f) del comma 3 dell'art. 61 del D. Lgs. 230/95 e successive modifiche integrazioni. La redazione di norme appropriate in relazione alla tipologia e all'entità del rischio da radiazioni ionizzanti non deve rappresentare pertanto una mera ottemperanza formale a un disposto di legge, ma viceversa deve costituire il risultato di un'analisi condotta, situazione per situazione, delle modalità con cui il lavoro a rischio si deve esplicare. In tale contesto le norme contenute nell'appendice 2 di questo manuale informativo vanno intese solo ed esclusivamente come esempio delle situazioni che dovrebbero essere prese in considerazione e non come un tentativo di standardizzare delle raccomandazioni che viceversa non devono prescindere dalla specifica realtà lavorativa. Per tale motivo si è preferito limitarsi a prendere in considerazione solo alcune attività di radiodiagnostica che, oltre ad essere le fonti di rischio più frequenti, presentano caratteristiche tali da consentire sufficienti margini di generalizzazione.

18.1. Appendice 1 - Unità di misura

Si riportano le principali definizioni di grandezze e unità di misura.

1. **Attività (A):** numero di disintegrazioni di un nucleo radioattivo che avviene nell'unità di tempo. L'unità di misura è il bequerel (Bq):

   1Bq = 1 disintegrazione/s

   I fattori di conversione da utilizzare quando l'attività è espressa nella vecchia unità di misura, il Curie (Ci), sono i seguenti:

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

   $1\ Bq = 2{,}7027 \times 10^{-11}\ Ci$
2. **Energia (E):** è la capacità della radiazione di provocare ionizzazioni, eccitazioni o trasformazioni nucleari. L'unità di misura dell'energia di un fascio di radiazioni ionizzanti è l'elettronvolt (eV). Comunemente impiegati sono i suoi multipli keV e MeV.
3. **Tensione (V):** indica la differenza di potenziale tra due elettrodi. La sua unità di misura è il volt; comunemente viene usato il kV.
4. **Intensità di corrente (I):** quantità di carica elettrica che attraversa nell'unità di tempo una sezione di un materiale. La sua unità di misura è l'ampere (A):

   1A = 1 coulomb/s

   Comunemente viene utilizzato il mA.
5. **Dose assorbita (D):** quoziente di dE diviso per dm, in cui dE è l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti alla materia in un elemento volumetrico e dm la massa di materia contenuta in tale elemento volumetrico.

   L'unità di misura è il gray (Gy):

   1Gy = 1 J/ Kg

   I fattori di conversione da utilizzare quando la dose assorbita è espressa

nella vecchia unità di misura, il rad, sono i seguenti:

$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$

$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$

Tabella 1. Prefissi equivalenti alle potenze di 10.

Prefisso	Simbolo	Potenza di dieci
giga-	G	10^9
mega-	M	10^6
kilo-	k	10^3
centi-	c	10^{-2}
milli-	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}

Tabella 2. Grandezze fondamentali e relative unità di misura.

Grandezza	Unità di misura
Attività	bequerel (Bq)
Energia	elettronvolt (eV)
Tensione	volt (V)
Intensità di corrente	ampere (A)
Dose assorbita	gray (Gy)
Equivalente di dose	sievert (Sv)
Equivalente di dose efficace	sievert (Sv)
Dose impegnata	sievert (Sv)

Tabella 3. Alcuni fattori di peso w_R per la radiazione.

Radiazioni	w_R
Radiazioni X, γ, β, elettroni, positroni e muoni di qualsiasi energia	1
Protoni con energia (E) >di 2 MeV	5
Neutroni con E<10 KeV	5
Neutroni con 10<E<100 keV	10
Neutroni con 100 KeV<E<2 MeV	20
Neutroni con 2<E<20 MeV	10
Neutroni con E>20 MeV	5
Particelle α di frammenti di fissione, nuclei pesanti	20

Tabella 4. Fattori di peso, w_T, per tessuti ed organi.

Tessuto o organo	w_T
Gonadi	0,20
Colon	0,12
Midollo osseo (rosso)	0,12
Polmone	0,12
Stomaco	0,12
Mammelle	0,05
Esofago	0,05
Fegato	0,05
Tiroide	0,05
Vescica	0,05
Ossa (superfici ossee)	0,01
Pelle	0,01
Rimanenti organi e tessuti	0,05

6. **Dose equivalente (H):** grandezza radioprotezionistica ottenuta moltiplicando la dose assorbita (D) per fattori (Tab. 3) che dipendono dal tipo e dall'energia della radiazione, al fine di qualificare il significato della dose assorbita stessa per gli scopi della radioprotezione. L'unità di misura è il sievert (Sv):

   $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/ kg}$

   I fattori di conversione da utilizzare quando la dose equivalente è espressa nella vecchia unità di misura, il rem, sono i seguenti:

   $1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$

   $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
7. **Dose efficace (E):** somma delle dosi equivalenti nei diversi organi o tessuti, ponderate secondo i fattori indicati in Tabella 4:

   $E = \sum_T w_T . H_T$

   L'unità di misura è il sievert (Sv).
8. **Dose impegnata:** dose ricevuta da un organo o da un tessuto, in un determinato periodo di tempo, in seguito all'introduzione di uno o più radionuclidi. L'unità di misura è il sievert (Sv).

18.2. Appendice 2 - Norme di radioprotezione in radiodiagnostica

ADEMPIMENTI DI RADIOPROTEZIONE

I LAVORATORI

che svolgono attività che li espongono al rischio da radiazioni ionizzanti

DEVONO

(rif. articoli 68 e 69 D. Lgs. 230/95 e successive modifiche e integrazioni)

1. osservare le disposizioni impartite dal datore di lavoro o dai suoi incaricati, ai fini della protezione individuale e collettiva e della sicurezza, a seconda delle mansioni alle quali sono addetti;
2. usare secondo le specifiche istruzioni i dispositivi di sicurezza, i mezzi di protezione e di sorveglianza dosimetrica predisposti o forniti dal datore di lavoro;
3. segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le deficienze dei dispositivi e dei mezzi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica, nonché le eventuali condizioni di pericolo di cui vengono a conoscenza;
4. non rimuovere né modificare, senza averne ottenuto l'autorizzazione, i dispositivi, e gli altri mezzi di sicurezza, di segnalazione, di protezione e di misurazione;
5. non compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza;
6. sottoporsi alla sorveglianza medica ai sensi del presente decreto.
7. I lavoratori che svolgono, per più datori di lavoro, attività che li espongano al rischio da radiazioni ionizzanti, devono rendere edotto ciascun datore di lavoro delle attività svolte presso gli altri, ai fini di quanto previsto all'articolo 66. Analoga dichiarazione deve essere resa per eventuali attività pregresse. I lavoratori esterni sono tenuti ad esibire il libretto personale di radioprotezione all'esercente le zone controllate prima di effettuare le prestazioni per le quali sono stati chiamati.
8. Ferma restando l'applicazione delle norme speciali concernenti la tutela delle lavoratrici madri, le donne gestanti non possono svolgere attività **in zone classificate o, comunque, ad attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda un mSv durante il periodo della gravidanza.**
9. È fatto obbligo alle lavoratrici di notificare al datore di lavoro il proprio stato di gestazione, non appena accertato.
10. È altresì vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione.

ISTRUZIONI PER L'USO DEI DOSIMETRI PERSONALI

1. Il controllo dosimetrico personale, **laddove previsto**, è di norma eseguito mediante un dosimetro individuale da portare al petto (usualmente in corrispondenza dell'emitorace sinistro). Per attività particolari possono essere assegnati ulteriori dosimetri da portare alle mani o al polso (dosimetri ad anello o a bracciale) e/o in corrispondenza di organi particolari (p.e. il cristallino).
2. I dosimetri devono essere utilizzati solo dal lavoratore a cui sono stati as-

segnati: essi non possono essere ceduti o prestati ad altri. Inoltre gli stessi dosimetri non devono essere utilizzati per eventuali attività svolte per conto di altri datori di lavoro.
3. I dosimetri devono essere portati in modo da non essere mai schermati, in tutto o in parte, da oggetti personali quali penne, tesserini, bracciali, orologi, ecc.
4. In presenza di indumenti protettivi, i dosimetri devono essere portati secondo le modalità indicate dall'esperto qualificato
5. I dosimetri assegnati devono essere impiegati e conservati con cura; in particolare, quando non sono utilizzati, devono essere riposti in luoghi lontani da fonti di radiazione, di calore e di umidità. È vietata qualunque manomissione che possa deteriorarli.
6. Segnalare al Responsabile del Servizio/ Reparto l'eventuale esposizione di un dosimetro individuale verificatasi al di fuori del normale uso nell'attività lavorativa (p.e. nel caso che un dosimetro sia stato perso o lasciato, anche temporaneamente, all'interno di una sala radiologica in uso o in prossimità di una fonte di radiazione).
7. Comunicare al Responsabile del Servizio/ Reparto l'eventuale deterioramento o smarrimento di un dosimetro personale richiedendone la sostituzione.
8. Osservare le procedure stabilite per il cambio periodico dei dosimetri.

RADIODIAGNOSTICA SPECIALISTICA

Il personale addetto è tenuto al rispetto delle norme nonché all'osservanza degli *adempimenti di radioprotezione per i lavoratori e delle istruzioni per l'uso dei dosimetri personali.*

1. Se l'operatore è sottoposto al controllo dosimetrico individuale, prima di iniziare l'attività deve verificare di essere munito dei dosimetri individuali assegnati che devono essere portati secondo le specifiche istruzioni e per tutta la durata dell'attività.
2. Nel caso di pazienti che necessitano di assistenza durante l'esame radiologico richiedere, ove possibile, la collaborazione di un parente o di un accompagnatore, diversamente tale compito **deve** essere svolto da personale sanitario classificato ai fini della radioprotezione; è in ogni caso vietato affidare l'incarico di assistenza a minori di 18 anni e donne in gravidanza. La persona che presta assistenza deve essere dotata di indumenti anti-X e disposta in modo da evitare l'esposizione al fascio diretto.

Impiego di apparecchi radiologici fissi

1. Durante l'esecuzione degli esami le porte della sala radiologica devono essere chiuse.
2. Negli esami radiodiagnostici di tipo convenzionale gli addetti devono operare di norma dalla zona comandi, schermata dall'apposita cabina anti-X.
3. Negli esami radiodiagnostici che devono essere eseguiti a contatto ravvicinato con il paziente ogni operatore deve indossare i mezzi di protezione individuale stabiliti dall'Esperto Qualificato secondo il rischio di esposizione connesso alla propria mansioni.
4. Utilizzare di preferenza, se presente, il dispositivo di collimazione automa-

tica del fascio di raggi X, altrimenti regolare manualmente la collimazione del campo di radiazione alle dimensioni del ricevitore dell'immagine o, in fluoroscopia, alle dimensioni dello schermo di ingresso dell'intensificatore di immagine.
5. Utilizzare di preferenza, se presente, il dispositivo di controllo automatico dell'esposizione, altrimenti – per gli esami radiodiagnostici di cui è nota la tecnica impiegata - impostare manualmente i parametri di esposizione (kV, mAs o mA) attenendosi ai valori prestabiliti.

Impiego di apparecchi radiologici mobili

1. Il paziente e il ricevitore dell'immagine devono essere posizionati con cura in modo da evitare possibili cause di ripetizione del radiogramma. Quando è possibile il fascio di raggi X va orientato nella direzione in cui non vi sono altri pazienti o ambienti con presenza di personale.
2. La collimazione del campo di radiazione deve essere regolata in modo da corrispondere alle dimensioni del ricevitore dell'immagine.
3. Nei casi in cui il paziente debba essere assistito da personale sanitario durante l'esame radiografico, questi deve indossare i mezzi di protezione individuali. L'eventuale altro personale presente in sala deve allontanarsi.
4. Quando l'esame radiografico è eseguito in una camera di degenza a un paziente allettato è opportuno che eventuali pazienti presenti, se deambulanti, siano allontanati oppure siano protetti con barriere mobili o grembiuli anti-X.
5. L'operatore deve eseguire l'esame avendo indossato il grembiule anti-X, allontanandosi dal fascio X alla distanza massima consentita dal filo del pulsante di scatto.
6. È vietato lasciare incustodito un apparecchio radiologico mobile acceso.
7. Al termine dell'impiego l'apparecchio deve essere spento e scollegato dalla rete o bloccato il comando di accensione.

FLUOROSCOPIA NELLE ATTIVITÀ RADIODIAGNOSTICHE COMPLEMENTARI

Il personale addetto è tenuto al rispetto delle norme nonché all'osservanza degli *adempimenti di radioprotezione per i lavoratori e delle istruzioni per l'uso dei dosimetri personali.*

1. L'impiego dell'apparecchio radiogeno è consentito unicamente in fluoroscopia; l'esecuzione di esami radiografici è di esclusiva competenza del personale abilitato di Radiologia.
2. Se l'operatore è sottoposto al controllo dosimetrico individuale, prima di iniziare l'attività deve verificare di essere munito dei dosimetri individuali assegnati che devono essere portati secondo le specifiche istruzioni e per tutta la durata dell'attività.
3. Tutto il personale presente in sala deve indossare il grembiule anti-X e gli eventuali altri indumenti anti-X (guanti, occhiali, collare, ecc.) stabiliti dall'Esperto Qualificato secondo il rischio di esposizione connesso alle mansioni di ogni operatore.
4. In sala deve essere presente solo il personale strettamente necessario all'esecuzione dell'esame.
5. Gli apparecchi radiogeni mobili, dotati di norma di uno stativo ad arco a C,

devono essere utilizzati preferibilmente con il tubo radiogeno sotto il paziente e l'intensificatore di brillanza sopra, regolandone l'altezza in modo che lo schermo dell'I.B. sia il più vicino possibile al paziente.
6. Utilizzare il dispositivo di controllo automatico dell'esposizione.
7. Durante l'emissione del fascio di raggi X ogni operatore deve allontanarsi il più possibile dal campo di radiazione compatibilmente con le esigenze dell'esame. Deve essere evitata l'esposizione al fascio diretto delle mani o di altre parti del corpo.
8. Il sanitario addetto al funzionamento dell'apparecchiatura deve avvisare prima di ogni esposizione per consentire agli operatori non indispensabili alla esecuzione della procedura di allontanarsi.
9. Al termine dell'impiego l'apparecchio deve essere spento e, secondo le possibilità, scollegato dalla rete o bloccato il comando di accensione.

TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC)

Il personale addetto è tenuto al rispetto delle norme nonché all'osservanza degli *adempimenti di radioprotezione per i lavoratori* e delle *istruzioni per l'uso dei dosimetri personali*.

1. Se l'operatore è sottoposto al controllo dosimetrico individuale, prima di iniziare l'attività deve verificare di essere munito dei dosimetri individuali assegnati che devono essere portati secondo le specifiche istruzioni e per tutta la durata dell'attività.
2. Prima di iniziare l'esame è necessario accertarsi che nella sala radiologica sia presente solo il paziente e che la porta d'accesso sia chiusa.
3. L'operatore deve eseguire l'esame dalla sala comandi tenendo il paziente sotto controllo dall'apposita visiva anti-X e comunicando tramite l'interfono.
4. Gli operatori sanitari che eseguono interventi specialistici TC guidati (p.e. blocchi peridurali, biopsie, …) dovranno di norma accedere alla sala radiologica solo al termine della scansione, in assenza di emissione di raggi X.
5. Il personale che dovesse restare in sala durante la scansione per inderogabili esigenze cliniche deve essere munito di grembiule in gomma piombifera e deve stazionare di fianco al gantry.
6. In caso di emergenza attivare l'apposito pulsante (di norma di colore rosso) presente sulla console di comando.

MINERALOMETRIA OSSEA COMPUTERIZZATA (MOC)

Il personale addetto è tenuto al rispetto delle norme nonché all'osservanza degli *adempimenti di radioprotezione per i lavoratori* e delle *istruzioni per l'uso dei dosimetri personali*.

1. Se l'operatore è sottoposto al controllo dosimetrico individuale, prima di iniziare l'attività deve verificare di essere munito dei dosimetri individuali assegnati che devono essere portati secondo le specifiche istruzioni e per tutta la durata dell'attività.
2. Durante l'impiego del mineralometro in sala deve essere presente solo il paziente e l'operatore addetto: eventuali altre attività cliniche svolte nella stessa sala devono essere sospese.
3. Il posizionamento del paziente deve

essere effettuato sempre in assenza di scansione del fascio di radiazione.
4. Durante l'esecuzione dell'esame l'operatore deve stazionare nella postazione di comando, avvicinandosi al paziente solo in caso di necessità.
5. L'operatore deve seguire l'esame dalla postazione di comando per tutta la sua durata non allontanandosi dalla sala quando un esame in corso.
6. In caso di mancata cessazione dell'erogazione raggi al termine della scansione (riscontrabile dai dispositivi di segnalazione sulla console e sul mineralometro stesso) spegnere l'apparecchio e allontanare il paziente. Avvisare il Responsabile del Reparto.
7. Qualunque intervento di riparazione o di manutenzione del mineralometro deve essere eseguito dal personale specializzato della Ditta fornitrice. Nei mineralometri che impiegano sorgenti sigillate tutte le operazioni di sostituzione della sorgente e la relativa calibrazione devono essere effettuate esclusivamente dal personale specializzato della ditta incaricata.
8. Al termine dell'impiego il mineralometro deve essere spento.

RADIODIAGNOSTICA ODONTOIATRICA

1. Se il medico odontoiatra è sottoposto al controllo dosimetrico individuale prima di eseguire l'esame radiografico deve verificare di essere munito del dosimetro individuale assegnato che va portato secondo le specifiche istruzioni.
2. Il paziente e il ricevitore dell'immagine devono essere posizionati con cura in modo da evitare possibili cause di ripetizione del radiogramma. Nelle radiografie endorali la pellicola o il sensore deve essere sostenuto direttamente dal paziente stesso.
3. Deve essere disponibile un grembiule o una mantellina anti-X per la protezione del paziente.
4. In caso di pazienti non collaboranti richiedere l'assistenza di un accompagnatore (escludendo donne in gravidanza o minori di 18 anni); la persona incaricata dovrà essere dotata di indumento anti-X e disposta in modo da evitare l'esposizione al fascio diretto.
5. Il medico odontoiatra deve eseguire l'esame radiografico avendo preventivamente allontanato dalla sala l'eventuale assistente di studio e, se il comando di esposizione dell'apparecchio non è installato all'esterno della sala, collocarsi il più lontano possibile dal paziente nella direzione opposta al fascio di radiazione.
6. In caso di malfunzionamento dell'apparecchio radiogeno o di suoi componenti quali la centralina per la selezione dei tempi di esposizione o il pulsante di comando raggi, sospendere l'impiego dell'apparecchio stesso e richiedere l'intervento dell'assistenza tecnica della Ditta fornitrice.
7. Comunicare all'Esperto Qualificato la sostituzione di parti o componenti dell'apparecchio radiogeno o l'esecuzione di interventi di manutenzione al fine di stabilire, se del caso, le relative verifiche.

Finito di stampare:
Ottobre 2001 - Modulimpianti s.n.c. - Capriate S.G.

Bianca

LA RADIOPROTEZIONE NELLE ATTIVITA' INDUSTRIALI E DI RICERCA

MANUALE INFORMATIVO AD USO DEI LAVORATORI

a cura del Gruppo Regionale Lombardo
dell'Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati
(ANPEQ)

ottobre 2002

Alla redazione del presente manuale hanno contribuito:

GIULIANO BELLINI[1], LUISA BIAZZI[2], ROBERTO BRAMBILLA[3], GIUSEPPE EULISSE[3], DANIELE FANTINATO[4], CARLO LIVERANI[5], DOMENICO IPPOLITO[6], ANNA MARIA SEGALINI[1]

La prima parte del manuale (modificata e integrata per gli aspetti specifici industriali e di ricerca scientifica) è tratta da "La radioprotezione nelle attività sanitarie: manuale informativo ad uso dei lavoratori" pubblicato dalla Regione Lombardia-Sanità in ottobre 2001, alla cui stesura hanno collaborato anche Anna Anversa[7] e Stefano De Crescenzo[7]

(1) Milano
(2) Università di Pavia – Fisica Medica
(3) IRCCS – Ospedale Maggiore di Milano – Servizio di Fisica Sanitaria
(4) IRCCS – Fondazione S.Maugeri – Servizio di Fisica Sanitaria
(5) Monza
(6) ENI – Divisione AGIP – Unità Radioprotezione
(7) Direzione Generale Sanità-U.O.Prevenzione-Regione Lombardia

PRESENTAZIONE

Il presente manuale segue quello dal titolo “La radioprotezione nelle attività sanitarie: manuale informativo ad uso dei lavoratori” pubblicato dalla Regione Lombardia-Sanità in ottobre 2001.
Esso riguarda la radioprotezione nelle attività industriali e di ricerca scientifica ed è dedicato specificatamente ai lavoratori che impiegano radiazioni ionizzanti in tali ambiti. Per tale motivo il capitolo 1 è comune al manuale dedicato alle attività sanitarie per quanto attiene agli aspetti generali, mentre si differenzia laddove le parti specifiche lo richiedono.

Così come precisato dall’Assessore regionale alla Sanità nella premessa al manuale informativo per i lavoratori che operano nelle strutture sanitarie, anche questo manuale è stato concepito affinché esso “rappresenti un utile strumento per dare concreta applicazione agli obblighi di informazione dei lavoratori, previsti, oltre che dal D.Lgs.626/94 sul piano generale, in maniera specifica dall’art.61, comma 3, lettera e) del D.Lgs.230/95” e lo si mette a disposizione dei datori di lavoro “con l’auspicio che possa essere ampiamente utilizzato nell’ambito dell’attuazione degli adempimenti mirati alla prevenzione dei rischi da esposizione professionale alle radiazioni ionizzanti”.

Il Direttivo ANPEQ esprime viva soddisfazione per il lavoro svolto dagli autori che risponde ad un'esigenza sentita nel settore della radioprotezione industriale e della ricerca e con piacere mette questo Manuale a disposizione degli operatori della radioprotezione con la precisazione che le norme di radioprotezione del Manuale rappresentano un'indicazione di carattere generale riguardo ai fattori da prendere in considerazione e vanno personalizzate secondo le singole specifiche realtà aziendali, in relazione alla tipologia e all'entità del rischio da radiazioni ionizzanti e a fronte di un'analisi condotta, caso per caso, in base alle modalità secondo cui il lavoro che può esporre a rischio si deve esplicare.

LUISA BIAZZI, VICEPRESIDENTE ANPEQ

…….

INDICE

1. INTRODUZIONE 4
1.1. Le origini storiche e tecnologiche della radioprotezione 4
1.2. Le radiazioni di origine naturale 6
1.3. Le interazioni delle radiazioni con i tessuti 7
1.3.1. Gli effetti delle radiazioni sulle cellule 8
1.3.2. Gli effetti delle radiazioni sull'organismo 8
1.4. I principi della radioprotezione 13
1.5. La normativa nazionale di radioprotezione 14
1.5.1. Criteri di classificazione dei lavoratori e delle zone 17
1.5.2. Sorveglianza fisica 19
1.5.3. Sorveglianza medica 20
1.5.4. La protezione sanitaria della popolazione 21
1.6. Glossario 22
2. SORGENTI NATURALI DI RADIAZIONI IONIZZANTI NEGLI AMBIENTI DI LAVORO…….. 26
2.1. Descrizione 26
2.2. Esposizioni da radon 27
2.3. Esposizioni nelle attività di volo 29
3. STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE E DI RICERCA 30
3.1. Spettrometro per analisi mediante raggi x di fluorescenza (xrf), con tubo radiogeno o con radioisotopi…….32
3.2. Diffrattometro con tubo radiogeno con fascio schermato e libero…….39
3.3. Microscopio elettronico…….45
3.4. Detector per gascromatografia a cattura elettronica (ECD)……49
3.5. Misuratore di polveri in aria con campionamento continuo dell'aria ambiente……..52
3.6. Apparecchio con tubo radiogeno per radiografia in bunker……53
3.7. Apparecchiatura con radioisotopi per radiografia (gammagrafia) in bunker……..58
3.8. Acceleratore lineare per radiografia in bunker……..……61
3.9. Apparecchio con tubo radiogeno per radiografia o con radioisotopi per gammagrafia in campo aperto……...……67
3.10. Armadio "cabinet" per radiografia……..…72
3.11. Misuratore di spessore, livello, densità a trasmissione con sorgente radioattiva o tubo radiogeno……...……..75
3.12. Misuratore di spessore a retrodiffusione con sorgente radioattiva o tubo radiogeno……..80
3.13. Ionizzatore d'aria……..…83
3.14. Rivelatore di fumo a camere di ionizzazione……..…84
3.15. Impiantatori ionici……...87
4. NORME DI RADIOPROTEZIONE INTEGRATIVE IN CASO D'INCENDIO……..90
5. PARTICOLARI RACCOMANDAZIONI DI RADIOPROTEZIONE AI DATORI DI LAVORO ……..…91

1. INTRODUZIONE .

1.1. Le origini storiche e tecnologiche della radioprotezione.

L'8 novembre 1895, Wilhelm Conrad Roentgen, professore di fisica all'Università di Wurzburg, stava studiando le caratteristiche dei raggi prodotti all'interno di un tubo nel quale era stato prodotto il vuoto e generata un'alta differenza di potenziale tra due elettrodi in esso contenuti. Questi raggi, chiamati *raggi catodici*, avevano origine in prossimità dell'elettrodo *catodo* ed erano diretti verso l'elettrodo *anodo*. Roentgen studiava, in particolare, la luminescenza indotta dal fascio di raggi catodici sul vetro del tubo.

A un certo punto decise di "oscurare" questa luminescenza ricoprendo il tubo con un mantello sottile di cartone nero, in grado di impedire il passaggio dei raggi del sole o di una lampada ad arco; in queste condizioni notò una debole emissione luminosa provenire da un piccolo schermo fluorescente di carta spalmato di platinocianuro di bario, che si trovava casualmente a una certa distanza dal tubo.

La fluorescenza indotta sullo schermo durante il funzionamento del tubo persisteva anche allontanando lo schermo fluorescente o ponendo il tubo stesso in una cassetta di legno chiusa ermeticamente.

Tutto questo non trovava ragionevole spiegazione con il fenomeno dei raggi catodici, oggetto di studio da parte di numerosi fisici in quel periodo (J.J. Thomson dimostrò nel 1897 che i raggi catodici sono costituiti da cariche elettriche negative, in seguito chiamate *elettroni*). Roentgen si accorse inoltre, con grande emozione, che interponendo la propria mano tra il tubo e lo schermo fluorescente appariva su questo l'ombra delle proprie ossa!

A questo punto comprese che qualcosa di sconosciuto, avente origine nel tubo, era in grado di attraversare il cartone opaco, o la cassetta di legno, la propria mano e di giungere a produrre fluorescenza sullo schermo: aveva scoperto **i raggi X**, così chiamati da Roentgen proprio per sottolinearne la natura sconosciuta.

Nel giro di poche settimane Roentgen fu in grado di studiare e di descrivere le più importanti caratteristiche dei raggi X, e in particolare:

- la loro capacità di impressionare lastre fotografiche;
- la loro capacità di produrre ionizzazione in aria o in altri gas;
- la loro capacità di attraversare, senza apprezzabile attenuazione, molti materiali a basso numero atomico e a bassa densità;
- il loro significativo assorbimento durante il passaggio attraverso materiali ad alto numero atomico e ad alta densità.

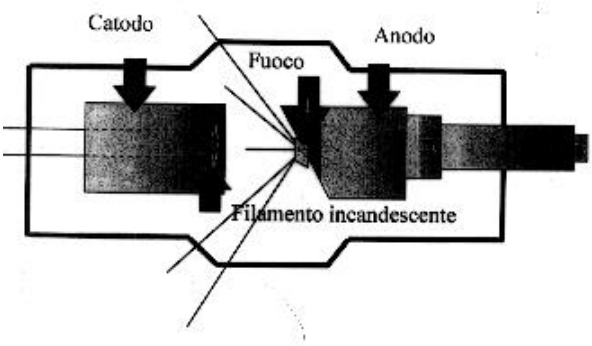
Il primo lavoro presentato da Roentgen, intitolato "Un nuovo tipo di raggi", riportava, oltre alle modalità di produzione e alle caratteristiche principali dei raggi X, anche l'immagine ormai famosa delle "ombre delle ossa della mano" della moglie.

Proprio il diverso grado di assorbimento dei raggi X in materiali a diverso numero atomico e a diversa densità è la caratteristica che viene sfruttata in

radiologia clinica per "vedere" l'interno del corpo umano e, nell'industria e nella ricerca, per esaminare peculiarità o difetti interni di oggetti radioopachi all'indagine visiva.
La scoperta dei raggi X diede al clinico medico, da alcuni decenni già in possesso dello *stetoscopio* (lo "strumento che guarda dentro il torace") scoperto da Laennec, un formidabile mezzo diagnostico in grado di indagare l'*invisibile*, attraverso il *criptoscopio*, lo "strumento che osserva le cose nascoste".
Lo sviluppo delle tecniche radiologiche negli anni successivi fu impressionante anche grazie alla realizzazione nel 1912 da parte di Coolidge di un particolare tipo di tubo a raggi X, dello stesso tipo di quelli ancor oggi utilizzati, sia pure con importanti aggiornamenti tecnici.

W. Roentgen

Il tubo di Coolidge è schematicamente costituito da un'ampolla di vetro, nella quale è praticato il vuoto spinto e nella quale si trovano due elettrodi, un catodo e un anodo (o anticatodo), quest'ultimo costituito da un metallo ad alto numero atomico (ad esempio, tungsteno); nelle vicinanze del catodo si trova un filamento che, riscaldato, emette elettroni. Nella figura seguente è riportato uno schema di massima.



Schema di un tubo a raggi X

Gli elettroni emessi dal filamento riscaldato vengono attratti dall'anticatodo (che è l'elettrodo positivo): l'emissione dei raggi X è dovuta all'interazione degli elettroni (i raggi catodici studiati da Röentgen) con gli atomi dell'anticatodo.
All'epoca della realizzazione di Coolidge era già stata dimostrata da M. Von Laue la natura fisica dei raggi X: sono *onde elettromagnetiche*, fisicamente dello stesso tipo della luce visibile, caratterizzate da una diversa lunghezza d'onda, estremamente piccola (dell'ordine di 10^{-10} m).
Poche settimane dopo la scoperta dei raggi X da parte di Röentgen, il fisico francese Becquerel, ricercando una relazione tra i raggi X appena scoperti e i fenomeni di fluorescenza indotti su sali di uranio, scopriva il fenomeno della *radioattività naturale* e avviava il mondo scientifico dell'epoca alla scoperta della costituzione intima della materia.
Tra il 1898 e il 1902 Pierre Curie e la moglie Marie Sklodowska scoprirono altri elementi (tra i quali il radio) in grado di presentare il fenomeno della radioattività, dimostrando quindi che questo non è esclusivamente caratteristico dell'uranio.

Nel 1934 Irene Curie (figlia dei Curie) e il marito Frederic Joliot scoprirono il

I coniugi Curie

fenomeno della *radioattività artificiale*, cioè la possibilità di produrre artificialmente elementi radioattivi non presenti in natura e aprirono la strada alla scoperta di un grande numero di isotopi radioattivi artificiali (oggi sono centinaia gli isotopi radioattivi producibili artificialmente).
La possibilità successiva di marcare con isotopi radioattivi cellule, molecole o farmaci ha fornito ai ricercatori la possibilità di seguire il comportamento degli stessi all'interno del corpo umano, in particolare consentendo di rilevare, dall'esterno del corpo, la distribuzione della radioattività in un particolare organo (la cosiddetta scintigrafia) ovvero di eseguire indagini funzionali attraverso lo studio dell'accumulo e dell'eliminazione del composto in un organo o in un tessuto biologico. Proprio lo stesso Becquerel, pochi anni dopo la scoperta della radioattività naturale, doveva accorgersi che le radiazioni scoperte da lui e da Röentgen producono effetti sugli organismi viventi: nasceva quindi da una parte la **Radioprotezione**, cioè la disciplina che tratta della protezione dalle radiazioni e, parallelamente, una nuova disciplina della medicina, la **Radioterapia**, basata sullo sfruttamento terapeutico degli effetti biologici delle radiazioni.

1.2. Le radiazioni di origine naturale

La scoperta dei raggi X, avvenuta solo un secolo fa, e la diffusa preoccupazione destata dagli effetti devastanti delle esplosioni nucleari prodotte durante l'ultima guerra mondiale hanno diffuso l'idea che le radiazioni ionizzanti fossero solo un prodotto dell'attività umana. In realtà le radiazioni ionizzanti esistono da sempre sul nostro pianeta e la specie umana si è evoluta vivendo e riproducendosi in un campo di radiazioni naturali, chiamato *fondo naturale di radiazioni*. Le radiazioni naturali hanno origine in parte dal sole e dallo spazio e in parte dalla crosta terrestre; inoltre isotopi radioattivi naturali sono normalmente presenti nel nostro organismo, come in tutti gli esseri viventi. L'intensità del fondo naturale è molto variabile da luogo a luogo, è diversa all'aperto e dentro gli edifici; all'interno degli edifici può cambiare, spesso in modo significativo, in funzione di differenti materiali da costruzione e della presenza di radon, gas nobile radioattivo che emana dal suolo e, in

assenza di ventilazione, tende a rimanere al suolo, essendo più pesante dell'aria. In Tabella 1 sono mostrati i contributi all'esposizione di un individuo della popolazione a causa del fondo naturale di radiazioni Per la definizione di dose si rimanda al glossario al termine di questo capitolo.

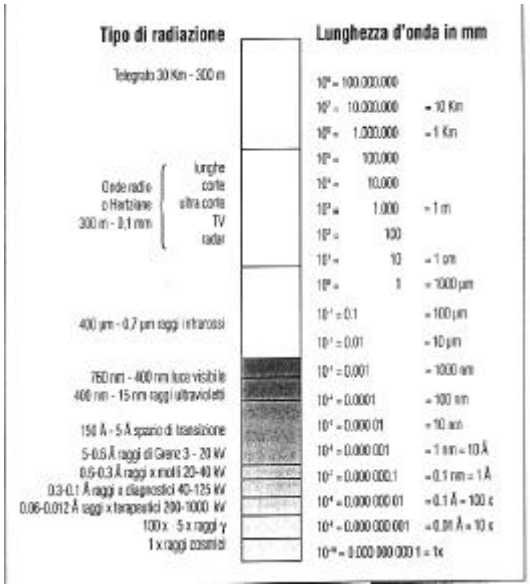
Tabella 1 Esposizione media di un individuo dovuta a fonti di irradiazione naturali presenti nell'ambiente (1).

Fonte	**(mSv/anno)**
raggi cosmici	0.355
radionuclidi presenti in natura prodotti dalla radiazione cosmica	0.015
radionuclidi primordiali	
Irradiazione esterna	0.41
^{40}K	0.18
Famiglie radioattive (^{238}U e ^{232}Th)	1.42 (*)
Totale	**2.38**

(*) estremamente variabile (dipende dal contributo dovuto alla inalazione di radon, gas radioattivo naturale emesso sia dal terreno sia dai materiali di costruzione degli edifici)

1.3. L'interazione delle radiazioni con i tessuti

I raggi X appartengono alla famiglia delle radiazioni elettromagnetiche, che comprende anche la luce visibile, l'infrarosso, l'ultravioletto e i raggi gamma provenienti da decadimenti radioattivi; il solo elemento discriminante tra queste radiazioni è la lunghezza d'onda o la frequenza (che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda). I raggi X, (come anche le radiazioni elettromagnetiche provenienti dai decadimenti radioattivi) a differenza della luce visibile, dell'infrarosso e dell'ultravioletto, sono radiazioni ionizzanti, perché nel loro passaggio attraverso la materia producono ionizzazioni, cioè alterazioni della struttura elettronica degli atomi; quando questo avviene con gli organismi viventi (in particolare con l'uomo) possono prodursi danni biologici, a volte di estrema gravità.

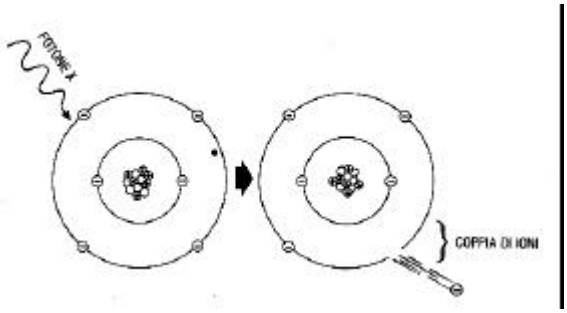


Spettro della radiazione elettromagnetica

Nel seguito vengono riportati i principali meccanismi biologici che comportano danno a seguito di esposizione alle radiazioni ionizzanti e descritti i vari tipi di danno.

1.3.1. Gli effetti delle radiazioni sulle cellule

Il passaggio di radiazioni ionizzanti in una cellula vivente può dare origine a una complessa catena di eventi poiché nella cellula stessa sono presenti molecole molto diverse, alcune molto semplici (l'acqua), altre molto complesse (il DNA).
In ogni caso, il primo evento è la ionizzazione primaria di un atomo o di una molecola della cellula.



Fenomeno della ionizzazione

La ionizzazione provoca la formazione di nuove entità chimiche, a volte molto reattive, come nel caso dei radicali liberi derivanti dalla ionizzazione dell'acqua; in questi casi possono avvenire reazioni chimiche capaci di modificare il contenuto della cellula stessa e quindi in grado di produrre un effetto biologico dipendente dalla natura del danno, dai componenti cellulari danneggiati e dalla specifica funzione della cellula interessata.
La cellula umana contiene 46 cromosomi, che possono essere schematizzati come catene di geni: le caratteristiche di ciascun individuo sono determinate da questi geni e dalla loro disposizione. Ogni cambiamento della struttura di un gene, cioè ogni mutazione, si trasmette alle cellule figlie, che hanno origine dalla cellula mutata.
Dopo un grande numero di replicazioni di cellule mutate può comparire un effetto macroscopico nell'organismo.
Se la mutazione interessa le cellule germinali dell'individuo, è possibile che da una di queste cellule abbia origine un embrione; in questo caso la mutazione avrà un effetto genetico, potendo comparire nell'individuo figlio e/o nei figli che da questo saranno generati.

1.3.2. Gli effetti delle radiazioni sull'organismo

Gli effetti delle radiazioni ionizzanti sull'organismo possono essere di due tipi: somatici e genetici. Gli effetti somatici si riferiscono ai danni che si osservano nell'individuo esposto e si esauriscono con lui; gli effetti genetici sono riferiti alle conseguenze dei danni prodotti sulle cellule germinali e

trasmessi ai discendenti; tali conseguenze si manifestano solo nelle generazioni future.
Gli effetti biologici, inoltre, possono essere suddivisi in "stocastici" e "deterministici".
Gli effetti stocastici sono di tipo probabilistico, ovvero la loro frequenza di comparsa, comunque molto piccola, è funzione della dose; non hanno gradualità di manifestazioni con la dose assorbita, cioè sono del tipo tutto - o - niente quale che sia la dose.
Gli effetti deterministici sono viceversa prevedibili, nel senso che è possibile predire se una persona irradiata con una data dose svilupperà questi effetti. Presentano un valore soglia di dose al di sopra del quale colpiscono tutti o quasi tutti gli irradiati e mostrano un aggravio di sintomi con l'aumentare della dose.
Possono manifestarsi entro qualche giorno o qualche settimana dall'irradiazione (effetti immediati) o dopo mesi o anni (effetti tardivi). I valori soglia al di sopra dei quali compaiono effetti rilevabili clinicamente sono dell'ordine del sievert o anche più.
Gli effetti somatici possono essere di tipo deterministico o stocastico. Tra gli effetti somatici deterministici, oltre a quelli dovuti all'esposizione globale acuta di un individuo a dosi elevate, di cui viene riportato in Tabella 2 un quadro schematico e semplificato della sintomatologia in rapporto alla dose, rientrano:

- le radiodermiti, dal semplice eritema cutaneo immediato alla "radiodermite del radiologo", che insorge dopo diversi anni di latenza, ma che non regredisce più, fino ad evolvere, potenzialmente, in epitelioma spinocellulare;
- le alterazioni ematologiche, essenzialmente rappresentate da manifestazioni di aplasia midollare, con riduzione del numero di granulociti, linfociti e piastrine, e da anemie;
- le alterazioni a carico dell'occhio, essenzialmente rappresentate dalla cataratta, che può insorgere, anche a distanza di diversi anni, a seguito dell'esposizione ad una dose unica di 5-8 Sievert (Sv);
- danni agli organi genitali, quali la riduzione della fertilità o la sterilità per dosi superiori a 1 Sv.

Tabella 2 Sintomatologia a seguito di esposizione globale acuta di un individuo ad alte dosi

Settimane dopo l'esposizione	Dose (Sv) 1-3 (subletale)	4 (letale)	> 6 (sopraletale)
1	fase latente	Nausea e vomito (1 giorno)	nausea e vomito, malessere, diarrea, febbre
2		Depilazione, malessere generale	bocca e gola infiammate, ulcerazioni, deperimento, morte
3	perdita appetito, depilazione, infiammazione gola, emorragie	Perdita appetito, emorragia, diarrea, febbre, deperimento, morte eventuale	
4	diarrea, guarigione		
Sopravvivenza	Certa salvo complicazioni; (2.5 Sv sono mortali nel 5% dei casi)	Possibile nel 50% dei casi	impossibile

Gli effetti somatici stocastici sono quelli più importanti dal punto di vista radioprotezionistico in quanto, almeno in via teorica e come vedremo più avanti, si possono verificare anche per livelli di dose molto bassi; viceversa gli effetti deterministici si verificano solo per valori di dose elevati e sono quindi da escludere in attività ospedaliere comportanti l'impiego di radiazioni ionizzanti. Gli effetti somatici stocastici sono rappresentati da lesioni neoplastiche, quali le leucemie e altre forme tumorali solide (cancro del polmone, tumore della mammella, carcinoma della tiroide, tumori dello scheletro, etc.). Tali effetti hanno tempi di latenza piuttosto lunghi: il tempo di latenza minimo varia da tre anni per le leucemie e i tumori ossei a dieci anni per gli altri tumori solidi. Vanno inoltre considerati i danni embrionali e fetali: infatti, a seguito dell'azione delle radiazioni sul prodotto del concepimento, si possono osservare sia la morte fetale, sia alterazioni dello sviluppo con rischi di malformazioni. Nel primo mese di gravidanza dosi dell'ordine di 0.1 Sv ricevute dall'embrione possono provocare l'aborto. Dalla fine del primo mese fino al terzo si possono produrre diversi tipi di malformazione, mentre dalla fine del terzo mese si possono indurre effetti tardivi, a carattere probabilistico, manifestantisi nei primi anni di vita del bambino. Tra i danni al feto è inoltre da citare il rischio di ritardo mentale grave a seguito di irradiazione nel periodo compreso tra l'ottava e la quindicesima settimana di gestazione e, con minor intensità, tra la sedicesima e la venticinquesima settimana; l'aborto e le malformazioni fetali sono effetti a carattere deterministico con un valore soglia di circa 50 mSv. Gli effetti

ereditari, almeno a livello delle dosi considerate a livello radioprotezionistico, sono di tipo stocastico. Essi sono dovuti a due componenti principali: le mutazioni geniche e le aberrazioni cromosomiche. Le mutazioni geniche si distinguono in dominanti e recessive in rapporto alle modalità di trasmissione. Anche le aberrazioni cromosomiche sono di due tipi: aberrazioni numeriche, in relazione alla presenza di cromosomi in più o in meno rispetto al numero caratteristico della specie; aberrazioni strutturali quando, pur mantenendosi questo numero invariato, i geni presenti su uno o più cromosomi sono in eccesso o in difetto rispetto alla norma. Vi sono infine molte condizioni di origine ereditaria aventi trasmissibilità irregolare; esse riguardano, per esempio, le predisposizioni a malattie particolari di grande rilevanza sociale, oppure condizioni non rilevabili nel singolo individuo, ma sulle popolazioni nel loro complesso (fertilità, durata della vita). Al fine di una valutazione più completa del rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti è inoltre utile aver presente, per confronto, i dati relativi all'esposizione degli individui della popolazione alla radiazione dovuta al fondo naturale contenuti in Tabella 1.
Per un più diretto confronto fra il rischio dovuto all'esposizione alle radiazioni ionizzanti ed il rischio dovuto ad altre attività lavorative, in Tabella 3 è mostrata la riduzione media della durata di vita dovuta ad incidenti in diverse attività lavorative, mentre in Tabella 4 è mostrata quella associata a varie cause di tipo non lavorativo. Per confronto viene indicata la riduzione media della durata di vita dovuta all'esposizione alle radiazioni ionizzanti valutata utilizzando i fattori di rischio indicati nella pubblicazione 60 della ICRP e considerando che la perdita media di spettanza vita, in caso di tumore, risulta rispettivamente, di 13.4 anni per un individuo della popolazione e di 12.7 anni per un lavoratore. Il confronto è effettuato per una esposizione continua di 5 mSv/anno, ovvero l'esposizione massima che si riscontra normalmente nei lavoratori in ambiente sanitario, e di 1 mSv/anno, ovvero il limite di dose per le persone del pubblico.

Tabella 3 Riduzione media della durata di vita dovuta ad incidenti in diverse attività lavorative.

Attività lavorativa	**Riduzione media della durata di vita (giorni)**
Commercio	27
Industria manifatturiera	40
Servizi	27
Trasporti	160
Agricoltura	320
Costruzioni	227
Valore medio	**60**
Esposizione alle radiazioni (5 mSv/anno)	**40**

Tabella 4 Riduzione media della durata di vita associata a varie cause di tipo non lavorativo /2//3/.

Causa	**Riduzione media della durata di vita (giorni)**
abuso di alcool	4000
essere celibe, vedovo o divorziato	3500
fumo (1 pacchetto di sigarette/giorno)	2250
essere nubile, vedova o divorziata	1600
essere sovrappeso (+ 20%)	1040
incidenti con veicoli a motore	207
alcool	130
incidenti in casa	74
fumo passivo	50
esposizione lavorativa alle radiazioni (5 mSv/anno)	**40**
cadute	28
esposizione alle radiazioni di individui della popolazione (1 mSv/anno)	**18**
esami RX-diagnostici	6
caffè	6

1.4. I princìpi della radioprotezione.

Scopo della radioprotezione è la prevenzione *totale* degli effetti dannosi non stocastici (che, come detto in precedenza, avvengono sopra una determinata soglia di dose) e la limitazione a livelli considerati *accettabili* della probabilità di accadimento degli effetti stocastici.
La prevenzione degli effetti deterministici si ottiene fissando limiti di equivalente di dose individuale a valori sufficientemente bassi, tali che nessuna dose soglia venga mai raggiunta. La limitazione degli effetti stocastici si ottiene con il "sistema di limitazione delle dosi", che si propone di contenerli ai livelli più bassi ragionevolmente ottenibili.
La radioprotezione si fonda su tre princìpi:

- primo principio, detto di **giustificazione**: nessuna attività umana che esponga alle radiazioni deve essere accolta o proseguita, a meno che la sua introduzione o prosecuzione produca un beneficio netto e dimostrabile;
- secondo principio, detto di **ottimizzazione**: ogni esposizione umana alle radiazioni deve essere tenuta tanto bassa quanto è ragionevolmente ottenibile, facendo luogo a considerazioni economiche e sociali (principio ALARA, dalle iniziali della frase inglese: "tanto bassa quanto è ragionevolmente ottenibile");
- terzo principio, detto di **limitazione delle dosi individuali**: l'equivalente di dose ai singoli individui non deve superare determinati limiti appropriatamente sicuri, stabiliti per le varie circostanze.

Nella tabella 5 è riportato, sia pure in maniera schematica e incompleta, il corso storico della radioprotezione dagli albori a oggi.

Tabella 5 : Alcune date importanti nella storia della radioprotezione in ambito non sanitario.

Periodo	Evento
1915	Prime raccomandazioni per la protezione dei lavoratori emanate dalla British Roentgen Society
Anni venti	Definizione della *dose di tolleranza*, uguale per lavoratori e popolazione, pari a 1 R/settimana al corpo intero, cioè 50 R/anno.
1925	I Congresso internazionale di Radiologia a Londra e costituzione dell'ICRU (Commissione Internazionale per le unità di misura)
1928	II Congresso internazionale di Radiologia a Stoccolma e costituzione dell'ICRP (Commissione internazionale per la radioprotezione)
1931	Il *röentgen* (R) è adottato come unità di misura della dose da esposizione al fine di "misurare" i raggi X
Anni quaranta	Definizione di *dose genetica* intesa come dose media alle gonadi tra gli individui in età fertile. Detta dose è posto che sia "dose di tolleranza"

1941	Il Comitato USA per la radioprotezione raccomanda per il Radio il “deposito corporeo massimo di 0.1 Ci”
Anni cinquanta	Ipotesi di linearità nella relazione dose/effetto stocastico, caduta del concetto di dose di tolleranza, ricerca di una dose a basso rischio biologico
1952	Le malattie professionali da Radio, raggi X e sostanze radioattive sono incluse, in Italia, nella tabella delle lavorazioni per cui è obbligatoria l’assicurazione contro gli infortuni e le malattie professionali
1953	Il *rad* è adottato come unità di misura della dose assorbita
1956	È introdotto in Italia per decreto l’obbligo delle visite mediche preventive e periodiche sui lavoratori addetti a mansioni che implicano l’uso del Radio, dei raggi X e delle sostanze radioattive.
1956-1959	L’ICRP definisce le dosi massime ammissibili al corpo intero per i lavoratori (5 rem/anno) e per gli individui della popolazione (0,5 rem/anno), la dose genetica media per gli individui di una vasta popolazione (5 rem in 30 anni), e propugna la lotta a ogni rischio indebito
1959	La Comunità Europea emana proprie direttive di radioprotezione
1960	L’ICRP raccomanda di porre in atto ogni sforzo inteso a ridurre le esposizioni nei limiti più ristretti possibili
1964	L’Italia ha la normativa di radioprotezione (il DPR n. 185)
1965	Principio ALARA (as low as reasonably achievable): le dosi siano mantenute tanto basse quanto è ragionevolmente ottenibile, facendo luogo a considerazioni economiche e sociali
1977	L’ICRP raccomanda un nuovo sistema di limitazione delle dosi
1995	L’Italia ha una nuova *normativa di radioprotezione*, in attuazione di varie direttive Euratom (il D.Lgs. n. 230) che tra l’altro riduce i limiti di dose annui e tratta della radioattività naturale, compreso il radon
2000	Viene modificato e integrato il D.Lgs. 230/95 recependo la Direttiva Comunitaria 96/29 che riguarda i lavoratori e introduce una normativa specifica per i lavoratori di “impresa esterna”
2001	Disposizioni in materia di tutela e sostegno della maternità (D. Lgs. 8/03/01 e 26/03/01 n. 151 Suppl. G.U. n.96 del 26/4/01)
Marzo 2002	Entrano in vigore le disposizioni sul radon

1.5 La normativa nazionale di radioprotezione.

In Italia esiste un *regime giuridico dell'impiego pacifico dell'energia nucleare*, nel quale rientra quindi, come caso particolare, la detenzione e l'impiego di macchine generatrici di raggi X o la detenzione e l'impiego di sorgenti radioattive artificiali a scopi industriali o di ricerca, nonché le disposizioni riguardanti la radioattività naturale, con particolare attenzione alle problematiche relative al radon.

Il testo fondamentale in materia di protezione sanitaria contro il rischio derivante dall'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti è il *Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230*; questo al fine di recepire la Direttiva Euratom 96/29, è stato modificato e integrato dal D.Lgs. 26 maggio 2000, n. 241, D.Lgs. 4 gennaio 2001 (imprese esterne), D.Lgs. 9 maggio 2001, n. 257. L'obiettivo fondamentale del D. Lgs. 230/95 può essere riassunto dall'art. 2 che recepisce le raccomandazioni internazionali emanate dall`*I.C.R.P.60 del 1991* (International Commission on Radiological Protection) e di cui di seguito vengono riportati i passi più rilevanti:

1. *Nuovi tipi o nuove categorie di pratiche che comportano un'esposizione alle radiazioni ionizzanti debbono essere giustificati, anteriormente alla loro prima adozione o approvazione, dai loro vantaggi economici, sociali o di altro tipo rispetto al detrimento sanitario che ne può derivare.*
2. *I tipi o le categorie di pratiche esistenti sono sottoposti a verifica per quanto concerne gli aspetti di giustificazione ogniqualvolta emergano nuove ed importanti prove della loro efficacia e delle loro conseguenze.*
3. *Qualsiasi pratica deve essere svolta in modo da mantenere l'esposizione al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali.*
4. *La somma delle dosi derivanti da tutte le pratiche non deve superare i limiti di dose stabiliti per i lavoratori esposti, gli apprendisti, gli studenti e gli individui della popolazione.*

Nel seguito, salvo diversa indicazione, si farà quindi riferimento al citato decreto legislativo n. 230/95, del quale si riporta l'indice.

Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230 e successive modifiche e integrazioni

Sommario

Capo I: Campo di applicazione. Principi generali di protezione dalle radiazioni ionizzanti.
Capo II: Definizioni.
Capo III: Organi.
Capo III bis: Esposizioni da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni
Capo IV: Lavorazioni minerarie.
Capo V: Regime giuridico per importazione, produzione, commercio, trasporto e detenzione.
Capo VI: Regime autorizzativo per le installazioni e particolari disposizioni per rifiuti radioattivi.
Capo VII: Impianti.
Capo VIII: Protezione sanitaria dei lavoratori.
Capo IX: Protezione sanitaria della popolazione.
Capo X: Stato di emergenza nucleare.
Capo XI: Norme penali.

Capo XII: Disposizioni transitorie e finali.
Allegato I: Determinazione delle condizioni di applicazione delle disposizioni per le materie radioattive e per le macchine radiogene.
Allegato I bis: Condizioni per l'applicazione del Capo III bis
Allegato II: Spedizioni, importazioni ed esportazioni di rifiuti radioattivi.

Allegato III: Determinazione, ai sensi dell'art. 82, delle modalità e dei criteri per l'adozione della sorveglianza fisica nonché dei criteri e delle modalità per la classificazione dei lavoratori, degli apprendisti e degli studenti, nonché delle aree di lavoro.

Allegato IV: Determinazione, ai sensi dell'art. 96, dei limiti di dose per i lavoratori, per gli apprendisti, gli studenti e le persone del pubblico gli individui della popolazione, nonché dei criteri di computo e di utilizzazione delle grandezze radioprotezionistiche connesse.

Allegato V: Determinazione, ai sensi degli artt. 78 e 88, delle modalità, titoli di studio, accertamento delle capacità tecnico professionali per l'iscrizione negli elenchi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati. Istituzione degli elenchi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati e determinazione ai sensi degli articoli 77 e 88 delle modalità, titoli di studio, accertamento della capacità tecnico-professionale per l'iscrizione.

Allegato VI: Determinazione, ai sensi dell'art. 74, delle modalità e dei livelli di esposizione professionale di emergenza.

Allegato VII: Determinazione, ai sensi dell'articolo 18 delle modalità della notifica delle pratiche di importazione e di produzione, a fini commerciali, di materie radioattive, di prodotti, apparecchiature e dispositivi in genere contenenti dette materie, nonché delle esenzioni da tale obbligo; determinazione, ai sensi dell'articolo 18-bis delle disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione per l'aggiunta intenzionale di materie radioattive nella produzione e manifattura di beni di consumo e per l'importazione o l'esportazione di tali beni di consumo; determinazione delle modalità di notifica delle pratiche di cui al comma 1 dell'articolo 22 e dei valori di attività e dei valori di concentrazione di attività per unità di massa di cui alle lettere a) e b) del comma 2 dello stesso articolo; determinazione, ai sensi dell'articolo 19 delle modalità di attuazione dell'obbligo di informativa relativo alle materie radioattive immesse in commercio, nonché delle esenzioni da tale obbligo.

Allegato VIII: Determinazione dei criteri e delle modalità per il conferimento della qualifica di sorgente di tipo riconosciuto, ai sensi dell'articolo 26

Allegato IX: Determinazione, ai sensi dell'articolo 27, comma 2, delle condizioni per la classificazione in Categoria A ed in Categoria B dell'impiego delle sorgenti di radiazioni, delle condizioni per l'esenzione dal nulla osta e delle modalità per il rilascio e la revoca del nullaosta.

Allegato X: Determinazione, ai sensi dell'articolo 31, delle disposizioni procedurali per il rilascio dell'autorizzazione all'attività di raccolta di rifiuti radioattivi provenienti da terzi e delle esenzioni da tale autorizzazione.

Allegato XI: Determinazione ai sensi dell'art. 62, comma 3, dell'art. 81, comma 6 e dell'art. 91, comma 5, delle modalità di tenuta della documentazione relativa alla sorveglianza fisica e medica della protezione dalle radiazioni ionizzanti e

del libretto personale di radioprotezione per i lavoratori esterni.
Allegato XII: Determinazione, ai sensi dell'art. 115 comma 2, dei livelli di intervento nel caso di emergenze radiologiche e nucleari.

1.5.1 Criteri di classificazione dei lavoratori e delle zone.

Secondo il D. Lgs. n. 230/95 si definisce *lavoratore esposto* chiunque sia suscettibile, durante l'attività lavorativa, di un'esposizione alle radiazioni ionizzanti superiore a uno qualsiasi dei limiti fissati per le persone del pubblico.
I lavoratori che non sono suscettibili di un'esposizione alle radiazioni ionizzanti superiore a detti limiti sono da classificarsi *lavoratori non esposti*.
I lavoratori esposti, a loro volta, sono classificati in Categoria A e Categoria B.
I lavoratori esposti sono classificati in *Categoria A* se sono suscettibili di un'esposizione superiore, in un anno solare, a uno dei seguenti valori:

- 6 mSv di dose efficace;
- i tre decimi di uno qualsiasi dei limiti di dose equivalente per il cristallino (150 mSv in un anno solare), per pelle, mani, avambracci, piedi e caviglie (500 mSv in un anno solare).

I lavoratori esposti non classificati in Categoria A sono classificati in *Categoria B.*
Nella tabella seguente sono riportati i limiti di dose in funzione della classificazione.

Tabella 6: Limiti di dose in funzione della classificazione dei lavoratori.

	Lavoratori esposti	**Lavoratori non esposti**
Dose efficace	**20 mSv/anno**	**1 mSv/anno**
Dose equivalente cristallino	**150 mSv/anno**	**15 mSv/anno**
Dose equivalente pelle e estremità	**500 mSv**	**50 mSv**

Il sistema di limitazione delle dosi individuali rappresenta un mezzo per garantire che il lavoro che si espone ai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti possa essere ricompreso tra i "lavori comunemente ritenuti sicuri" (utile al proposito il raffronto con i dati contenuti nella tabella 3).
Per quanto riguarda la *classificazione degli ambienti di lavoro*, la normativa prescrive al datore di lavoro di classificare e segnalare gli ambienti in cui è presente il rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti e regolamentarne l'accesso.
In particolare, viene definita *zona controllata* un ambiente di lavoro in cui sussistono per i lavoratori in essa operanti le condizioni per la classificazione di lavoratori esposti di categoria A.
Viene definita *zona sorvegliata* un ambiente di lavoro in cui può essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non è zona controllata.
A integrazione di quanto sopra indicato, si segnalano alcuni aspetti della normativa citata di particolare rilevanza:

1. l'accertamento delle condizioni che portino alla classificazione dei lavoratori è di *competenza esclusiva* dell'esperto qualificato; al datore di

lavoro compete, ovviamente, solo la definizione delle attività che i lavoratori devono svolgere;

2. il criterio di classificazione non viene più associato al tipo, al luogo, ai tempi, all'abitualità o all'occasionalità ed alle modalità di svolgimento del lavoro, ma resta legato al *rischio effettivo* di ricevere dosi superiori a limiti prefissati, in considerazione del rischio di irradiazione esterna e contaminazione interna e anche in considerazione di esposizioni potenziali conseguenti a eventi anomali e malfunzionamenti che siano suscettibili di aumentare le dosi dei singoli derivanti dalla normale attività lavorativa programmata. Quanto sopra comporta, per esempio, che la presenza di operatori in zone classificate non determini automaticamente la classificazione dei lavoratori stessi come lavoratori esposti. In altre parole, esemplificando, all'interno di una zona controllata è possibile avere lavoratori classificati esposti di *categoria A* e/o lavoratori classificati esposti di *categoria B* e/o lavoratori classificati *non esposti*, a seconda dell'entità del rischio radiologico associato all'attività lavorativa.
3. Un'attenzione particolare viene dedicata dalla normativa agli apprendisti e studenti.
4. Un'attenzione particolare viene altresì dedicata dalla normativa anche alla tutela della lavoratrice gravida e del neonato: viene infatti prescritto che, ferma restando l'applicazione delle norme speciali concernenti la tutela delle lavoratrici madri, le donne gestanti non possono svolgere attività in zone classificate o, comunque, attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda 1 mSv durante il periodo della gravidanza. È inoltre vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione.
5. I principali casi di non applicazione della citata normativa possono essere riassunti come segue:
   a) esposizione di pazienti nell'ambito di un esame diagnostico o di una terapia che li concerne;
   b) esposizione di persone che coscientemente e volontariamente collaborano a titolo non professionale al sostegno e all'assistenza di pazienti sottoposti a terapia o a diagnosi medica;
   b) esposizione di volontari che prendono parte a programmi di ricerca medica o biomedica, essendo tale esposizione disciplinata da altro provvedimento legislativo.
6. Il D.Lgs. 241/00 ha introdotto, tra l'altro, al Capo III bis la tutela dei lavoratori nei confronti della esposizione derivante da attività con particolari sorgenti naturali di radiazioni che non può essere trascurata dal punto di vista della radioprotezione.

Le attività lavorative considerate sono:

- quelle che si svolgono in tunnel, sottovie, catacombe, grotte e in tutti i luoghi di lavoro sotterranei, oppure in superficie in zone ben

individuate, in relazione alla possibile esposizione a radon e a radiazioni gamma;
- quelle che implicano l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi ma che contengono radionuclidi naturali, o che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi ma che contengono radionuclidi naturali;
- quelle in stabilimenti termali o quelle connesse ad attività estrattive non disciplinate dal Capo IV;
- quelle su aerei, con riferimento al personale navigante.

Sono previsti una serie di obblighi per gli esercenti le attività di cui sopra, i quali devono provvedere, a seconda dei casi, a misurazioni di radon e/o a valutazioni di esposizione nei luoghi di lavoro; in caso di superamento dei livelli di azione fissati nell'Allegato 1 bis, gli esercenti devono adottare azioni di rimedio entro tempi definiti. Qualora tali azioni di rimedio risultino inefficaci, l'esercente adotta i provvedimenti previsti dal Capo VIII.

Per quanto riguarda questo argomento in ambienti di lavoro, si rinvia al **capitolo 2** per una trattazione più ampia inerente le varie tipologie produttive e le vaste porzioni di lavoratori coinvolti.

1.5.2 Sorveglianza fisica

Il Capo VIII del D.Lgs. n. 230 (*Protezione sanitaria dei lavoratori*) prevede che i datori di lavoro, esercenti attività comportanti la classificazione degli ambienti di lavoro in una o più zone controllate o sorvegliate oppure la classificazione degli addetti interessati come lavoratori esposti, assicurino la sorveglianza fisica per mezzo di *esperti qualificati* iscritti in elenchi nominativi presso l'Ispettorato medico centrale del lavoro.

Tra le attribuzioni specifiche dell'esperto qualificato si ricordano (art. 79 del D.Lgs 230/95):

a) redazione della relazione contenente le valutazioni e le indicazioni di radioprotezione inerenti le attività esponenti a rischio al fine di integrare il documento di cui all'art. 4 del Decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626 (*il decreto sul miglioramento della sicurezza del lavoro*) per gli aspetti concernenti i rischi da radiazioni ionizzanti e la collaborazione con il *Servizio di prevenzione e protezione* dell'azienda (art. 80 comma 3, D.Lgs 230/95);
b) fornire indicazioni al datore di lavoro affinché gli ambienti di lavoro in cui sussista un rischio da radiazioni *vengano individuati, delimitati, segnalati, classificati in zone e che l'accesso ad essi sia adeguatamente regolamentato*;
c) fornire indicazioni al datore di lavoro affinché i lavoratori interessati siano classificati ai fini della radioprotezione;
d) fornire indicazioni al datore di lavoro per *predisporre norme interne di protezione e di sicurezza, consultabili* nei luoghi frequentati dai lavoratori, in particolare nelle zone controllate;
e) fornire indicazioni al datore di lavoro perché siano forniti ai lavoratori, ove necessario, i *mezzi di sorveglianza dosimetrica e di protezione*;

f) fornire indicazioni al datore di lavoro al fine di *rendere edotti i lavoratori, nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione*
g) effettuare l'esame e la verifica delle attrezzature, dei dispositivi e degli strumenti di protezione e in particolare:
   - procedere *all'esame preventivo* e rilasciare il *relativo benestare*, dal punto di vista della sorveglianza fisica, dei progetti di installazione che comportano rischi di esposizione, nonché delle modifiche alle installazioni implicanti rilevanti trasformazioni delle condizioni, dell'uso o della tipologia delle sorgenti.
   - effettuare la *prima verifica*, dal punto di vista della sorveglianza fisica, di nuove installazioni e delle eventuali modifiche apportate alle stesse.
   - eseguire la *verifica periodica* dell'efficacia dei dispositivi e delle tecniche di radioprotezione.
   - effettuare la *verifica periodica* delle buone condizioni di funzionamento degli strumenti di misurazione;
h) effettuare la *sorveglianza ambientale* di radioprotezione nelle zone controllate e sorvegliate;
i) procedere alla *valutazione delle dosi* in considerazione del rischio di irradiazione esterna e, ove pertinente, del rischio di contaminazione interna.

1.5.3 Sorveglianza medica

I datori di lavoro esercenti attività comportanti la classificazione degli addetti interessati come lavoratori esposti devono assicurare la *sorveglianza medica* per mezzo di *medici autorizzati*, iscritti in elenchi nominativi presso l'Ispettorato medico centrale del lavoro, nel caso di lavoratori esposti di categoria A e per mezzo di *medici autorizzati* o *medici competenti* (D.Lgs 277/91) nel caso di lavoratori esposti di categoria B (art. 83 del D.Lgs 230/95);.

Il datore di lavoro deve inoltre provvedere a che:

- i lavoratori esposti siano tutti sottoposti a *visita medica preventiva* a cura del medico addetto alla sorveglianza medica (medico autorizzato o medico competente, come già spiegato);
- i lavoratori esposti classificati in categoria B siano sottoposti a *visita medica periodica* almeno una volta all'anno a cura del medico autorizzato o del medico competente;
- i lavoratori esposti classificati in categoria A siano sottoposti a *visita medica periodica* almeno con periodicità semestrale a cura di un medico autorizzato

Per quanto riguarda la *visita medica preventiva*, essa deve comprendere una anamnesi completa dalla quale risultino anche le eventuali esposizioni precedenti, dovute sia alle mansioni esercitate sia a esami e trattamenti medici, e un esame clinico generale completato da adeguate indagini specialistiche e di laboratorio per valutare lo stato generale di salute del lavoratore.

In base alle risultanze della visita medica preventiva il medico addetto alla sorveglianza medica comunica per

iscritto al datore di lavoro la classificazione dei lavoratori come:

- idonei;
- idonei a determinate condizioni;
- non idonei (devono essere immediatamente allontanati dal lavoro comportante esposizione a radiazioni ionizzanti)

Contro il giudizio del Medico Autorizzato è ammesso ricorso entro 30 giorni dalla data di comunicazione del giudizio stesso all'Ispettorato medico centrale del lavoro.

In base alle risultanze delle *visite mediche periodiche e straordinarie* il medico addetto alla sorveglianza medica della protezione può disporre anche la sorveglianza medica dopo la cessazione del lavoro che ha esposto i lavoratori alle radiazioni ionizzanti.

Particolarmente innovativo rispetto alla precedente normativa è poi l'obbligo, da parte del medico addetto alla sorveglianza medica, di illustrare al lavoratore il significato delle dosi ricevute, delle introduzioni di radionuclidi, degli esami medici e radiotossicologici.

Tra le attribuzioni specifiche del medico addetto alla sorveglianza medica si ricordano i seguenti adempimenti (art. 83 del D.Lgs 230/95):

a) analisi dei rischi individuali connessi alla destinazione lavorativa e alle mansioni al fine della programmazione di indagini specialistiche e di laboratorio atte a valutare lo stato di salute del lavoratore, anche attraverso accessi diretti negli ambienti di lavoro;
b) gestione dei documenti sanitari personali;
c) prestazione di consulenza al datore di lavoro per la messa in atto di infrastrutture e procedure idonee a garantire la sorveglianza medica dei lavoratori esposti, sia in condizioni di lavoro normale che in caso di esposizioni accidentali o di emergenza.

1.5.4 La protezione sanitaria della popolazione.

Il Capo IX del D.Lgs. 230/95 è relativo, oltre che alla protezione del paziente di cui si è già accennato, anche alla *protezione sanitaria della popolazione*. Di questo aspetto vengono qui riportati solo gli elementi fondamentali.

Viene esplicitato il *divieto di utilizzare sorgenti di radiazioni ionizzanti sulle persone se non per scopi medici di diagnostica, di terapia o di ricerca.* Viene affermato con forza che chiunque esplichi attività comportanti l'uso di sorgenti di radiazioni ionizzanti *deve evitare* che le persone del pubblico siano esposte al rischio di ricevere o impegnare dosi superiori ai limiti, anche a seguito di contaminazione di matrici ambientali.

In particolare viene sottolineato che, in caso di contaminazione radioattiva non prevista o accidentale all'interno di una installazione o durante un'operazione di trasporto che comporti un rischio di significativo incremento del rischio di esposizione delle persone, l'esercente, ovvero il vettore autorizzato al trasporto, deve intraprendere le iniziative idonee ad evitare l'aggravamento del rischio. Nei casi di maggiore gravità, cioè nel caso che l'evento comporti diffusione della contaminazione all'aria, all'acqua, al

suolo e ad altre matrici, o comunque esposizione delle persone all'esterno del perimetro dell'installazione, l'esercente deve darne immediata comunicazione al Prefetto, ai Vigili del fuoco, agli organi del Servizio Sanitario Nazionale e all'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente).

Sempre al fine di ridurre rischi di esposizione alle persone del pubblico, il D.Lgs. 230/95 prevede la necessità di adottare le misure necessarie affinché la gestione dei rifiuti radioattivi, ad esempio provenienti da un servizio di Medicina Nucleare ovvero da un laboratorio di ricerca scientifica o da un impiego industriale, avvenga nel rispetto delle specifiche norme di buona tecnica e delle eventuali prescrizioni tecniche contenute nei provvedimenti autorizzativi.

Il trasporto di sorgenti radioattive o di rifiuti radioattivi deve avvenire per mezzo di un Vettore Autorizzato che esegue il trasporto con veicoli appositamente omologati.

1.6 Glossario

- **attività (A):** quoziente di dN diviso per dt, in cui dN è il numero atteso di transizioni nucleari spontanee di una determinata quantità di un radionuclide da uno stato particolare di energia in un momento determinato, nell'intervallo di tempo dt;
- **becquerel (Bq):** nome speciale dell'unità di attività (A); un becquerel equivale ad una transizione per secondo.

$$1\ Bq = 1\ s^{-1}$$

I fattori di conversione da utilizzare quando l'attività è espressa in curie (Ci) sono i seguenti:

$1\ Ci = 3{,}7 \times 10^{10}\ Bq$ (esattamente)

$1\ Bq = 2{,}7027 \times 10^{-11}\ Ci$

- **contaminazione radioattiva:** contami-nazione di una matrice, di una superficie, di un ambiente di vita o di lavoro o di un individuo, prodotta da sostanze radioattive. Nel caso particolare del corpo umano, la contaminazione radioattiva include tanto la contaminazione esterna quanto la contaminazione interna, per qualsiasi via essa si sia prodotta;
- **datore di lavoro di impresa esterna:** soggetto che, mediante lavoratori di categoria A, effettua prestazioni in una o più zone controllate di impianti, stabilimenti, laboratori, installazioni in genere, gestiti da terzi; non rientrano nella presente definizione i soggetti la cui attività sia la sola a determinare la costituzione di una o più zone controllate presso le installazioni dei terzi, ai quali soggetti si applicano le disposizioni generali del presente decreto
- **detrimento sanitario**: stima del rischio di riduzione della durata e della qualità della vita che si verifica in una popolazione a seguito dell'esposizione a radiazioni ionizzanti. Essa include la riduzione derivante da effetti somatici, cancro e gravi disfunzioni genetiche;
- **dose:** grandezza radioprotezionistica ottenuta moltiplicando la dose assorbita (D) per fattori di modifica determinati a norma dell'articolo 96, al fine di qualificare il significato della dose assorbita stessa per gli scopi della radioprotezione;

- **dose efficace (E)**: somma delle dosi equivalenti nei diversi organi o tessuti, ponderate nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione; l'unità di dose efficace è il sievert (Sv)
- **dose efficace impegnata (E(t))**: 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 ; la dose efficace impegnata E(t) è definita da:

  $$E(t) = \Sigma_T w_T H_T(t)$$

  dove t indica il numero di anni per i quali è effettuata l'integrazione; l'unità di dose efficace impegnata è il sievert;
- **dose impegnata:** dose ricevuta da un organo o da un tessuto, in un determinato periodo di tempo, in seguito all'introduzione di uno o più radionuclidi;
- **dose equivalente (H_T)**: dose assorbita media in un tessuto o organo T, ponderata in base al tipo e alla qualità della radiazione nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione; l'unità di dose equivalente è il sievert;
- **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 T, a seguito dell'introduzione di uno o più radionuclidi;
- **emergenza**: una situazione che richiede azioni urgenti per proteggere lavoratori, individui della popolazione ovvero l'intera popolazione o parte di essa;
- **esperto qualificato:** persona che possiede le cognizioni e l'addestramento necessari sia per effettuare misurazioni, esami, verifiche o valutazioni di carattere fisico, tecnico o radiotossicologico, sia per assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi di protezione, sia per fornire tutte le altre indicazioni e formulare provvedimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione. La sua qualificazione è riconosciuta secondo procedure stabilite;
- **esposizione**: qualsiasi esposizione di persone a radiazioni ionizzanti. Si distinguono:
  1) **l'esposizione esterna:** esposizione prodotta da sorgenti situate all'esterno dell'organismo;
  2) **l'esposizione interna:** esposizione prodotta da sorgenti introdotte nell'organismo;
  3) **l'esposizione totale:** combinazione dell'esposizione esterna e dell'esposizione interna;
- **esposizione accidentale:** esposizione di singole persone a carattere fortuito e involontario**;**
- **esposizione d'emergenza:** esposizione giustificata in condizioni particolari per soccorrere individui in pericolo, prevenire l'esposizione di un gran numero di persone o salvare un'installazione di valore e che può provocare il superamento di uno dei limiti di dose fissati per i lavoratori esposti;
- **esposizione parziale:** esposizione che colpisce soprattutto una parte dell'organismo o uno o più organi o tessuti, oppure esposizione del corpo intero considerata non omogenea;
- **esposizione potenziale**: esposizione che, pur non essendo certa, ha una probabilità di verificarsi prevedibile in anticipo;
- **esposizione soggetta ad autorizzazione speciale:** esposizione che comporta il

superamento di uno dei limiti di dose annuale fissati per i lavoratori esposti, ammessa in via eccezionale solo nei casi indicati nel decreto di cui all'articolo 82;

- **fondo naturale di radiazioni:** insieme delle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, sia terrestri che cosmiche, semprechè l'esposizione che ne risulta non sia accresciuta in modo significativo da attività umane;
- **gray (Gy):** nome speciale dell'unità di dose assorbita

$$1\ Gy = 1\ J\ kg^{-1}$$

I fattori di conversione da utilizzare quando la dose assorbita è espressa in rad sono i seguenti:

$$1\ rad = 10^{-2}\ Gy$$

$$1\ Gy = 100\ rad$$

- **gruppi di riferimento (gruppi critici) della popolazione:** gruppi che comprendono persone la cui esposizione è ragionevolmente omogenea e rappresentativa di quella degli individui della popolazione maggiormente esposti, in relazione ad una determinata fonte di esposizione;
- **incidente:** evento imprevisto che provoca danni ad un'installazione o ne perturba il buon funzionamento e può comportare, per una o più persone, dosi superiori ai limiti;
- **intervento:** attività umana intesa a prevenire o diminuire l'esposizione degli individui alle radiazioni dalle sorgenti che non fanno parte di una pratica o che sono fuori controllo per effetto di un incidente, mediante azioni sulle sorgenti, sulle vie di esposizione e sugli individui stessi;
- **introduzione:** attività dei radionuclidi che penetrano nell'organismo provenienti dall'ambiente esterno;
- **lavoratore esterno:** lavoratore di categoria A che effettua prestazioni in una o più zone controllate di impianti, stabilimenti, laboratori, installazioni in genere gestiti da terzi in qualità sia di dipendente, anche con contratto a termine, di una impresa esterna, sia di lavoratore autonomo, sia di apprendista o studente;
- **lavoratori esposti:** persone sottoposte, per l'attività che svolgono, a un'esposizione che può comportare dosi superiori ai pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico. Sono lavoratori esposti di categoria A i lavoratori che, per il lavoro che svolgono, sono suscettibili di ricevere in un anno solare una dose superiore a uno dei pertinenti valori stabiliti con il decreto di cui all'articolo 82; gli altri lavoratori esposti sono classificati in categoria B;
- **limiti di dose:** limiti massimi fissati per le dosi derivanti dall'esposizione dei lavoratori, degli apprendisti, degli studenti e delle persone del pubblico alle radiazioni ionizzanti causate dalle attività disciplinate. I limiti di dose si applicano alla somma delle dosi ricevute per esposizione esterna nel periodo considerato e delle dosi impegnate derivanti dall'introduzione di radionuclidi nello stesso periodo;
- **livelli di allontanamento**: valori, espressi in termini di concentrazioni di attività o di attività totale, in relazione ai quali possono essere esentati dalle prescrizioni le sostanze radioattive o i materiali contenenti sostanze radioattive derivanti da pratiche soggette agli obblighi previsti dal decreto;
- **livello di intervento:** valore di dose oppure valore derivato, fissato al fine di predisporre interventi di radioprotezione;
- **materia radioattiva**: sostanza o insieme di sostanze radioattive contemporaneamente presenti. Sono

fatte salve le particolari definizioni per le materie fissili speciali, le materie grezze, i minerali quali definiti dall'articolo 197 del trattato che istituisce la Comunità europea dell'energia atomica e cioè le materie fissili speciali, le materie grezze e i minerali nonché i combustibili nucleari;

- **matrice ambientale**: qualsiasi componente dell'ambiente, ivi compresi aria, acqua e suolo.
- **medico autorizzato:** medico responsabile della sorveglianza medica dei lavoratori esposti, la cui qualificazione e specializzazione sono riconosciute secondo le procedure e le modalità stabilite;
- **persone del pubblico:** individui della popolazione, esclusi i lavoratori, gli apprendisti e gli studenti esposti in ragione della loro attività e gli individui durante l'esposizione di cui all'articolo 3, comma 5;
- **popolazione nel suo insieme:** l'intera popolazione, ossia i lavoratori esposti, gli apprendisti, gli studenti e le persone del pubblico;
- **pratica**: attività umana che è suscettibile di aumentare l'esposizione degli individui alle radiazioni provenienti da una sorgente artificiale, o da una sorgente naturale di radiazioni, nel caso in cui radionuclidi naturali siano trattati per le loro proprietà radioattive, fissili o fertili, o da quelle sorgenti naturali di radiazioni che divengono soggette a disposizioni ai sensi del capo III bis. Sono escluse le esposizioni dovute ad interventi di emergenza;
- **radiazioni ionizzanti o radiazioni**: trasferimento di energia in forma di particelle o onde elettromagnetiche con lunghezza di onda non superiore a 100 nm o con frequenza non minore di $3 \cdot 10^{15}$ Hz in grado di produrre ioni direttamente o indirettamente.
- **rifiuti radioattivi:** qualsiasi materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, di cui non è previsto il riciclo o la riutilizzazione;
- **servizio riconosciuto di dosimetria individuale**: struttura riconosciuta idonea alle rilevazioni delle letture dei dispositivi di sorveglianza dosimetrica individuale, o alla misurazione della radioattività nel corpo umano o nei campioni biologici. L'idoneità a svolgere tali funzioni è riconosciuta secondo procedure stabilite;
- **sievert** (Sv): nome speciale dell'unità di dose equivalente o di dose efficace. Se il prodotto dei fattori di modifica è uguale a 1:

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$$

Quando la dose equivalente o la dose efficace sono espresse in rem valgono le seguenti relazioni:

$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

- **smaltimento:** collocazione dei rifiuti, secondo modalità idonee, in un deposito, o in un determinato sito, senza intenzione di recuperarli;
- **smaltimento nell'ambiente**: immissione pianificata di rifiuti radioattivi nell'ambiente in condizioni controllate, entro limiti autorizzati o stabiliti;
- **sorgente artificiale:** sorgente di radiazioni diversa dalla sorgente naturale di radiazioni;
- **sorgente di radiazioni**: apparecchio generatore di radiazioni ionizzanti (macchina radiogena) o materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, dei quali, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività, o la concentrazione di radionuclidi o l'emissione di radiazioni;

- **sorgente naturale di radiazioni:** sorgente di radiazioni ionizzanti di origine naturale, sia terrestre che cosmica;
- **sorgente non sigillata:** qualsiasi sorgente che non corrisponde alle caratteristiche o ai requisiti della sorgente sigillata;
- **sorgente sigillata**: sorgente formata da materie radioattive solidamente incorporate in materie solide e di fatto inattive, o sigillate in un involucro inattivo che presenti una resistenza sufficiente per evitare, in condizioni normali di impiego, dispersione di materie radioattive superiore ai valori stabiliti dalle norme di buona tecnica applicabili;
- **sorveglianza fisica:** l'insieme dei dispositivi adottati, delle valutazioni, delle misure e degli esami effettuati, delle indicazioni fornite e dei provvedimenti formulati dall'esperto qualificato al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione;
- **sorveglianza medica:** l'insieme delle visite mediche, delle indagini specialistiche e di laboratorio, dei provvedimenti sanitari adottati dal medico, al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori esposti;
- **sostanza radioattiva**: ogni specie chimica contenente uno o più radionuclidi di cui, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività o la concentrazione.
- **zona classificata:** ambiente di lavoro sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione contro le radiazioni ionizzanti. Le zone classificate possono essere zone controllate o zone sorvegliate. E' zona controllata un ambiente di lavoro, sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione dalle radiazioni ionizzanti, in cui si verifichino le condizioni stabilite con il decreto di cui all'articolo 82 ed in cui l'accesso è segnalato e regolamentato. E' zona sorvegliata un ambiente di lavoro in cui può essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non è zona controllata.”.

2 SORGENTI NATURALI DI RADIAZIONI IONIZZANTI NEGLI AMBIENTI DI LAVORO .

2.1 Descrizione.

Le sorgenti di radiazioni ionizzanti di cui trattasi sono quelle di origine naturale sia terrestre che cosmica e sono tipiche di:

a) attività lavorative durante le quali i lavoratori ed eventualmente persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in particolari luoghi di lavoro, quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in tutti i luoghi di lavoro sotterranei;

b) attività lavorative durante le quali i lavoratori ed eventualmente persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione in luoghi di lavoro diversi da quelli di cui alla lettera a) in zone ben individuate o con caratteristiche determinate;

c) attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e

provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori ed eventualmente di persone del pubblico;
d) attività lavorative che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione di persone del pubblico ed eventualmente dei lavoratori;
e) attività lavorative in stabilimenti termali, o attività estrattive quando il materiale grezzo coltivato, nella sua composizione media, abbia un tasso di uranio naturale e/o torio inferiore all'1 per cento in peso;
f) attività lavorative su aerei per quanto riguarda il personale navigante.

2.2 Esposizioni da RADON

2.2.1 Identificazione e caratteristiche delle sorgenti.
Il radon (Rn-222) e il toron (Rn-220) e i loro discendenti, in particolare quelli del Rn-222, e cioè polonio 218 (Po-218), piombo 214 (Pb-214), bismuto 214 (Bi-214), polonio 214 (Po-214), piombo 210 (Pb-210), bismuto 210 (Bi-210), polonio 210 (Po-210), sono presenti nei luoghi dove si svolgono le attività sub a), b) ed e).
Il radio 226 (Ra-226), il torio 232 (Th-232), il potassio 40 (K-40) e alcuni radionuclidi delle terre rare interessano le attività sub c), d) e le attività estrattive.
Il radio 226 (Ra-226) si trova negli stabilimenti termali.
Mentre il Rn-222 e i suo discendenti presentano rischi soprattutto per inalazione, essendo essenzialmente emettitori di radiazione alfa e beta, gli altri radionuclidi nominati presentano rischi anche per esposizione esterna dovuta alla radiazione gamma.

2.2.2 Modi di esposizione.
Nelle attività sub a), b) ed e) l'esposizione alle radiazioni avviene essenzialmente per inalazione dei contaminanti radioattivi dell'aria ambiente, mescolati all'aria come nel caso del radon gas, oppure attaccati al particolato respirabile come nel caso dei discendenti del radon.
Nelle attività sub c) e d) l'esposizione alle radiazioni avviene anche per irraggiamento esterno da materiali in lavorazione o da residuati di lavorazione, per il loro contenuto di radionuclidi emettitori gamma.
Negli stabilimenti termali, oltre alla possibilità d'inalazione di contaminanti radioattivi, occorre tenere presente la possibilità di irraggiamento esterno da radio nei liquidi o fanghi radioattivi.

2.2.3 Mezzi di protezione.
Per le modalità di distribuzione delle sorgenti radioattive naturali nell'ambiente di lavoro e di vita e per i modi con i quali si viene esposti alle loro radiazioni non risultano praticamente utilizzabili o efficaci mezzi di protezione personali. Sono invece da adottare provvedimenti ambientali di bonifica e comunque di riduzione dell'esposizione.

2.2.4 Rischi per le persone e l'ambiente.

2.2.4.1) Rischi per le persone
Trattandosi di esposizioni a ridotta intensità di dose, prolungate nel tempo, sono da escludere effetti immediati mentre sono da considerare gli effetti di tipo tardivo probabilistico, soprattutto a carico dell'apparato respiratorio.

2.2.4.2 Rischi per l'ambiente
Le attività sub c) e d) possono determinare l'eventuale significativa contaminazione dell'ambiente, in

particolare in prossimità di insediamenti produttivi e/o di depositi specialmente di scarti di produzione.
La normativa individua attualmente le seguenti attività a rischio:

a) industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso di fertilizzanti;
b) lavorazione di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite;
c) lavorazione di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari;
d) lavorazione di metalli delle terre rare (radionuclidi del gruppo dei lantanidi ossia con numero atomico Z compreso tra 57-Lantanio e 71-Lutezio);
e) lavorazione ed impiego di composti del torio, per quanto concerne elettrodi per saldatura con torio, produzione di lenti o vetri ottici e reticelle per lampade a gas;
f) produzione di pigmento al biossido di titanio;
g) estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, per quanto concerne presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori.

2.2.5 Provvedimenti di radioprotezione.

La protezione dall'esposizione alle radiazioni naturali ha due capisaldi:

I) indagini conoscitive sulla concentrazione di contaminanti nell'aria e/o sulle dosi per irradiazione esterna, a fronte di livelli di azione stabiliti per legge, che sono 500 Bq/m^3 per le attività sub a) e b), e 1 mSv/anno per le altre attività (0,3 mSv/anno per le persone del pubblico, ove applicabile);
II) interventi correttivi per il rientro al di sotto dei livelli di azione nel caso essi vengano superati. Gli interventi correttivi s'indirizzeranno, secondo i casi, verso provvedimenti tecnici di bonifica (ventilazione, controllo delle vie di entrata dei contaminanti negli ambienti) e/o di riduzione delle esposizioni (revisione della organizzazione delle attività, adeguata rilocalizzazione delle fonti di radiazione ove possibile, ecc.).

Per i provvedimenti di fase II e per le misurazioni di fase I con l'eccezione delle attività sub a) e b), l'esercente delle attività si avvale dell'Esperto qualificato.
Per le misurazioni di fase I relativamente alle attività sub a) e b) l'esercente si avvale di organismi riconosciuti, che rilasciano una relazione tecnica contenente il risultato delle misurazioni.
Trascorsi tre anni dall'inizio della fase II senza che i provvedimenti abbiano dato ancora esito favorevole, si applicano le norme di sorveglianza fisica e di sorveglianza medica della radioprotezione di cui al Capo VIII del D.Lgs. 230/95.

2.2.6 Strumentazione

Si impiegano strumenti o rivelatori di concentrazione di radon e/o dei suoi discendenti per misure istantanee o integrate nel tempo e strumenti per la misura del rateo di dose gamma. Gli strumenti devono essere debitamente tarati e calibrati.

2.2.7 Tempi e frequenza delle valutazioni.

Per la fase I occorre un intervento di misurazione effettuato in modo da ottenere risultati rappresentativi della concentrazione media annuale dell'inquinante. Le misure vanno ripetute negli anni successivi con frequenze che dipendono dai livelli misurati durante la prima indagine.

La fase I deve essere completata entro 24 mesi dall'inizio dell'attività. In via transitoria per le attività già in essere, il periodo di 24 mesi inizia per le attività sub a) dal 1° marzo 2002, per le attività sub b) dalla prima individuazione ufficiale delle zone a rischio da parte delle Province o delle Regioni autonome, per le attività sub c), d), e) dal 1° settembre 2003.
Per la fase II si procede ad una nuova misurazione di verifica dell'efficacia dei provvedimenti correttivi entro tre anni dall'inizio dell'intervento ed eventualmente al completamento di ulteriori interventi se i primi non sortiscono effetti favorevoli.
Nel caso gli interventi correttivi si prolunghino oltre i primi tre anni, si provvederà inoltre alle dosimetrie personali e ambientali nell'ambito della sorveglianza fisica della radioprotezione

2.2.8 Comunicazioni agli organi di vigilanza.
Un importante adempimento, tipico delle situazioni con sorgenti di radiazioni naturali qualora venga superato il livello di azione applicabile, è l'invio, entro 1 mese, di una comunicazione con allegata la relazione con le avvenute misurazioni di fase I ad ARPA, ASL competente per territorio e Direzione provinciale del lavoro, integrata con l'analisi delle lavorazioni per le attività sub c), d) ed e).

2.3 Esposizioni nelle attività di VOLO

2.3.1 Esposizione del personale di navigazione aerea.

Tra le sorgenti naturali di radiazioni va considerato anche lo spazio cosmico, in particolare il sole è una sorgente importante di radiazioni ionizzanti. L'intensità della radiazione emessa dal sole non è costante, ma ha un andamento che si può considerare ciclico, che raggiunge livelli massimi nei periodi in cui si verificano importanti tempeste solari. Il campo magnetico terrestre fa sì che una quota delle particelle emesse dal sole rimanga "intrappolata" intorno alla terra nelle "fascie di Van Allen", inoltre l'atmosfera scherma una parte dei raggi cosmici, che sono comunque rilevabili anche a livello del suolo e la cui intensità, in quota, dipende anche dalla latitudine, essendo come abbiamo detto influenzata anche dal campo magnetico terrestre.
Quando si sale ad alta quota lo schermo offerto dall'atmosfera diventa via via meno efficiente, e l'intensità della radiazione aumenta con l'altitudine
Per questa ragione l'allegato 1 bis al Decreto Legislativo 230/95 ha considerato l'esposizione a radiazioni del personale addetto alla navigazione aerea.

Il decreto precisa che:

- per i voli effettuati entro gli 8000 metri di quota il personale navigante può ricevere una dose annua inferiore a 1 mSv, quindi entro il limite massimo che le norme fissano per la popolazione;
- per voli effettuati tra 8000 e 15000 metri la valutazione della dose assorbita da questi lavoratori può essere fatta sulla base di calcoli, i cui risultati devono essere convalidati con misure effettuate su due velivoli che effettuino rotte a lungo raggio, a latitudini diverse.

Per voli a 15000 o più metri di quota, che peraltro non riguardano la navigazione aerea commerciale e quindi interessano un numero limitatissimo di lavoratori la valutazione della dose deve essere

effettuata, oltre che con il calcolo, mediante la misura effettuata con particolari dosimetri, che siano in grado di misurare anche variazioni di breve durata dell'intensità. In questo modo è possibile, anche per chi dovesse effettuare viaggi spaziali, misurare e valutare correttamente la dose assorbita.

3 STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE E DI RICERCA .

Esistono vari tipi di apparecchiature dedicate ai diversi tipi di analisi, controlli e misure, che utilizzano le proprietà delle radiazioni ionizzanti per ottenere i risultati richiesti. Possono essere suddivise in strumenti da laboratorio (par 3.1÷3.5) e strumenti per uso più generale in campo aperto, in ambienti industriali, in bunker, ecc. (par 3.6÷3.15).

3.1) SPETTROMETRO PER ANALISI MEDIANTE RAGGI X DI FLUORESCENZA (XRF), CON TUBO RADIOGENO O CON RADIOISOTOPI.

E' utilizzato per l'analisi chimica (qualitativa o quantitativa) dei più svariati materiali.

3.2) DIFFRATTOMETRO CON TUBO RADIOGENO.

E' impiegato per l'analisi della struttura molecolare di diverse sostanze.

3.3) MICROSCOPIO ELETTRONICO.

E' utilizzato per la microscopia con grossi ingrandimenti (oltre 10.000 volte). In casi particolari, con speciali accessori, può funzionare anche come spettrometro.

3.4) DETECTOR PER GASCROMATOGRAFIA A CATTURA ELETTRONICA (ECD).

E' usato per l'analisi chimica di composti generalmente clorurati.

3.5) MISURATORE DI POLVERI IN ARIA CON CAMPIONAMENTO CONTINUO DELL'ARIA AMBIENTE.

E' impiegato per la determinazione della quantità di polvere/particolato in aria.

3.6) APPARECCHIATURA CON TUBO RADIOGENO PER RADIOGRAFIA IN BUNKER.

E' usata per controlli non distruttivi di oggetti anche di grandi dimensioni (quali serbatoi e manufatti di carpenteria metallica).

3.7) APPARECCHIATURA CON RADIOISOTOPI PER RADIOGRAFIA (GAMMAGRAFIA) IN BUNKER.

E' usata come nel caso 6) ma per spessori e dimensioni superiori.

3.8) ACCELERATORE LINEARE PER RADIOGRAFIA IN BUNKER.

E' impiegato come nei casi 6) e 7) ma per spessori e dimensioni superiori.

3.9) APPARECCHIATURA CON TUBO RADIOGENO PER RADIOGRAFIA O CON RADIOISOTOPI PER GAMMAGRAFIA IN CAMPO APERTO.

E' usata per controlli non distruttivi di manufatti metallici direttamente sul luogo di produzione o di impiego.

3.10) ARMADIO “CABINET” PER RADIOGRAFIA.

E’ utilizzato come nel caso 6) ma per oggetti di piccole dimensioni.

3.11) MISURATORE DI SPESSORE, LIVELLO, DENSITA’ A TRASMISSIONE CON SORGENTE RADIOATTIVA O TUBO RADIOGENO.

E’ usato per la misura di queste variabili su prodotti industriali (laminati piani e fluidi tecnici di varia natura con materiale interposto tra sorgente e rivelatore.

3.12) MISURATORE DI SPESSORE A RETRODIFFUSIONE CON SORGENTE RADIOATTIVA O TUBO RADIOGENO.

E’ un sistema analogo a quello di cui al punto 11) ma con sorgente e rivelatore posizionati dalla stessa parte rispetto al materiale da controllare.

3.13) IONIZZATORE D’ARIA.

E’ usato per la ionizzazione dell’aria nei pressi di particolari processi produttivi.

3.14) RIVELATORE DI FUMO A CAMERE DI IONIZZAZIONE.

E’ usato per la rilevazione di incendio quando i sistemi convenzionali risultino meno efficienti.

3.15) IMPIANTATORI IONICI.

E’ usato, in particolare, per la produzione di circuiti integrati.

3.1) SPETTROMETRO PER ANALISI MEDIANTE RAGGI X DI FLUORESCENZA (XRF) CON TUBO RADIOGENO O CON RADIOISOTOPI

Lo strumento effettua l'esame spettrometrico dei raggi X di fluorescenza emessi dai componenti dei materiali sottoposti ad analisi. L'emissione è stimolata dal fascio di raggi X generati da un tubo radiogeno (o da una o più sorgenti radioattive) contenute nello strumento.
L'analisi spettrometrica viene eseguita mediante la selezione dello spettro di energia dei raggi X di fluorescenza emessi dal materiale analizzato oppure con la misura differenziale dei raggi X di fluorescenza filtrati da una serie di dischi metallici selettivi.

Sono disponibili:

3.1.1) Spettrometri da laboratorio con tubo radiogeno
3.1.2) Spettrometri da laboratorio con radioisotopi
3.1.3) Spettrometri portatili con radioisotopi

3.1.1) SPETTROMETRO DA LABORATORIO CON TUBO RADIOGENO

3.1.1.1) Descrizione

Lo spettrometro da laboratorio con tubo radiogeno è costituito da una struttura metallica di grandi dimensioni o da tavolo, chiuso, con fasci di raggi X confinati e protetti, che contiene al suo interno il sistema di alta tensione, il tubo radiogeno, la camera di analisi e tutti gli elementi meccanici ed elettronici necessari al suo funzionamento. Integrate nello strumento vi sono la segnalazione luminosa di sorgente di raggi X attiva e l'indicazione della tensione e della corrente di funzionamento.

3.1.1.2) Caratteristiche tipiche della fonte radiogena

Tensione: 20 - 100 kVp
Corrente: 0,05 - 100 mA
Filtrazione: 0,3mm berillio
Anodo tipico: rodio

Nella parte frontale dello strumento sono situati il quadro di controllo dei parametri operativi del tubo radiogeno ed il pozzetto per il posizionamento del campione da sottoporre ad analisi. L'apparecchio può essere dotato di un caricatore per cambio campioni automatico.

3.1.1.3) Impieghi tipici

Analisi chimiche qualitative e quantitative. Il risultato dell'analisi è presentato su monitor e su stampante.

3.1.1.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Collimazione del fascio primario di raggi X.
b) Schermatura delle pareti della "camera di analisi".
c) Microinterruttori su tutti i pannelli di accesso allo strumento.
d) Sistema di schermatura della guaina del tubo radiogeno.
e) Segnalazione delle condizioni di funzionamento della fonte radiogena con indicazione dei kV e dei mA.
f) Segnalazione luminosa indicante l'emissione di raggi X.

3.1.1.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

L'operatore impiega lo spettrometro posizionando il campione nel pozzetto di analisi e quindi agendo sul quadro di controllo dello strumento per impostare i parametri operativi e dare inizio all'analisi che avviene in modo automatico: questa operazione, della durata di 20 - 30 secondi, non richiede ulteriori interventi dell'operatore.

3.1.1.6) Radioprotezione

3.1.1.6.a) Rischi per le persone: da minimi a trascurabili.

Il sistema, per progetto e struttura dell'apparecchiatura, è esente da radiazione significativa al suo esterno oltre il livello del fondo naturale. La presenza e l'uso della macchina non presuppongono perciò la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori addetti.

3.1.1.6.b) Rischi per l'ambiente: nessuno.

3.1.1.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misura iniziale del campo di radiazione alle superfici esterne attraverso la ricerca di eventuali punti di fuga di radiazione, da ripetersi cautelativamente in occasione di danneggiamenti accidentali reali o presunti e di interventi di manutenzione. La misura, al netto del fondo, dovrebbe essere nulla agli effetti pratici: infatti, date le modalità d'uso della macchina, non è ammissibile la presenza all'esterno di campi significativi.
- In caso contrario, peraltro puramente speculativo, e nel caso che la intensità di dose in un punto qualsiasi dell'intorno della macchina corrispondesse ad una dose annua prossima o superiore a 1 mSv, occorrerebbe far apportare adeguate modifiche.

3.1.1.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, camera di ionizzazione a condensatore o rivelatori a integrazione.

3.1.1.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: annuale, opportuna per verificare eventuali danneggiamenti e il buon funzionamento dei sistemi di sicurezza.

3.1.1.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata sull'apparecchiatura radiogena la segnaletica di "Pericolo Radiazioni".
II. E' severamente vietato manomettere i sistemi di segnalazione e sicurezza installati sull'apparecchiatura nonché l'apparecchiatura stessa.
III. L'uso dell'apparecchiatura è consentito unicamente a personale specificatamente formato, autorizzato dal Responsabile dell'attività.
IV. I dispositivi di protezione e segnalazione vanno sempre mantenuti efficienti; è vietato l'utilizzo dell'apparecchiatura quando i suddetti dispositivi non risultino funzionanti.
V. Gli operatori devono utilizzare l'apparecchiatura attenendosi scrupolosamente alle norme riportate sui manuali d'uso che devono essere disponibili nei locali in cui è installata l'apparecchiatura stessa.
VI. Gli operatori devono limitarsi all'impiego dell'apparecchiatura senza effettuare operazioni che comportino lo smontaggio della stessa e l'accesso diretto (al tubo radiogeno) (ai sistemi di accelerazione delle cariche elettriche).
VII. Agli operatori non autorizzati è vietato effettuare operazioni di manutenzione e/o pulizia che comportino l'apertura dell'apparecchiatura, la rimozione dei sistemi di protezione e l'accesso diretto (al tubo radiogeno) (ai sistemi di accelerazione delle

cariche elettriche) quando la macchina è alimentata.

VIII. Le operazioni di manutenzione di natura elettrica o meccanica possono essere effettuate anche da personale classificato non esposto, munito di autorizzazione interna, unicamente con apparecchiatura spenta e comunque in assenza di raggi X.

IX. Le operazioni di manutenzione che possano coinvolgere la sezione emettitrice o che comunque possano comportare lo smontaggio dell'apparecchiatura, con conseguente rischio di esposizione, devono essere effettuate da personale specializzato, incaricato dall'Impresa che assume l'appalto, meglio se dal Fornitore dell'apparecchiatura.

X. In caso di incendio o di allagamento dei locali, il personale operatore dovrà mettere in sicurezza l'apparecchiatura disattivando l'alimentazione elettrica della stessa.

I lavoratori devono:

a) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione predisposti per le apparecchiature. gli specifici dispositivi di sicurezza e protezione consistono normalmente in schermatura, otturatori, microinterruttori, luci di segnalazione e/o allarme, segnali acustici.
b) Segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le eventuali deficienze dei dispositivi di sicurezza, protezione e segnalazione ottica e/o acustica nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
c) Non rimuovere né modificare, senza averne avuta l'autorizzazione, i dispositivi di sicurezza, segnalazione e protezione.
d) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di competenza o che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
e) Evitare l'impiego dell'apparecchiatura qualora i mezzi di segnalazione e protezione non siano efficienti.
f) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
g) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

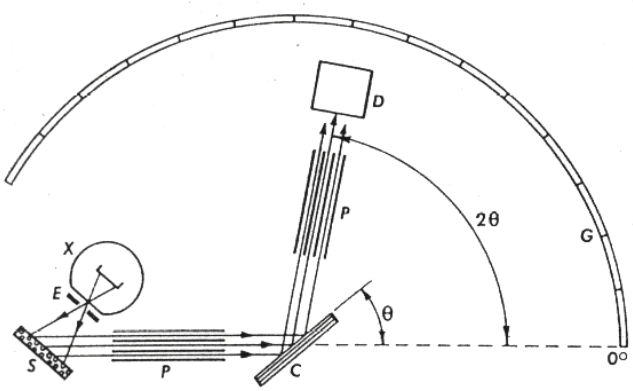


Fig. 3.1.1 A - Schema di principio dello spettrometro a raggi X di fluorescenza. X: sorgente di radiazione primaria, E: collimatore per ridurre la radiazione diffusa, S: campione da analizzare, P: "Soller slit" o collimatore della radiazione di fluorescenza (può essere presente soltanto il primo), C: monocristallo di diffrazione secondo la legge di Bragg $n\lambda = 2d\text{sen}\vartheta$, D: rivelatore della radiazione di fluorescenza, G: scala del goniometro, ϑ: angolo di Bragg, 2ϑ: angolo di riflessione. [Figura: Encyclopedia Americana]

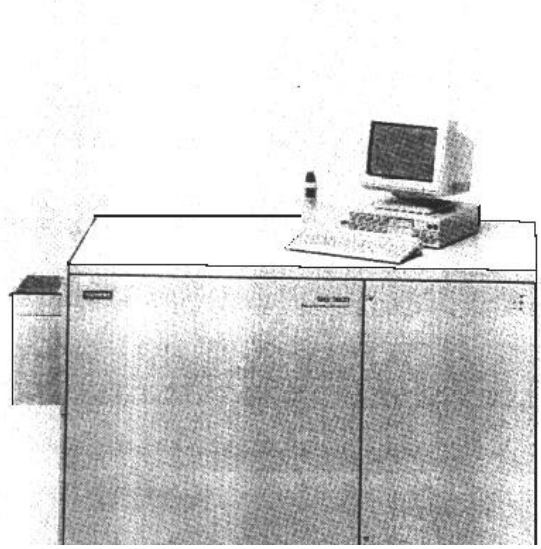


Fig. 3.1.1 B - Aspetto esteriore di uno spettrometro da laboratorio (SIEMENS SRS 3000).

Come si può osservare le varie parti componenti, ed il campione da analizzare, sono completamente racchiusi da un involucro capace di schermare efficacemente la radiazione.
[Figura: Siemens AG]

3.1.2) SPETTROMETRO DA LABORATORIO CON RADIOISOTOPI

3.1.2.1) Descrizione

Tale strumento, chiuso, con fasci di radiazioni confinati e protetti, ha dimensioni ridotte e capacità analitiche mirate all'individuazione di specifici elementi in relazione al tipo di radioisotopo utilizzato come fonte primaria di raggi X di fluorescenza.

3.1.2.2) Caratteristiche tipiche delle sorgenti

Ferro 55 (Fe55); Cadmio 109 (Cd109); Plutonio 238 (Pu238); Curio 244 (Cm244),
con attività da 74 MBq a 37 GBq.

3.1.2.3) Impieghi tipici

Determinazione di alcuni elementi chimici come zolfo, piombo, vanadio ecc.

3.1.2.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

Nelle normali condizioni di funzionamento le sorgenti risultano fisicamente inaccessibili.
La struttura dello strumento è realizzata in modo tale da schermare totalmente le radiazioni emesse.

3.1.2.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguato del personale addetto.

L'operatore posiziona il campione da analizzare nell'apposito pozzetto e agisce sul quadro di controllo dello strumento.

3.1.2.6) Radioprotezione

3.1.2.6.a) Rischi per le persone: da trascurabili a valutabili.

In condizioni di normale funzionamento il sistema è tale da racchiudere, oltre la sorgente, il campione ed il rivelatore in un insieme schermato che non rilascia radiazione significativa all'esterno. Inoltre, in alcuni casi, esistono dispositivi per il rientro della sorgente in involucro schermante quando non in uso.

La presenza e l'impiego di queste macchine non comporta la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori addetti.

Per la presenza di una sorgente radioattiva, occorre istituire un programma di verifica ambientale e dei sistemi di sicurezza.

3.1.2.6.b) Rischi per l'ambiente: non trascurabili data la presenza di sorgenti radioattive.

Il rischio è determinato essenzialmente dall'eventuale smarrimento di una o più sorgenti in occasione di operazioni di manutenzione, riparazione, sostituzione oppure in occasione della rottamazione della macchina o dell'impianto.

3.1.2.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misure iniziali della intensità del campo di radiazione all'esterno degli involucri o delle barriere. Poiché lo strumento è costruito in modo da racchiudere sia la sorgente che il campione, non si dovrebbe rilevare alcun incremento di intensità di dose di radiazione oltre il fondo ambientale.
- Se, al contrario, la misura fosse tale da comportare in qualsiasi punto all'esterno dello schermo una dose annua nell'intorno o superiore a 1 mSv, occorrerebbe far apportare adeguate modifiche.

- Verifica delle condizioni ottimali degli schermi contro radiazione di fuga localizzata.
- Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi di rientro o segregazione della sorgente.
- Verifica del corretto funzionamento di tutti gli altri dispositivi che impediscono l'analisi in condizioni di mal funzionamento dei sistemi di protezione.
- Verifica dell'assenza di contaminazione in prossimità dell'alloggiamento della sorgente o almeno nelle zone accessibili, mediante smear test e successivo conteggio con geiger o meglio con analizzatore multicanale ove possibile.
- Ripetizione delle misure e verifiche dopo ogni operazione di manutenzione o riparazione in caso di eventuali danneggiamenti anche solo sospettati.
- In caso di presenza di contaminazione, rimuovere la sorgente radioattiva, provvedere alla decontaminazione dell'apparecchiatura ed installare una nuova sorgente.
- Ordinata gestione amministrativa delle sorgenti, con registrazioni dei loro movimenti.
- Previsione delle azioni da compiere in occasione di sostituzioni o di invio alla rottamazione della macchina.

3.1.2.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione a parete sottile, geiger, rivelatori a integrazione idonei per basse energie.

3.1.2.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.1.2.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata sull'apparecchiatura radiante la segnaletica di "Pericolo Radiazioni";
II. E' vietato manomettere i sistemi di segnalazione e sicurezza installati sull'apparecchiatura nonché l'apparecchiatura stessa.
III. L'uso dell'apparecchiatura è consentito unicamente a personale specificatamente formato, autorizzato dal Responsabile dell'attività.
IV. I dispositivi di protezione e segnalazione devono essere sempre mantenuti efficienti ed è vietato l'utilizzo dell'apparecchiatura quando i suddetti dispositivi non risultino funzionanti.
V. Gli operatori devono utilizzare l'apparecchiatura attenendosi scrupolosamente alle norme riportate sui manuali d'uso che devono essere disponibili presso l'apparecchiatura stessa.
VI. Gli operatori devono limitarsi all'impiego delle apparecchiature senza effettuare operazioni che comportino lo smontaggio e l'accesso diretto alle sorgenti radioattive.
VII. E' vietato effettuare operazioni di manutenzione e/o pulizia che comportino l'apertura dell'apparecchiatura e l'accesso diretto alle sorgenti radioattive;
VIII. Gli operatori non devono esporre le mani o parti del corpo davanti alla finestra di emissione.
IX. Le operazioni di manutenzione devono essere affidate alla Ditta Fornitrice o ad altra Ditta specializzata e non devono comportare ovviamente la contaminazione dell'apparecchiatura e dell'ambiente circostante.
X. A manutenzione ultimata la ditta incaricata deve rilasciare il certificato di non contaminazione.
XI. In caso di incendio o allagamento con il coinvolgimento dell'apparecchiatura, il personale incaricato deve limitarsi unicamente alle operazioni di spegnimento dell'incendio o di contenimento avendo cura di informare il Responsabile dell'attività che provvederà a darne segnalazione all'Esperto Qualificato. Le modalità di recupero verranno definite dall'Esperto Qualificato; l'apparecchiatura danneggiata non dovrà comunque essere recuperata a mani nude.

I lavoratori devono:

a) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione predisposti: gli specifici dispositivi di sicurezza e protezione consistono normalmente in schermatura, otturatori, microinterruttori, luci di segnalazione e/o allarme, segnali acustici.
b) Segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le eventuali deficienze dei dispositivi di sicurezza, protezione e segnalazione ottica e/o acustica nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
c) Non rimuovere né modificare, senza averne avuta l'autorizzazione, i dispositivi di sicurezza, segnalazione e protezione.
d) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di competenza o che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
e) Evitare l'impiego dell'apparecchiatura qualora i mezzi di segnalazione e protezione non siano efficienti.
f) Mantenere il coperchio protettivo sulla finestra di emissione delle radiazioni quando l'apparecchiatura non è utilizzata.
g) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
h) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

3.1.3) SPETTROMETRO PORTATILE CON RADIOISOTOPI

3.1.3.1) Descrizione

Lo spettrometro si compone di due elementi separati e collegati elettricamente:

- l'unità elettronica di comando, visualizzazione e controllo;
- la "testa di misura" contenente la/le sorgente/i radioattiva/e, con i relativi sistemi di schermatura, otturazione sorgente/i e di rivelazione radiazioni (cristallo scintillatore con fotomoltiplicatore o altri tipi di rivelatore)

La testa di misura è di piccole dimensioni (es. 50 mm x 100 mm x 200 mm) con una finestra di uscita del fascio di radiazioni dietro cui sono alloggiate le sorgenti radioattive.

Il portasorgente ha funzione di collimatore e di sistema di esposizione sorgenti in corrispondenza della finestra di misura. Il portasorgente è dotato di una molla di richiamo che garantisce il mantenimento della sorgente in posizione protetta in condizioni non operative.

3.1.3.2) Caratteristiche tipiche delle sorgenti

Ferro 55 (Fe55); Cadmio 109 (Cd109); Plutonio 238 (Pu238); Curio 244(Cm244), con attività da 100 MBq a 3000 MBq. L'impiego più corrente prevede l'accoppiata di Fe55 e Cd109

3.1.3.3) Impieghi tipici

Analisi di leghe metalliche PMI (Positive Material Identification) ossia identificazione di materiali in base alla lega con cui sono fabbricati.

3.1.3.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Schermatura delle sorgenti in condizione di riposo.
b) Portasorgente/collimatore in tungsteno ad azionamento elettrico, comandato dall'unità di elaborazione, dotato di doppia molla di ritorno per garantire la posizione schermata in condizioni non operative, ovvero in mancanza di alimentazione o di guasto.
c) Idoneo sistema di segnalazione ottico e acustico per evidenziare il tipo e le condizioni di esposizione delle sorgenti.

d) Sistema di apertura e chiusura degli otturatori comandato dall'unità elettronica (dopo il controllo di autodiagnostica). La chiusura dell'otturatore avviene al termine dell'analisi.

3.1.3.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

L'operatore impiega lo spettrometro posizionando la finestra di emissione a contatto del campione da analizzare e agendo sul pulsante di avvio: questa operazione, della durata di 20 - 30 secondi, richiede che l'operatore mantenga la finestra di emissione perfettamente a contatto del campione perchè spostamenti (anche piccoli), oltre a falsare la misura, possono provocare irraggiamenti indebiti da radiazione diffusa.

3.1.3.6) Radioprotezione

3.1.3.6.a) Rischi per le persone: da trascurabili a valutabili in funzione delle dimensioni del campione da analizzare rispetto alla finestra di uscita.

Per la presenza di fasci di radiazioni anche significativi, sebbene solo in caso di non corretto impiego, esistono in linea di massima i presupposti per la classificazione delle zone e per la eventuale classificazione dei lavoratori addetti.

Occorre istituire la sorveglianza fisica e in alcuni casi la sorveglianza medica, mediante incarico ad un esperto qualificato e ad un medico autorizzato/competente.

3.1.3.6.b) Rischi per l'ambiente: non trascurabili data la presenza di sorgenti radioattive.

Il rischio è determinato essenzialmente dall'eventuale smarrimento di una o più sorgenti in occasione di operazioni di manutenzione, riparazione, sostituzione oppure in occasione della rottamazione della macchina o dell'impianto.

3.1.3.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misure iniziali dell'intensità del campo di radiazione all'esterno dell'involucro.
- Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi di rientro o segregazione della sorgente.
- Verifica del corretto funzionamento di tutti gli altri dispositivi che impediscano l'analisi in condizioni di malfunzionamento dei sistemi di protezione.
- Verifica dell'assenza di contaminazione in prossimità dell'alloggiamento della sorgente mediante smear test e successivo conteggio con geiger o meglio con analizzatore multicanale ove possibile.
- Ripetizione delle misure e verifiche dopo ogni operazione di manutenzione e in caso di eventuali danneggiamenti anche solo sospettati.
– In caso di presenza di contaminazione, rimuovere la sorgente radioattiva, provvedere alla decontaminazione dell'apparecchiatura ed installare una nuova sorgente.
- Ordinata gestione amministrativa delle sorgenti, con registrazioni dei loro movimenti.
- Previsione delle azioni da compiere in occasione di sostituzioni o di invio alla rottamazione della macchina.

3.1.3.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione a parete sottile, geiger, rivelatori a integrazione idonei per basse energie.

3.1.3.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.1.3.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

Vedi il paragrafo 3.1.2.7)

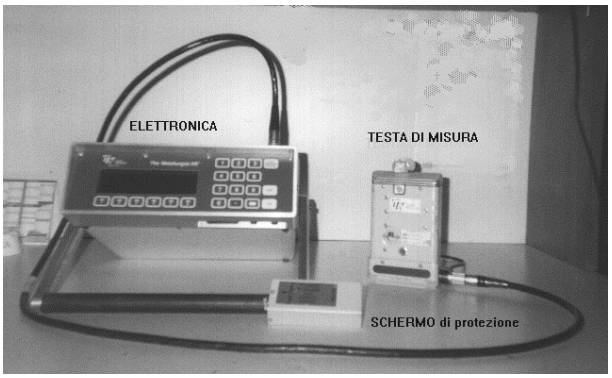


Fig. 3.1.3 A - Aspetto esteriore di uno spettrometro portatile a radioisotopi. Si riconoscono, da sinistra, il pannello di comando e controllo, la testa di misura con un campione metallico in analisi e, in primo piano, il coperchio di protezione.

3.2) DIFFRATTOMETRO CON TUBO RADIOGENO

Il diffrattrometro viene utilizzato per l'analisi della struttura cristallina dei campioni. L'analisi diffrattometrica viene eseguita attraverso la misura dell'angolo di diffrazione del fascio di raggi X prodotto dal campione.

Sono disponibili:

3.2.1) diffrattometri con camera d'analisi schermata

3.2.2) diffrattometri per analisi con fascio in aria libera

3.2.1) DIFFRATTOMETRO CON CAMERA D'ANALISI SCHERMATA

3.2.1.1) Descrizione

Il diffrattometro a raggi X da laboratorio è costituito da una struttura metallica di rilevanti dimensioni (es. 1500 mm x 1000 mm x 2000 mm), che contiene al suo interno il tubo radiogeno la camera di analisi e tutti gli elementi meccanici ed elettronici necessari al suo funzionamento; integrate nello strumento vi sono la segnalazione luminosa di raggi X attiva e la indicazione della tensione e della corrente di funzionamento.

3.2.1.2) Caratteristiche tipiche della fonte radiogena

Tensione massima: 100 kVp
Corrente massima: 100 mA
Filtrazione: 0,3 mm berillio
Anodo: rodio

Sul piano di lavoro è posta la cuffia del tubo radiogeno dotata di una o più finestre di emissione. Ad ogni finestra può essere accoppiata una camera di misura.

3.2.1.3) Impieghi tipici

Analisi di strutture atomiche e

molecolari con goniometri e camere per bassi angoli; i risultati dell'analisi sono presentati su monitor e stampante.

3.2.1.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Collimazione del fascio primario di raggi X.
b) Otturatori di schermatura della finestra della cuffia.
c) Schermatura completa della camera di analisi.
d) Eventuali pannelli schermanti che circoscrivono il piano di lavoro, dotati di microinterruttori.
e) Sistema di schermatura della guaina del tubo.
f) Segnalazione delle condizioni di funzionamento del tubo radiogeno (kV e mA).
g) Segnalazione luminosa indicante l'emissione di raggi X.

3.2.1.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

L'operatore impiega il diffrattrometro posizionando il materiale nel portacampioni ed agendo sul quadro di controllo dello strumento: questa operazione è effettuata con otturatore chiuso.

3.2.1.6) Radioprotezione

3.2.1.6.a) Rischi per le persone: nonostante l'elevata intensità del fascio, i rischi sono trascurabili in condizione di corretto esercizio.

La macchina, in perfetta efficienza, è esente per progetto da radiazione significativa al suo esterno; inoltre sicurezze elettriche impediscono il funzionamento del tubo radiogeno in assenza di accoppiamento delle camere d'analisi.

Ai fini della radioprotezione, non vi sono i presupposti per la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori addetti, tranne che nelle attività di ricerca e progetto particolarmente a rischio.

3.2.1.6.b) Rischi per l'ambiente: nessuno.

3.2.1.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

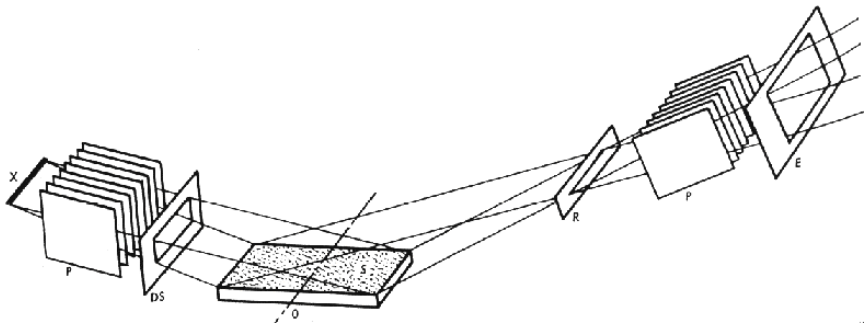
- Misura iniziale del campo di radiazione sulle superfici esterne delle camere di analisi e sui pannelli del box schermante e quindi verifica della efficienza delle sicurezze elettriche, da ripetersi periodicamente e comunque in occasione di danneggiamenti accidentali reali o presunti e di riparazioni. La misura, al netto del fondo, dovrebbe essere nulla agli effetti pratici: non è ammissibile la presenza all'esterno di campi significativi, date le modalità d'uso della macchina. Si evidenzia come il tubo radiogeno normalmente è in grado di funzionare in modo continuativo anche per tempi molto prolungati: questo consente di effettuare la misura su tutta la superficie esterna con un rivelatore di radiazione X, completata, se opportuno, da successive verifiche in punti critici mediante rivelatori ad integrazione.
- Nel caso si misuri in un punto qualsiasi della superficie esterna un valore di dose significativo rispetto al fondo, occorre far revisionare ed eventualmente far adeguare il sistema di schermi della macchina.

3.2.1.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione e rivelatori ad integrazione.

3.2.1.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.2.1.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE
Vedi il paragrafo 3.1.1.7)

Fig. 3.2.1 A - Schema di principio del diffrattometro a raggi X per campioni policristallini.



X: sorgente lineare sottile di radiazione X, eventualmente corredata di monocromatore per migliorare il rapporto con la radiazione di fondo, P: “Soller slit” o collimatore, DS: apertura per il controllo della divergenza del fascio, S: campione da analizzare, in rotazione attorno all’asse O, R: apertura ricevente a fessura, E: apertura anti diffusione all’ingresso del rivelatore (non mostrato). La distanza tra X ed O deve essere uguale alla distanza tra O ed R. Il campione ed il complesso di rivelazione sono parti di un sistema chiamato goniometro. Poiché anche il diffrattometro è basato sulla legge di Bragg, il goniometro è realizzato in maniera tale che ad una rotazione ϑ del campione attorno all’asse O corrisponda una rotazione 2ϑ del complesso di rivelazione. [Figura: Encyclopedia Americana]

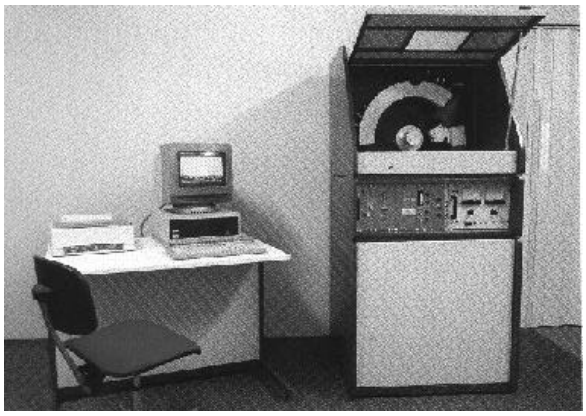


Fig. 3.2.1 B - Aspetto esteriore di un diffrattometro a camera schermante per analisi di materiali policristallini (SIEMENS D 5000).
Il volume interessato dalla radiazione X è completamente segregato. Dietro la finestrella schermante si nota il goniometro con al centro il porta campione; a sinistra c'è il sistema di generazione X, a destra il sistema di rivelazione. [Figura: Siemens AG]

3.2.2) DIFFRATTOMETRO PER ANALISI CON FASCIO IN ARIA LIBERA

3.2.2.1) Descrizione

Questo tipo di diffrattrometro è analogo allo strumento descritto al punto precedente ma utilizza camere di analisi con fasci liberi: la schermatura delle radiazioni è garantita dalla struttura del box in metallo e in vetro "anti X" che è parte integrante dell'apparecchio

3.2.2.2) Caratteristiche tipiche della fonte radiogena

Tensione massima: 100 kVp
Corrente massima: 100 mA
Filtrazione: 0,3 mm berillio
Anodo: rodio

3.2.2.3) Impieghi tipici

Analisi di polveri, di cristalli singoli e di vari composti a temperatura ambiente e/o controllata: i risultati dell'analisi sono presentati su monitor e stampante.

2.2.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Collimazione del fascio primario di raggi X.
b) Otturatori di schermatura del fascio.
c) Pannelli schermanti che circoscrivono il piano di lavoro, dotati di microinterruttori.
d) Sistema di schermatura della guaina del tubo.
e) Segnalazione delle condizioni di funzionamento del tubo radiogeno (kV e mA).
f) Segnalazione luminosa indicante l'emissione di raggi X.

3.2.2.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

Il modo d'impiego di questo strumento è analogo a quello descritto al paragrafo 3.2.1).

3.2.2.6) Radioprotezione

3.2.2.6.a) Rischi per le persone: anche consistenti per possibili irradiazioni alle mani.

L'interno dell'area di analisi, delimitata da pannelli schermanti, costituisce zona controllata; esistono normalmente sicurezze elettriche per impedire il funzionamento del tubo radiogeno con pannelli aperti.

Il sistema, ancorché in perfetta efficienza, non è necessariamente esente da radiazione significativa

neppure all'esterno delle barriere schermanti; inoltre possono sopravvenire variazioni operative o degrado strutturale o funzionale delle protezioni aggiuntive tali da modificare le primitive condizioni di sicurezza. Non si può escludere che l'area circostante lo strumento sia zona sorvegliata e gli addetti classificati lavoratori esposti; in tal caso sono richieste la sorveglianza fisica e la sorveglianza medica.

3.2.2.6.b) Rischi per l'ambiente: nessuno.

3.2.2.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misura iniziale sia del campo di radiazione all'esterno delle barriere ed ai posti operatore sia della efficienza delle sicurezze elettriche, da ripetersi periodicamente e comunque in occasione di mutamenti delle condizioni operative, di danneggiamenti accidentali reali o presunti e di interventi di manutenzione.
- In caso di valori di dose ingiustificatamente elevati o di disuniformità marcate ed anomale nella distribuzione spaziale dei valori di dose all'esterno delle barriere, devono essere adottati provvedimenti tecnici sulle barriere stesse ed amministrativi sulle modalità operative coerenti con il principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) al fine diridurre il più ragionevolmente possibile il valore di dose assorbita in aria all'esterno della struttura.
- Sono necessarie la sorveglianza fisica e in alcuni casi anche la sorveglianza medica dei lavoratori addetti.

3.2.2.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione e dosimetri a integrazione.

3.2.2.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.2.2.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata all'esterno dei box formati dagli schermi di protezione posti sui piani dei diffrattometri la segnaletica indicante "Pericolo Radiazioni" e "Vietato l'accesso ai non autorizzati".
II. Le operazioni di centratura ed allineamento del fascio devono essere effettuate alla potenza più bassa compatibile con le esigenze operative e non devono comportare l'esposizione delle estremità al fascio diretto di radiazioni.
III. E' vietato manomettere i sistemi di segnalazione e sicurezza installati sull'apparecchiatura nonché l'apparecchiatura stessa.
IV. L'uso dell'apparecchiatura è consentito unicamente a personale specificatamente formato, autorizzato dal Responsabile dell'attività.
V. I dispositivi di protezione e segnalazione devono essere mantenuti efficienti; è vietato l'utilizzo dell'apparecchiatura quando i suddetti dispositivi non risultino funzionanti.
VI. Gli operatori devono utilizzare l'apparecchiatura attenendosi scrupolosamente alle norme riportate sui manuali d'uso che devono essere disponibili nei locali in cui l'apparecchiatura è installata.
VII. Gli operatori devono limitarsi all'impiego delle apparecchiature senza effettuare operazioni che comportino lo smontaggio della stessa e l'accesso diretto al tubo radiogeno.
VIII. Agli operatori non autorizzati è vietato effettuare operazioni di manutenzione e/o pulizia che comportino l'apertura dell'apparecchiatura, la rimozione dei sistemi di protezione e l'accesso diretto al tubo radiogeno quando la macchina è alimentata.
IX. Le operazioni di manutenzione di natura elettrica o meccanica possono essere effettuate anche da personale classificato non esposto, munito di autorizzazione

interna, unicamente con apparecchiatura spenta e comunque in assenza di raggi X.

X. Le operazioni di manutenzione che possano coinvolgere la sezione emettitrice o che comunque possano comportare lo smontaggio dell'apparecchiatura, con conseguente rischio di esposizione, devono essere effettuate da personale specializzato, incaricato dall'Impresa che assume l'appalto, meglio se dal Fornitore dell'apparecchiatura.

XI. In caso di incendio o di allagamento dei locali, il personale operatore dovrà mettere in sicurezza l'apparecchiatura disattivando l'alimentazione elettrica della stessa.

I lavoratori devono:

a) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione predisposti per le apparecchiature a raggi X: gli specifici dispositivi di sicurezza e protezione consistono normalmente in schermatura, otturatori, microinterruttori, luci di segnalazione e/o allarme, segnali acustici.
b) Segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le eventuali deficienze dei dispositivi di sicurezza, protezione e segnalazione ottica e/o acustica nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
c) Non rimuovere né modificare, senza averne avuta l'autorizzazione, i dispositivi di sicurezza, segnalazione e protezione.
d) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di competenza o che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
e) Evitare l'impiego dell'apparecchiatura qualora i mezzi di segnalazione e protezione non siano efficienti.
f) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
g) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

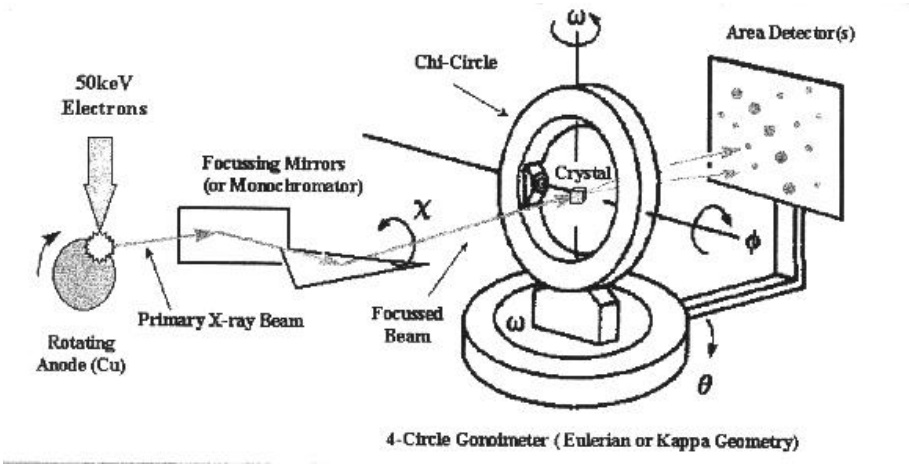


Fig. 3.2.2 A - Schema di principio del diffrattometro a raggi X per studî strutturali di cristalli singoli.
Il cristallo è fissato al centro di una struttura (goniometro) che gli consente di essere ruotato attorno a più assi. Il fascio X monocromatico e focalizzato viene diffratto e rivelato da rivelatori o da una pellicola fotografica in punti che si trovano su cerchi concentrici del piano di rivelazione, intersezioni del piano con coni aventi vertice nel cristallo ed apertura 4ϑ. [Figura: Dr. Bernhard Rupp, univ. Vienna]

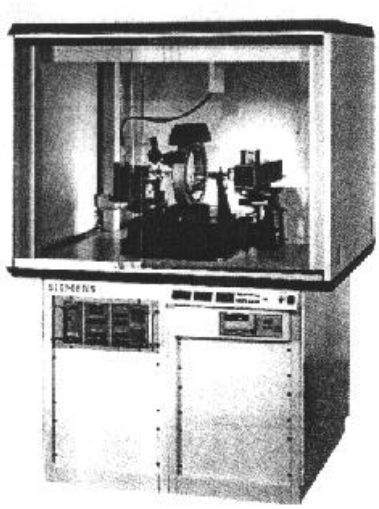


Fig. 3.2.2 B - Aspetto esteriore di un diffrattometro a camera schermante per studî strutturali di cristalli singoli (SIEMENS P4).
Il volume interessato dalla radiazione X è completamente segregato. All'interno si vede il goniometro, alla destra del quale c'è il tubo radiogeno col monocromatore ed il collimatore, ed alla sinistra il sistema di rivelazione.
[Figura: Siemens AG]

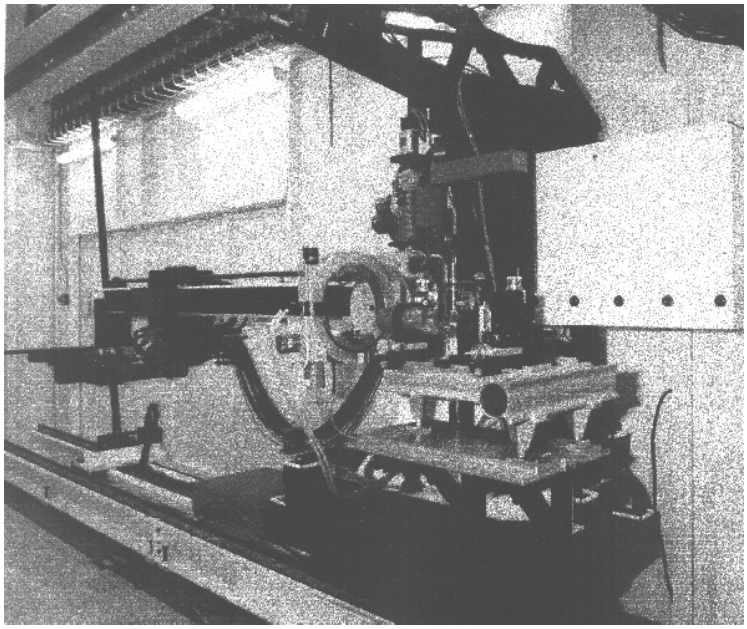


Fig. 3.2.2 C - Vista di un diffrattometro con fascio parzialmente libero (X12B).
La fotografia mostra una parte dell'apparecchiatura, montata su una rotaia di 6,3 m, ed in particolare lo stadio porta campione ed il braccio inclinabile del rivelatore. Non è visibile la parte del tubo radiogeno con i collimatori. L'apparecchiatura è installata in un locale con pareti schermanti, e verosimilmente non vi si trovano persone durante il funzionamento.
[Figura: Brookhaven National Laboratory]

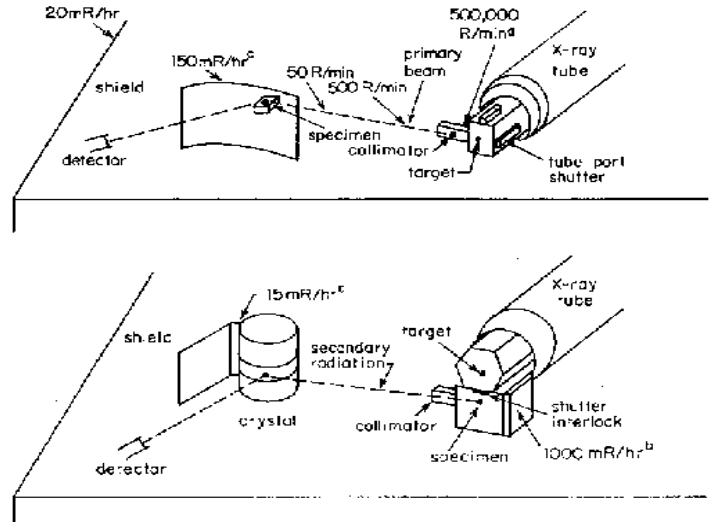


Fig. 2.2 D - Valori dei campi di radiazione misurati in prossimità dei componenti di apparecchiature per analisi con raggi X a fascio libero. La parte superiore della figura si riferisce ad un diffrattometro, quella inferiore ad uno spettroscopio a fluorescenza. Le differenze nelle intensità di esposizione sono assai rilevanti.
[Figura: J. Shapiro. Harvard University Press]

3.3) MICROSCOPIO ELETTRONICO

3.3.1) Descrizione

Il microscopio elettronico è costituito da un complesso che contiene al suo interno tutti gli elementi meccanici ed elettronici relativi alla generazione, accelerazione e focalizzazione degli elettroni, il pozzetto portacampioni, i mezzi di teleposizionamento del campione e i rivelatori dell'immagine.

L'acceleratore di elettroni è completamente chiuso all'interno dello strumento e fisicamente inaccessibile. Sia il percorso degli elettroni che il pozzetto portacampioni devono essere mantenuti sotto vuoto durante il funzionamento: il cosiddetto cannone elettronico non funziona se non in questa condizione.

Un secondo complesso costituisce la consolle di comando del microscopio.

Esistono due tipi di microscopio elettronico: a scansione (***SEM***) e a

trasmissione (***TEM***). Dal punto di vista radiologico non esistono differenze sostanziali tra i due tipi, in quanto il fascio elettronico, a seguito dell'urto col mezzo interessato, emette radiazione X.

Le differenze consistono nel modo di ottenere l'immagine ingrandita dell'oggetto.

Nel TEM l'oggetto viene attraversato dal fascio di elettroni che si comporta in modo analogo ad un fascio luminoso (e come questo è deflesso da lenti, elettriche e magnetiche), però di lunghezza d'onda associata molto minore, quindi con possibilità di ingrandimenti molto più forti. Gli elettroni accelerati, dopo aver attraversato il campione, colpiscono uno schermo fluorescente, osservabile dall'esterno, sul quale formano l'immagine ingrandita del campione, generando tuttavia anche raggi X di frenamento.

Nel SEM il fascio elettronico, accelerato e focalizzato sull'oggetto, viene costretto a compiere sull'oggetto stesso una scansione sincrona con quella del punto luminoso del monitor di visione.

Gli elettroni secondari, emessi dall'oggetto e raccolti da un rivelatore, producono un segnale sul monitor funzione della topografia dell'oggetto. L'ingrandimento è proporzionale al rapporto tra le dimensioni dell'immagine sullo schermo e quelle della zona esplorata dell'oggetto.

3.3.2) Caratteristiche tipiche della fonte radiogena

	Tensione	Corrente:
SEM:	35 - 50 kVp,	~ 10 µA
TEM:	150 - 350 kVp,	~ 100 µA

3.3.3) Impieghi tipici

Microscopia ad alto ingrandimento (> 10.000), con adeguati accessori (camere per microanalisi e relativa elettronica) si può effettuare la spettrometria mediante raggi X di fluorescenza e l'analisi di strutture.

3.3.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Collimazione del fascio di elettroni.
b) Schermatura delle pareti della "camera di misura".
c) Impossibilità di operare in assenza di vuoto nel pozzetto porta campioni.
d) Segnalazione delle condizioni di funzionamento.

3.3.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

L'operatore colloca il campione nel pozzetto e dopo aver fatto il vuoto nella camera d'analisi esegue l'osservazione dal quadro di controllo dello strumento.

3.3.6) Radioprotezione

3.3.6.a) Rischi per le persone: trascurabili

La macchina è esente per progetto e struttura da radiazione significativa al suo esterno: infatti l'involucro della stessa e le eventuali finestrelle di visione sono di materiale e spessore idonei a produrre un efficace effetto schermante della radiazione X.

La presenza e l'uso della macchina non presuppongono perciò la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori addetti.

3.3.6.b) Rischi per l'ambiente: nessuno.

3.3.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misura iniziale del campo di radiazione all'esterno del microscopio vero e proprio e del monitor, da ripetersi

cautelativamente in occasione di danneggiamenti accidentali reali o presunti e di interventi di manutenzione. L'esame consiste nella verifica radiometrica su tutta la superficie esterna della torretta del tubo elettronico e del monitor, quando presente. Eventuali posizioni critiche, dove si sospetti radiazione di fuga, possono essere studiate con rivelatori ad integrazione. La misura, al netto del fondo dovrebbe essere nulla agli effetti pratici. Non è ammissibile la presenza all'esterno di campi significativi, date le modalità d'uso della macchina.

- Nel caso si misuri, in un punto qualsiasi della superficie esterna, un valore di dose significativo rispetto al fondo, occorre far revisionare ed eventualmente adeguare la schermatura dell'apparecchiatura.
- Di norma non si ravvisa la necessità di sorveglianza fisica periodica.

3.3.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, ed eventualmente rivelatori a integrazione.

3.3.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: a discrezione.

3.3.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata sull’apparecchiatura radiante la segnaletica di “Pericolo Radiazioni”.
II. E’ vietato manomettere i sistemi di segnalazione e sicurezza installati sull’apparecchiatura nonché l’apparecchiatura stessa.
III. L’uso dell’apparecchiatura è consentito unicamente a personale specificatamente formato, autorizzato dal Responsabile dell’attività.
IV. I dispositivi di protezione e segnalazione vanno sempre mantenuti efficienti; è vietato l’utilizzo dell’apparecchiatura quando i suddetti dispositivi non risultino funzionanti.
V. Gli operatori devono utilizzare l’apparecchiatura attenendosi scrupolosamente alle norme riportate sui manuali d’uso che devono essere disponibili presso l’apparecchiatura stessa.
VI. Il personale deve limitarsi all’impiego dell’apparecchiatura senza effettuare operazioni che comportino lo smontaggio dell’apparecchiatura e l’accesso diretto alla sezione emettitrice.
VII. Le operazioni di manutenzione di natura elettrica o meccanica potranno essere effettuate da personale classificato non esposto unicamente con apparecchiatura spenta o non alimentata.
VIII. In caso di incendio o di allagamento dei locali nei quali sia coinvolta l’apparecchiatura, disattivare l’alimentazione elettrica.

I lavoratori devono:

a) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione predisposti.
b) Segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le eventuali deficienze dei suddetti dispositivi nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
c) Non rimuovere né modificare, senza averne avuta l’autorizzazione, alcune parti dell’apparecchiatura.
d) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di competenza o che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
e) Evitare l’impiego dell’apparecchiatura qualora i mezzi di segnalazione e protezione non siano efficienti.
f) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
g) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

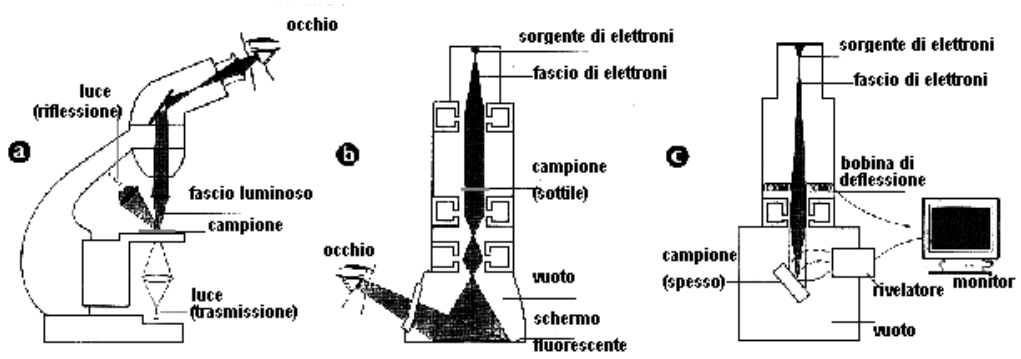


Fig. 3.3 A - I principî di funzionamento del microscopio ottico (a) e dei microscopi elettronici a trasmissione (TEM) (b) ed a scansione (SEM) (c) messi a confronto. Nel TEM il fascio di elettroni si comporta in modo simile al fascio di luce del microscopio ottico, viene rifratto da lenti magnetiche anziché da lenti ottiche e va a formare l'immagine sopra uno schermo fluorescente, osservabile direttamente. Nel SEM si utilizza invece la tecnica televisiva. Il fascio di elettroni focalizzato sul campione viene deflesso continuamente per esplorarne tutta la superficie. Gli elettroni secondari emessi, il cui numero è proporzionale alle caratteristiche del punto del campione da cui provengono, sono rivelati ed il segnale risultante va a formare un punto di immagine sullo schermo di un monitor televisivo, che in genere è anche dotato di memoria. [Figura: Philips Electron Optics]

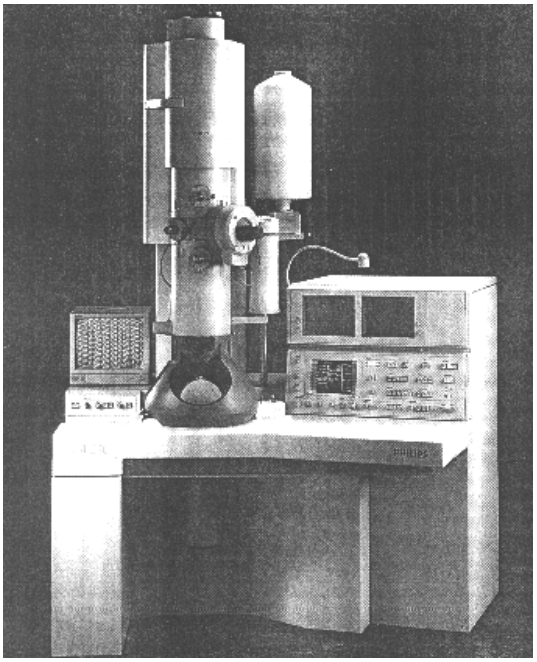


Fig. 3.3 B - Microscopio TEM da laboratorio per la scienza dei materiali (PHILIPS CM200).
La colonna che contiene l'ottica elettronica, il campione e lo schermo di visione è sotto vuoto e quindi sigillata. Le pareti e la finestra di osservazione alla base sono tali da non lasciar uscire la pur modesta radiazione X che si genera all'interno.
[Figura: Philips Electron Optics]

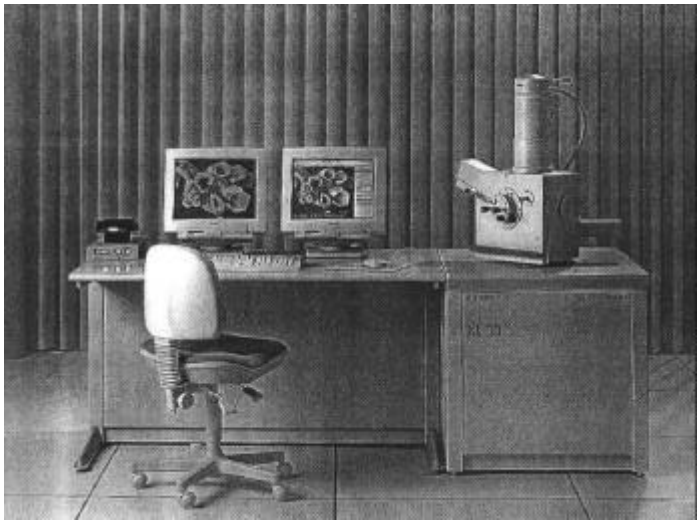


Fig. 3.3 C - Un moderno microscopio SEM (PHILIPS XL30).
Sulla consolle, a destra, si trova il complesso della colonna elettro-ottica del portacampione e del rivelatore di elettroni secondari, tutto sotto vuoto. Le caratteristiche dal punto di vista radiologico sono analoghe a quelle del TEM. Al centro della consolle si trovano gli schermi televisivi per l'osservazione del campione.
[Figura: Philips Electron Optics]

3.4) DETECTOR PER GASCROMATOGRAFIA A CATTURA ELETTRONICA (ECD)

3.4.1) Descrizione

Il rivelatore (con dimensioni di circa 100 mm x 50 mm x 50 mm) è accoppiato a un gascromatografo ed è costituito da una camera schermata contenente un radioisotopo.

La ionizzazione, generata dal radioisotopo beta emittente nel gas "carrier", mantiene una corrente costante nel circuito di misura; la presenza nel gas "carrier" del composto da analizzare genera nel circuito di misura un segnale, che viene visualizzato sul sistema di lettura, provocato dalla riduzione della corrente di ionizzazione.

3.4.2) Impieghi tipici

Analisi chimica di composti generalmente clorurati (p. es. trielina in acqua, policlorurobifenile-pcb, ecc.).

3.4.3) Caratteristiche tipiche della fonte radiogena

Si impiega quasi esclusivamente una sorgente di Nichel 63 (Ni63) elettrodepositato su nichel metallico, con attività massima di 555 MBq (15 mCi); è quindi in pratica una sorgente di tipo sigillato.

3.4.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) La struttura non consente l'accesso diretto alla sorgente.
b) Lo spessore della struttura scherma le radiazioni della sorgente verso l'esterno.
c) Eventuale sistema di canalizzazione per lo scarico del "carrier" gas analizzato.

3.4.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

L'operatore ha il compito di montare e smontare l'ECD (compresi i tubi di raccordo) sul gascromatografo; dopo questa operazione è possibile effettuare l'analisi senza ulteriore intervento sull'ECD.

3.4.6) Radioprotezione

3.4.6.a) Rischi per le persone: da minimi a trascurabili.

L'apparecchiatura è esente per progetto, struttura e tipo di sorgente da irradiazione o contaminazione significativa al suo esterno; la presenza ed uso della sorgente non presuppongono perciò la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori addetti.

3.4.6.b) Rischi per l'ambiente: non trascurabili.

La sorgente, se non gestita con cura, potrebbe andare dispersa nell'ambiente, specialmente in caso di sostituzione della sorgente o di rottamazione dell'ECD.

3.4.6.c) Provvedimenti di radioprotezione:

- Sebbene si escluda l'emissione di radiazioni all'esterno dell'ECD, tuttavia l'ECD richiede una particolare attenzione nell'utilizzo prolungato nel tempo: infatti la formazione di eventuale ossido di nichel potrebbe dare luogo a

contaminazione trasferibile dovuta al trasporto verso l'esterno di particelle di Ni63 asportate dallo strato elettrodepositato. Si suggerisce pertanto la conservazione dell'ECD in ambiente inerte e la manipolazione con guanti monouso.

- Effettuazione del conteggio periodico della contaminazione all'ugello di uscita del gas e sulle superfici prossime, da ripetersi cautelativamente in occasione di danneggiamenti accidentali reali o presunti e di riparazioni dell'ECD. Il conteggio, al netto del fondo, deve essere nullo agli effetti pratici.
- In caso contrario occorre procedere alla sostituzione del blocco rivelatore.
- Ordinata gestione amministrativa delle sorgenti, con registrazioni dei loro movimenti. Previsione delle azioni da compiere in occasione di sostituzioni o di invio alla rottamazione dell'ECD.

3.4.6.d) Strumentazione consigliata: scintillazione liquida (smear test umido).

3.4.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.4.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata sulle superfici esterne di ogni ECD la segnaletica "Pericolo Radiazioni".
II. L'uso del gascromatografo con ECD è consentito unicamente a personale autorizzato dal Datore di Lavoro. Un elenco di tale personale deve essere disponibile presso il Responsabile dell'attività o del laboratorio.
III. I lavoratori addetti devono eseguire le operazioni di montaggio o smontaggio dell'ECD, facendo uso, a scopo cautelativo, di guanti di gomma monouso.
IV. E' vietato eseguire operazioni di manutenzione e/o pulizia che comportino l'accesso alla sorgente radioattiva e comunque manomettere l'ECD.
V. L'operatore deve utilizzare l'ECD attenendosi scrupolosamente alle norme riportare sui manuali d'uso che devono essere disponibili nel locale in cui è installata l'apparecchiatura stessa.
VI. L'operatore deve porre particolare attenzione al rispetto dei parametri operativi consigliati mantenendo la camera dell'ECD in flusso continuo di gas inerte.
VII. Le operazioni di manutenzione dell'ECD devono essere effettuate da personale della Ditta Fornitrice o altra Ditta specializzata. Al termine della manutenzione deve essere fornito il certificato di non contaminazione.
VIII. L'ECD non impiegato deve essere custodito in ambiente inerte.
IX. Si raccomanda di mantenere applicato all'estremità superiore della colonna dell'ECD il tubo per la raccolta del gas di scarico contenente il residuo dell'analisi. Il tubo deve essere convogliato sotto cappa o verso l'esterno per ridurre i rischi di eventuale contaminazione dell'ambiente di lavoro.
X. In caso di incendio dei locali con coinvolgimento dell'ECD, il personale deve limitarsi unicamente alle operazioni di spegnimento e contenimento dell'incendio, avendo cura di informare il Responsabile dell'attività che provvederà a darne segnalazione all'Esperto Qualificato. Le modalità di recupero verranno definite dall'Esperto Qualificato.

I lavoratori devono:

a) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione predisposti.

b) Segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le eventuali deficienze dei suddetti dispositivi nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
c) Non rimuovere né modificare, senza averne avuta l'autorizzazione, i dispositivi di sicurezza, segnalazione e protezione.
d) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di competenza o che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
e) Evitare l'impiego dell'apparecchiatura qualora i mezzi di segnalazione e protezione non siano efficienti.
f) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
g) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

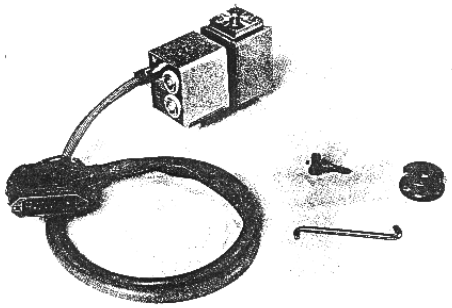
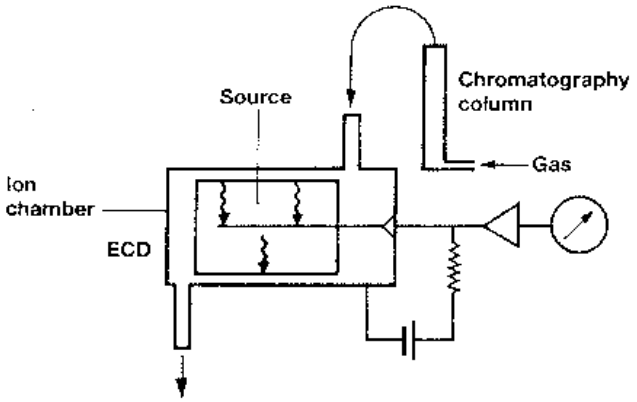


Fig. 3.4 A - La fotografia mostra un ECD, con i suoi organi di collegamento al gascromatografo ed ai circuiti di alimentazione elettrica e di rivelazione. L'ECD vero e proprio è il parallelepipedo più a destra, riconoscibile dal condotto di scarico diretto verso l'alto.
[Figura: Carlo Erba Instruments]

Fig. 3.4 B - Principio di funzionamento del rivelatore per cattura di elettroni (ECD) di un gascromatografo.
La camera di ionizzazione che si trova alla fine della colonna del gascromatografo è sede di una corrente di elettroni secondari costante, per effetto della ionizzazione prodotta da una sorgente beta, quando il gas che fluisce è soltanto il "carrier" (per es. argon, o azoto, puri). Le frazioni di gas o vapori che si separano lungo la colonna capillare, al loro passaggio attraverso la camera catturano elettroni secondari provocando variazioni della corrente che servono ad identificare e misurare la frazione. [Figura: Amersham International]



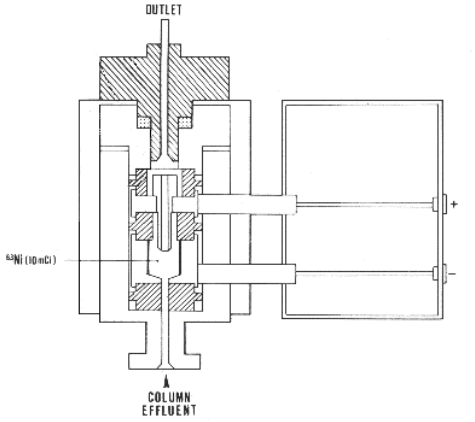


Fig. 3.4 C - Schema costruttivo di un ECD. La colonna capillare del gascromatografo è connessa alla apertura inferiore dell'ECD; il gas che fluisce attraverso la camera sulle cui pareti si trova l'emettitore beta (Ni-63 elettrodepositato) produce variazioni di corrente nel circuito che si chiude attraverso i connettori + e -, ed esce poi dall'apparecchio attraverso lo scarico ("outlet"). Potrebbe darsi il caso di contaminazione radioattiva condotta all'esterno. [Figura: Carlo Erba Instruments]

3.5) MISURATORE DI POLVERI IN ARIA CON CAMPIONAMENTO CONTINUO DELL'ARIA AMBIENTE

3.5.1) Descrizione

Questi misuratori normalmente si compongono di un sistema di aspirazione dell'aria da analizzare e di una camera di analisi costituita da un sistema sorgente - rivelatore con la relativa elettronica di controllo.L'aria aspirata viene convogliata su un filtro che viene inserito, in modo automatico, fra la sorgente radioattiva e il rivelatore di radiazioni. La quantità di polvere trattenuta sul filtro viene determinata misurando l'attenuazione delle particelle beta emesse dalla sorgente radioattiva posta sotto il filtro.

Il sistema di analisi è racchiuso in una struttura avente dimensioni di 500 mm x 500 mm x 500 mm.

Solitamente questi sistemi sono installati all'interno di cabine pressurizzate assieme ad altre apparecchiature per l'analisi della qualità dell'aria.

3.5.2) Caratteristiche tipiche delle sorgenti

Vengono utilizzate esclusivamente sorgenti radioattive con emissione beta, come Promezio 147 (Pm147), Carbonio 14 (C14) o Kripton 85 (Kr85), con attività rispettivamente di 9,25 MBq (0,25 mCi), 370 MBq (10 mCi) e 1.850 MBq (50 mCi). Attualmente l'isotopo più usato è il Carbonio 14.

3.5.3) Impieghi tipici

Determinazione della quantità di polvere (particolato) in aria.

3.5.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

Struttura che non consente accesso diretto alla sorgente.

3.5.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all’informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

In condizioni di esercizio il sistema di misura non necessita della presenza di operatori; l'unico intervento eseguito dall'operatore è la sostituzione del rotolo di carta da filtro, previa applicazione del disco di schermatura sulla finestra di emissione delle particelle beta.

3.5.6) Radioprotezione

3.5.6.a) Rischi per le persone: trascurabili.

Il sistema è tale da racchiudere sia la sorgente che il campione ed il rivelatore in un insieme schermato che non rilascia radiazione significativa all’esterno.

Ai fini della radioprotezione, la presenza e l'impiego di queste macchine non comportano la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori addetti.

La presenza della sorgente radioattiva comporta l’istituzione della sorveglianza fisica mediante un esperto qualificato appositamente incaricato.

3.5.6.b) Rischi per l'ambiente: non trascurabili data la presenza di sorgenti radioattive

Il rischio è determinato essenzialmente dall'eventuale smarrimento di una o più sorgenti in occasione di operazioni di manutenzione, riparazione, sostituzione oppure in occasione della rottamazione della macchina o dell'impianto.

3.5.6.c) Provvedimenti di radioprotezione:

- Misure iniziali dei valori di dose di radiazione all'esterno dell'involucro. Non si dovrebbe misurare, al netto del fondo, alcun valore di dose di radiazioni.
- Se, al contrario, la misura fosse tale da comportare in qualsiasi punto all'esterno dello schermo un valore di dose significativo rispetto al fondo, occorre far revisionare ed eventualmente far adeguare il sistema di schermi.
- Verifica delle condizioni ottimali degli schermi contro radiazione di fuga localizzata.
- Verifica dell'assenza di contaminazione in prossimità dell'alloggiamento della sorgente mediante smear test e conteggio con rivelatori a finestra sottile. - Ripetizione delle misure e verifiche dopo ogni operazione di manutenzione o riparazione e in caso di danneggiamenti anche solo sospettati.
- In caso di presenza di contaminazione, rimuovere la sorgente radioattiva, provvedere alla decontaminazione dell'apparecchiatura ed installare una nuova sorgente.
- Ordinata gestione amministrativa delle sorgenti, con registrazioni dei loro movimenti.
- Previsione delle azioni da compiere in occasione di sostituzioni o di invio alla rottamazione della macchina.

3.5.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione a parete sottile, geiger, rivelatori a integrazione.

3.5.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.5.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

Vedi il paragrafo 3.1.2.7)

3.6) APPARECCHIATURA CON TUBO RADIOGENO PER RADIOGRAFIA IN BUNKER

3.6.1) Descrizione

L'apparecchiatura comprende un tubo radiogeno e un sistema di rivelazione costituito da una lastra radiografica ad alta densità di annerimento. Il sistema è utilizzato per controlli non distruttivi di oggetti anche di grandi dimensioni e notevolmente radioopachi; per esempio per il controllo di parti di macchinario, pareti di serbatoi e manufatti di carpenteria metallica.

3.6.2) Caratteristiche tipiche della fonte radiogena

Tensione: 100 ÷ 500 kVp
Corrente massima: 12 mA

3.6.3) Impieghi tipici

Evidenziazione di fessurazioni e altri difetti sia nella saldatura che nel corpo del manufatto, riprodotti su lastra radiografica sviluppata.

3.6.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Schermatura di pareti e porte del locale (“bunker”).
b) Microinterruttori sulle porte di accesso al locale.
c) Segnalazione delle condizioni di funzionamento del tubo radiogeno (kV, mA).
d) Segnalazione luminosa/acustica indicante emissione di raggi X.

3.6.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all’informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

Il tubo radiogeno ed il pezzo da controllare sono confinati entro ambienti di congrue caratteristiche schermanti, che sono accessibili solamente al personale addetto al trasporto e posizionamento dei materiali da esaminare.

Durante l’emissione dei raggi X, il personale sosta in una zona di comando adiacente ma esterno al locale in cui è alloggiato il tubo radiogeno.

L’intervento dell’operatore consiste nella predisposizione del pezzo da esaminare, nel posizionamento della pellicola radiografica presso il tavolo di comando e nella predisposizione dei parametri radiografici.

Nelle installazioni più importanti il bunker è un locale in calcestruzzo con pareti e soffitto di grosso spessore. In alcuni casi le pareti sono rinforzate con piombo. Gli accessi, talvolta di grandi dimensioni per consentire la introduzione di grandi manufatti da radiografare, hanno portoni realizzati con acciaio e piombo di adeguato spessore, ma talvolta anche con calcestruzzo. Gli accessi per il personale possono essere a forma di labirinto per ridurre lo spessore della porta di servizio.

3.6.6) Radioprotezione

3.6.6.a)Rischi per le persone: consistenti.

L'interno del bunker costituisce zona controllata.

Il sistema, ancorché in perfetta efficienza, non è necessariamente esente da radiazione significativa neppure all'esterno delle barriere schermanti; inoltre possono sopravvenire variazioni operative o degrado strutturale o funzionale delle protezioni tali da modificare le primitive condizioni di sicurezza.

L'area circostante il bunker, ed in particolare il locale di comando, è solitamente zona sorvegliata; le altre aree dello stabilimento sono zone non classificate.

Le persone addette alle prove possono essere lavoratori non esposti o classificati in funzione delle modalità operative.

3.6.6.b) Rischi per l'ambiente: trascurabili.

3.6.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Sicurezze elettriche per impedire o interrompere il funzionamento del tubo radiogeno ad accessi aperti, onde evitare l’ingresso accidentale di

persone all’interno del bunker durante l’emissione di raggi X dal tubo.
- Dispositivi di allarme ottici e visivi che segnalano la presenza di radiazione a tubo in funzione.
- Dispositivi di interruzione in emergenza della alimentazione elettrica della macchina situati all’interno del bunker.
- Verifica del campo di radiazione all'esterno delle barriere, in particolare ai punti critici: al contorno delle porte, ai posti operatore ed a distanza adeguata per la valutazione dell’”effetto cielo”.
- Verifica dell’efficienza delle sicurezze elettriche e dei dispositivi di segnalazione ed allarme, iniziale, periodica ed in occasione di mutamenti nelle condizioni operative, di danneggiamenti accidentali, reali o presunti, e di riparazioni, al fine di adottare eventuali provvedimenti.
- Dosimetria ambientale con dosimetri a integrazione almeno nel locale di comando.
- Per gli addetti, sistema di allarme acustico ed eventuale dosimetria personale.
- Nomina di un esperto qualificato.

3.6.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, geiger, dosimetri a integrazione.

3.6.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.6.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata all’esterno del bunker in corrispondenza degli ingressi la segnaletica indicante “Pericolo Radiazioni Ionizzanti”, “Vietato l’ingresso alle Persone non Autorizzate”, “Zona Controllata”, “indicazione delle sorgenti radiogene e del tipo di rischio”.
II. L'accesso al Bunker è consentito esclusivamente al PERSONALE ESPOSTO (classificato in CATEGORIA "A" o “B”).
L'ACCESSO DI ALTRO PERSONALE AL BUNKER PUO' AVVENIRE SOLO CON GLI APPARECCHI GAMMAGRAFICI CHIUSI NEI RICOVERI DI STOCCAGGIO E LE APPARECCHIATURE RADIOGENE DISABILITATE E CON IL CONSENSO SPECIFICO DEL RESPONSABILE.
III. L'accesso alla Sala Controllo e alla Camera Oscura è consentito a persone diverse da quelle citate al punto precedente esclusivamente con le sorgenti radiogene non operative.
IV. Prima dell'inizio del lavoro l'operatore deve indossare il dosimetro personale e munirsi di monitore acustico di radiazioni (con valore di soglia prefissata) secondo le indicazioni dell’Esperto Qualificato.
V. Il dosimetro personale deve essere indossato in corrispondenza della parte superiore del corpo, utilizzando la "clip" di cui è dotato; è proibito conservarlo nelle tasche per evitare che l'eventuale presenza di oggetti metallici possa influenzare la correttezza del valore di dose registrato durante l’esposizione.
VI. Il danneggiamento o lo smarrimento del dosimetro personale deve essere immediatamente comunicato all'Esperto Qualificato.
VII. Qualora il dosimetro dovesse essere dimenticato nelle vicinanze di una sorgente di radiazioni, deve essere avvertito immediatamente l'Esperto Qualificato, notificando contemporaneamente le circostanze del fatto.
VIII. Le porte del Bunker devono rimanere sempre chiuse; possono restare aperte solo

per il tempo strettamente necessario all'introduzione dei materiali da sottoporre a controllo (Portone accesso materiali) o durante le operazioni che precedono l'esecuzione del controllo radiografico (Porta pedonale - se presente).

IX. Attenersi scrupolosamente alle seguenti "Modalità di esercizio del Bunker":
- Seguire attentamente la sequenza di attivazione dei sistemi di sicurezza.
- Tutti gli accessi al bunker devono essere perfettamente chiusi.
- Il sistema di controllo deve confermare l'assenza di persone.
- Non devono risultare microinterruttori di sicurezza a "fune" o a "fungo" in condizioni di allarme (l'azionamento di questi dispositivi interrompe la sequenza di emissione e sblocca l'eventuale serratura elettrica).
- Le eventuali chiavi di abilitazione all'emissione delle radiazioni devono essere inserite e bloccate nell'apposito alloggiamento.
- Il bunker diviene accessibile solo al termine del tempo di esposizione che deve essere confermato dai monitori geiger di controllo della presenza del campo di radiazioni nell'ambiente.
- Durante l'esecuzione delle radiografie il motore del portone è completamente disabilitato e la porta di accesso al labirinto ha la serratura elettrica bloccata.
- In caso di apertura manuale (di emergenza) delle porte, a causa dell'interruzione dell'energia elettrica ai sistemi di comando, l'emissione di radiazioni cessa immediatamente.

X. Qualsiasi anomalia riscontrata nel Sistema di Sicurezza e Controllo deve essere immediatamente notificata; contemporaneamente DEVE essere SOSPESA ogni attività operativa.

XI. Usare sempre guaine di eiezione e telecomandi in perfetta efficienza, in particolare non utilizzare guaine schiacciate e disporre le stesse sempre con ampi raggi di curvatura per evitare rischio di ostacoli alla corretta eiezione/ricovero della sorgente. Anche i cavi di collegamento tra il tubo RX e la cassetta di comando devono essere in perfetta efficienza.

XII. Durante le operazioni di preparazione delle esposizioni, l'operatore deve trattenersi il minore tempo possibile vicino all'apparecchio gammagrafico.

XIII. L'apparecchio gammagrafico deve essere posizionato, compatibilmente con le esigenze operative, il più vicino possibile al labirinto di accesso, con la parte dotata del comando dell'otturatore rivolta verso l'ingresso del labirinto, per ridurre al minimo il tempo necessario alla apertura/chiusura dell'otturatore stesso.

XIV. Non passare MAI davanti all'apparecchio gammagrafico con l'otturatore APERTO (Il rateo di dose sul fascio primario a 1 m di distanza, da una sorgente avente un'attività di 3700 GBq (100Ci) è pari a circa 120 µSv/s per Ir-192 e 320 µSv/s per il Co-60.)

XV. Qualora la sorgente radioattiva, alla fine dell'esposizione programmata, non dovesse rientrare nel contenitore DEVE ESSERE IMMEDIATAMENTE SOSPESA OGNI ATTIVITA' OPERATIVA e DEVE ESSERE IMMEDIATAMENTE AVVERTITO L'ESPERTO QUALIFICATO. Le disposizioni per il recupero della sorgente devono essere concordate con l'Esperto Qualificato.

XVI. In caso di incendio in bunker in cui venga coinvolta anche la sorgente radioattiva, il personale incaricato dovrà limitarsi unicamente alle operazioni di spegnimento dell'incendio o di contenimento, avendo cura di informare il Responsabile dell'attività che provvederà ad avvisare l'Esperto Qualificato. Le modalità di intervento per il recupero della sorgente, eventualmente danneggiata, verranno definite dall'Esperto Qualificato.

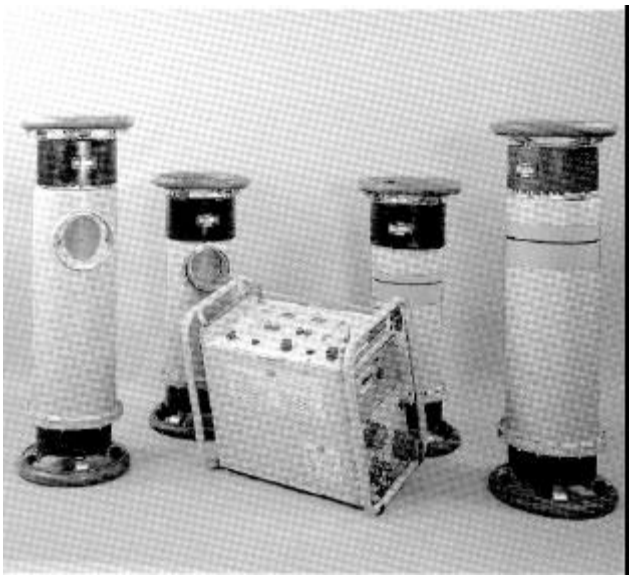
I lavoratori devono:

a) Essere sempre muniti del dosimetro integratore individuale.
b) Essere muniti dell'apposito avvisatore acustico di radiazioni al fine di

evidenziare eventuali condizioni di pericolo.

c) Eseguire i controlli radiografici attenendosi scrupolosamente alle norme interne di protezione e sicurezza.
d) Prima di iniziare qualsiasi operazione radiografica, accertarsi che siano efficienti e funzionanti i dispositivi di sicurezza e segnalazione installati.
e) Evitare l'effettuazione di controlli radiografici qualora non sia possibile ottemperare alle norme di sicurezza.
f) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza, i mezzi di protezione e di sorveglianza dosimetrica forniti dal Datore di Lavoro.
g) Segnalare al Dirigente o al Preposto carenze e malfunzionamenti dei dispositivi di sicurezza e di protezione nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
h) Non rimuovere né modificare senza autorizzazione i dispositivi di sicurezza ed i mezzi di protezione e segnalazione.
i) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
j) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

Fig. 3.6 A - Alcuni apparecchi per radiografie in bunker.
Questi apparecchi sono compatti e maneggevoli dovendosi adattare alle forme e posizioni delle parti dei manufatti da esaminare, ma sono caratterizzati da tensioni di lavoro relativamente elevate per la notevole radioopacità e gli spessori dei materiali e manufatti, ciò che rende particolarmernte critica la schermatura del bunker.
[Figura: Gilardoni S.p.A.]



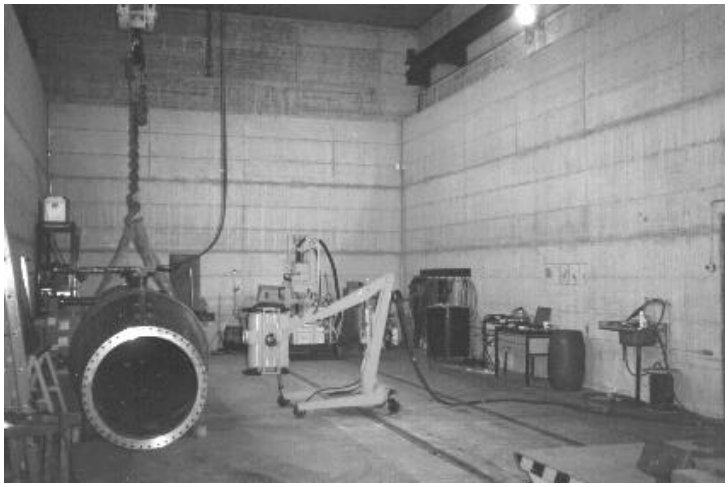


Fig. 3.6 B - Utilizzazione di un tubo RX carrellato, per il controllo non distruttivo in bunker delle saldature di un manufatto cavo di acciaio.
La fotografia mostra anche alcuni particolari della struttura e dell'allestimento interno del bunker, che deve essere tale da schermare efficacemente la radiazione fotonica che vi si genera, ed essere inoltre equipaggiato con adeguate sicurezze che impediscano la attivazione della fonte di radiazioni quando all'interno sono presenti persone.

3.7) APPARECCHIATURA CON RADIOISOTOPI PER RADIOGRAFIA (GAMMAGRAFIA) IN BUNKER

3.7.1) Descrizione

L'apparecchiatura è costituita da un contenitore schermante in cui è alloggiata una sostanza radioattiva (radioisotopo gamma emittente) e un sistema di rivelazione costituito da una lastra radiografica utilizzata per controlli non distruttivi di oggetti anche di grandi dimensioni e notevolmente radioopachi; per esempio per il controllo di parti di macchinario, pareti di serbatoi e manufatti di carpenteria metallica.

3.7.2) Caratteristiche tipiche delle sorgenti

Cobalto 60 (Co60), Iridio 192 (Ir192), Selenio 75 (Se75), Itterbio 169 (Yb169), con attività fino ad alcuni TBq.

3.7.3) Impieghi tipici

Evidenziazione di fessurazioni e altri difetti sia nella saldatura che nel corpo del manufatto, riprodotti su lastra radiografica sviluppata.

3.7.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Pareti e portone del bunker schermati.
b) Accessi controllati con microinterruttore sulle porte.
c) Contenitore della sorgente gamma schermato, con dispositivo di telecomando dalla sala controllo per eiezione e rientro della sorgente.
d) Sistema di sicurezza con interdizione della possibilità di eiezione della sorgente in caso di comando elettrico.
e) Sistema di allarme in caso di eiezione manuale della sorgente con porte aperte.
f) Sistema di sicurezza con interdizione all'apertura delle porte in presenza di radiazione.
g) Monitori d'area con soglia di intensità di dose prefissabile, per segnalazione di allarme luminoso ed acustico in sala controllo.
h) Sistema di segnalazione di presenza di persona in bunker (telecamera o radar).

3.7.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

In condizioni di riposo la sorgente si trova all'interno di un contenitore schermante: di norma viene utilizzato uranio impoverito opportunamente incamiciato; recentemente, in casi particolari, è utilizzato il tungsteno.

La sorgente può uscire dal contenitore soltanto in seguito all'apertura dell'otturatore. La sorgente viene sospinta da un telecomando flessibile di lunghezza adeguata, mediante il quale avviene anche il suo rientro al termine dell'impiego.

La sorgente scorre in una guaina chiusa all'estremità opposta.

La sorgente ed il pezzo da controllare sono confinati in bunker di adatte caratteristiche schermanti, accessibile al personale solamente per il tempo necessario al trasporto ed al posizionamento dei materiali da esaminare.

Il personale addetto opera in un locale di comando adiacente ma esterno al bunker. E' da tale locale che la sorgente viene telecomandata, in particolare per quanto concerne l'eiezione ed il rientro nel contenitore.

Nelle installazioni più importanti il bunker è un edificio di calcestruzzo con pareti e soffitto di grosso spessore, rinforzato in alcuni casi con fogli di piombo. Gli accessi, talvolta di grandi dimensioni per consentire la introduzione di grandi manufatti da radiografare, hanno portoni realizzati con acciaio e piombo di adeguato spessore, ma talvolta anche con calcestruzzo. Il personale può accedere attraverso un ingresso secondario con porta non schermata ma protetta da uno speciale passaggio a labirinto.

3.7.6) Radioprotezione

3.7.6.a) Rischi per le persone: consistenti.

Per le caratteristiche delle sorgenti utilizzate, l'interno del bunker costituisce zona controllata.

Il sistema, ancorché in perfetta efficienza, non è necessariamente esente da radiazione significativa all'esterno delle barriere schermanti. Inoltre possono sopravvenire variazioni operative o degrado strutturale o funzionale delle protezioni tali da modificare le primitive condizioni di sicurezza.

L'area circostante il bunker, ed in particolare il locale di comando, è solitamente zona sorvegliata; le altre aree dello stabilimento sono zone non classificate.

Le persone sono classificate lavoratori esposti: sono perciò da prevedere la sorveglianza fisica e la sorveglianza medica.

3.7.6.b) Rischi per l'ambiente: da modesti a trascurabili.

La sorgente è di tipo sigillato ("special form") e inserita in un contenitore particolarmente protettivo a causa della sua forte attività. Ciò costituisce una protezione anche dai rischi da radiazione derivanti dalla movimentazione della sorgente nel suo contenitore. I costruttori adottano dal canto loro adeguati provvedimenti contro le conseguenze di eventi catastrofici, per esempio l'incendio.

Sono perciò poco probabili eventi come la dispersione di radionuclide o anche lo smarrimento della sorgente. D'altra parte una frequente manutenzione è una garanzia ulteriore del buono stato di conservazione del sistema contenitore-sorgente radioattiva.

3.7.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Sicurezze elettriche sulle porte, comandate da un rivelatore di radiazioni, per impedire l'accesso con sorgente in esposizione.
- Segnalatori ottici o acustici in sala controllo e all'esterno degli accessi, comandati da rivelatori di radiazioni collocati all'interno del bunker.
- Procedure operative per assicurare l'assenza di persone all'interno del bunker durante l'esposizione della sorgente.
- Verifica del campo di radiazione all'esterno delle barriere, in particolare ai punti critici: al contorno delle porte, ai posti

operatore e a distanza adeguata per la valutazione dell'"effetto cielo".
- Verifica dell'efficienza delle sicurezze elettriche e dei dispositivi di segnalazione ed allarme, in occasione di mutamenti nelle condizioni operative, di danneggiamenti accidentali, reali o presunti, e di riparazioni.
- Dosimetri individuali per i lavoratori esposti, integrati da monitori portatili e sistema di allarme acustico individuale.
- Dosimetria ambientale di routine con dosimetri a integrazione almeno nel locale di comando.
- Nomina di un esperto qualificato.

3.7.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, dosimetri a integrazione.

3.7.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno semestrale.

3.7.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

Vedi il paragrafo 3.6.7)

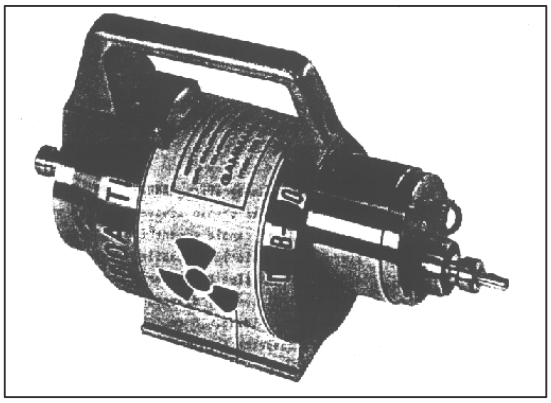


Fig. 3.7 A - Aspetto di un contenitore per una sorgente di iridio 192 fino a 3,7 TBq per gammagrafie in bunker ed in campo aperto.

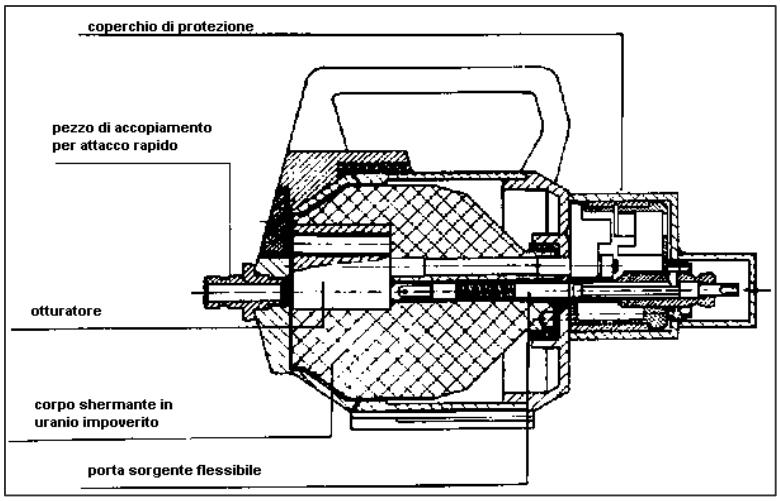
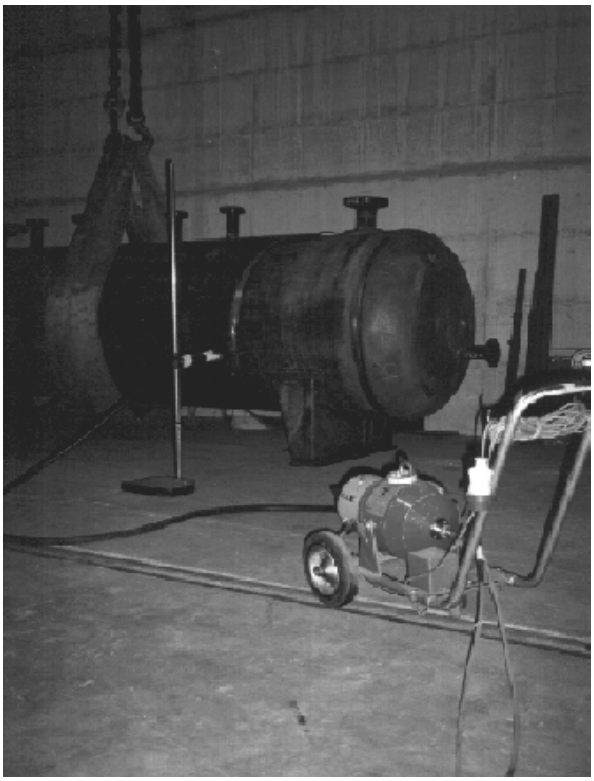


Fig. 3.7 B - Disegno costruttivo di un contenitore per una sorgente di iridio 192 fino a 3,7 TBq per gammagrafie in bunker ed in campo aperto.
Il corpo del contenitore è realizzato con uranio impoverito, dalle eccezionali proprietà schermanti data l'elevata densità. La sorgente di iridio 192 è conservata nel canale centrale. In condizioni di riposo non vi è emissione di radiazione per la presenza dell'otturatore eccentrico. In condizioni operative la sorgente viene spinta fino al punto di impiego attraverso una guaina flessibile che si applica al pezzo di accoppiamento frontale, tramite un telecomando che si collega alla parte posteriore del portasorgente. Si procede inversamente per il rientro della sorgente. Il contenitore ha un sistema di chiusura di sicurezza con chiave.
[Figura: Gammamat]

Fig. 3.7 C - Il contenitore per gammagrafia della fig. 7 A in fase di installazione per una gammagrafia in bunker.
Sono visibili la guaina flessibile di guida della sorgente e, posteriormente al contenitore, la guaina flessibile del telecomando. La eiezione ed il rientro della sorgente sono comandati da una posizione al riparo dalla radiazione diretta e dalla radiazione diffusa, all'esterno del bunker.

Fig. 3.7 D - Un contenitore per gammagrafia analogo a quello della fig. 7 A, ma per sorgenti di Co60 sempre sino a 3,7 TBq in fase di installazione per una gammagrafia in bunker.
Anche in questa immagine sono visibili la guaina flessibile di guida della sorgente e, posteriormente al contenitore, la guaina flessibile del telecomando. La eiezione ed il rientro della sorgente sono comandati da una posizione al riparo dalla radiazione diretta e dalla radiazione diffusa, all'esterno del bunker.



3.8) ACCELERATORE LINEARE PER RADIOGRAFIA IN BUNKER

3.8.1) Descrizione

Un acceleratore lineare di elettroni è costituito essenzialmente da una guida d'onda a radiofrequenza. Alla estremità di ingresso della guida vengono introdotti, ad impulsi, sia la radiofrequenza che gli elettroni prodotti dal cannone elettronico. Gli elettroni, relativistici, viaggiano lungo la guida alla velocità di fase dell'onda a radiofrequenza e sono quindi sottoposti ad una forza costante lungo tutto il tragitto. Per quanto la forza del campo elettrico entro la guida sia

relativamente modesta, la sua applicazione lungo tutto il tragitto ha un effetto additivo e gli elettroni colpiscono il bersaglio con energie anche di decine di MeV, producendo radiazione X di frenamento di pari energia massima. Gli elettroni viaggiano nel vuoto spinto. La guida al suo interno presenta, ad intervalli, delle strozzature o iridi che servono a variare, secondo andamenti opportuni, la velocità di fase dell'onda. Bobine focalizzatrici mantengono compatto lo sciame di elettroni in viaggio.

L'apparecchiatura si compone di diverse parti. La testa radiante, la guida d'onda ed il generatore di radiofrequenza devono necessariamente stare in vicinanza dell'oggetto da radiografare. Le altre parti, cioè i dispositivi di comando e gli alimentatori di potenza, sono di solito alloggiati al di là delle barriere schermanti.

3.8.2) Caratteristiche tipiche delle sorgenti

L'energia massima dei raggi X degli acceleratori per radiografia si colloca normalmente nell'intervallo tra alcuni MeV e circa 10 MeV, con correnti massime di alcune centinaia di mA in impulsi con "duty cycle" dell'ordine di 10-3. In questo intervallo di energie la resa in raggi X, in condizioni ottimali, è descritta da un segmento di retta in un diagramma a coordinate logaritmiche, dove alla differenza di potenziale totale di accelerazione di 1 MV corrispondono $6 \cdot 10^{-4}$ Gy·m²/μA·min ed alla differenza di potenziale di 7 MV corrispondono 10^{-1} Gy·m²/μA·min, in aria.

3.8.3) Impieghi tipici

Gli acceleratori lineari di particelle si rendono necessari quando servono energie delle radiazioni superiori a quanto si possa ottenere praticamente con generatori di alta tensione di tipo tradizionale.

Gli acceleratori lineari trovano una utile applicazione industriale nella radiografia di parti metalliche di elevato spessore (oltre 50 mm di acciaio) ove altre tecniche o sorgenti radioattive non risultano adeguate, non ultimo per il tempo occorrente ad ottenere l'immagine sulla pellicola radiografica.

3.8.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Addestramento del personale addetto.
b) Conferma di assenza di personale in bunker per mezzo di un percorso di controllo obbligato con azionamento sequenziale e temporizzato di pulsanti di verifica per un tempo prefissato.
c) Sistema di segnalazione di presenza di persona in bunker (sensore radar).
d) Sistema di abilitazione all'emissione delle radiazioni mediante chiavi di consenso.
e) Microinterruttori di blocco emissione raggi e allarme a "fune" o a "fungo" su tutte le pareti del bunker.
f) Microinterruttori di consenso sugli accessi.
g) Sistema di interdizione degli accessi in presenza di radiazioni nel bunker. L'apertura manuale di emergenza degli accessi arresta l'emissione delle radiazioni.

h) Monitore d'area tipo Geiger-Muller (a doppia sonda) con soglia di allarme prefissabile e sistema di autodiagnosi.
i) Segnalazione luminosa ROSSA (e allarme sonoro) di presenza radiazioni, comandata dal monitore di cui al punto precedente, posta in sala comandi e all'esterno di bunker.
j) Pareti e portone del bunker schermanti.
k) Cartelli indicatori di "Zona Controllata" e "Zona Sorvegliata".
l) "Norme di Sicurezza" esposte sulle porte di accesso al bunker e alla sala controllo.

3.8.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

La radiografia si effettua in bunker. Date le caratteristiche della radiazione e le forme e le dimensioni degli oggetti da radiografare, il bunker deve avere grandi dimensioni e nello stesso tempo essere delimitato da barriere con adeguato potere schermante, ivi compresa la necessità di eliminare ogni possibile fuga di radiazioni alle porte o ai passaggi per i materiali, le persone e le condutture. Tutto questo richiede la soluzione di delicati problemi costruttivi ed economici.

Premesso che solo i lavoratori addetti possono operare con l'acceleratore, l'abilitazione all'emissione delle radiazioni avviene solo dopo che:

- l'operatore, dopo aver predisposto le lastre per l'esposizione, ha effettuato correttamente il percorso obbligato di controllo, che lo porta a percorrere l'intero perimetro del bunker ed è uscito dalla porta del labirinto nei campi prestabiliti;
- tutti gli accessi al bunker sono perfettamente chiusi;
- il sistema di segnalazione presenza conferma l'assenza di persone entro il bunker;
- le chiavi di abilitazione all'emissione delle radiazioni sono inserite e bloccate.

Il bunker è di nuovo accessibile solo al termine dell'esposizione indicata dal sistema di rivelazione delle radiazioni.

3.8.6) Radioprotezione

3.8.6.a) Rischi per le persone: consistenti.

Le radiazioni emesse creano situazioni di pericolo anche a distanze di molte decine di metri dall'origine.

Si aggiunge a questo il rischio creato dal generatore di radiofrequenza.

Gli acceleratori di energia superiore a 10 MeV producono attivazione neutronica dei materiali.

Se il progetto delle schermature è stato condotto nel rispetto del principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), oltre le barriere create dalle pareti del bunker non dovrebbero esserci campi di radiazione significativi. Tuttavia, anche in tale ipotesi, non possono escludersi anomalie o perdite di efficacia che devono essere costantemente verificate.

L'interno del bunker è "zona controllata"; l'area circostante il bunker, ed in particolare il locale comando, può essere "zona sorvegliata".

Il personale addetto alle radiografie va classificato come lavoratore esposto.

Occorre istituire la sorveglianza fisica e la sorveglianza medica.

3.8.6.b) Rischi per l'ambiente: nessuno.

3.8.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Bunker con pareti, soffitto (ed anche pavimento, qualora non poggi direttamente sul terreno) in grado di ridurre, all'esterno e nelle condizioni più gravose di lavoro, la intensità di dose al di sotto di quella ammissibile per la popolazione (questo significa, nei casi pratici, costruire barriere di calcestruzzo di spessore di circa due metri o equivalenti).
- Porte e passaggi con adeguate superfici di sovrapposizione schermanti e/o realizzati con la tecnica del labirinto.
- Divieto di permanenza nel bunker durante l'esecuzione della radiografia.
- Porte fornite di dispositivi di sicurezza elettrici per interdire l'alimentazione dell'acceleratore a porta non perfettamente chiusa (è opportuno che tali dispositivi siano ridondanti).
- Installazione all'interno del bunker e dei labirinti di accesso, in punti facilmente e prontamente accessibili, di interruttori di emergenza per interrompere l'alimentazione alla macchina in caso di necessità.
- Sistema di segnalazione di presenza con effetto sulla alimentazione elettrica della macchina, a protezione di chi eventualmente fosse rimasto all'interno del bunker.
- "Percorso obbligato di ispezione", con l'azionamento in sequenza di una serie di pulsanti di abilitazione del fascio.
- Segnalazioni ottiche ed acustiche di impianto in funzione da attivarsi automaticamente all'inizio del "percorso obbligato di ispezione".
- Segnalazioni ottiche ed acustiche di impianto in funzione da attivarsi automaticamente all'inizio dell'erogazione delle radiazioni, attivate da rivelatori di radiazioni all'interno del bunker.
- Lavoratori esposti dotati di dosimetro e di monitore acustico a soglia di dose.
- Verifiche periodiche delle barriere e dei punti critici (labirinti, contorno di porte, ecc.).
- Dosimetria ambientale almeno nella sala controllo.
- Nomina di un esperto qualificato e di un medico autorizzato.

3.8.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, dosimetri a integrazione.

3.8.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno trimestrale.

3.8.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

Vedi il paragrafo 3.6.7)

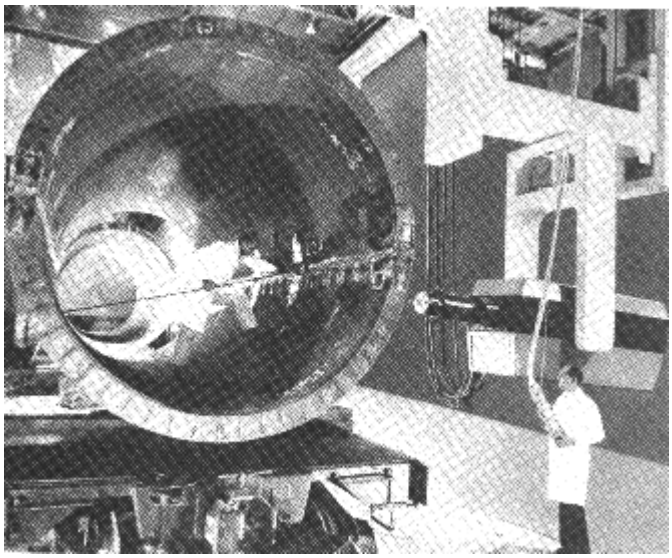
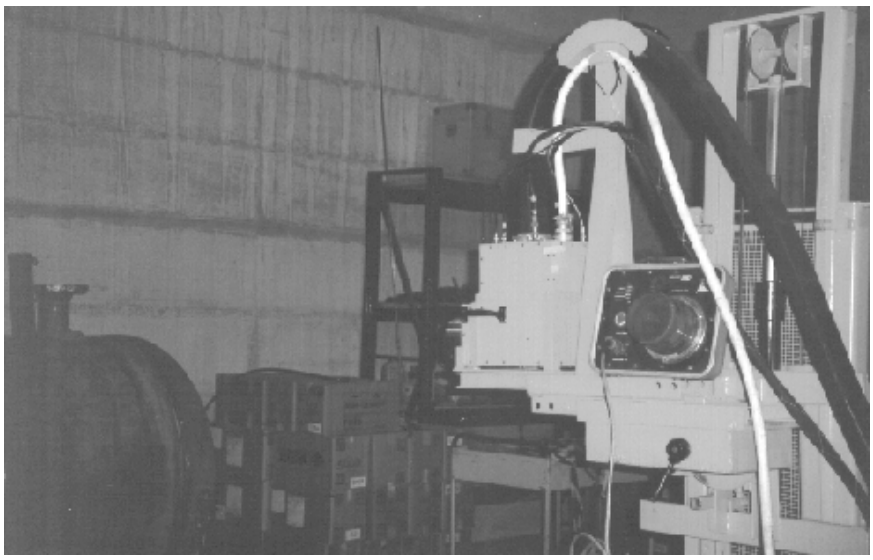
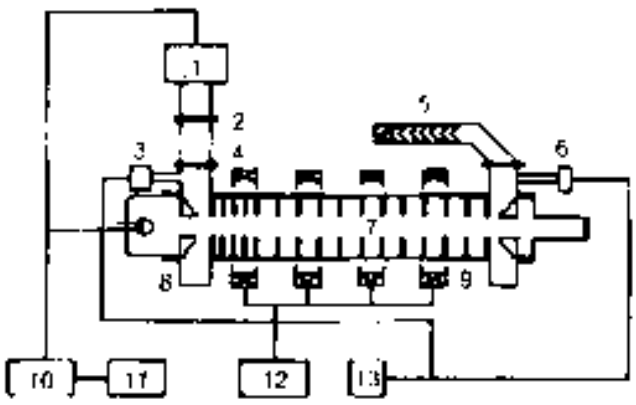


Fig. 3.8 A - Acceleratore lineare in bunker. La fotografia mostra il contenitore del complesso guida d'onda – bersaglio per un acceleratore da 8 MeV montato su un affusto brandeggiabile e con solo 3 gradi di libertà. Dopo il posizionamento nella corretta posizione, la macchina viene telecomandata dall'esterno del bunker.
[Figura: Gilardoni Spa]

Fig. 3.8 B - Acceleratore lineare in bunker. La fotografia mostra il contenitore del complesso guida d'onda - bersaglio, con condutture sia di alimentazione elettrica sia di ventilazione di un acceleratore "portatile" da 4 MeV. L'apertura (poco visibile) di uscita della radiazione X si trova in corrispondenza della maniglia, ed è diretta verso sinistra nella foto. La macchina viene telecomandata dall'esterno del bunker.





[Figura: Manuale dell'Ingegnere - Hoepli]

Fig. 3.8 C - Schema dell'acceleratore lineare.
I pacchetti di elettroni emessi dal cannone elettronico vengono accelerati progressivamente nella guida d'onda a radiofrequenza alla quale è stata data allo scopo una forma corrugata, o ad "iridi", ed escono dalla guida andando a colpire un bersaglio che emette radiazione X nella stessa direzione degli elettroni. La energia a radiofrequenza viene invece deviata e dissipata in un apposito dispositivo di assorbimento.

Fig. 3.6,7,8 A - Vista esterna di un bunker per radiografia e gammagrafia industriale. Il grande portone scorrevole su guide deve possedere capacità schermante analoga a quella delle pareti del bunker e non deve rilasciare radiazione di fuga. La finestra è quella del locale comando, adeguatamente schermato verso la sala prove. La porta è l'accesso pedonale al locale comando e di qui alla sala prove. La sala prove è zona controllata; le aree alla sua periferia, compreso il locale comando, sono zona sorvegliata. L'auto parcheggiata mostra le dimensioni che possono raggiungere questi bunker.

Fig. 3.6,7,8 B - Una seconda vista esterna di un bunker per radiografia e gammagrafia industriale. Il Portone semiaperto mostra la rilevanza che possono raggiungere gli spessori di schermatura (in questo caso 180 cm di calcestruzzo, o equivalenti)

3.9) APPARECCHIATURA CON TUBO RADIOGENO (PER RADIOGRAFIA) O RADIOISOTOPO (PER GAMMAGRAFIA) IN CAMPO APERTO.

3.9.1) Descrizione

L'attrezzatura consiste in una macchina radiogena o radioisotopo utilizzati per controlli non distruttivi di strutture inamovibili, per esempio per il controllo di parti di impianti, condotte, serbatoi e manufatti civili.

3.9.2) Caratteristiche tipiche delle fonti radiogene

Cobalto 60 (Co60), Iridio 192 (Ir192), Selenio 75 (Se75), Itterbio 169 (Yb169), con attività dell'ordine di alcuni TBq ovvero macchina radiogena con tensioni fino a 350 kVp.

3.9.3) Impieghi tipici

Evidenziazione di fessurazioni e altri difetti sia nella saldatura che nel corpo del manufatto, riprodotto su lastra radiografica sviluppata.

3.9.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Mezzi (catenelle e/o nastro bicolore) per la delimitazione della "Zona Controllata" e della "Zona Sorvegliata" secondo le indicazioni contenute nella relazione tecnica dell'esperto qualificato.
b) Telecomando dell'apparecchio gammagrafico posto alla massima distanza possibile dal punto di esposizione della sorgente.
c) Eventuale collimatore del fascio.
d) Cassetta di comando dell'apparecchio radiografico posta alla massima distanza possibile dal tubo radiogeno, posteriormente alla finestra di emissione.
e) Cartelli indicatori di "Zona controllata" e di "Zona Sorvegliata" sulle relative delimitazioni.
f) "Norme di Sicurezza" esposte e a disposizione degli operatori.
g) Monitore portatile individuale tipo Geiger.
h) Monitore acustico individuale tascabile.
i) Monitore d'area con luce lampeggiante e segnalazione acustica.

3.9.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

Prima di ogni operazione nel cantiere di lavoro, devono essere delimitate la "Zona Controllata" e la "Zona Sorvegliata" secondo le indicazioni contenute nella relazione tecnica dell'esperto qualificato.

A) Sorgente Gamma

In condizioni di riposo la sorgente si trova all'interno di un contenitore schermante, di norma uranio impoverito opportunamente incamiciato.

La sorgente può emergere dal contenitore soltanto in seguito alla apertura dell'otturatore, sospinta da un telecomando flessibile di lunghezza adeguata, mediante il quale avviene anche il suo rientro al termine dell'impiego.

La sorgente scorre in una guaina chiusa all'estremità opposta.

Sia la sorgente che l'oggetto da controllare si trovano in luogo aperto, senza barriere schermanti che non siano gli spessori stessi degli oggetti irradiati. Pertanto, la protezione dalle radiazioni è garantita da distanza di sicurezza e da tempi di esposizione adeguati.

Il personale operante aziona la sorgente utilizzando il telecomando flessibile, lungo almeno una decina di metri e proiettando il fascio, quando possibile, in una direzione preferenziale per mezzo di un collimatore. In tale direzione non devono trovarsi persone, se non a grande distanza (da 10 a 200 metri o più).

Prima di effettuare le esposizioni, l'operatore esegue una prova di eiezione ricovero della sorgente per la verifica del corretto aggancio della stessa al telecomando.

B) Macchina radiogena

Le modalità sono sostanzialmente le stesse previste per la sorgente gamma; tuttavia non esistono le procedure per il telecomando della sorgente.

Il tubo radiogeno, una volta collocato in posizione, viene azionato a distanza attraverso la sua alimentazione elettrica.

3.9.6) <u>Radioprotezione</u>

3.9.6.a) Rischi per le persone: consistenti.

Nella gammagrafia e nella radiografia in campo aperto sono a rischio sia gli addetti ai lavori sia la popolazione.

Si possono identificare, come nei casi di emissione di radiazione in ambienti circoscritti, una "Zona Controllata" ed una "Zona sorvegliata". Tali zone, nel cantiere di lavoro, sono delimitate e segnalate; l'accesso alla zona controllata è regolamentato. Viene esercitata una sorveglianza particolare per evitare o limitare la esposizione delle persone non classificate.

Tuttavia esistono per gli addetti ai lavori concrete possibilità di ricevere dosi consistenti, o per difficoltà pratiche ad assicurare una protezione molto efficace, o per una maggiore probabilità di esporsi accidentalmente a radiazione diretta o diffusa, ad esempio in caso di problemi di rientro della sorgente. Indipendentemente dai risultati che si riescono ad ottenere con una attenta condotta delle operazioni, chi si trova normalmente ad operare con o presso la sorgente o l'oggetto da studiare è lavoratore esposto di categoria A: devono pertanto essere istituite la sorveglianza fisica e la sorveglianza medica della radioprotezione.

Non è trascurabile inoltre la possibilità di irraggiamento esterno di persone del pubblico, o per eventi imprevisti o per possibili carenze nella sorveglianza.

3.9.6.b) Rischi per l'ambiente: da modesti a significativi.

Nella gammagrafia, la sorgente di tipo sigillato, e un involucro particolarmente protettivo prevengono rischi da irraggiamento e contaminazione anche durante il trasporto.

Sorgente e contenitore sono inoltre omologati per resistere al fuoco per un certo tempo. Sono perciò poco

probabili eventi come la contaminazione.

La frequente manutenzione è una garanzia ulteriore del buono stato di conservazione.

3.9.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Osservanza della normativa tecnica sul trasporto delle sorgenti radioattive e sulle caratteristiche dei veicoli.
- Comunicazioni preventive di legge alle autorità competenti della località dove si dovranno eseguire le prove.
- Istituzione e delimitazione con contrassegni delle zone controllata e sorvegliata.
- Controllo dell'accesso alla zona controllata.
- Valutazione della dose ambientale nelle zone e nelle immediate vicinanze se aperte ai non addetti.
- Efficace sorveglianza affinché nessuna persona del pubblico, o comunque non classificata esposta, acceda alle zone classificate durante le prove.
- Operazioni in campo aperto di norma condotte da due addetti.
- Esecuzione delle prove durante orari o periodi di minimo affollamento dell'area e, se necessario, dopo averne ottenuto l'evacuazione.
- Verifiche frequenti del regolare funzionamento del telecomando di eiezione e rientro della sorgente, anche prima di iniziare le prove.
- Verifica dello stato della guaina di eiezione.
- Presenza di un segnalatore ottico o acustico di radiazione nelle vicinanze della sorgente.
- Dosimetria individuale dei lavoratori esposti con dosimetri integratori accompagnati da dispositivi segnalatori acustici a soglia.
- Nomina di un esperto qualificato e di un medico autorizzato.

3.9.6.d) Strumentazione consigliata: dosimetri a integrazione, camera di ionizzazione e geiger per bassa ed alta intensità, rispettivamente per misure in condizioni normali e di incidente.

3.9.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno semestrale presso il datore di lavoro e sopralluoghi estemporanei ai siti operativi in funzione delle situazioni di rischio per una verifica in campo della diligente applicazione delle disposizioni dell'esperto qualificato.

3.9.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. La zona operativa deve essere delimitata e segnalata.
II. L'accesso alle Zone delimitate durante le esposizioni è consentito esclusivamente al PERSONALE CLASSIFICATO ai fini della radioprotezione.
III. Prima dell'inizio del lavoro l'operatore deve indossare il dosimetro personale e munirsi di monitore acustico di radiazioni (con valore di soglia prefissato) secondo le indicazioni dell'Esperto Qualificato.
IV. Il dosimetro personale deve essere indossato in corrispondenza della parte superiore del corpo, utilizzando la "clip" di cui è dotato; è proibito conservarlo nelle tasche per evitare che l'eventuale presenza di oggetti metallici possa influenzare la correttezza del valore di dose registrato durante l'esposizione.

V. Il danneggiamento o lo smarrimento del dosimetro personale deve essere immediatamente segnalato.

VI. Qualora il dosimetro dovesse essere dimenticato nelle vicinanze di una sorgente di radiazioni, deve essere avvertito immediatamente l'Esperto Qualificato, notificando contemporaneamente le circostanze del fatto.

VII. ***IN GAMMAGRAFIA***. Il telecomando e la guaina di eiezione della sorgente devono essere in perfetta efficienza; devono essere inoltre disposti con la massima cura e con ampi raggi di curvatura per evitare il formarsi di possibili schiacciamenti tali da impedire il corretto svolgimento delle manovre di eiezione/ricovero della sorgente. La guaina di eiezione impiegata deve essere sempre la più corta possibile, compatibilmente con le esigenze operative.

Durante le esposizioni il telecomando deve essere, quando possibile, posizionato posteriormente alla finestra di emissione del contenitore (o protetto dall'effetto di schermatura fornito da strutture presenti), e alla massima distanza possibile.

VIII. ***IN RADIOGRAFIA***. L'apparecchio radiogeno e i cavi di collegamento tra il tubo radiogeno e la cassetta di comando devono essere in perfetta efficienza.

Durante le esposizioni la cassetta comandi dell'apparecchio radiogeno deve essere posizionata posteriormente alla finestra di emissione del fascio primario e alla massima distanza possibile dal tubo radiogeno.

IX. Prima di effettuare le esposizioni l'operatore deve verificare la funzionalità del monitore acustico di radiazioni.

X. Prima di effettuare le esposizioni l'operatore deve eseguire una prova di eiezione (con percorso ridotto) e rientro sorgente per la verifica del corretto aggancio della sorgente al telecomando di eiezione.

XI. Durante le operazioni di preparazione delle esposizioni l'operatore deve trattenersi il minore tempo possibile vicino all'apparecchio gammagrafico.

XII. L'apparecchio gammagrafico deve essere posizionato con la finestra di eiezione in verso opposto alla posizione dell'operatore.

XIII. Non passare MAI davanti all'apparecchio gammagrafico con l'otturatore APERTO (Il rateo di dose sul fascio diretto a 1 m di distanza cdi una sorgente di Iridio-192 con attività di riferimento di 1850 GBq (50 Ci) è pari a circa 60 µGy/s)

XIV. Qualsiasi anomalia riscontrata nel Sistema di Sicurezza e Controllo deve essere immediatamente notificata; contemporaneamente DEVE essere SOSPESA ogni attività operativa.

XV. Qualora la sorgente radioattiva non dovesse rientrare nel contenitore, DEVE ESSERE IMMEDIATAMENTE SOSPESA OGNI ATTIVITA' OPERATIVA e DEVE ESSERE IMMEDIATAMENTE AVVERTITO L'ESPERTO QUALIFICATO mantenendo in essere le delimitazioni previste. Le disposizioni per il recupero della sorgente devono essere concordate con l'Esperto Qualificato.

I lavoratori devono:

a) Essere sempre muniti del dosimetro integratore individuale.
b) Essere muniti dell'apposito avvisatore acustico al fine di evidenziare, eventuali condizioni di pericolo.
c) Eseguire i controlli radiografici attenendosi scrupolosamente alle norme interne di protezione e sicurezza.
d) Prima di iniziare qualsiasi operazione radiografica, accertarsi che siano efficienti e funzionanti i dispositivi di sicurezza e segnalazione installati.
e) Evitare l'effettuazione di controlli radiografici qualora non sia possibile ottemperare alle norme di sicurezza.
f) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza, i mezzi di protezione e di sorveglianza dosimetrica forniti dal Datore di Lavoro.
g) Segnalare al Dirigente o al Preposto carenze e malfunzionamenti dei dispositivi di sicurezza e di protezione nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.

h) Non rimuovere né modificare senza autorizzazione i dispositivi di sicurezza ed i mezzi di protezione e segnalazione.
i) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
j) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

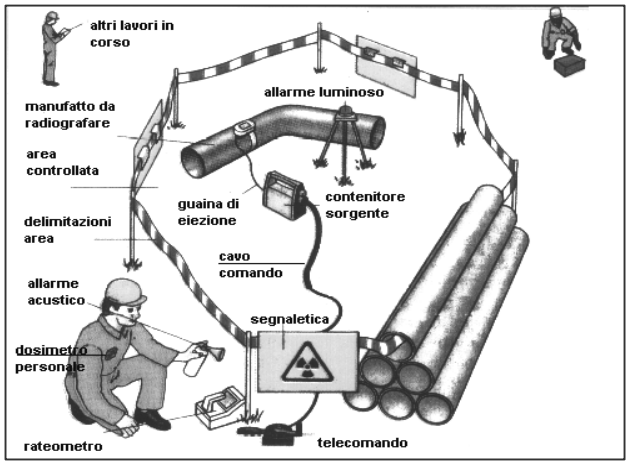
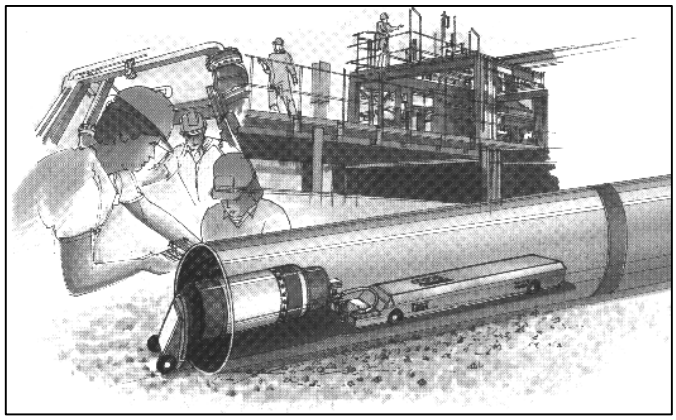


Fig. 3.9 A - Esempio dell'allestimento di una postazione per controlli gammagrafici in campo aperto e dei provvedimenti di sicurezza da mettere in atto.
Il disegno, schematico, non mette in evidenza le distanze, che tuttavia hanno un ruolo fondamentale nella radioprotezione delle persone che dovessero per necessità rimanere nella zona del cantiere e non disponessero di adeguate barriere protettive, anche in certi casi dalla radiazione diffusa di cielo.

Fig. 3.9 B - Un apparecchio radiografico carrellato e con alimentazione autonoma, utilizzato per radiografie panoramiche di tubazioni, anche in campo aperto.
[Figura: GAMMAIND - iCM]



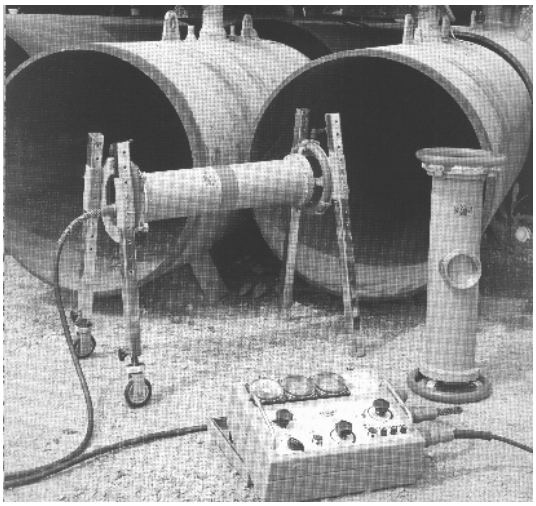


Fig. 3.9 C - Esempio di applicazione dell'apparecchio di Fig. 6 A per radiografie in campo aperto.
A sinistra un apparecchio per esposizioni panoramiche, a destra per esposizioni direzionali, in primo piano il tavolo di comando.

NOTA: L'attività di radiografia in campo aperto prevede l'utilizzo di tutte le apparecchiature illustrate ai precedenti paragrafi 6; 7; 8, naturalmente senza le protezioni offerte dal bunker e quindi con un allestimento del sito del tipo illustrato in Figura 9 A.

3.10) ARMADIO “CABINET” PER RADIOGRAFIA

3.10.1) Descrizione

Il “cabinet” è una macchina radiogena utilizzata per la verifica di qualità di pezzi di non grandi dimensioni

3.10.2) Caratteristiche tipiche delle sorgenti

Tensione: ~ 150 kVp.
Corrente massima: alcuni mA

3.10.3) Impieghi tipici

Controlli di qualità di pezzi di modeste dimensioni e non eccessivamente radioopachi, per esempio per il controllo di piastre circuitali o di componenti di macchine elettroniche.

3.10.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Schermatura delle pareti dell’armadio “cabinet”.
b) Segnalazione delle condizioni di funzionamento del tubo (kV, mA).
c) Segnalazione luminosa/acustica indicante emissione di raggi X.

3.10.5) Modalità d’uso

Il datore di lavoro deve provvedere all’informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

Il tubo radiogeno e il pezzo da controllare sono racchiusi entro la macchina che ha l'aspetto esteriore di un armadio ed è costruita in modo da assicurare una schermatura adeguata e l'assenza di radiazione di fuga.

La macchina di solito ha dimensioni tali da poter essere collocata sopra un tavolo e viene utilizzata per radiografia o radioscopia a lettura diretta o su monitor. Ne esistono di dimensioni assai maggiori (svariati metri cubi) corredate di dispositivi elettro-ottici per la radioscopia (intensificatori di brillanza e monitor).

Tutte queste macchine, anche le più grandi, durante l’emissione dei raggi X, non consentono l'accesso di una persona al loro interno.

Un’apparecchiatura di tipo analogo viene anche utilizzata per il controllo bagagli, ad esempio negli aeroporti. La macchina degli aeroporti differisce dal “cabinet” essenzialmente perché non è completamente chiusa: l’oggetto da controllare è portato in corrispondenza del fascio da un nastro trasportatore; le aperture di entrata ed uscita, per l’inserimento dei bagagli da controllare, sono schermate da cortine di gomma piombifera.

3.10.6) Radioprotezione

3.10.6.a) Rischi per le persone: trascurabili.

La macchina in perfetta efficienza è esente per progetto da radiazione significativa al suo esterno; inoltre sicurezze elettriche impediscono il funzionamento del tubo radiogeno ad accesso aperto.

Non vi sono i presupposti per la classificazione della zona esterna al “cabinet” e del personale addetto.

3.10.6.b) Rischi per l'ambiente: nessuno.

3.10.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misura iniziale del campo di radiazione alle superfici esterne. La

misura al netto del fondo ambientale dovrebbe essere nulla agli effetti pratici. Non è ammissibile la presenza di campi di radiazione significativi all'esterno del cabinet, date le modalità d'uso della macchina.

- Nel caso si misuri, in un punto qualsiasi della superficie esterna, una intensità di dose tale da far computare, al netto del fondo ambientale, una dose annua superiore o anche soltanto prossima a 1 mSv e/o si riscontri una dose locale o un annerimento localizzato di una pellicola radiografica, occorre far revisionare ed eventualmente far adeguare il sistema di schermi della macchina.
- Verifica della efficienza delle sicurezze elettriche da ripetersi in occasione di danneggiamenti accidentali reali o presunti e di riparazioni.

3.10.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, pellicole radiografiche.

3.10.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: generalmente annuale.

3.10.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE
Vedi il paragrafo 3.1.1.7)

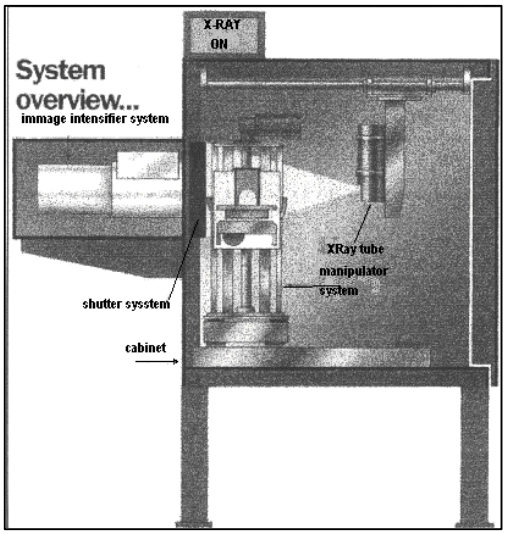
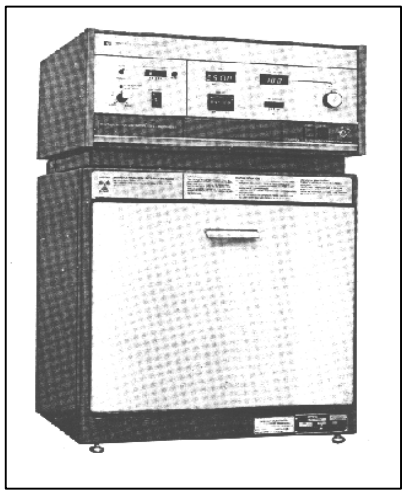


Fig. 3.10 A - Funzionamento di un "cabinet" per radiografia industriale.
Tubo radiogeno, oggetto da radiografare e dispositivi di rivelazione (qui un sistema di intensificazione per scopia, ma potrebbe essere una lastra fotografica) sono tutti racchiusi entro il cabinet a tenuta di radiazione X. La porta di accesso per l'introduzione dell'oggetto e dell'eventuale lastra è munita di microinterruttore di comando della alimentazione elettrica del tubo radiogeno.
[Figura: Andrex A/S]

Fig. 3.10 B - Cabinet da banco per radiografia industriale di oggetti di piccole dimensioni (FAXITRON).
In alto sono alloggiati i circuiti di alimentazione e di comando del tubo, nella parte inferiore si trova il vano porta oggetto ed il portalastra. Non è possibile aprire la portina a tubo in funzione. Le pareti della macchina sono tali da schermare efficacemente la radiazione X.
[Figura: Hewlett Packard]



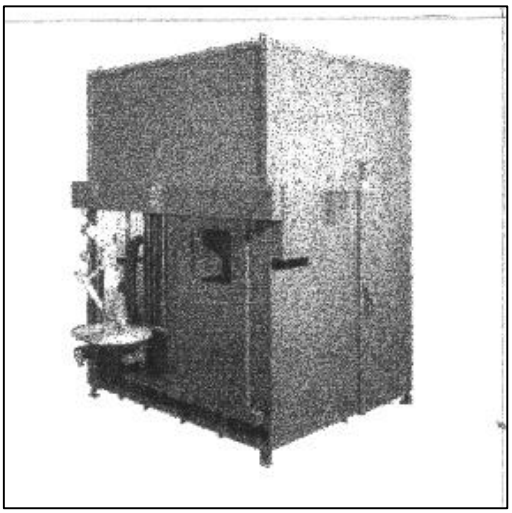
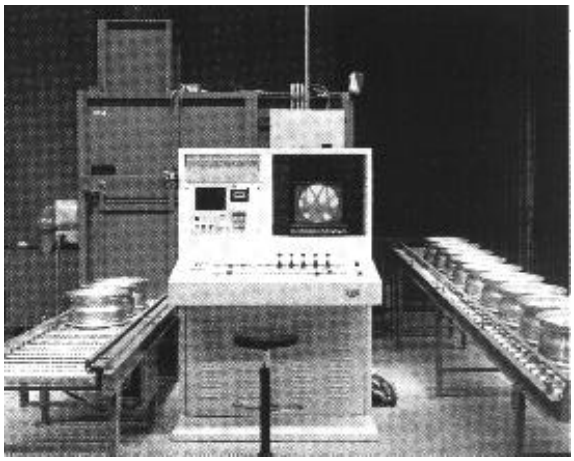


Fig. 3.10 C - Armadio per radiografia industriale di oggetti di medie dimensioni (MA-7).
La macchina possiede un manipolatore per il carico e lo scarico dell'oggetto da radiografare. Nonostante le dimensioni, le macchine di questa categoria sono progettate per essere utilizzate da operatori situati sempre all'esterno, dove, in condizioni operative normali, la radiazione è praticamente nulla.
[Figura: Advanced X-Ray Inc.]

Fig. 3.10 D - Esempio di cabinet per radioscopia semioautomatica. [Figura: Gilardoni Spa]



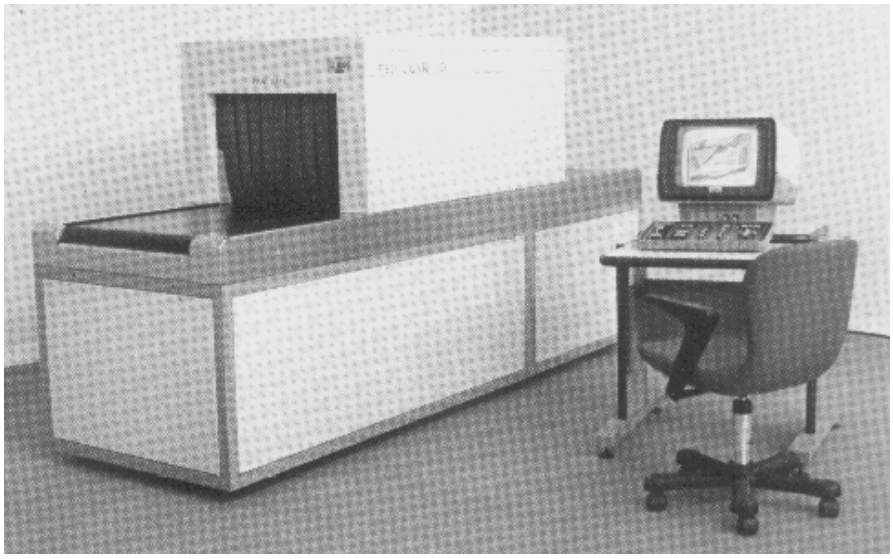


Fig. 3.10 E - Esempio di apparecchiatura per il controllo bagagli.
[Figura: Gilardoni Spa]

3.11) MISURATORE DI SPESSORE, LIVELLO, DENSITÀ A TRASMISSIONE CON SORGENTE RADIOATTIVA O TUBO RADIOGENO

3.11.1) Descrizione

Questi misuratori sono apparecchi che utilizzano un tubo a raggi X ovvero un radioisotopo.

3.11.2) Caratteristiche tipiche delle fonti radiogene

- per misuratori di spessori: Americio 241 (Am241), Cobalto 60 (Co60), Cesio 137 (Cs137), Curio 244 (Cm244), Ferro 55 (Fe55), Kripto 85 (Kr85), Promezio 147 (Pm147), Stronzio 90 (Sr90), con attività da decine di MBq a decine di GBq ovvero tubi radiogeni con tensioni da 10 kV a 300 kV e correnti 1-2 mA;
- per misuratori di livello e densità: Americio 241 (Am241), Bario 133 (Ba133), Cesio 137 (Cs137), Cobalto 60 (Co60), con attività variabili in funzione delle caratteristiche del materiale, delle dimensioni del contenitore e del tipo di contenuto ma dello stesso ordine di grandezza delle precedenti.

3.11.3) Impieghi tipici

Sono usati per misure di spessori, livello, densità su prodotti industriali (laminati piani e fluidi tecnici di varia natura).

Nell'uno e nell'altro caso il materiale da controllare è interposto fra la fonte radiogena ed il rivelatore.

3.11.4) Mezzi per la protezione dalle radiazioni

a) Indicatori luminosi o meccanici di apertura e di chiusura dell'otturatore, della sorgente.
b) Barriere di protezione secondo le necessità e le possibilità tecniche operative.
c) Eventuale telecomando per chiusura/apertura dell'otturatore, montato all'esterno delle barriere.
d) Cartelli indicatori di "Zona".
e) Norme di Protezione e Sicurezza esposte.

3.11.5) Modalità d'uso

Il datore di lavoro deve provvedere all'informazione, formazione ed addestramento adeguati del personale addetto.

Secondo l'applicazione, sorgente, oggetto e rivelatore possono trovarsi in campo libero con opportune barriere schermanti oppure essere racchiuse in un involucro. Le sorgenti sono allocate in involucro schermante con otturatore chiuso quando non in uso. Nel caso di radioisotopo trattasi di sorgenti di tipo sigillato.

3.11.6) Radioprotezione

3.11.6.a) Rischi per le persone: da trascurabili a valutabili.

In condizioni di normale funzionamento le macchine, che eseguono misure o controlli su piccoli oggetti e racchiudono sia la sorgente che il campione ed il rivelatore, non presentano radiazione significativa all'esterno. Inoltre esistono dispositivi incorporati per la schermatura della finestra di emissione quando il sistema non è in uso.

La presenza e l'impiego di queste apparecchiature non comportano la

classificazione dei lavoratori addetti all'impianto di produzione.

Nelle applicazioni in campo aperto con barriere schermanti, l'area attorno alla fonte radiogena e che delimita anche il fascio di radiazioni è verosimilmente tale da costituire zona controllata durante il funzionamento. Non può escludersi la presenza di radiazione di intensità consistente anche all'esterno della barriera. In tali casi esistono in linea di massima i requisiti per la classificazione delle zone e per la eventuale classificazione dei lavoratori incaricati di particolari compiti.

3.11.6.b) Rischi per l'ambiente: trascurabili con raggi X, non trascurabili con radioisotopo.

Poichè le sorgenti sono di tipo sigillato, il rischio è determinato essenzialmente dalla possibilità di perdita o rottura di una o più sorgente in occasione di operazioni di manutenzione, riparazione, sostituzione della sorgente, oppure rottamazione della macchina o dell'impianto.

3.11.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misure iniziali dell'intensità del campo di radiazione all'esterno degli involucri o degli schermi ed in corrispondenza delle delimitazioni delle zone, con ripetizione delle misure e verifiche dopo ogni operazione di manutenzione o riparazione ed in caso di danneggiamenti anche solo sospettati.
- Verifica delle barriere di protezione contro le radiazioni.
- Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi di chiusura della sorgente.
- Verifica del corretto funzionamento di tutti gli altri dispositivi di radioprotezione predisposti.
- Verifica dell'assenza di contaminazione in prossimità dell'alloggiamento della sorgente mediante smear test e successivo conteggio con geiger o meglio con analizzatore multicanale ove possibile.
- In caso di presenza di contaminazione, rimuovere la sorgente radioattiva, provvedere alla decontaminazione dell'apparecchiatura ed installare una nuova sorgente.
- Previsione delle azioni da compiere in occasione di sostituzioni o di invio alla rottamazione della macchina.
- Nomina dell'esperto qualificato.
- Ordinata gestione amministrativa delle sorgenti, con registrazioni dei loro movimenti.

3.11.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, geiger, dosimetri integratori.

3.11.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.11.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata sull'apparecchiatura radiogena la segnaletica di "Pericolo Radiazioni";
II. E' vietato manomettere i sistemi di segnalazione e sicurezza installati sull'apparecchiatura nonché l'apparecchiatura stessa.

III. Non è consentita la manipolazione del sistema sorgente-rivelatore. La manipolazione e la manutenzione sono consentite solo al personale espressamente autorizzato e specificatamente formato.
IV. E' vietato effettuare operazioni di manutenzione e/o pulizia che comportino l'apertura dell'apparecchiatura e l'accesso diretto alle sorgenti radioattive.
V. Con sorgente aperta (luce rossa, se presente) non avvicinarsi a meno della distanza di sicurezza indicata dall'Esperto Qualificato.
VI. Tutte le operazioni, incluse quelle di manutenzione, da effettuare a meno della distanza di sicurezza, devono essere svolte con otturatore chiuso.
VII. Non rimuovere le eventuali barriere di protezione predisposte.
VIII. L'operatore deve informare tempestivamente il datore di lavoro o il preposto in caso di cattivo funzionamento o di guasto dello strumento o dei dispositivi di radioprotezione. In caso di necessità il datore di lavoro o il preposto devono a loro volta informare l'Esperto Qualificato.
IX. In caso di incendio o allagamento con il coinvolgimento dell'apparecchiatura (con sorgente radioattiva), gli operatori incaricati devono limitarsi unicamente alle operazioni di spegnimento dell'incendio o di contenimento avendo cura di informare il Responsabile dell'attività che provvederà a darne segnalazione all'Esperto Qualificato. Le modalità di recupero verranno definite dall'Esperto Qualificato. L'apparecchiatura danneggiata non dovrà comunque essere recuperata a mani nude.
X. In caso di incendio o di altro incidente che richieda l'intervento di personale esterno allo stabilimento (Vigili del Fuoco, ecc.), tale personale deve essere informato della presenza e della ubicazione della sorgente radioattiva.

I lavoratori devono:
a) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione predisposti per le apparecchiature: gli specifici dispositivi di sicurezza e protezione consistono normalmente in schermatura, otturatori, microinterruttori, luci di segnalazione e/o allarme, segnali acustici.
b) Segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le eventuali deficienze dei dispositivi di sicurezza, protezione e segnalazione ottica e/o acustica nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
c) Non rimuovere né modificare, senza averne avuta l'autorizzazione, i dispositivi di sicurezza, segnalazione e protezione.
d) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di competenza o che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
e) Evitare l'impiego dell'apparecchiatura qualora i mezzi di segnalazione e protezione non siano efficienti.
f) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
g) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

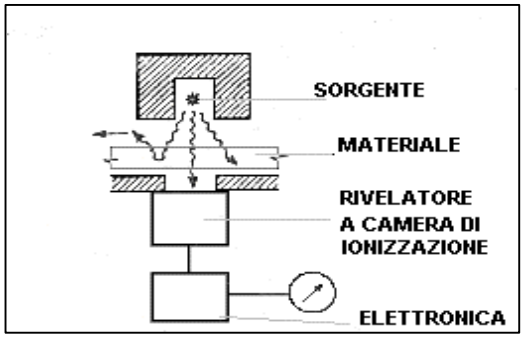


Fig. 3.11 A - Schema di principio di un misuratore di spessore, livello, densità a trasmissione (con sorgente radioattiva beta, gamma o con tubo radiogeno.
Se la densità del materiale è costante, la intensità della radiazione è proporzionale allo spessore. Inversamente, se è costante lo spessore, per esempio di un liquido che fluisce in un tubo, se ne può misurare la densità o il livello. [Figura: Amersham International]

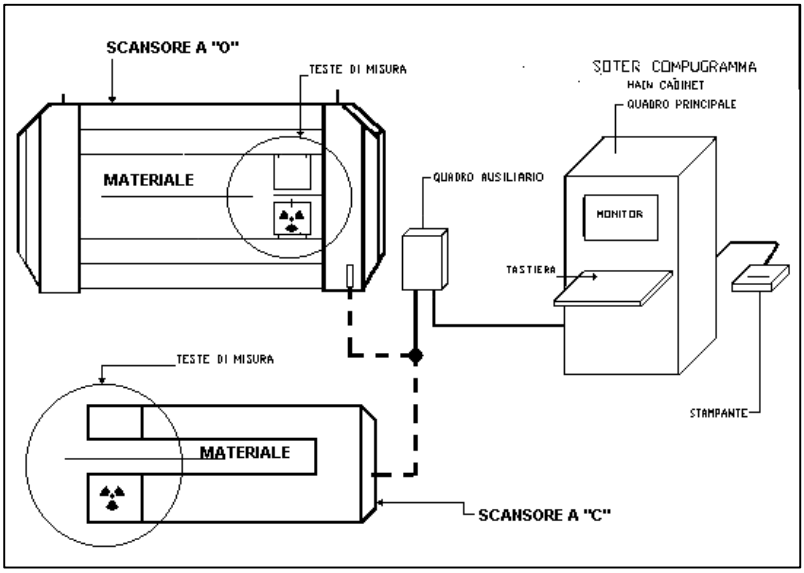


Fig. 3.11 B - Configurazione tipica di un misuratore di spessore/grammatura a trasmissione. La parte evidenziata nel cerchio rappresenta il sistema di misura schematizzato in Fig. 11 A.
(Figura: SOTER Srl)

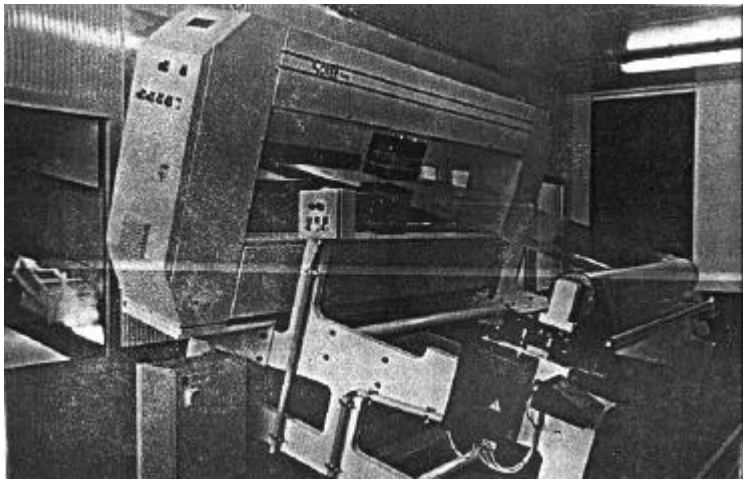


Fig. 3.11 C

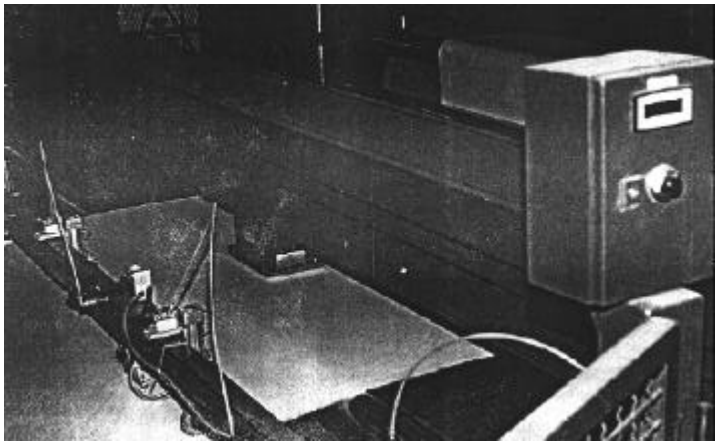


Fig. 3.11 D
Esempio di utilizzazione della trasmissione beta per la misura dello spessore di un film plastico.
Si misurano in modo analogo anche gli spessori delle lamiere nei laminatoi. La sorgente è puntiforme (in questo caso Kr85), il rivelatore è una camera a ionizzazione. Sono stati presi provvedimenti costruttivi per ridurre al minimo la radiazione dispersa, ma il fascio è libero ed occorre comunque preoccuparsi della protezione dalla radiazione diretta e dalla radiazione diffusa.
(Figura: SOTER Srl)

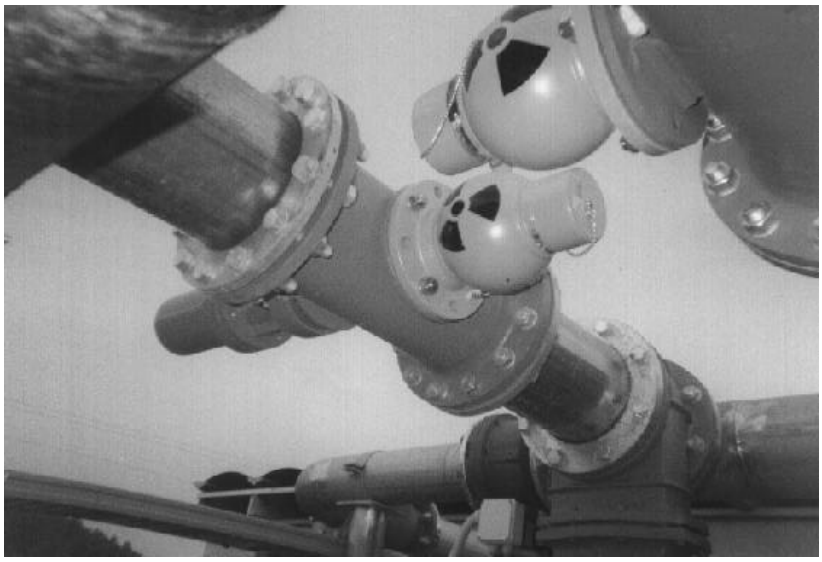


Fig. 3.11 E

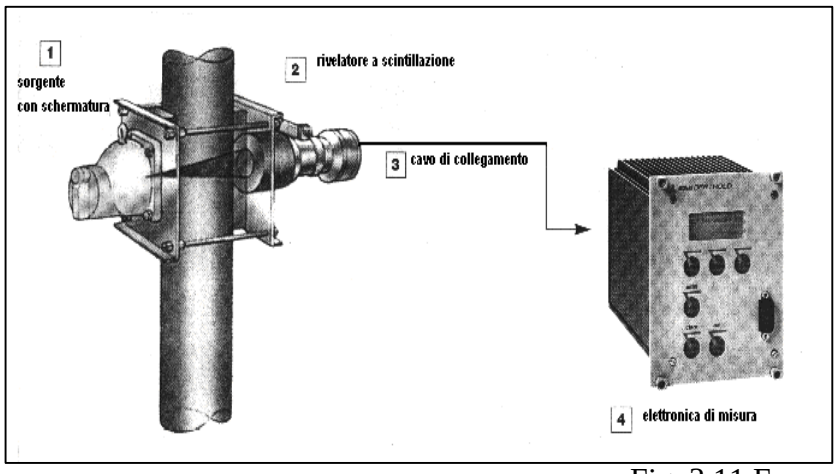


Fig. 3.11 F

Esempio di utilizzazione della trasmissione gamma per la misura della densità di un liquido che scorre in un tubo.
La sorgente ed il rivelatore sono serrati al tubo in posizioni opposte diametralmente. La sorgente è di solito Cs-137 (max 37,000 MBq) o Co-60 (max 3,700 MBq), il rivelatore è un contatore a scintillazione. La sorgente è fortemente schermata, ma la radiazione di fuga non è del tutto trascurabile.[Figura 3.11F: EG&G Berthold]

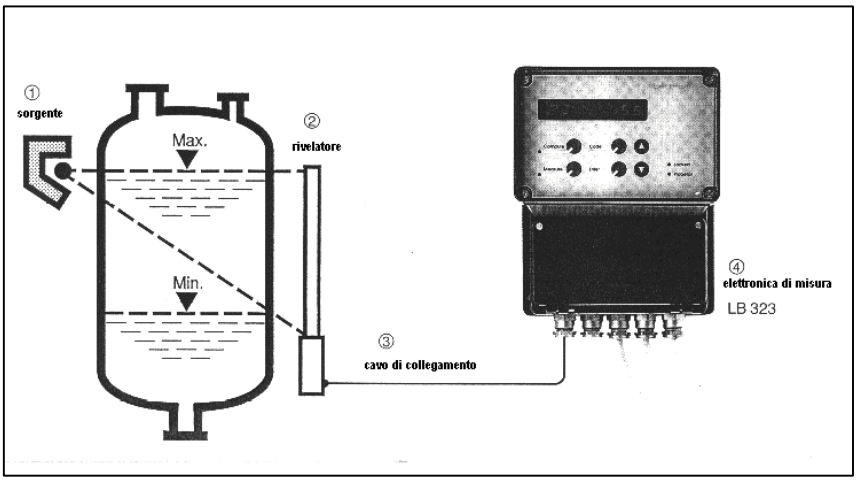


Fig. 3.11 G - Schema di misuratore di livello a trasmissione gamma.
In questo caso viene utilizzato un rivelatore lineare ed una sorgente puntiforme, ma è altrettanto comune l'inverso.
[Figura: EG&G Berthold]

Fig. 3.11 H - Esempio di installazione di una sorgente per la misura di livello. La sorgente è di solito Co60 o Cs137, il rivelatore è un contatore Geiger o a scintillazione.

3.12) MISURATORE DI SPESSORE A RETRODIFFUSIONE CON SORGENTE RADIOATTIVA O TUBO RADIOGENO

3.12.1) Descrizione

Questi misuratori sono apparecchi che utilizzano un tubo a raggi X ovvero un radioisotopo.

3.12.2) Caratteristiche tipiche delle fonti radiogene

- Radiazione beta: Kripto 85 (Kr85), Promezio 147 (Pm147), Ruterio 106 (Ru106), Stronzio 90 (Sr90), Tallio 204 (Tl204), con attività da decine di MBq ad alcuni GBq;
- Radiazione gamma o X: Americio 241 (Am241), Curio 244 (Cm244), con attività di decine di GBq ovvero tubi radiogeni con tensioni (10 - 60) kVp e correnti (1 - 2) mA.

3.12.3) Impieghi tipici

La retrodiffusione beta si impiega per la misura di spessori sottili di un materiale depositato su un substrato, per esempio per la misura di rivestimenti metallici di componenti elettrici o elettronici, o di vernici su lamiere. La sorgente emette radiazione beta verso il materiale e le particelle retrodiffuse sono raccolte e misurate da un rivelatore situato dietro la sorgente. La misura fornisce le informazioni sullo spessore.

La retrodiffusione gamma o X si usa per spessori più elevati o per sfruttare la fluorescenza X (misura di spessore di rivestimenti metallici su supporto metallico). La sorgente emette radiazione gamma o X verso il materiale ed i fotoni retrodiffusi o di fluorescenza X sono raccolti da un rivelatore il cui segnale d'uscita fornisce informazioni sullo spessore.

3.12.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Indicatori luminosi o meccanici di apertura e di chiusura dell'otturatore della sorgente.
b) Barriere di protezione secondo le necessità e le possibilità tecniche operative.
c) Eventuale telecomando per chiusura/apertura dell'otturatore, montato all'esterno delle barriere.
d) Cartelli indicatori di "Zona".

e) Norme di Protezione e Sicurezza esposte.

3.12.5) Modalità d'uso

Secondo l'applicazione e l'attività del radioisotopo ovvero la tensione del tubo radiogeno, oggetto e rivelatore possono essere tutti racchiusi nello stesso contenitore oppure trovarsi in campo libero dietro opportuni schermi. Le sorgenti sono allocate in involucro schermante con otturatore chiuso quando non in uso. Nel caso di radioisotopo trattasi di sorgente di tipo sigillato.

3.12.6) Radioprotezione

3.12.6.a) Rischi per le persone: da trascurabili a valutabili.

In condizioni di normale funzionamento le macchine, che eseguono misure o controlli su piccoli campioni e racchiudono sia la sorgente che il campione ed il rivelatore, non presentano radiazione significativa all'esterno. Inoltre esistono dispositivi incorporati per la schermatura della finestra di emissione quando il sistema non è in uso.

La presenza e l'impiego di queste macchine non comportano la classificazione dei lavoratori addetti all'impianto di produzione.

Nelle applicazioni in campo aperto con barriere schermanti, l'area delimitata dalla barriera è verosimilmente tale da costituire "Zona Controllata" durante il funzionamento, ma non può escludersi la presenza di radiazione di intensità consistente anche all'esterno della barriera. In tali casi esistono in linea di massima i requisiti per la classificazione delle zone e per la eventuale classificazione dei lavoratori.

3.12.6.b)Rischi per l'ambiente: trascurabili per raggi X, non trascurabili per radioisotopo.

Poiché le sorgenti sono di tipo sigillato, il rischio è determinato essenzialmente dalla possibilità di perdita o rottura di una o più sorgente in occasione di operazioni di manutenzione, riparazione, sostituzione della sorgente, oppure rottamazione della macchina o dell'impianto.

3.12.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misure iniziali dell'intensità del campo di radiazione all'esterno degli involucri o degli schermi, con ripetizione delle misure e verifiche dopo ogni operazione di manutenzione o riparazione ed in caso di danneggiamenti anche solo sospettati.
- Verifica delle barriere di protezione contro le radiazioni.
- Verifica del corretto funzionamento dei dispositivi di chiusura della sorgente.
- Verifica del corretto funzionamento di tutti gli altri dispositivi di radioprotezione predisposti.
- Verifica dell'assenza di contaminazione in prossimità dell'alloggiamento della sorgente mediante smear test e successivo conteggio con geiger o meglio con analizzatore multicanale ove possibile.
- In caso di presenza di contaminazione, rimuoveere la sorgente radioattiva, provvedere alla decontaminazione

dell'apparecchiatura ed installare una nuova sorgente.
- Previsione delle azioni da compiere in occasione di sostituzioni o di invio alla rottamazione della macchina.
- Nomina dell'esperto qualificato.
- Ordinata gestione amministrativa delle sorgenti, con registrazioni dei loro movimenti.

3.12.6d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione a parete sottile, geiger, dosimetri integratori.

3.12.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.12.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE
Vedi il paragrafo 3.11.7)

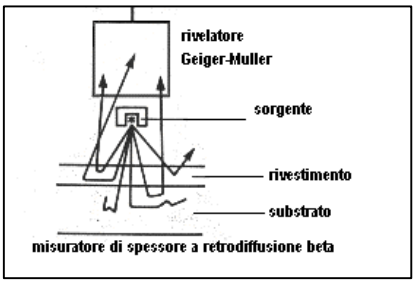
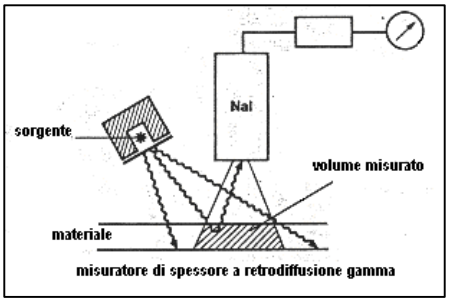


Fig. 3.12 A - Principio di funzionamento dei misuratori di spessori a retrodiffusione beta.
Sorgente e rivelatore sono posti dalla stessa parte rispetto al campione di cui si vuole misurare lo spessore. L'intensità della radiazione beta retrodiffusa da campioni sottili è funzione dello spessore e del numero atomico. [Figura: Amersham International]

Fig. 12 B - Principio di funzionamento dei misuratori di spessori a retrodiffusione di fotoni.
Sorgente e rivelatore sono posti dalla stessa parte rispetto al campione di cui si vuole misurare lo spessore. Esiste una relazione conosciuta tra angolo di retrodiffusione, spessore del materiale diffondente e suo numero atomico, ed è quindi possibile determinare lo spessore se è noto il numero atomico, o viceversa. [Figura: Amersham International]



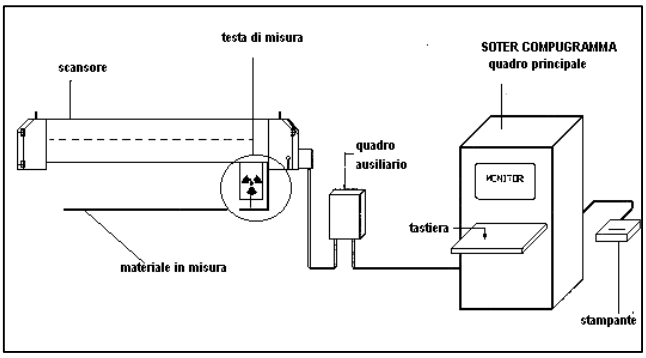


Fig. 12 C - Configurazione tipica di un misuratore di spessore/grammatura a retrodiffusione. La parte evidenziata nel cerchio rappresenta il sistema di misura schematizzato nelle Fig. 12 A o 12 B. [Figura: SOTER Srl]

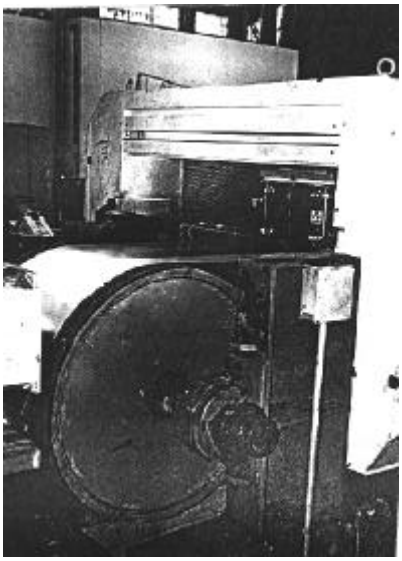


Fig. 12 D - Esempio di applicazione del principio di fluorescenza X per la misura di spessore (zinco su acciaio; sorgente raggi x da 30 KVp). [Figura: SOTER Srl]

3.13) IONIZZATORE D'ARIA

3.13.1) Descrizione

Sorgenti di tipo sigillato che comunemente consistono di uno strato sottile di materia radioattiva depositato su un supporto metallico e protetto da uno strato sottile di metallo nobile. Il dispositivo ha forma piatta per il massimo effetto di ionizzazione dell'aria che lo lambisce.

3.13.2) Caratteristiche tipiche delle fonti radiogene

Normalmente emettitori alfa, ad esempio Polonio 210 (Po210), con attività variabile, comunque sempre relativamente modeste nelle applicazioni usuali. Nel passato venivano usate anche sorgenti contenenti Tritio (H3)

3.13.3) Impieghi tipici

Nelle lavorazioni in cui sia necessario eliminare le cariche elettrostatiche dai materiali lavorati.

Tali apparecchiature sono presenti prevalentemente nell'industria tessile, elettronica, della plastica e della carta.

3.13.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Barriere di protezione secondo le necessità e le possibilità tecniche operative.
b) Cartello indicatore di "Zona".
c) Norme di Protezione e Sicurezza esposte.

3.13.5) Modalità d'uso

La sorgente di radiazioni viene collocata generalmente all'interno di un condotto d'aria: l'aria ionizzata contribuisce a neutralizzare le cariche statiche accumulate sui materiali.

3.13.6) Radioprotezione

3.13.6.a) Rischi per le persone: da minimi a trascurabili.

Il dispositivo è esente per progetto e struttura da radiazione o contaminazione significative al suo esterno; la sua presenza e l'uso in ambienti di lavoro o altrove non presuppongono perciò la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori addetti all'impianto di produzione.

3.13.6.b) Rischi per l'ambiente: non trascurabili.

Esiste il rischio che la sorgente o il dispositivo che la contiene possano essere dispersi nell'ambiente in caso di riparazioni, sostituzione o rottamazione.

3.13.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Conteggio periodico della contaminazione sulle superfici prossime alla sorgente mediante smear-test e successivo conteggio con geiger a finestra sottile, da ripetersi cautelativamente in occasione di danneggiamenti accidentali reali o presunti. Il conteggio, al netto del fondo, deve essere nullo agli effetti pratici.
- In caso di presenza di contaminazione, rimuovere la sorgente radioattiva, provvedere alla decontaminazione dell'apparecchiatura ed installare una nuova sorgente.
- Adozione di provvedimenti specifici di decontaminazione e protezione,

con l'intervento di un esperto qualificato, nel caso di danneggiamenti che possano avere interessato le sorgenti.
- Accurata gestione amministrativa delle sorgenti e degli apparecchi, con registrazione ed inventario periodico ed in occasione di manutenzioni e revisioni della apparecchiatura di reparto.
- Previsione delle azioni da compiere in occasione di sostituzioni o di invio della macchina alla rottamazione.
- Nomina dell'esperto qualificato.

3.13.6.d) Strumentazione consigliata: geiger a finestra sottile.

3.13.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: almeno annuale.

3.13.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata sull'apparecchiatura radiante la segnaletica di "Pericolo Radiazioni";
II. Il personale deve limitarsi all'impiego delle apparecchiature senza effettuare operazioni che comportino lo smontaggio e l'accesso diretto alle sorgenti radioattive.
III. E' vietato effettuare operazioni di manutenzione e/o pulizia che comportino l'apertura dell'apparecchiatura e l'accesso diretto alle sorgenti radioattive;
IV. Le operazioni di manutenzione devono essere affidate alla Ditta Fornitrice o ad altra Ditta specializzata e non devono comportare ovviamente la contaminazione dell'apparecchiatura e dell'ambiente circostante.
V. A manutenzione ultimata la ditta incaricata deve rilasciare il certificato di non contaminazione.
VI. In caso di incendio o allagamento con il coinvolgimento dell'apparecchiatura, il personale incaricato deve limitarsi unicamente alle operazioni di spegnimento dell'incendio o di contenimento avendo cura di informare il Responsabile dell'attività che provvederà a darne segnalazione all'Esperto Qualificato. Le modalità di recupero verranno definite dall'Esperto Qualificato; l'apparecchiatura danneggiata non dovrà comunque essere recuperata a mani nude.

I lavoratori devono:
a) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
b) Non rimuovere o smontare l'apparecchiatura.
c) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

3.14) RIVELATORE DI FUMO A CAMERE DI IONIZZAZIONE

3.14.1) Descrizione

Un circuito elettrico a ponte ha due rami costituiti da due camere di ionizzazione, ognuna contenente una sorgente di radiazioni. Una delle camere è sigillata, l'altra "esterna" è in comunicazione con l'ambiente.

In condizioni d'aria non contaminata da aerosol, le correnti nelle due camere sono uguali ed il ponte è in equilibrio.

Se nella camera esterna entrano gli aerosol tipici di un principio di incendio, vi è una cattura di particelle cariche ed il ponte si sbilancia dando origine ad un segnale di allarme.

3.14.2) Caratteristiche tipiche delle fonti radiogene

- emettitori alfa: Americio 241 (Am241) o più raramente Radio 226 (Ra226), con attività da poche

decine di kBq (meno di 1 µCi) ad alcuni MBq (72 µCi in vecchi modelli). Le sorgenti sono di tipo sigillato.

3.14.3) Impieghi tipici

Segnalazione di fumi conseguenti ad incendio.

3.14.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

Sorgenti di tipo sigillato che comunemente consistono di uno strato sottile di ossido del metallo radioattivo depositato su un supporto di argento e sigillato da un rivestimento di oro e palladio.

3.14.5) Modalità d'uso

Le camere ed il circuito elettrico sono contenuti in piccole scatole di plastica o metallo con feritoie, munite di contatti elettrici e di organi di fissaggio per la loro installazione in determinati punti di ambienti civili ed industriali, o all'interno di apparecchiature.

3.14.6) Radioprotezione

3.14.6.a) Rischi per le persone: valutabili.

Il dispositivo è esente per progetto e struttura da radiazione o contaminazione significative al suo esterno; la sua presenza in ambienti di vita o di lavoro, o entro macchine o strutture, non presuppone perciò la classificazione di alcuna zona o dei lavoratori che operano nei locali.

Lo stesso non può dirsi per i locali di deposito o di manipolazione presso i commercianti o i fabbricanti, dove però saranno in genere presenti zone classificate e lavoratori esposti e dove dovranno esercitarsi la sorveglianza fisica e medica della radioprotezione.

3.14.6.b) Rischi per l'ambiente: intrinsecamente trascurabili.

Va osservato che un impianto può contenere anche decine o centinaia di rivelatori, quindi è tutt'altro che improbabile la scomparsa di uno o più rivelatori, specialmente a seguito di manutenzioni o modifiche di impianto. In tal caso i rischi non sono più trascurabili.

3.14.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Nei luoghi di installazione, esiste un rischio potenziale per le persone, che può richiedere interventi di verifica da parte dell'esperto qualificato ma solamente nel caso di danneggiamenti che possano avere interessato le sorgenti,
- Verifica periodica di contaminazione sulla superficie esterna del dispositivo e sulle superfici prossime mediante smear test e successivo conteggio con geiger a finestra sottile. La misura, al netto del fondo ambientale, deve essere nulla agli effetti pratici.
- In caso di presenza di contaminazione, rimuovere il rivelatore con la sorgente radioattiva, provvedere alla decontaminazione delle superfici contaminate ed installare un nuovo rivelatore.
- Accurata gestione amministrativa dei rivelatori installati, mediante registrazione dei numeri di matricola dei singoli rivelatori riportati anche sulla planimetria del locale, verifica periodica d'inventario e in occasione di interventi sull'impianto.

- Adozione di provvedimenti specifici di protezione durante le operazioni di installazione e rimozione, che, nel caso di danneggiamenti, possono creare rischi reali per le persone e per l'ambiente.
- Nel caso di deposito o di manipolazione, nomina di un esperto qualificato e di un medico autorizzato/competente.

3.14.6.d) Strumentazione consigliata: geiger a finestra sottile.

3.14.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: orientativamente annuale/biennale in atmosfere normali; più frequentemente in atmosfere aggressive e cautelativamente in occasione di danneggiamenti accidentali, reali o presunti.

3.14.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE

I. Mantenere applicata su ogni rivelatore la segnaletica indicante: Pericolo Radiazioni, il simbolo del radionuclide contenuto e la sua attività.
II. E' assolutamente vietato manomettere i rivelatori di fumo.
III. Le operazioni di manutenzione e/o pulizia dei rivelatori dovranno essere effettuate presso centri attrezzati fuori dai locali del Detentore.
IV. I lavoratori autorizzati, impiegando guanti di gomma, potranno effettuare la sostituzione dei rivelatori integri in ogni loro parte meccanica e già sottoposti al controllo di contaminazione.
V. Aggiornare, dopo ogni variazione, la planimetria con i rivelatori di fumo detenuti, indicando la loro ubicazione e l'attività corrispondente.
VI. Eventuali rivelatori di scorta o da alienare dovranno essere posti in sacchetti di plastica e custoditi in sicurezza dal Responsabile dell'attività.
VII. L'eventuale alienazione dei rivelatori non utilizzati dovrà essere affidata a Impresa specializzata che provvederà a inoltrare le sorgenti radioattive presso Centri autorizzati allo smaltimento rilasciando un idoneo certificato.
VIII. In caso di incendio o di allagamento dei locali con coinvolgimento dei rivelatori di fumo radioattivi, il personale incaricato dovrà limitare il proprio intervento unicamente alle operazioni di spegnimento o di contenimento dell'incendio, avendo cura di informare il datore di lavoro che provvederà a darne segnalazione all'Esperto Qualificato. Le modalità di intervento per il recupero dei rivelatori verranno definite dall'Esperto Qualificato. I rivelatori danneggiati non dovranno comunque essere recuperati a mani nude.

I lavoratori addetti alla vendita, installazione e il personale del detentore, per quanto di competenza, devono:

a) Usare con cura ed in modo corretto i dispositivi di sicurezza e protezione predisposti.
b) Segnalare immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto le eventuali deficienze dei suddetti dispositivi nonché le altre eventuali condizioni di pericolo di cui vengano a conoscenza.
c) Non rimuovere né modificare, senza averne avuta l'autorizzazione, i dispositivi di sicurezza, segnalazione e protezione.
d) Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che non siano di competenza o che possano compromettere la protezione e la sicurezza.
e) Essere edotti sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione dell'installazione.
f) Osservare le modalità di esecuzione del lavoro e le norme interne.

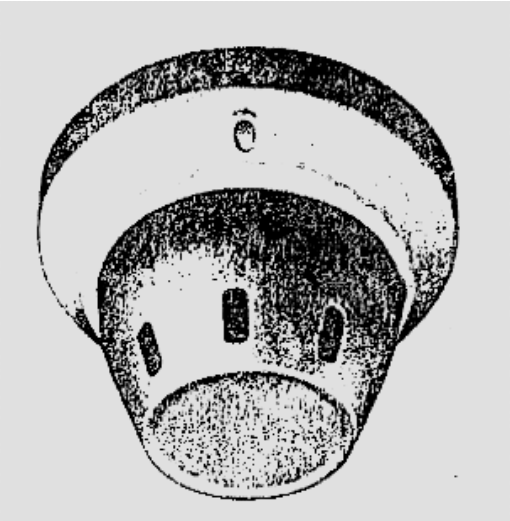


Fig. 3.14 A - Vista esterna di un rivelatore di fumo a camere di ionizzazione (ADT serie 3500).
Rivelatori di questo genere sono installati al soffitto o sotto pavimenti flottanti di ambienti di ogni tipo: uffici, alberghi, officine, magazzini, luoghi di cura, locali di spettacolo, biblioteche; all'estero anche in abitazioni. Sono visibili le feritoie che mettono in comunicazione l'ambiente con la camera di ionizzazione non sigillata. La radiazione all'esterno di un rivelatore è non misurabile. Le sorgenti di americio o di radio sono di tipo sigillato, e sono realizzate di solito depositando un ossido del radionuclide su un supporto metallico e rivestendo poi il tutto con una lega di oro e palladio. Poiché le singole sorgenti vengono ottenute per tranciatura, è possibile che dai bordi col tempo si liberi contaminazione radioattiva. L'evenienza che le superfici esterne del rivelatore siano contaminate è piuttosto remota, in particolare se l'atmosfera dell'ambiente non è particolarmente aggressiva, anche se non la si può escludere in linea di principio.[Figura: ADT]

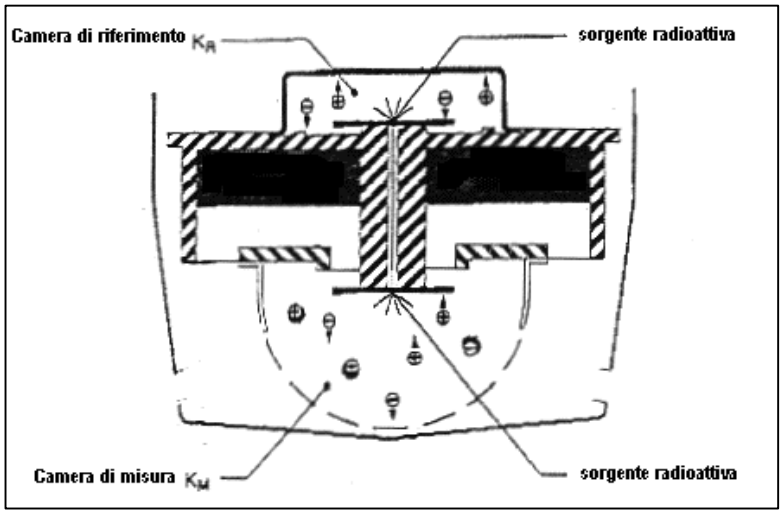


Fig. 3.14 B - Principio di funzionamento dei rivelatori di fumo a camere di ionizzazione.
Il dispositivo ha due camere di ionizzazione: una sigillata (la superiore nella figura), l'altra in comunicazione con l'ambiente. Ambedue contengono una sorgente alfa (di solito Am-241, più raramente Ra-226) con attività dell'ordine delle decine di kBq. I circuiti elettrici delle due camere fanno parte di un ponte di misura, che si disequilibra soltanto quando nella camera non sigillata entrano dall'esterno degli aerosoli originati da un principio di incendio. La tensione di errore che si origina attiva un sistema di allarme e/o un sistema automatico di spegnimento. [Figura: Cerberus Ltd.]

3.15) IMPIANTATORI IONICI.

3.15.1) Descrizione

La tecnica dell'impiantazione ionica fu inventata poco tempo dopo l'invenzione del transistor (1951) ed è oggi largamente usata nel campo dell'elettronica. Essa consiste nel drogaggio di un dato materiale (cristallo di silicio) attraverso l'introduzione di impurezze di tipo N e P. A tal fine produce gli ioni di interesse, ne aumenta la velocità attraverso uno specifico acceleratore e li invia contro il bersaglio di interesse (wafer). L'elemento drogante si distribuisce nel materiale in profondità, in funzione dell'energia, con una distribuzione, gaussiana.

3.15.2) Caratteristiche tipiche

I normali impiantatori ionici sono in grado di accelerare gli ioni di interesse da alcune decine di keV fino ad alcuni MeV. Essi sono costituiti schematicamente da:
sorgente di ioni: è la. camera nella quale vengono ionizzati gli elementi droganti tramite bombardamento con elettroni;
magnete di analisi: permette il passaggio dei soli specifici ioni di interesse sfruttando le deviazioni subite da ioni di massa diversa nell'attraversamento di un campo magnetico;
acceleratore: è costituito da una colonna o da un sistema di elettrodi in grado di, accelerare gli ioni fino all'energia richiesta:
sistema di scansione: permette l'impiantazione del wafer in maniera uniforme, visto che le dimensioni del fascio di ioni, variabili da qualche mm a qualche cm, risultano minori delle dimensioni dei wafer e la distribuzione del fascio non è in generale omogenea;
sistema di vuoto: garantisce rigorosamente le condizioni di vuoto richieste nelle varie fasi di impiantazione.

3.15.3) Impieghi tipici

E' usato, in particolare, per la produzione di circuiti integrati.

3.15.4) Mezzi di protezione dalle radiazioni

a) Schermatura delle pareti dell'armadio "cabinet".
b) Segnalazione delle condizioni di funzionamento del tubo (kV, mA).
c) Segnalazione luminosa/acustica indicante emissione di raggi X.

3.15.5) Modalità d'uso

Gli impiantatori ionici sono dotati di blocchi di sicurezza e coperture fisse che impediscono l'accesso alle parti sotto tensione e a quelle in movimento.

Impiegano gas e liquidi velenosi e sono pertanto dotati di sistemi di sicurezza sull'aspirazione.

Gli impiantatori ionici impiegano alte tensioni per accelerare cariche elettriche in varie fasi; in questo fasi vengono generati raggi X; i componenti che generano queste radiazioni sono rivestiti di piombo al fine di ridurre i campi di radiazione esterni a livelli ampiamente accettabili.

3.15.6) Radioprotezione

3.15.6.a) Rischi per le persone: trascurabili.

La macchina in perfetta efficienza è esente per progetto da radiazione significativa al suo esterno; inoltre sicurezze elettriche impediscono il funzionamento del tubo radiogeno ad accesso aperto.

In condizioni di normale impiego non esistono le condizioni per definire zone classificate e lavoratori esposti ai fini radioprotezionistìci.

3.15.6.b) Rischi per l'ambiente: nessuno.

3.15.6.c) Provvedimenti di radioprotezione

- Misura iniziale del campo di radiazione alle superfici esterne. La misura al netto del fondo ambientale dovrebbe essere nulla agli effetti pratici. Non è ammissibile la presenza di campi di radiazione significativi all'esterno del sistema,

date le modalità d'uso della macchina.
- Nel caso si misuri, in un punto qualsiasi della superficie esterna, una intensità di dose tale da far computare, al netto del fondo ambientale, una dose annua superiore o anche soltanto prossima a 1 mSv e/o si riscontri una dose locale o un annerimento localizzato di una pellicola radiografica, occorre far revisionare ed eventualmente far adeguare il sistema di schermi della macchina.
- Verifica della efficienza delle sicurezze elettriche da ripetersi in occasione di danneggiamenti accidentali reali o presunti e di riparazioni.

3.15.6.d) Strumentazione consigliata: camera di ionizzazione, pellicole radiografiche.

3.15.6.e) Frequenza periodica delle valutazioni di radioprotezione: generalmente annuale.

3.15.7) NORME DI RADIOPROTEZIONE
Vedi il paragrafo 3.1.1.7)

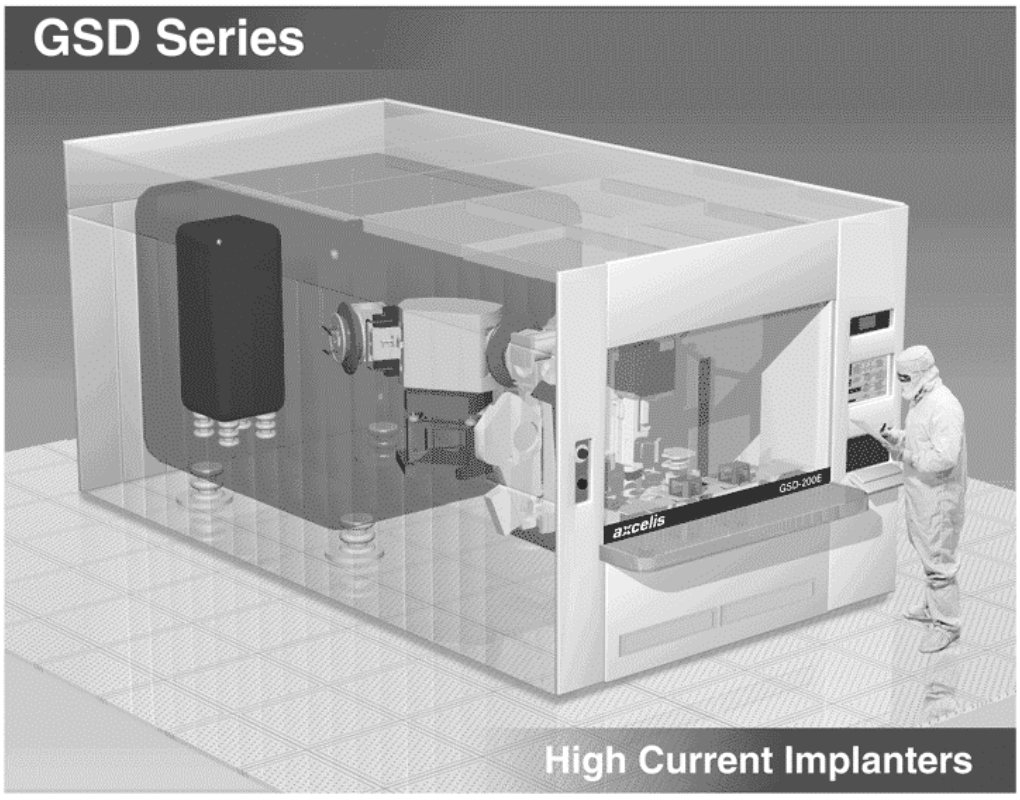


Fig. 3.15 - Schema funzionale di un impiantatore di ioni.

NORME DI RADIOPROTEZIONE INTEGRATIVE IN CASO DI INCENDIO

Le presenti procedure devono considerarsi integrative di quelle vigenti per i casi d'incendio che non coinvolgono sorgenti radioattive, il fatto che una materia sia radioattiva non influisce sulle sue caratteristiche fisiche generali, nel senso che in caso di incendio le sostanze radioattive subiranno delle trasformazioni di tipo classico: fusione, ebollizione, evaporazione, sublimazione con la formazione di prodotti di combustione in forma di scorie, ceneri, polveri aereosol, vapori o gas.

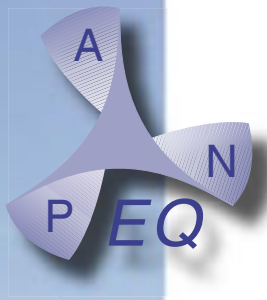
I criteri generali da seguire in caso d'incendio sono i seguenti.

- La protezione dalle sostanze radioattive, tenuto conto delle circostanze nelle quali si sviluppa l'incendio e delle caratteristiche di tali sostanze, deve ritenersi fra gli interventi prioritari da svolgere.
- L'attacco al fuoco dovrà essere portato da più lontano possibile e dal minimo numero necessario di persone.
- Le persone impegnate nelle operazioni di spegnimento dovranno essere munite, secondo le necessità, di autorespiratori o di maschere antigas-antipolvere per evitare di inalare particelle dannose.
- L'utilizzo di acqua dovrà essere ridotto al minimo per evitare l'estensione delle contaminazioni. Dovrà essere utilizzata di preferenza acqua polverizzata, con getto tanto più forte quanto più grave sarà l'incendio. Quando possibile bisognerà utilizzare estintori portatili, preferendoli all'acqua. E' da evitare l'impiego di un getto diretto contro le apparecchiature contenenti le sorgenti radioattive.
- Dopo lo spegnimento sarà necessario ridurre al minimo la manipolazione dei materiali che potrebbero produrre bruciature, ferite o semplici graffiature onde evitare i rischi di contaminazione interna.
- I materiali di scarto prodotti durante l'incendio dovranno essere smaltiti dopo un controllo degli eventuali livelli di contaminazione presenti, svolto a cura dell'esperto qualificato che registrerà tutte le valutazioni.
- Il personale non dovrà eseguire lavori o rimanere in vicinanza del materiale radioattivo localizzato.
- In caso di incendio nei locali nei quali siano installati i rivelatori di fumo radioattivi, il personale dovrà limitarsi unicamente alle operazioni di spegnimento, avendo cura di informare il Responsabile dell'impianto che provvederà a darne segnalazione all'Esperto Qualificato.
- Le modalità di intervento per il recupero di eventuali rivelatori danneggiati verranno definite dall'Esperto Qualificato.
- Le sorgenti radioattive non utilizzate non costituiscono rifiuto urbano o speciale; pertanto l'eventuale alienazione di tali sorgenti dovrà essere affidata a Società specializzate ed autorizzate che dovranno rilasciare la documentazione relativa alla presa in carico ed al definitivo condizionamento e stoccaggio delle sorgenti.

PARTICOLARI RACCOMANDAZIONI DI RADIOPROTEZIONE AI DATORI DI LAVORO

I datori di lavoro devono:

- disporre ed esigere che i lavoratori osservino le modalità di esecuzione del lavoro, le norme interne ed usino i mezzi di protezione e di sorveglianza dosimetrica predisposti;
- assicurarsi che i lavoratori autonomi o dipendenti da terzi incaricati di particolari compiti nell'ambito aziendale (es: manutenzione delle fonti radiogene, ecc.) siano edotti sui rischi specifici associati a tale attività e siano sottoposti a sorveglianza dosimetrica personale;
- assicurarsi che con le società esterne, che si avvalgono di lavoratori di categoria A e B o con i lavoratori autonomi, a cui vengono affidati lavori in appalto in completa autonomia, nel testo contrattuale sia chiaramente evidenziato che la Sorveglianza Fisica della Protezione deve essere garantita dall'organizzazione dell'Appaltatore mediante il proprio Esperto Qualificato;
- assicurarsi che al personale subordinato o ad esso equiparato, autonomo o dipendente da terzi, per cui non é prevista la classificazione come lavoratore esposto, prima dell'accesso alle Zone a rischio radiologico sia fornita l'informazione sui rischi specifici da radiazioni ionizzanti esistenti. Tale personale dovrà comunque essere dotato a scopo cautelativo di sistemi per la verifica della eventualmente dose assorbita. Inoltre su apposito registro è necessario annotare nome, cognome, Datore di Lavoro e tempo di permanenza dei suddetti lavoratori nella Zona.
- rendere edotti i lavoratori sui rischi specifici cui sono esposti e sulle modalità di esecuzione del lavoro.
- Le sorgenti radioattive non utilizzate, non costituiscono rifiuto urbano o speciale; pertanto l'eventuale alienazione di tali sorgenti dovrà essere affidata a Società specializzate ed autorizzate che dovranno rilasciare la documentazione relativa alla presa in carico ed al definitivo condizionamento e stoccaggio delle sorgenti.



ANPEQ

Protezione dalle radiazioni ionizzanti

ASSOCIAZIONE NAZIONALE PROFESSIONALE ESPERTI QUALIFICATI

NATIONAL PROFESSIONAL ASSOCIATION OF ITALIAN QUALIFIED EXPERTS IN RADIOLOGICAL PROTECTION

Rischio radon: cosa è, come si previene, come si misura, come si interviene

13 quesiti sul problema Radon

2003

A cura dell'Ufficio Relazioni Esterne dell'ANPEQ

Indice

1. Cosa è il Radon? pag. 3

2. Quali sono i possibili effetti del Radon? pag. 5

3. Perché il problema Radon si pone per i luoghi chiusi? pag. 7

4. Perché il problema Radon si pone per gli stabilimenti termali? pag. 8

5. Perché è necessario misurare la concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi chiusi? pag. 10

6. Quando effettuare la misura della concentrazione del Radon nell'aria? pag. 12

7. Con quale strumentazione possono essere effettuate le misurazioni del Radon nell'aria? pag. 13

8. È possibile ridurre la concentrazione del Radon e dei discendenti nei luoghi chiusi? pag. 16

9. In quali luoghi è richiesto dalla legislazione italiana il controllo e il contenimento della concentrazione del Radon nell'aria? pag. 17

10. Quali sono i limiti di concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro? pag. 19

11. Cosa bisogna fare quando i valori misurati di concentrazione del Radon sono prossimi o superiori a quelli limite o 'di azione'? pag. 21

12. Entro quali tempi e con quali modalità devono essere assolti gli adempimenti in ordine al rilievo della concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro ed alle azioni consequenziali? pag. 22

13. E le civili abitazioni? pag. 24

1. Cosa è il Radon?

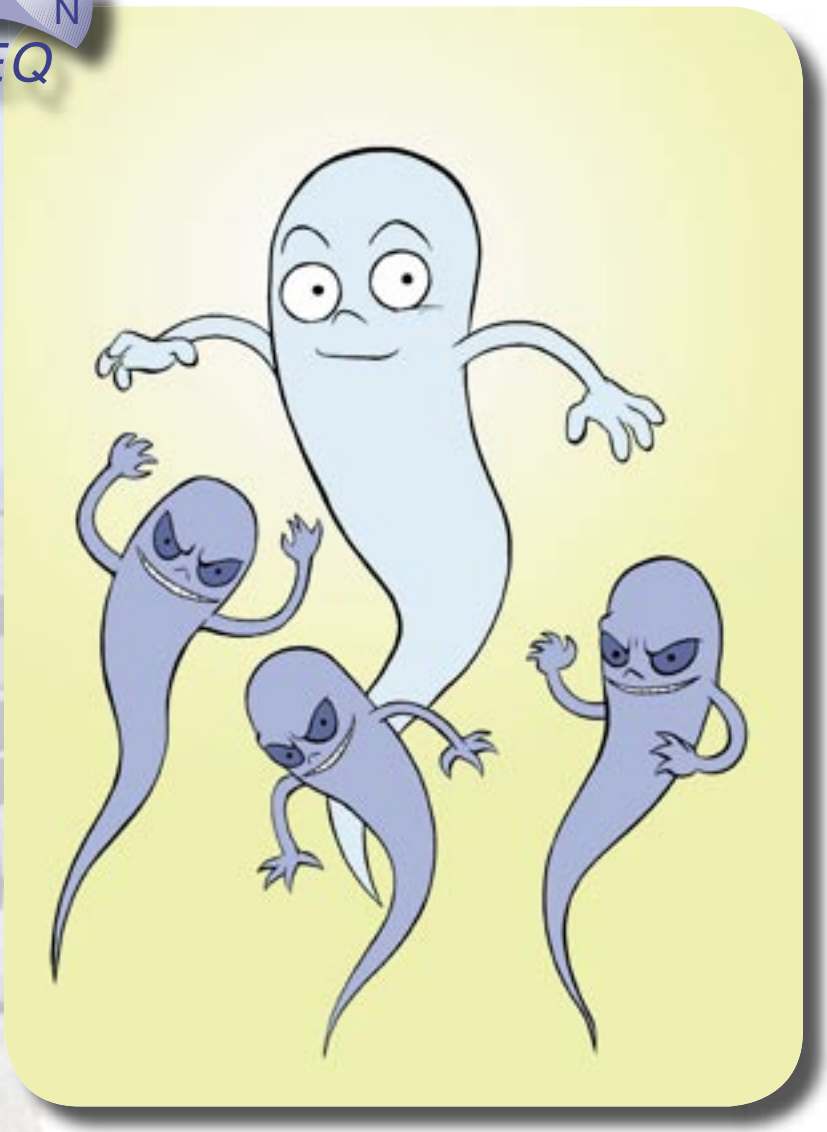
Il Radon è un gas naturale, proveniente dal decadimento del radioisotopo Ra-226 (radium) originato, per decadimenti successivi, dal 'capostipite' U-238 diffusamente presente nella crosta terrestre in concentrazione variabile in funzione della particolare conformazione geologica, stimata mediamente pari a circa 2.8 ppm nella crosta superiore continentale[1] ed a circa 1.8 ppm nel suolo[2].

È radioattivo, con tempo di dimezzamento dell'attività pari a 3.82 giorni. Decade con emissione di radiazione α producendo 'discendenti' radioattivi che emettono radiazione α - β e γ.

Rimane per la parte prevalente intrappolato nella matrice solida nella quale avviene il decadimento del Ra-226 e solo una piccola frazione, quella emessa dal Ra-226 posto alla periferia dei singoli elementi solidi (superfici e zone di fratture delle rocce, grani di terreno o di sabbia, ...), emerge dal suolo o si discioglie nelle acque e diffonde nell'aria.

Il flusso del Radon dal suolo continentale è stato valutato mediamente pari a circa 1 Bq[1] per minuto e per m^2 di superficie, per circa il 20% emanato dall'acqua nel terreno.

[1] Il Bq è il numero di nuclei radioattivi che decade in 1 secondo.

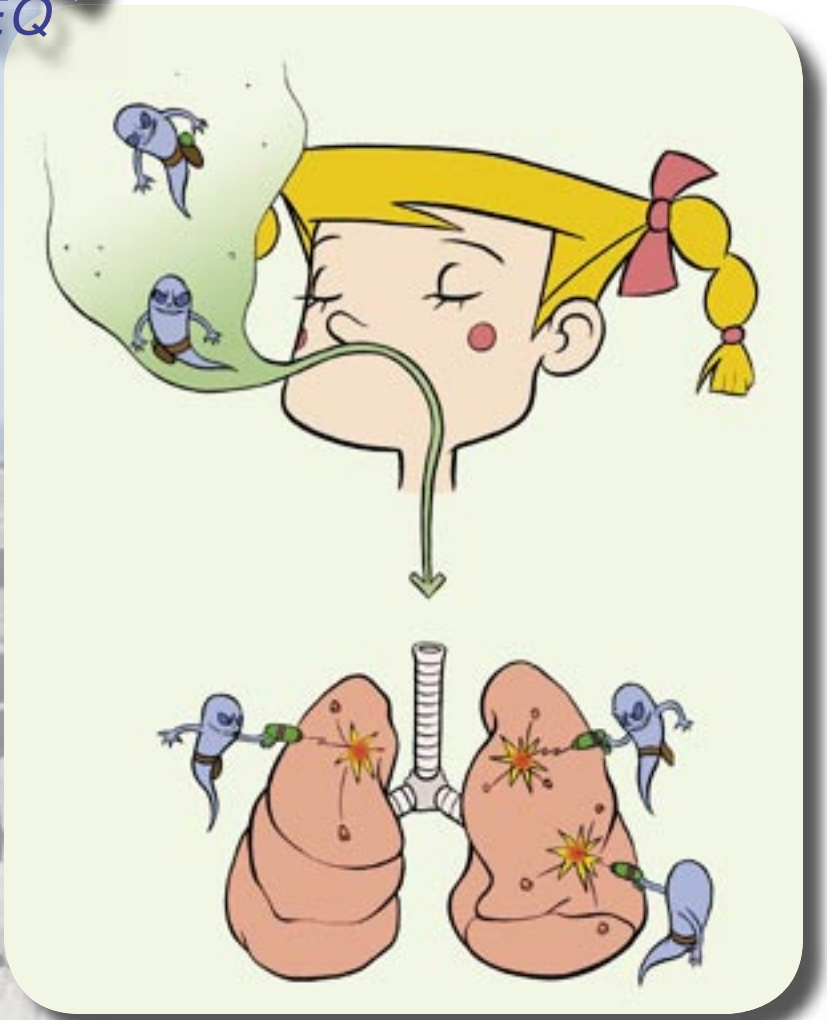


2. Quali sono i possibili effetti del Radon?

Il Radon è un gas nobile non reattivo che, inalato, non si deposita nei polmoni ma viene rapidamente espulso, con trascurabile contributo di dose ai polmoni. Gli effetti dannosi del Radon sono prodotti dai suoi 'discendenti' radioattivi α-emittenti solidi Po-218 e Po-214 contestualmente presenti nell'aria legati al pulviscolo atmosferico che, inalati, si depositano nell'epitelio bronchiale rilasciandovi dosi significative di radiazione α che possono produrre tumori polmonari[2]. La concentrazione nell'aria dei 'discendenti' assume il valore massimo dopo un tempo sufficientemente lungo in assenza totale di aerazione, allorquando vengono a realizzarsi condizioni di 'equilibrio radioattivo' tra i 'discendenti' suddetti, che hanno tutti (compresi i radioisotopi intermedi Pb-214 e Bi-214) breve tempo di dimezzamento, e il 'genitore' Radon.

La probabilità del danno conseguente all'esposizione ad una determinata concentrazione del Radon nell'aria risulta pertanto proporzionale al prodotto della concentrazione di attività del Radon, in Bq/m^3, per le ore di esposizione e per il valore del 'fattore di equilibrio', dato dal rapporto tra la concentrazione di attività effettiva dei 'discendenti' e quella che si avrebbe se i 'discendenti' fossero in equilibrio con il Radon.

[2] Secondo l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC)[3] il Radon è inserito nelle categorie di cancerogenicità al Gruppo 1 ("evidenza sufficiente di cancerogenicità per l'uomo").



Sulla base dei danni osservati nei lavoratori delle miniere, la probabilità di insorgenza di tumori mortali per esposizione ai "discendenti" del Radon viene valutata[4] pari a $4.4*10^{-7}$ per ora di esposizione a concentrazione del Radon pari a 1000 Bq/m^3 in equilibrio con i 'discendenti'.

Scaturisce che, per una intera vita lavorativa (80000 ore) in ambiente con concentrazione del Radon pari a 500 Bq/m^3 e valore del 'fattore di equilibrio' pari a 0.6, tipico di ambienti scarsamente aerati, la probabilità di insorgenza di tumori mortali nell'intera vita è pari a circa $1*10^{-2}$.

3. Perché il problema Radon si pone per i luoghi chiusi?

Il gas Radon emergente dal suolo o portato in superficie dalle acque terrestri si diffonde rapidamente nell'atmosfera, venendo a produrre concentrazioni molto basse nell'aria che respiriamo nei luoghi aperti, variabile da luogo a luogo e valutata mediamente pari a 8 Bq/m^3 nelle aree continentali[5], con valori massimi dell'ordine dei 50 Bq/m^3 [6].

Diversa è la situazione dei luoghi chiusi (edifici) o sotterranei (grotte, caverne, ...) penetrati dal gas Radon e nei quali il Radon trova ostacolo alla successiva diffusione nell'atmosfera, dove possono venire a formarsi concentrazioni anche molto elevate e, in particolare, dei locali interrati degli edifici che, da una parte costituiscono la più diretta via di penetrazione del Radon emergente dal suolo, dall'altra sono

generalmente anche i locali meno aerati.

Anche i materiali usati nelle costruzioni, che contengono percentuali variabili del 'genitore' Ra-226[7],[8] possono contribuire in modo significativo alla concentrazione di attività del Radon negli edifici.

Rilievi in 43000 case USA[9], effettuate nel periodo invernale, hanno mostrato concentrazioni di Radon nelle cantine interrate mediamente pari a 185 Bq/m^3 e superiori a 370 Bq/m^3 nel 10.3% dei casi e, ai piani terra di case prive di cantina interrata, concentrazioni medie pari a 54 Bq/m^3 e superiori a 259 Bq/m^3 nel 10.6% dei casi, con valori massimi che superano in entrambi i casi i 10000 Bq/m^3. Valori massimi pari a 10000 Bq/m^3 sono anche stati trovati in Inghilterra[10]. In una recente indagine sul territorio italiano[11] è stata rilevata concentrazione media di attività del Radon pari a 108 Bq/m^3 nelle cantine interrate, e maggiore di 200 Bq/m^3 nel 12% dei casi e, ai piani terra, concentrazione media di attività pari a 98 Bq/m^3 e maggiore di 200 Bq/m^3 nel 7% dei casi, con valori massimi intorno ai 1000 Bq/m^3.

4. Perché il problema Radon si pone per gli stabilimenti termali?

Le acque 'terrestri', provenienti dal sottosuolo, presentano concentrazioni di Radon variabili a seconda del percorso e delle caratteristiche dei materiali attraversati. In un recente studio sulle diverse acque sorgive dell'Appennino

Reggiano-Parmense[12] le concentrazioni di Radon sono risultate variare da circa 1 Bq/litro a 28 Bq/litro.

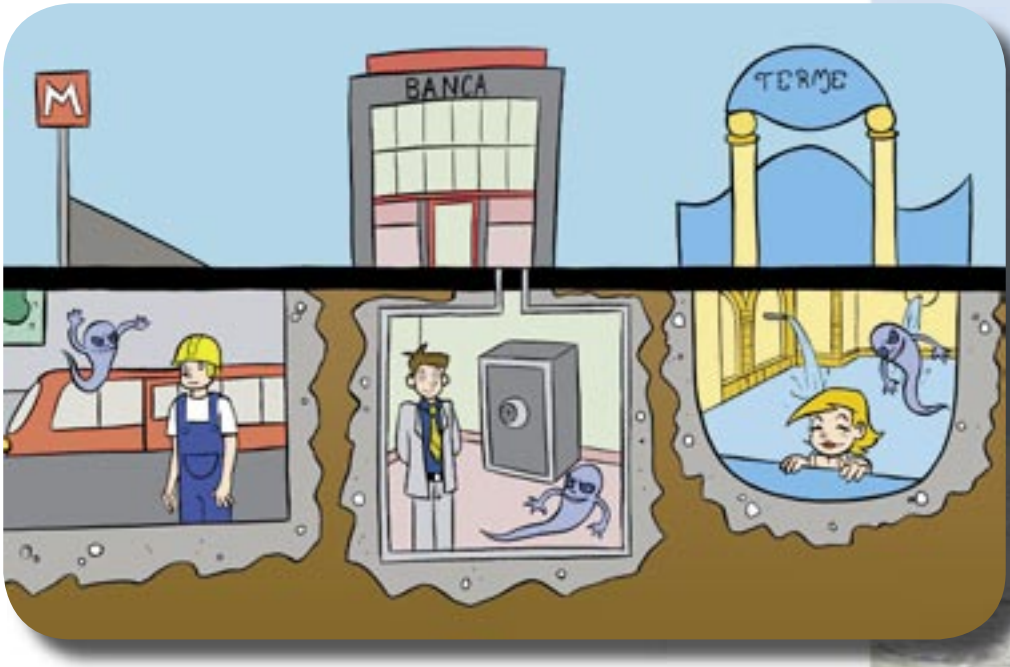
L'utilizzo delle acque 'terrestri' contribuisce limitatamente alla concentrazione di attività del Radon nell'aria, all'interno di edifici e di abitazioni.

Diversa è la situazione degli stabilimenti termali, dove vengono a stazionare in luoghi chiusi notevoli quantità di acque 'terrestri' per tempi lunghi e con la superficie a diretto contatto dell'aria nell'ambiente, nei quali sono stati rilevati valori della concentrazione di attività del Radon in cabine, bagni e locali accessori spesso superiori a 3000 Bq/m^3 e in qualche caso superiori a 6000 Bq/m^3 [13].

5. Perché è necessario misurare la concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi chiusi?

Il valore della concentrazione del Radon nell'aria nei diversi luoghi chiusi assume valori non prevedibili a priori ed assai variabili da luogo a luogo, dipendendo da molteplici fattori:

- l'emissione del Radon dal suolo e, nel caso di grotte o caverne, anche dalle pareti e dalla copertura, variabile al variare della concentrazione locale del 'genitore' Ra-226 e della permeabilità dei materiali presenti al gas Radon;
- la diversa tipologia e struttura degli edifici e l'eventuale


M
BANCA
TERME

presenza di aperture per passaggio cavi e condotti, come pure di possibili crepe o fessurazioni, che realizzano differenti vie di penetrazione all'interno del Radon emanato dal suolo sottostante o anche da quello a contatto con le pareti perimetrali nel caso di vani interrati;

- le caratteristiche di permeabilità al Radon dei rivestimenti alle pareti ed ai solai, che condizionano fortemente la diffusione del Radon negli ambienti, in particolare di quello proveniente dai materiali di costruzione[14];
- la 'storia' delle acque terrestri, che raggiungono il luogo chiuso più o meno arricchite del 'genitore' Ra-226 disciolto, che, in particolare, determina l'entità del 'problema Radon' negli stabilimenti termali;
- il livello e le modalità di aerazione.

6. Quando effettuare la misura della concentrazione del Radon nell'aria?

La concentrazione del Radon nei luoghi chiusi varia nel tempo in dipendenza di fattori climatici, o a questi collegati:

- la temperatura, che condiziona la probabilità di emissione del gas Radon dalle superfici dei materiali che inglobano il 'genitore' Ra-226, con aumento dell'emissione con la temperatura e, per alcuni materiali, raddoppio dell'emissione passando da 10 °C a 35 °C[7];
- la pressione atmosferica, con aumento dell'emanazione

del gas Radon dal suolo sottostante al diminuire della pressione;

- il grado di umidità e polverosità, che determina la percentuale dei 'figli' del Radon legati al pulviscolo nell'aria;
- la presenza di riscaldamento artificiale nel periodo invernale, che aumenta la penetrazione del Radon all'interno degli edifici per 'effetto camino';
- le diverse modalità di utilizzo degli infissi esterni e/o degli eventuali impianti di aerazione nei diversi periodi dell'anno.

Le misure della concentrazione del Radon (e/o dei suoi 'discendenti') nell'aria vanno, pertanto, effettuate per lunghi tempi, non inferiori all'anno.

7. Con quale strumentazione possono essere effettuate le misurazioni del Radon nell'aria?

La strumentazione per misure della concentrazione di attività del Radon nell'aria[15], [16] può essere di tipo attivo, basata su rivelatori che hanno bisogno di un'alimentazione durante la misura, o passivo, basata su rivelatori che non hanno bisogno di un'alimentazione.

I rivelatori attivi consentono misure per tempi lunghi e, attraverso la registrazione del segnale, anche la rilevazione dell'andamento nel tempo della concentrazione di attività del Radon, ma sono molto costosi e di non semplice utilizzo.

Di questi i più impiegati sono i seguenti:

- **celle di Lucas**, costituite da un contenitore internamente foderato con materiale scintillatore alfa-sensibile, tipo ZnS(Ag), all'interno del quale l'aria esterna accede attraverso un filtro assoluto o per risucchio se viene fatto inizialmente il vuoto, o mediante pompa o per diffusione spontanea. Il materiale scintillatore è accoppiato ad un fotomoltiplicatore e l'aria viene misurata mediante spettrometria;
- **rivelatori a stato solido**, costituiti da una camera nella quale è collocato un rivelatore a stato solido sensibile alle particelle, dove l'aria ambiente accede per diffusione spontanea attraverso un filtro;
- **camere a ionizzazione**, all'interno delle quali l'aria ambiente accede per diffusione spontanea attraverso un filtro.

I rivelatori passivi hanno basso costo. Di quelli più utilizzati, i canister a carboni attivi ed i film a tracce devono essere 'letti' in laboratori specializzati, mentre le camere ad elettreti possono essere 'lette' direttamente dall'Esperto Qualificato che effettua la misura.

- **Canister a carboni attivi**, costituiti da un contenitore riempito di carboni attivi che viene collocato aperto nel punto di misura, a consentire l'accesso diretto del Radon e la sua cattura dal carbone. Dopo il tempo desiderato viene richiuso ed inviato al conteggio. Sono utilizzabili solo per misure di breve durata, al massimo 7 giorni, (p. es. in rilievi di screening preliminare) in quanto il Radon

immagazzinato ha breve tempo di dimezzamento e nel risultato vengono a pesare soprattutto gli ultimi giorni.

- **Film a tracce**, costituiti da pellicole che, una volta sviluppate, consentono di osservare al microscopio le tracce prodotte dalle particelle alfa e di contarne la densità, dalla quale si risale alla concentrazione del Radon. Sono necessari lunghi tempi di esposizione per collezionare un numero significativo di tracce e, pertanto, i film sono indicati per misure di durata non inferiore al mese.
- **Camere ad elettreti**, costituite da una camera di plastica conduttrice all'interno della quale è collocato, isolato dalle pareti, un disco di teflon caricato ad un dato potenziale, elettreta, che viene posta aperta nel punto di misura a consentire l'accesso del Radon attraverso un filtro. Dopo il tempo desiderato la camera viene richiusa e portata in laboratorio dove si estrae l'elettrete e si misura la diminuzione del potenziale conseguente alla ionizzazione prodotta dal Radon nella camera risalendo, in tal modo, a valutarne la concentrazione nell'aria nel punto di misura.

Anche i vetri negli edifici possono essere utilizzati come rivelatori passivi, attraverso la misurazione dell'attività del 'figlio' Pb-210 che si infigge nel vetro per effetto del rinculo, se prodotto in decadimenti in prossimità del vetro, e vi permane avendo lungo tempo di dimezzamento (22 anni).

8. È possibile ridurre la concentrazione del Radon e dei discendenti nei luoghi chiusi?

Sono possibili diversi tipi di intervento per ridurre la concentrazione nell'aria del Radon e dei discendenti[17], quali:

- realizzazione di sigillatura dei pavimenti e delle pareti interrate con materiali non permeabili o poco permeabili al gas Radon;
- messa in sovrapressione dell'interno dei locali interessati rispetto all'ambiente esterno;
- realizzazione di ventilazione forzata nei locali interessati, con un numero adeguato di ricambi/ora a tutta aria esterna;
- realizzazione di ventilazione dell'interno dei muri cavi e dei mattoni cavi sui quali è poggiato il pavimento;
- realizzazione di intercapedini aerate al di sotto del pavimento e tra le pareti interrate ed il terrapieno circostante;
- messa in opera di sistemi di aspirazione che risucchino i gas provenienti dal suolo sottostante, limitandone la parte che raggiunge il pavimento e le pareti interrate.

La scelta del tipo di intervento, o della combinazione di più tipi di intervento, in ogni particolare situazione deve essere effettuata sulla base di specifico studio preliminare.

È sempre necessario che un Esperto Qualificato effettui la

verifica del risultato conseguito mediante accurate misurazioni, in quanto spesso l'attuazione degli interventi scelti non ha dato i risultati prefissati.

9. In quali luoghi è richiesto dalla legislazione italiana il controllo e il contenimento della concentrazione del Radon nell'aria?

Il D. Lgs. 241/2000[18], che recepisce la Direttiva 96/29/Euratom[19], richiede il controllo ed il contenimento della concentrazione di attività del Radon nell'aria nei luoghi nei quali si svolgono attività lavorative che possono esporre i lavoratori o le persone del pubblico a sorgenti naturali, quali il Radon, e comprendono:

A) tunnel, sottovie, catacombe, grotte, locali sotterranei o interrati;

B) ogni altro ambiente di lavoro situato in zone individuate dalle regioni e province autonome come esposte ad alta attività di Radon;

C) stabilimenti termali, con riferimento per questi ai soli lavoratori addetti.

L'ANPEQ (Associazione Nazionale Professionale degli Esperti Qualificati) ha realizzato numerosi Corsi e Convegni sul tema 'Radon', riportati nella "Rassegna iniziative ANPEQ sul Radon" unitamente ai nominativi dei Relatori ANPEQ ai quali possono essere richiesti eventuali ulteriori chiarimenti sull'argomento.

10. Quali sono i limiti di concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro?

I limiti di concentrazione di attività del Radon nell'aria nei luoghi specificati alle lettere A e B sono costituiti[18] da:

- 500 Bq/m^3 medi in un anno,
- ovvero, nel caso di luoghi solo parzialmente occupati e non costituenti asili nido o scuole materne e dell'obbligo, valori tali che la somma dei prodotti delle concentrazioni per le ore di occupazione dia luogo a valutazione della dose efficace da Radon[3] contenuta entro 3 mSv/anno, corrispondente a $1.0*10^6$ $Bq*h*m^{-3}$ totale in un anno[4].

Per i luoghi C (stabilimenti termali) il limite è posto direttamente in 1 mSv/anno di dose efficace, corrispondente al valore della somma dei prodotti delle concentrazioni di attività del Radon nell'aria per le ore di occupazione pari a $3.33*10^5$ $Bq*h*m^{-3}$ totale in un anno.

I limiti suddetti costituiscono 'livelli di azione' per eventuali successivi interventi e provvedimenti.

[3] A consentire il confronto e, ove del caso, la effettuazione della sommazione degli effetti della esposizione al Radon con quelli determinati dalla esposizioni alle "altre sorgenti di radiazioni" sono stati introdotti "fattori convenzionali di conversione"[4] tra le grandezze $Bq*h*m^{-3}$ e dose efficace, pari per i lavoratori a $3*10^{-9}$ Sv per 1 $Bq*h*m^{-3}$ come anche riportato nell'Allegato 1bis al D.L.gs 241/2000[18].

[4] Per il rilievo individuale di questa condizione è stato anche realizzato e presentato[20] un dosimetro personale della esposizione al Radon.

RADON
L'esposizione a 500 Bq/m³ per 2000 ore in un anno realizza una probabilità di tumore pari a 2.5*10⁻⁴

11. Cosa bisogna fare quando i valori misurati di concentrazione del Radon sono prossimi o superiori a quelli limite o 'di azione'?

Nei luoghi suddetti,

- se i valori misurati di concentrazione di attività del Radon nell'aria risultano superiori all'80% del valore del pertinente 'livello di azione', il luogo deve essere tenuto in osservazione con l'effettuazione di nuove misurazioni nel corso dell'anno successivo;
- se i valori misurati sono superiori al valore del 'livello di azione', l'esercente del luogo, avvalendosi dell'Esperto qualificato, deve porre in essere, entro 3 anni, azioni di rimedio e procedere a nuove misurazioni per verificarne l'efficacia;
- se le nuove misurazioni, dopo l'adozione delle azioni di rimedio, forniscono valori della concentrazione di attività del Radon ancora superiori al valore del 'livello di azione', l'esercente è tenuto ad adottare le misure di protezione sanitaria dei lavoratori, con sorveglianza fisica e medica, analogamente a quanto previsto per le esposizioni alle radiazioni ionizzanti normalmente utilizzate in talune attività lavorative (raggi X, radisotopi, ...).

12. Entro quali tempi e con quali modalità devono essere assolti gli adempimenti in ordine al rilievo della concentrazione del Radon nell'aria nei luoghi di lavoro ed alle azioni consequenziali?

Per i luoghi A le misurazioni devono essere effettuate per mezzo di organismi 'riconosciuti', entro 24 mesi dall'inizio dell'attività secondo linee guida emanate, entro un anno dal suo insediamento, dalla 'Sezione speciale per le esposizioni a sorgenti naturali', istituita presso la 'Commissione tecnica per la sicurezza e protezione' dell'APAT, mentre per le attività già esistenti al 31 agosto 2000, avrebbero dovuto essere effettuate a partire dal 1° marzo 2002.

In carenza di quanto sopra e degli appositi organismi 'riconosciuti', la Conferenza dei Presidenti delle regioni e delle province autonome ha emesso delle linee guida per le misure delle concentrazioni di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei[21].

Queste linee guida asseriscono che se l'organismo che effettua le misure è costituito da una sola persona fisica, questa deve avere formazione professionale adeguata ed esperienza documentata in materia.

Queste caratteristiche sono riscontrabili negli Esperti Qualificati di 2° e 3° grado.

Per i luoghi B le regioni e le province autonome devono individuare entro il 31 agosto 2005 le zone esposte ad alta attività di Radon, dopo di che le misurazioni devono essere

effettuate entro 24 mesi dalla data della detta individuazione e, successivamente, entro 24 mesi dall'inizio dell'attività.

Per gli stabilimenti termali le misurazioni devono essere effettuate dall'Esperto Qualificato dello stabilimento entro 24 mesi dall'inizio dell'attività e, per gli stabilimenti già in esercizio al 31 agosto 2000, a partire dal 1° settembre 2003.

13. E le civili abitazioni?

L'attuale legislazione italiana non contempla le esposizioni al Radon nelle abitazioni.

La Direttiva CE 1990[22], mai recepita a livello legislativo in Italia e ormai superata nei presupposti scientifici, raccomandava valori di riferimento per la concentrazione di attività del Radon pari a 400 $Bq*m^{-3}$ negli edifici già esistenti ed a 200 $Bq*m^{-3}$ in quelli nuovi. Per i materiali da costruzione il D.P.R. 1993[23], a recepimento della Direttiva CEE 1989[24], richiede che i materiali da costruzione non debbano emettere sostanze pericolose, tra le quali è anche compreso il Radon, senza l'indicazione di limiti numerici e risulta, di fatto, inapplicabile[25].

La ICRP Publication 65[4] propone l'adozione per le esposizione al Radon nelle abitazioni, livelli di intervento compresi tra 200 e 600 $Bq*m^{-3}$, con riferimento a 7000 ore/anno di presenza nell'abitazione e nell'assunzione di valore del fattore di equilibrio del Radon con i suoi 'discendenti' pari a 0.4, ed auspica l'individuazione delle "radon-prone areas", aree nelle quali circa l'1% delle dimore presenta concentrazioni di Radon più che 10 volte superiore ai valori medi nazionali.

Anche nell'assenza di limiti vincolanti per legge, è buona norma richiedere ad un Esperto Qualificato il monitoraggio della concentrazione di attività del Radon e/o dei suoi 'discendenti' nei luoghi particolarmente a rischio, quali i vani interrati e le cantine spesso utilizzati come 'tavernette' o per attività ricreative, come pure nelle intere abitazioni se

collocate in zone individuate come esposte ad elevate attività di Radon.

È anche opportuno, per i nuovi edifici, procedere alla valutazione preventiva della possibile sussistenza del 'problema Radon', come già attuato in Alto Adige[26], a consentire l'adozione e realizzazione di appropriati interventi contestualmente alla costruzione.

BIBLIOGRAFIA CITATA

1) Taylor S. R., McLennan S. M.: The Continental Crust: its Composition and Evolution. Oxford, Blackwell, 1985.

2) Lowder W. M., Condon W. J., Beck H. L.: Field spectrometric investigations of enviromental radiation in U.S.A. in 'The Natural Radion Environment', Adams J. A. S. and Lowder W. M. Eds., University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 1964.

3) WHO-IARC 1988: IARC Monograph on the evaluation of carcinogetic risks to humans: man-made minerals and radon. IARC Monograph, vol. 43, Lyon, France, 1998.

4) ICRP Publication 65: Protection against Radon-222 at Home and at Work. Pergamon Press, 1994.

5) Harley J. H.: Environmental Radon. In 'The Noble Gases', Moghissi A. A. and Stanley R. E. Eds., U. S. Government Printing Office Washintgon, D. C., 1975.

6) NCRP Report n. 94: Exposure of the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation. 1987.

7) Tso M. W., Ng C., Leung J. K. C.: Radon release from building mate rials in Hong Kong. Healt Phys. 67: 378-384; 1994.

8) Lehmann R., Misch W.: Experience and existing regulations in the field of radioactivity of building materials and radon in homes in Germany. ANPEQ - Serie Documentazione Professionale n. 5, 2000.

9) White S. B., Bergsten J. W., Alexander B. V., Rodman N. F., Phillips J. L.: Indoor 222Rn Concentrations in a probability sample of 43000 houses across 30 States. Healt Phys. 62: 41-50; 1992.

10) Kendal G.: Control of exposures to radon in homes in the UK. ANPEQ - Serie Documentazione Professionale n. 5, 2000.

11) Bochicchio F., Campos Venuti G., Piermattei S., Torri G., Nuccetelli C., Risica S., Tommasino L.: Results of the national survey on radon indoors in all the 21 Italian Regions. Atti del Convegno su 'Radon in the Living Environment', Athens, Greece 9-23 April 1999.

12) Vaccari S., Toscani L., Ortalli I., Dalledonne C., Martinelli G., Venturelli G.: Misure di Radon in sorgenti e pozzi dell'Appennino Reggiano-Parmense. Notiziario ANPEQ, n.ro 57-58: 68-74, 2001.

13) Sciocchetti G.: Sorgenti radioattive ed esposizione alle radiazioni in ambiente termale. Atti del Convegno su 'Aspetti di radioprotezione nelle stazioni termali', Merano 1986.

14) Stranden E., Berteig L.: Radon in dwelling and influencing factors. Healt Phys. 39: 275-284; 1980.

15) NCRP Report n. 97: Measurement of radon and radon daughters in air. Pergamon Press. 1988.

16) Mostacci D.: Strumentazione e modalità di misura nel settore della radioattività naturale. Notiziario ANPEQ, n.ro 61-62: 48-53, 2002.

17) NCRP Report n. 103: Control of radon in houses. Pergamon Press, 1989.

18) Decreto Legislativo 26 maggio 2000 n. 241. G. U. - serie generale - n. 303 del 31 agosto 2000.

19) Direttiva 96/29/Euratom del 13 maggio 1996. G.U.C.E. n. L 159 del 29 giugno 1996.

20) Orlando C., Orlando P., Patrizi L., Tommasino L., Tonnarini S., Trevisi R., Viola P.: Monitoraggio dell'esposizione dei lavoratori al radon. Notiziario ANPEQ, n.ro 59: 51-61, 2001.

21) Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome: Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei. Notiziario ANPEQ, n.ro 64-65: 65-73, 2003.

22) Direttiva CE 1990 del 21 febbraio 1990. G.U.C.E. n. L 80/26 del 27 marzo 1990.

23) Decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246. G.U. 22 luglio 1993.

24) Direttiva CEE del 21 dicembre 1988. G.U.C.E. n. L 40/121 del 1° febbraio 1989.

25) Risica S.: Legislazione relativa al radon nelle abitazioni e alla radioattività naturale nei materiali da costruzione. ANPEQ - Serie Documentazione Professionale n. 5, 2000.

26) Minach L.: La prevenzione radon, un nuovo compito per il settore edilizio. Notiziario ANPEQ, n.ro 64-65: 40-44, 2003.

RASSEGNA INIZIATIVE ANPEQ SUL RADON

Convegno Nazionale ANPEQ su "I nuovi decreti di radioprotezione sulla protezione del paziente e sulla radioattività naturale". Lido di Camaiore (LU), 22-23 giugno 2000.

Cazzoli S.: La nuova normativa sul radon negli ambienti di lavoro: le attribuzioni dell'esperto qualificato.

Scuola Superiore di Radioprotezione "Carlo Polvani" - 35° Corso: "La Radioattività naturale nel nuovo assetto normativo". Villa Olmo (CO), 13-16 novembre 2000.

Malgieri F.: Introduzione alla radioattività naturale.

Cucchi G.: Normative e raccomandazioni internazionali.

Calenda E.: Adempimenti richiesti e documentazione.

Convegno Nazionale ANPEQ su "Guida all'applicazione tecnica e amministrativa dei nuovi decreti di radioprotezione". Firenze, 18 dicembre 2000.

Cucchi G.: La figura, le attribuzioni e le competenze dell'Esperto qualificato nei due decreti..

Cazzoli S.: I nuovi obblighi per datore di lavoro, dirigenti, preposti e le nuove attribuzioni dell'Esperto Qualificato nel settore della radioattività naturale.

FORUM di Sorveglianza fisica di Radioprotezione - VI Corso, Ortisei (BZ) 25-31 marzo 2001.

Cucchi G.: Attribuzioni e competenze dell'Esperto qualificato nel D. Lgs. 241/2000.

Cucchi G.: La radioattività naturale nel nuovo decreto legi-

slativo: ambiti di competenza dell'EQ e procedure amministrative.

Cazzoli S.: Il radon negli ambienti chiusi in Italia.

Cazzoli S.: Il radon nelle stazioni termali e nelle miniere.

Convegno Nazionale ANPEQ su "Evoluzione della professione dell'Esperto qualificato in radioprotezione". Firenze, 23-24 ottobre 2001.

Cazzoli S., Biazzi L., Moroder E., Ascione B., Risica S.: Modalità di stesura della relazione di valutazione rischi nei settori interessati alla radioattività naturale.

Convegno Nazionale ANPEQ su "Procedure operative di applicazione dei decreti sulla protezione dalle radiazioni ionizzanti". Napoli 27-28 novembre 2002.

Biazzi L., Fantinato D., Finazzi G. B., Giroletti E., Liverani C., Mignani P. L., Salvatori L. "Misure di radon: procedure operative per l'Esperto qualificato".

FORUM di Sorveglianza fisica di Radioprotezione - VII Corso, Ortisei (BZ) 31 marzo - 5 aprile 2003.

Biazzi L., Fantinato D., Finazzi P., Salvatori L.: Misure di radon in luoghi sotterranei: procedure operative per l'Esperto Qualificato in caso di superamento dei livelli di azione.

Cucchi G.: Attività lavorative in presenza di radioattività naturale: analisi delle fonti di rischio.

ANPEQ

Protezione dalle radiazioni ionizzanti

Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati

National Professional Association of Italian Qualified Experts in Radiological Protection

Indirizzo operativo: Prof. Ing. Giorgio Cucchi, Segretario Generale ANPEQ
40136 BOLOGNA, via dei Colli, 16 - Tel. 051-6440432
http://www.anpeq.it - e-mail: info@anpeq.it

Segretario Generale e legale rappresentante
Giorgio Cucchi

Presidente
Silvano Cazzoli

Vice Presidente
Luisa Biazzi

Consiglieri:

Carlo Bergamini

Edoardo Calenda

Antonio Campagni

Francesco Malgieri

Testo: Ufficio Relazioni Esterne ANPEQ - Coordinamento: F. Malgieri, con il contributo di E. Calenda, A. Campagni e S. Cazzoli

Disegni: Valentina Campagni

Layout: Michele Campagni

www.anpeq.it