

Gestione del Rischio Radioattivo

Massimo Bovenzi

UCO di Medicina del Lavoro,
Dipartimento di Scienze Mediche,
Chirurgiche e della Salute
Università degli Studi di Trieste

RADIAZIONI IONIZZANTI

D.Lgs. 230/95 e 241/2000
(Art. 4 - Definizioni)

Radiazioni ionizzanti: trasferimento di energia in forma di particelle o onde elettromagnetiche con lunghezza d'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

RADIAZIONI IONIZZANTI

Le radiazioni capaci di provocare, direttamente o indirettamente, fenomeni di ionizzazione nel mezzo attraversato. Il risultato della ionizzazione e' la produzione di elettroni liberi con carica negativa e di atomi ionizzati con carica positiva. L'energia necessaria per una ionizzazione e' di circa 34 eV ($1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$).

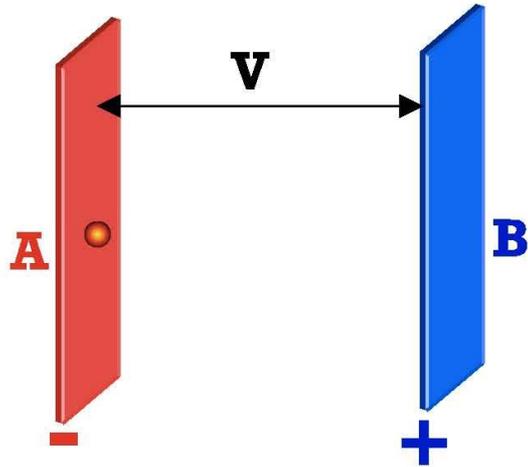
Radiazioni corpuscolari

- Particelle dotate di massa, carica ed energia (***particelle α , particelle β , protoni***)
- Particelle dotata di massa ed energia, ma elettricamente neutre (***neutroni***)

Radiazioni elettromagnetiche

- Fotoni dotati di energia, ma non di massa o carica (***radiazioni X*** = fotoni generati nei fenomeni di riassetamento orbitale degli elettroni dell'atomo; ***radiazioni γ*** = fotoni originatisi da fenomeni di riassetamento del nucleo dell'atomo)

UNITA' DI MISURA DELL'ENERGIA : ELETTRONVOLT



DI NORMA, L'ENERGIA E' MISURATA IN
JOULE

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

QUANDO UN ELETTRONE ATTRAVERSA LA DIFFERENZA DI POTENZIALE DI **1 VOLT** SI DICE CHE L'ELETTRONE HA ACQUISTATO UNA ENERGIA DI **1 ELETTRONVOLT (eV)**.

MULTPLI

V = MILLE VOLT → ENERGIA = 1 KeV (MILLE eV)

V = UN MILIONE DI VOLT → ENERGIA = 1 MeV (UN MILIONE DI eV)

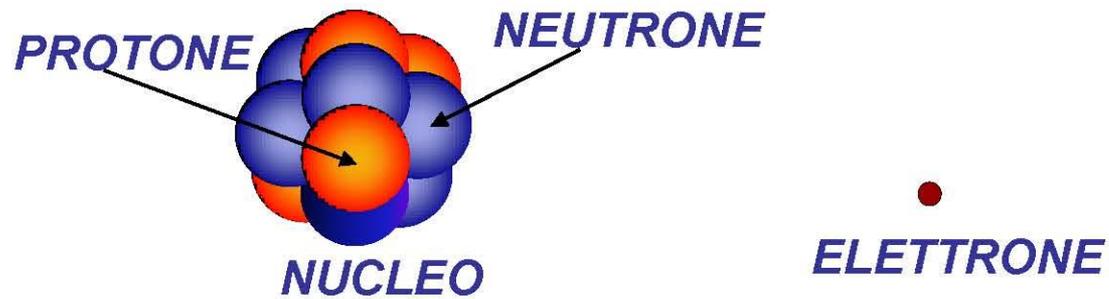
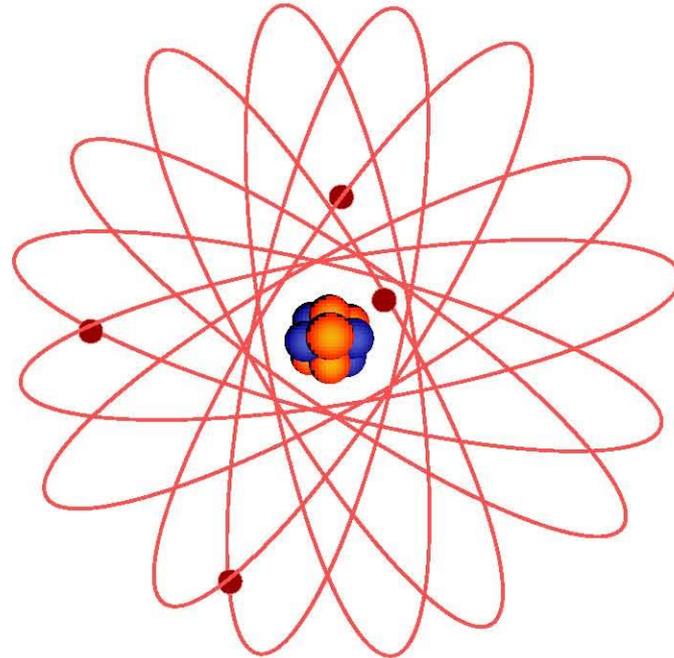
V = UN MILIARDO DI VOLT → ENERGIA = 1 GeV (UN MILIARDO DI eV)



ATOMI E NUCLEI COME SORGENTI DI RADIAZIONI

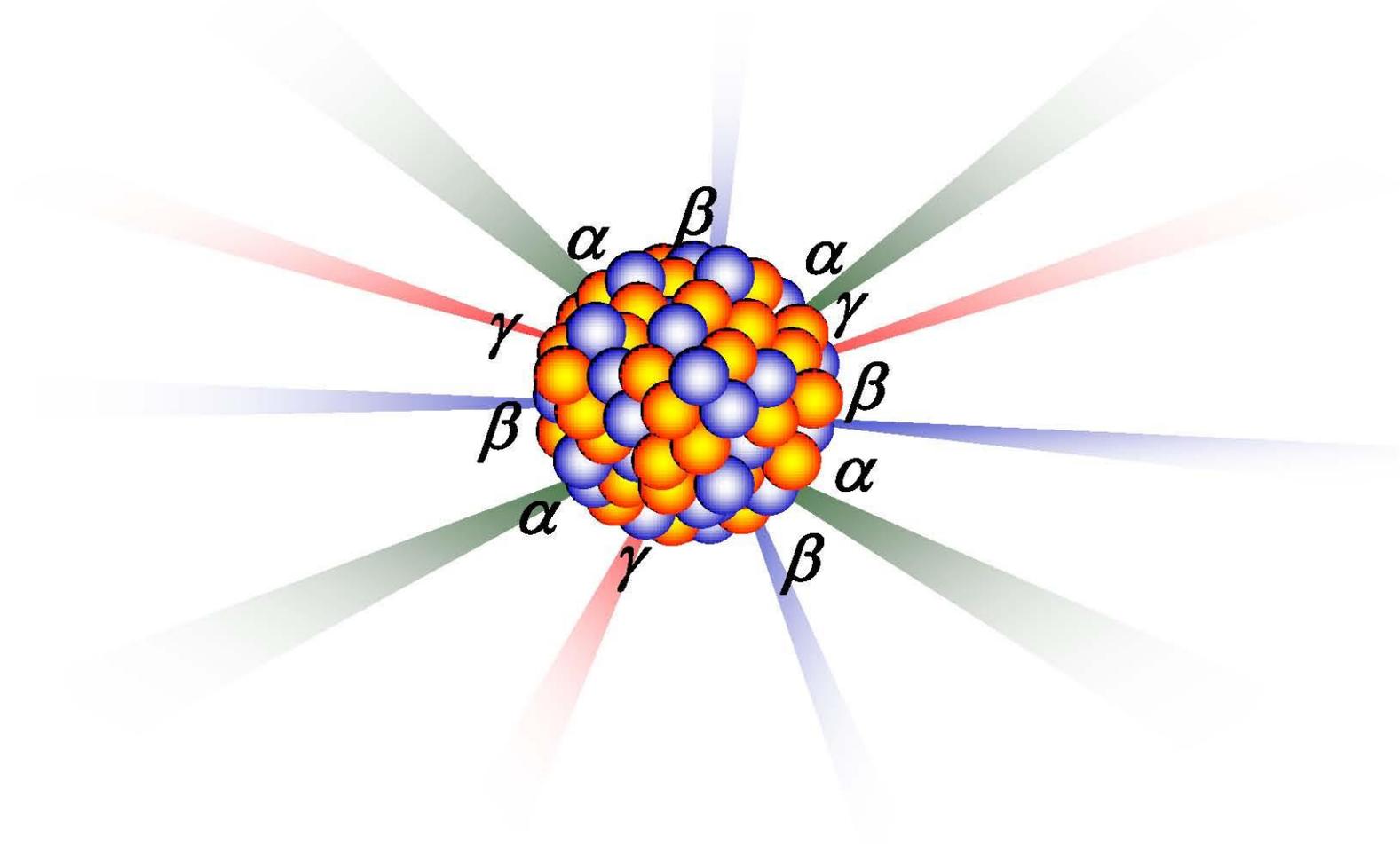
**IN PARTICOLARI CIRCOSTANZE GLI ATOMI E I
NUCLEI POSSONO EMETTERE RADIAZIONI**

COSTITUENTI DELL'ATOMO



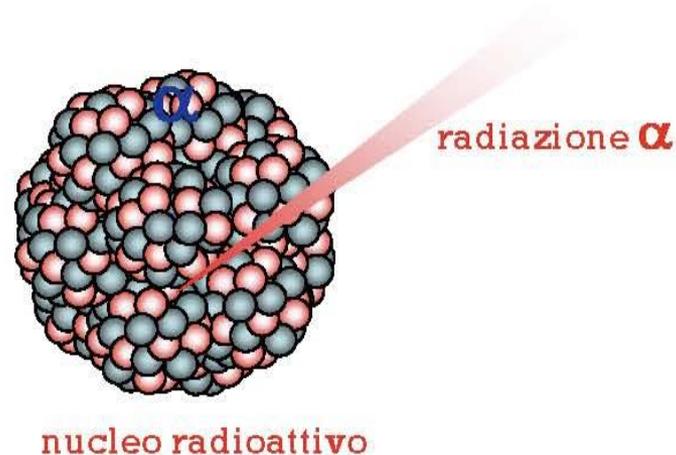
Emissione di radiazioni da parte dei nuclei

RADIOATTIVITA'



RADIOATTIVITÀ α

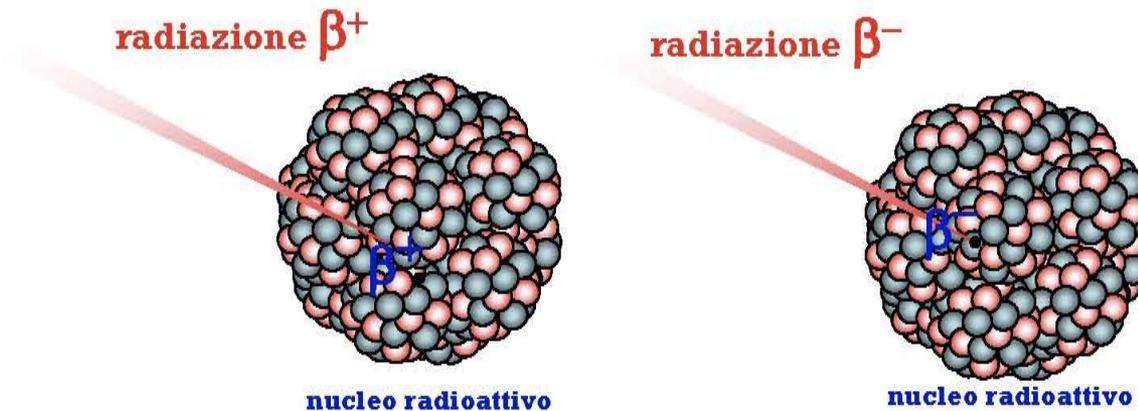
DA UN NUCLEO RADIOATTIVO SI PUO' AVERE EMISSIONE DI PARTICELLE ALFA, CIOÈ NUCLEI DELL'ATOMO DI ELIO. LA PARTICELLA ALFA E' COSTITUITA DA DUE PROTONI E DA DUE NEUTRONI.



ORDINE DI GRANDEZZA DELL'ENERGIA DELLE PARTICELLE ALFA : 4 - 8 MeV

RADIOATTIVITÀ β^{\pm}

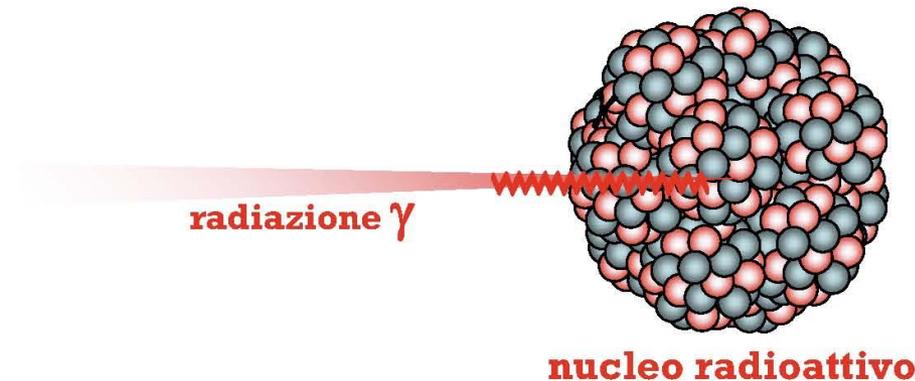
DA UN NUCLEO RADIOATTIVO SI PUO' AVERE EMISSIONE DI PARTICELLE BETA, CIOE' PARTICELLE IDENTICHE AGLI ELETTRONI, MA CON CARICA CHE PUO' ESSERE ANCHE POSITIVA (POSITRONI).



ORDINE DI GRANDEZZA DELL'ENERGIA DELLE PARTICELLE BETA : 0 - 2 MeV

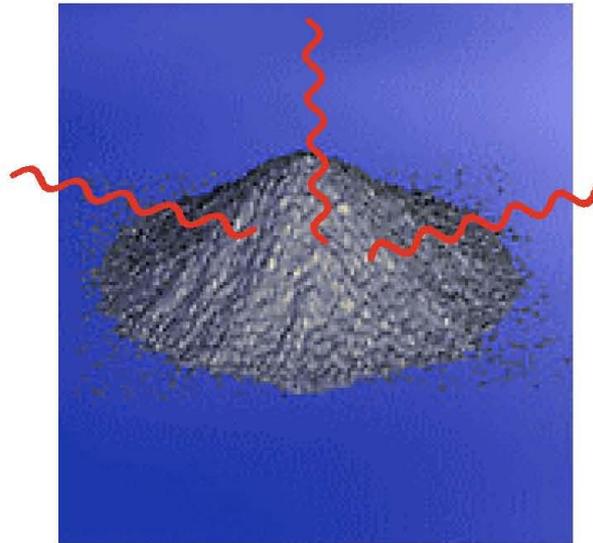
RADIOATTIVITÀ γ

DA UN NUCLEO RADIOATTIVO SI PUÒ AVERE EMISSIONE DI RADIAZIONE GAMMA, CIOÈ **ONDE ELETTROMAGNETICHE** DI ENERGIA ELEVATA.



ORDINE DI GRANDEZZA DELL'ENERGIA DELLA RADIAZIONE GAMMA :
60 KeV – 2 MeV

ATTIVITA' DI UNA SORGENTE RADIOATTIVA



RADIOATTIVITA'

PROCESSO NATURALE ATTRAVERSO IL QUALE GLI ATOMI INSTABILI DI UN ELEMENTO EMETTONO ENERGIA DA PARTE DEI NUCLEI TRASFORMANDOSI IN ATOMI DI UN DIVERSO ELEMENTO O IN STATI ENERGETICI DI MINOR ENERGIA DELLO STESSO ELEMENTO

ATTIVITA'

NUMERO DI TRASFORMAZIONI NUCLEARI SPONTANEE DI UN RADIONUCLIDE CHE SI PRODUCONO NELL'UNITA' DI TEMPO.
SI ESPRIME IN BECQUEREL (Bq)

RADIOATTIVITA'

UNITA' DI MISURA DELL'ATTIVITA'

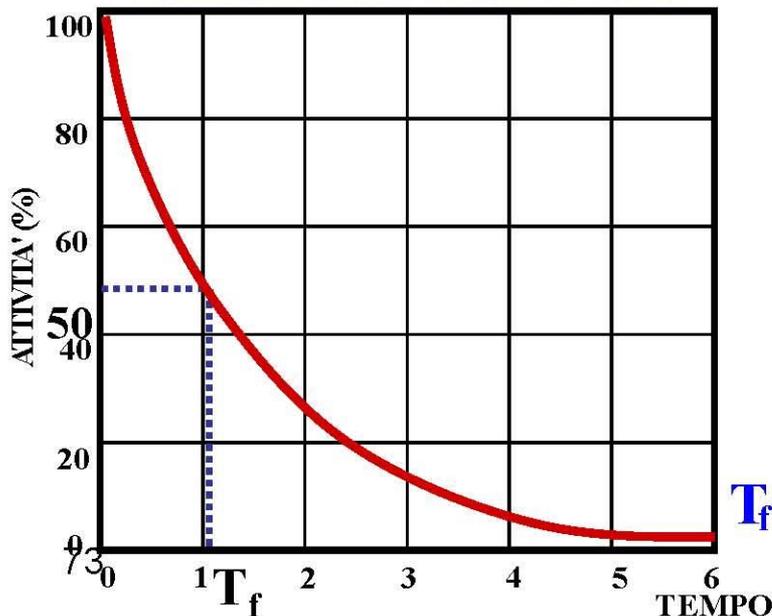
BECQUEREL (Bq)

1 Bq = 1 DISINTEGRAZIONE AL SECONDO

UNITA' NON PIU' UTILIZZABILE E' IL CURIE (Ci)

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

DECADIMENTO RADIOATTIVO



T_f = PERIODO DI DIMEZZAMENTO FISICO

Radionuclide: specie atomica con un numero definito di neutroni e protoni, il cui nucleo instabile subisce una disintegrazione spontanea emettendo particelle (alfa e beta) e quantità distinte di energia (fotoni gamma). Dei 92 elementi presenti in natura, quelli con numero atomico superiore a 82 sono radioattivi.

Attività (dN/dt): il numero di trasformazioni nucleari spontanee (dN) di una determinata quantità di un radionuclide nell'intervallo di tempo dt.
Unità di misura: 1 **Becquerel** = 1 s^{-1} (27,027 pCi)

Elementi radioattivi naturali:

Serie dell'uranio 238 (oltre il 99% dell'uranio naturale), decade sino a ^{206}Pb
Serie dell'uranio 235 (0.72% dell'uranio naturale), decade sino a ^{207}Pb
Serie del torio 232, decade sino a ^{208}Pb

Elementi radioattivi artificiali:

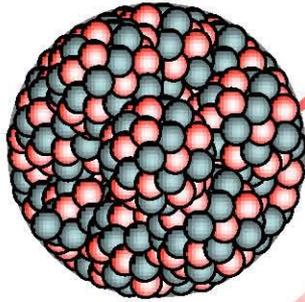
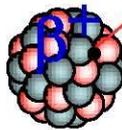
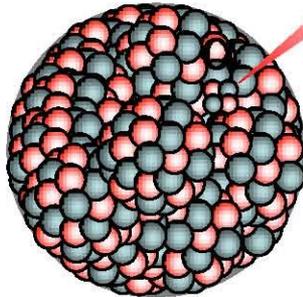
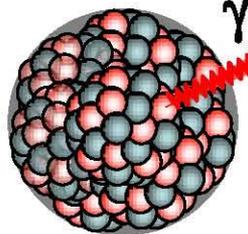
Sostanze rese radioattive artificialmente mediante bombardamento dei nuclei atomici con neutroni ottenuti in reattori ovvero con particelle cariche accelerate da particolari macchine (betatroni, ciclotroni, etc.)

Irradiazione esterna: la sorgente di radiazioni è situata all'esterno dell'organismo

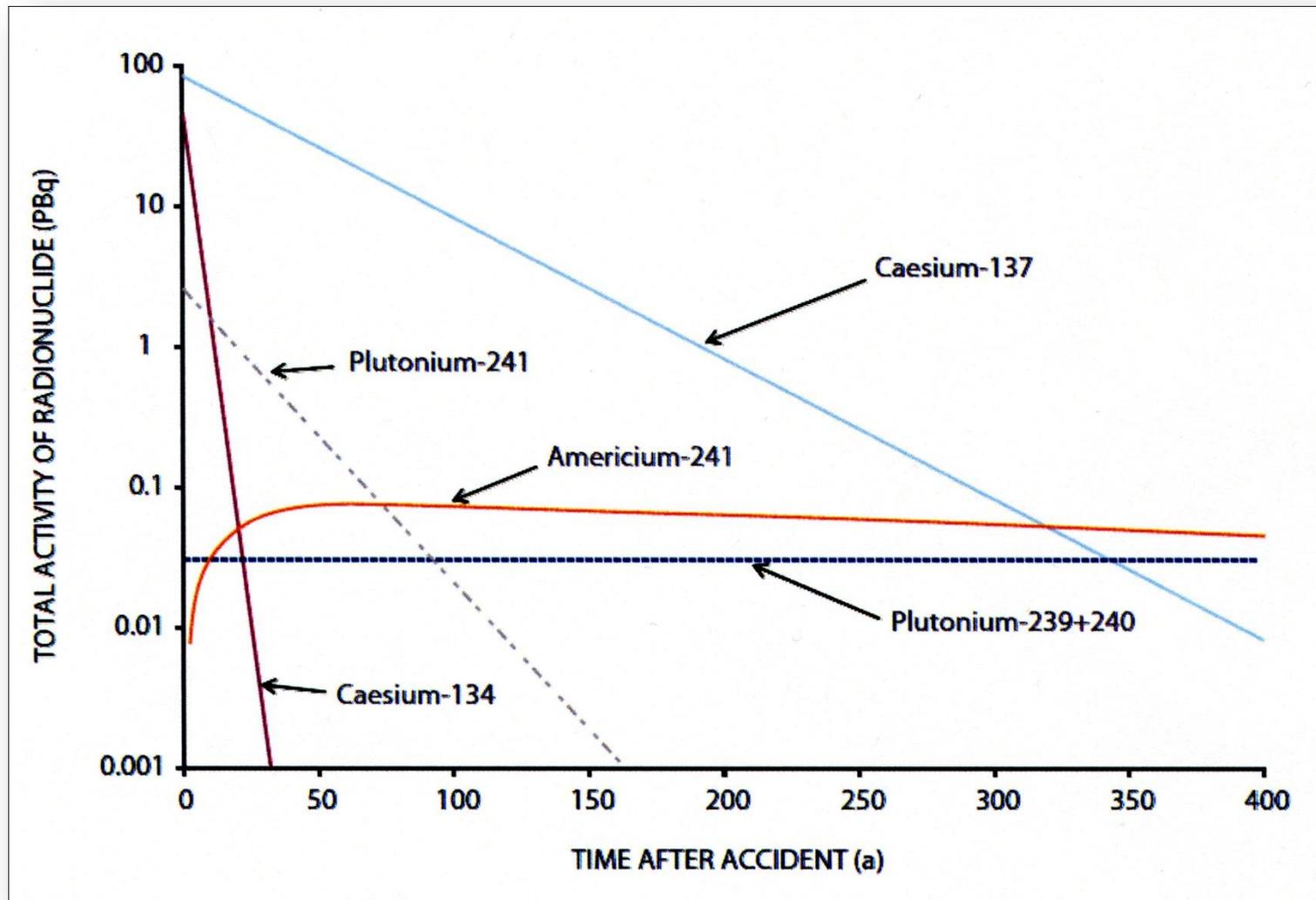
Irradiazione interna: la sorgente di radiazioni è incorporata nell'organismo (sostanze radioattive, radionuclidi)

Contaminazione radioattiva: contaminazione di una matrice, di una superficie, di un individuo, o di un ambiente, prodotta da sostanze radioattive. Nel caso particolare del corpo umano, la contaminazione radioattiva include tanto la contaminazione esterna (cute e/o mucose) quanto la contaminazione interna, per qualsiasi via essa si sia prodotta.

NUCLEI RADIOATTIVI

 $^{238}\text{U}_{92}$  $T = 4,5 \times 10^9$ anni $^3\text{H}_1$  $T = 12,35$ anni $^{11}\text{C}_6$  $T = 20,38$ minuti $^{215}\text{Rn}_{86}$  $T = 4$ secondi $^{137}\text{Cs}_{55}$  $T = 30$ anni

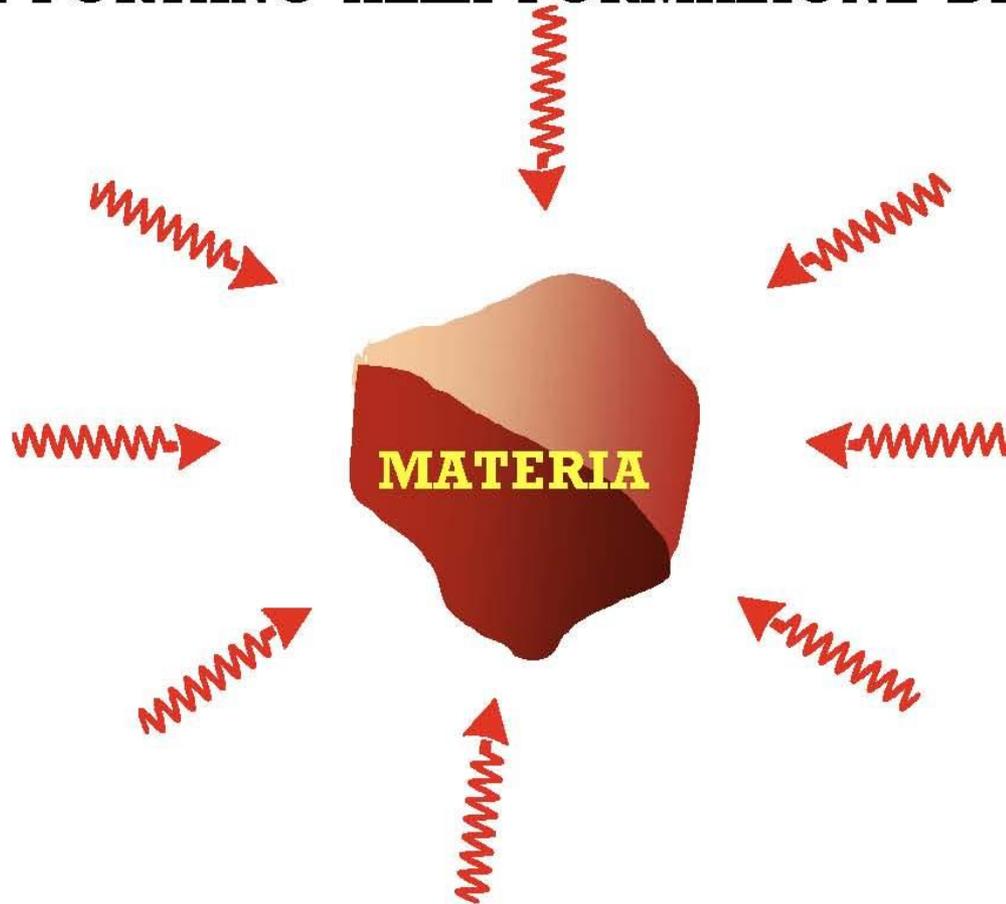
Attività totale di vari radionuclidi a lunga emivita in funzione del tempo dopo l'incidente di Chernobyl. L'Americio-241 è prodotto dal decadimento del ^{241}Pu e raggiungerà il picco nel 2058, permanendo in tracce per lungo tempo.



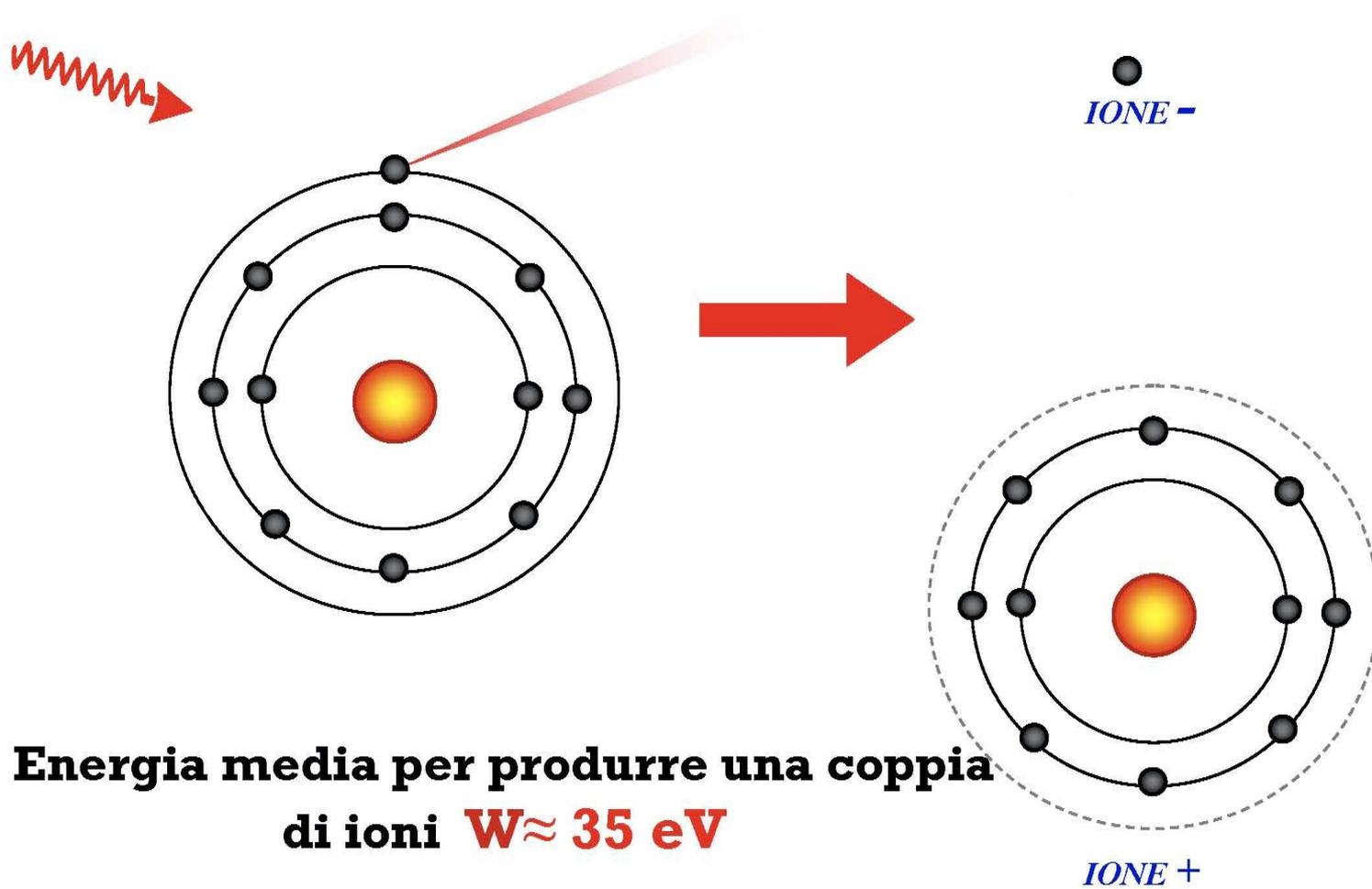
GRANDEZZE DOSIMETRICHE

INTERAZIONE DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI CON LA MATERIA

LE RADIAZIONI IONIZZANTI INTERAGENDO CON LA MATERIA PORTANO ALLA FORMAZIONE DI COPPIE DI IONI



COPPIE DI IONI



**Energia media per produrre una coppia
di ioni $W \approx 35 \text{ eV}$**

IL CONCETTO DI DOSE

D.L n° 230 (1995)

DOSE ASSORBITA (D)

DEFINITA DAL RAPPORTO

$$D = E / m$$

E : ENERGIA CEDUTA DALLA RADIAZIONE IONIZZANTE ALLA MATERIA

m: MASSA DI MATERIA CHE HA RICEVUTO L'ENERGIA **E**

UNITA' DI MISURA

Gray (Gy)

1 Gy = 1 J/Kg

rad (unita' non piu' utilizzata) 1 Gy = 100 rad

DEPOSITO ENERGETICO NELLA MATERIA BIOLOGICA

PARTICELLE α E IONI PESANTI (ALTO LET)

Energia media per produrre una coppia di ioni : $W \approx 35 \text{ eV}$

NUMERO DI COPPIE DI IONI/cm : ESTREMAMENTE ELEVATO



CELLULA
($\approx 10 \mu$)



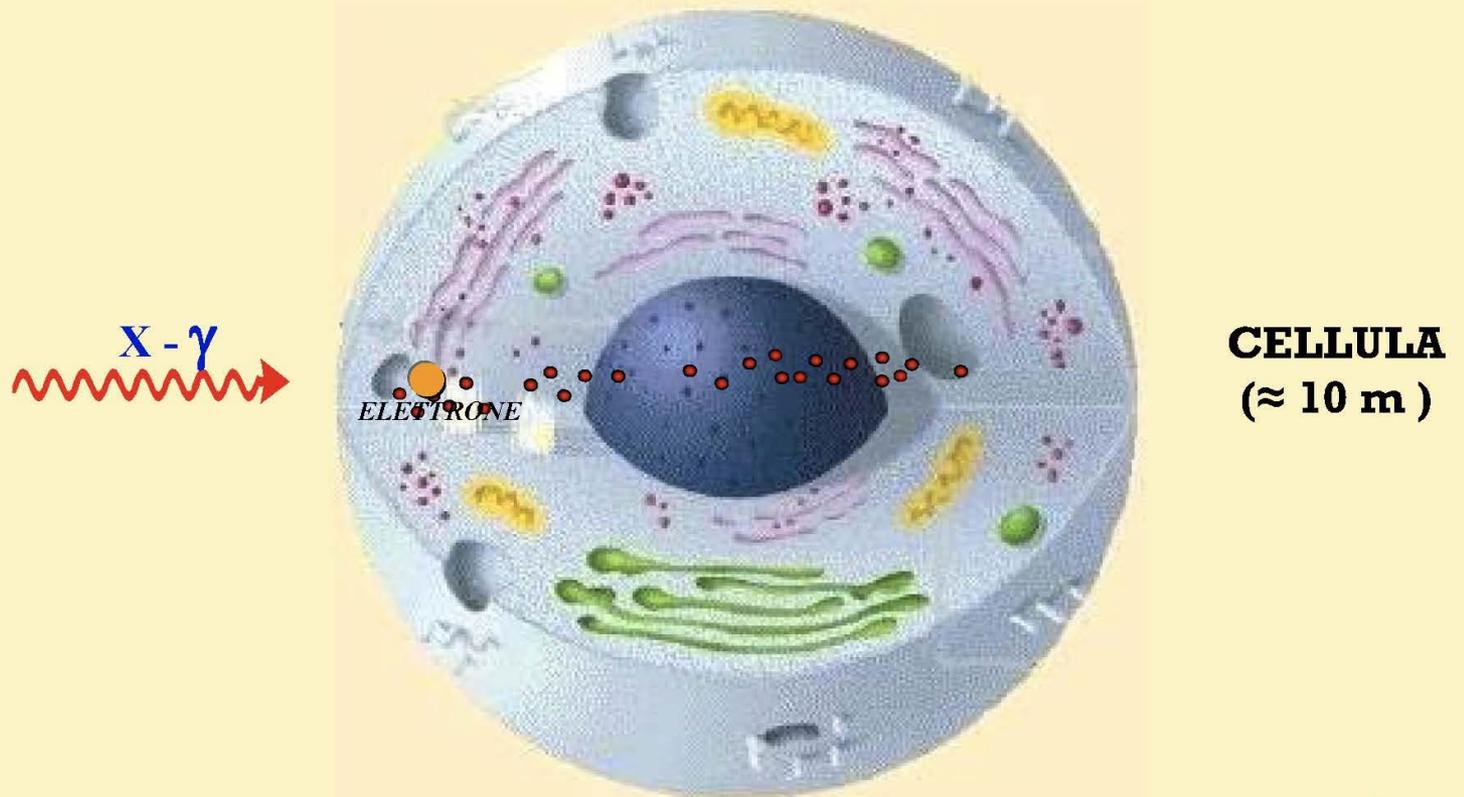
EVENTI DI DEPOSITO ENERGETICO IN PROCESSI DI ECCITAZIONE O IONIZZAZIONE

DEPOSITO ENERGETICO NELLA MATERIA BIOLOGICA

X , γ - ELETTRONI (BASSO LET)

Energia media per produrre una coppia di ioni : $W \approx 35$ eV

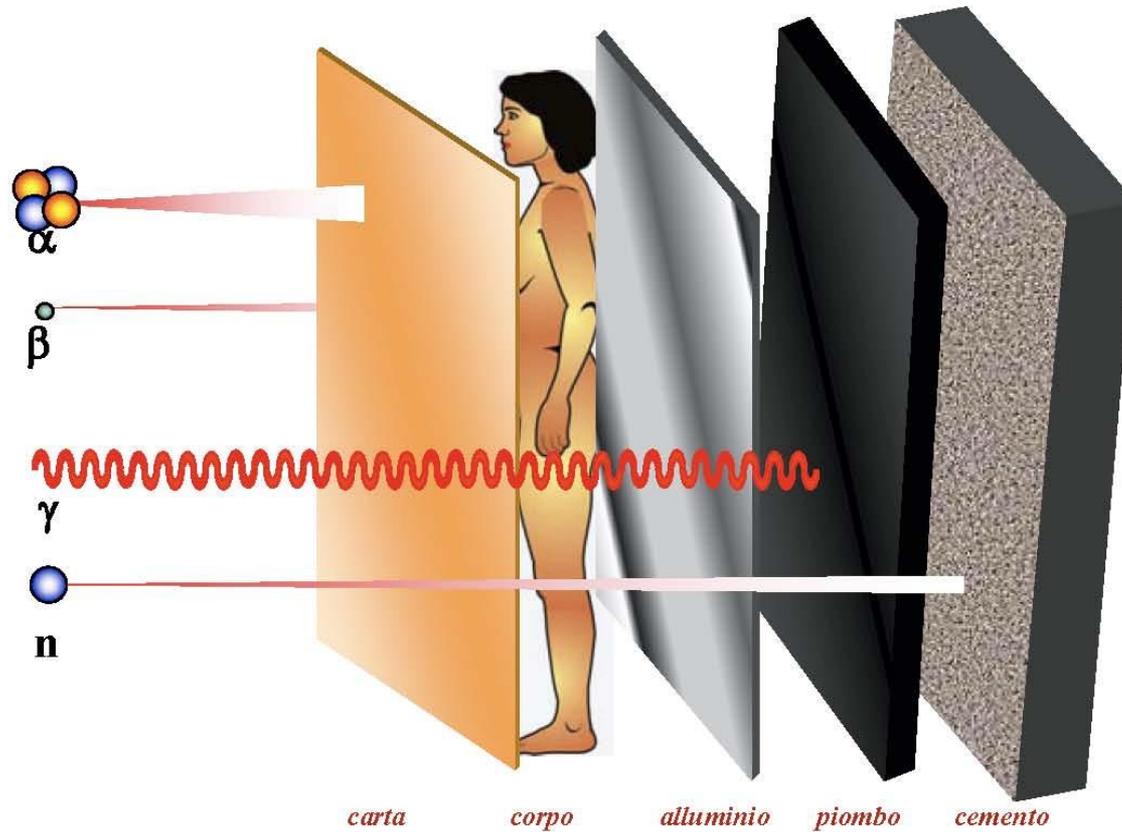
NUMERO DI COPPIE DI IONI/cm : NON ELEVATO



**EVENTI DI DEPOSITO ENERGETICO IN PROCESSI DI
ECCITAZIONE O IONIZZAZIONE**



RADIAZIONI E LORO POTERE PENETRANTE



DOSE EQUIVALENTE

PER TENERE CONTO DELLA DIVERSA PERICOLOSITÀ DELLE RADIAZIONI INCIDENTI SULLA MATERIA BIOLOGICA, SI È INTRODOTTO IL COSIDDETTO

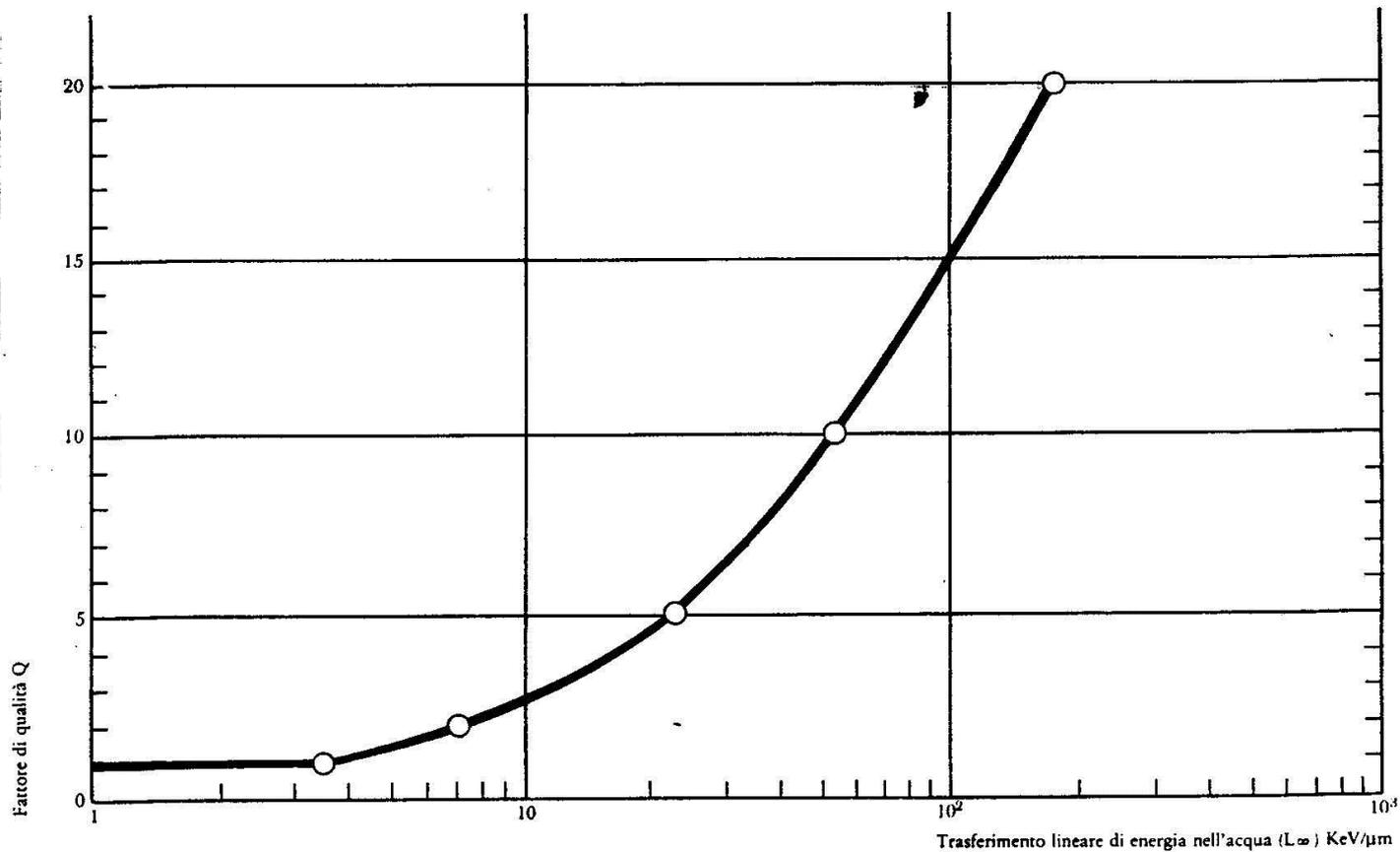
FATTORE DI PONDERAZIONE DELLE RADIAZIONI W_R

IL PRODOTTO DELLA DOSE ASSORBITA MEDIA D IN UN ORGANO O TESSUTO PER IL FATTORE DI PONDERAZIONE W_R PRENDE IL NOME DI

DOSE EQUIVALENTE H

$$**H = W_R \cdot D**$$

L'UNITÀ DI MISURA DELLA DOSE EQUIVALENTE È IL **SIEVERT (Sv).**



Radiazioni	Q
Radiazioni X, γ , β , elettroni e positroni	1
Neutroni di energia sconosciuta	10

A. Rapporto tra il fattore di qualità Q e il trasferimento lineare d'energia L_{∞}

L_{∞} nell'acqua (keV/ μ m)	Q (*)
3,5 o meno	1
7	2
23	5
53	10
175 o più	20

(*) I valori intermedi saranno ottenuti utilizzando la curva della figura 1.

FATTORI DI PONDERAZIONE DELLE RADIAZIONI

Radiazione

W_R

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

ESEMPIO

Sulla base degli esiti degli studi epidemiologici e di radiobiologia si è osservato che, a parità di dose assorbita, le particelle alfa con energia di alcuni MeV producono un danno biologico 20 volte maggiore dei raggi x o γ , cioè dei fotoni.

$$W_R \text{ (fotoni)} \dots\dots\dots = 1$$

$$W_R \text{ (particelle alfa)} = 20$$

Di conseguenza:

Per i fotoni:

ad una **dose assorbita** di 1 Gy corrisponde una **dose equivalente** di 1 Sv.

Per particelle alfa:

ad una **dose assorbita** di 1 Gy corrisponde una **dose equivalente** di 20 Sv.

DOSE EFFICACE

Per tenere conto della diversa radiosensibilità dei diversi organi e tessuti del corpo umano per gli effetti stocastici si introduce la dose efficace E.

La dose efficace è definita come somma delle dosi equivalenti medie H_T nei tessuti ed organi del corpo (causate da irradiazioni interne ed esterne) ciascuna moltiplicata per un fattore di peso W_T .

Essa 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.

Anche la dose efficace si esprime in Sievert.

DOSE EFFICACE

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

Poiché $\sum_T W_T = 1$, una dose equivalente distribuita uniformemente sul corpo dà una dose efficace numericamente eguale alla somma ponderata delle dosi equivalenti a ciascun organo.

N.B.

I fattori W_R dipendono solo dal tipo di radiazione e dalla sua energia e sono indipendenti dal tipo di tessuto o organo.

I fattori W_T dipendono solo dal tipo di organo o tessuto irradiato e non dipendono dal tipo di radiazione e dalla sua energia.

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

ESEMPIO

Sulla base degli studi epidemiologici e di radiobiologia si hanno i seguenti fattori di peso per gonadi e mammella:

gonadi.....: $W_T = 0.20$

mammella: $W_T = 0.05$

Di conseguenza, nell'irradiazione delle sole gonadi e della sola mammella, la dose efficace alle gonadi sarà, a parità di dose equivalente, 4 volte più elevata di quella alla mammella.

SORGENTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

(art. 10 bis - D.Lgs. 241/2000)

Sorgente naturale: sorgente di radiazioni ionizzanti di origine naturale, sia terrestre che cosmica

Sorgenti artificiali:

- **Macchina radiogena:** apparecchio generatore di radiazioni ionizzanti
- **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
- **Sorgente non sigillata:** qualsiasi sorgente che non corrisponde alle caratteristiche o ai requisiti della sorgente sigillata

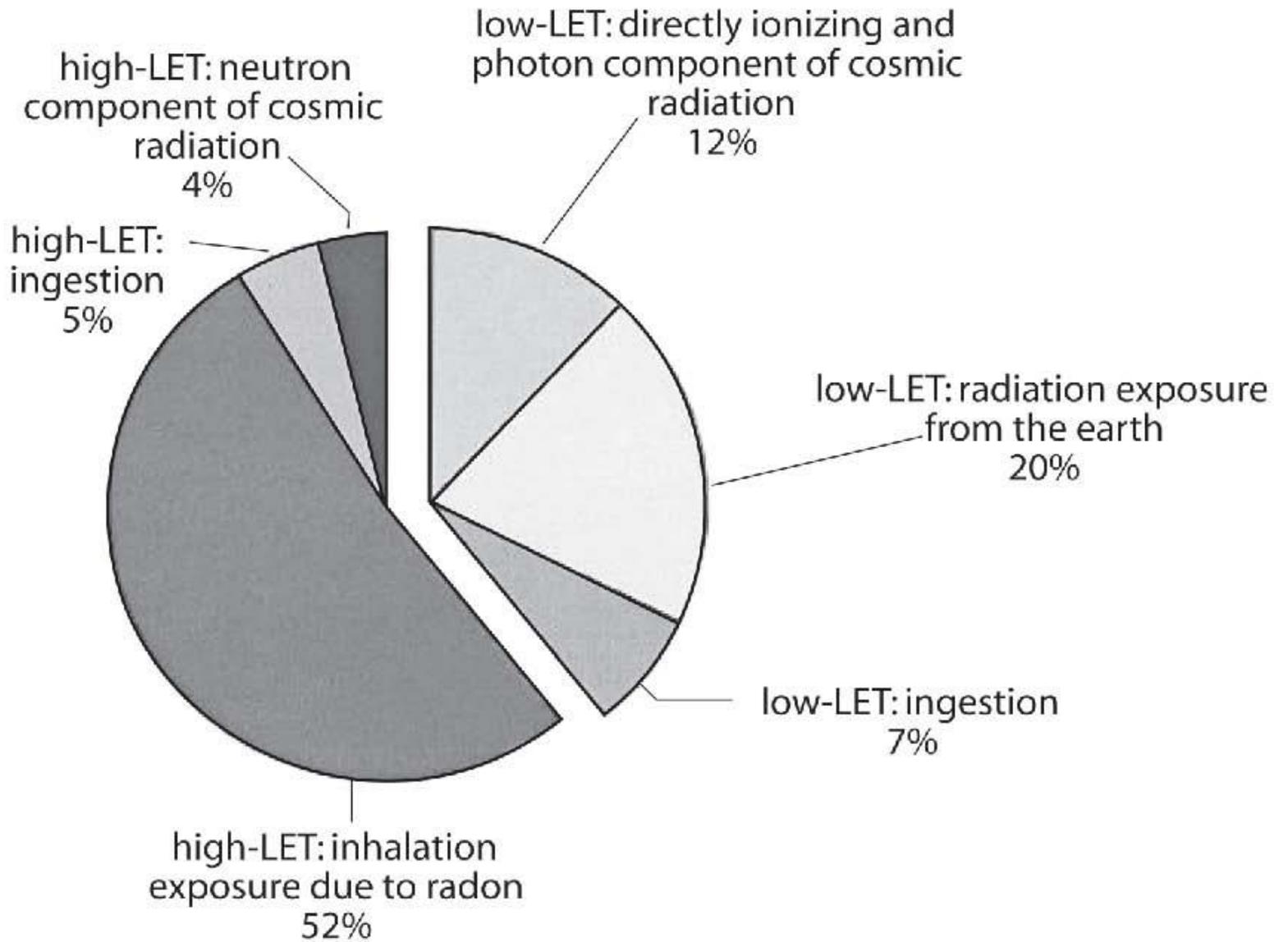
Sorgente	Dose annuale media (mSv)	Range dosi individuali (mSv)
Esposizione esterna terrestre	0.48	0.3 - 1.0
Raggi cosmici	0.39	0.3 – 1.0
Ingestione	0.29	0.2 – 1.0
Inalazione (radon)	1.26	0.2 – 10
Totale naturale	2.4	1 – 13
Procedure mediche	0.6	0 – varie decine
Test nucleari	0.005	0 – 0.11
Esposizione occupazionale	0.005	0 – 20
Ciclo del combustibile nucleare	0.0002	0 – 0.02
Incidente di Chernobyl	0.002	0 – 10/150
Totale artificiale	0.6	0 – varie decine

**EQUIVALENTE DI DOSE EFFICACE MEDIO ANNUO
DA SORGENTI NATURALI E ARTIFICIALI
NELLA POPOLAZIONE ITALIANA**

Sorgente	Equivalente di dose efficace medio annuo (mSv)
Fondo naturale	2.0
Fallout da esplosioni nucleari	0.005
Uso medico delle radiazioni	0.4
Energia nucleare	< 0.001
Occupazionale	0.01
Beni di consumo	0.01
Contributo dall'incidente di Chernobyl (^{131}I ~ 10^7 GBq al suolo)	1.7 (Italia Settentrionale) 0.7 (altre aree)
(^{137}Ce ~ $2 \cdot 10^6$ GBq al suolo)	1.2 (media Italia) (48% nel primo anno)
Tabacco (^{210}Po)	200 all'epitelio bronchiale

Table 26. Average age-weighted annual intakes of natural radionuclides and associated effective doses

Radionuclide	Ingestion		Inhalation	
	Intake (Bq)	Dose (μ Sv)	Intake (mBq)	Dose (μ Sv)
^{238}U	4.9	0.12	6.9	0.21
^{234}U	4.9	0.15	6.9	0.21
^{230}Th	2.5	0.18	3.5	0.18
^{226}Ra	19	3.8	3.5	0.01
^{210}Pb	32	32	3500	7.0
^{210}Po	55	11	350	0.35
^{232}Th	1.3	0.52	6.9	1.4
^{228}Ra	13	3.9	6.9	0.01
^{228}Th	1.3	0.09	6.9	0.69
^{235}U	0.21	0.01	0.4	0.01
Total		52		10



**Worldwide background radiation
2.4 mSv/year**

<http://www.taishitsu.or.jp/radiation/index-e.html>



**Guarapari Beach,
Brazil**

Radioactive beach
sands eroded from
surrounding
mountains.

800 mSv ·a⁻¹



NEVADA
THORIUM HOTEL

RECEPCAO 



Kerala Beach, India

Radioactive beach
sands eroded from
surrounding
mountains.
35 mSv ·a⁻¹



Ramsar, Iran
Hot springs
700 mSv ·a⁻¹



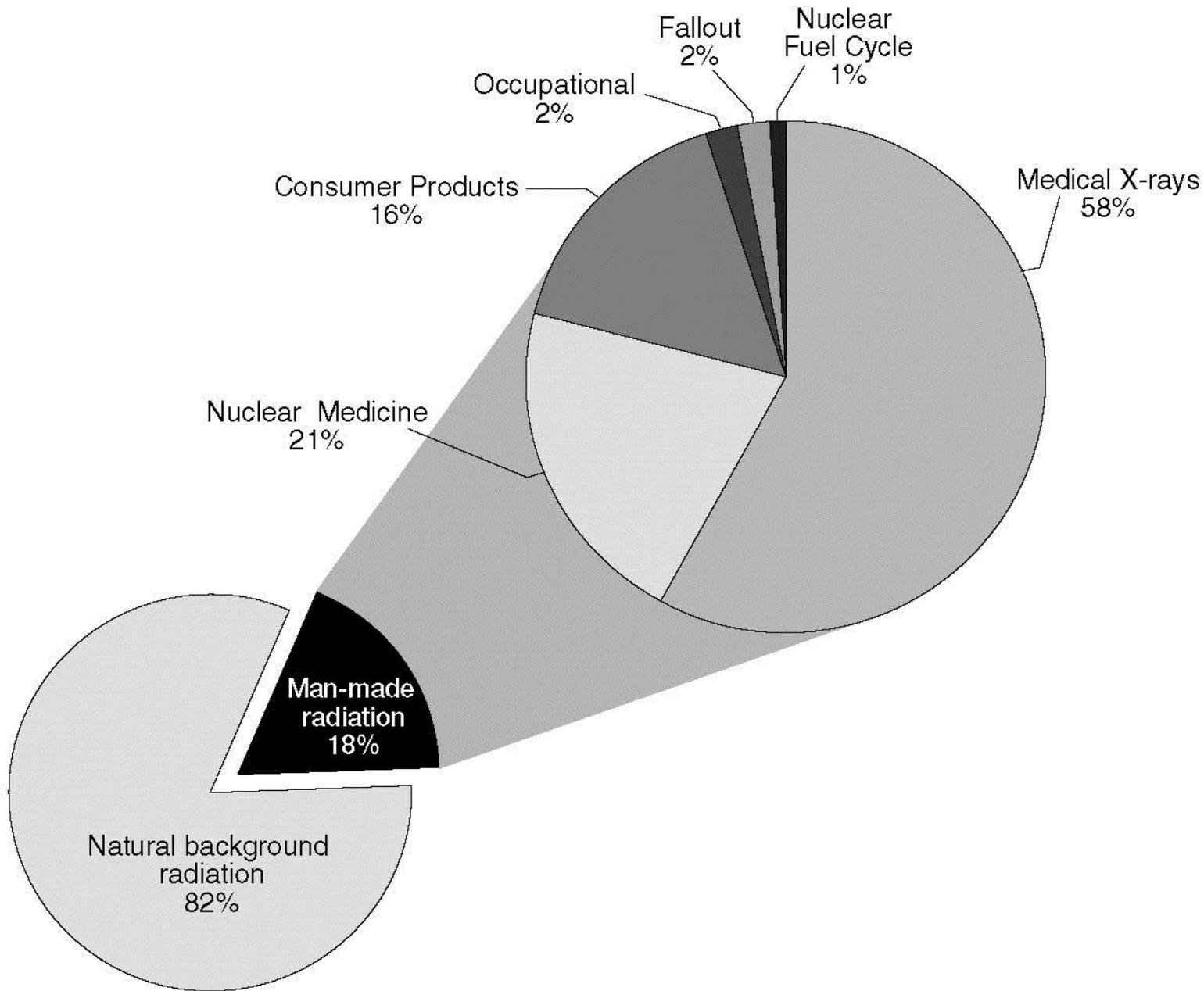
PRODUZIONE E IMPIEGHI DI SORGENTI ARTIFICIALI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

Macchine radiogene (radiazioni X):

- **Uso sanitario** (radiodiagnostica-terapia)
- **Uso industriale** (radiografia, radioscopia, cristallografia)
- **Produzione di radiazioni X** di energia molto elevata mediante betatroni e acceleratori lineari

Radionuclidi:

- **Produzione di radionuclidi** in reattori nucleari di potenza, di produzione o di ricerca
- **Sorgenti sigillate**
 - **Uso sanitario** (es. per terapia endocavitaria con ^{60}Co , ^{137}Ce , ^{192}Ir)
 - **Uso industriale** (gammagrafia ^{60}Co ^{192}Ir , misure di spessore e di densità, tubi a elettroni, rivelatori di incendi, sterilizzazione, radiografia neutronica)
- **Sorgenti non sigillate**
 - **Uso sanitario** (diagnostica in medicina nucleare, terapia metabolica, laboratori RIA)
 - **Uso industriale** (misure di flusso, portata e volume, localizzazione di perdite in oleo-gasdotti, produzione di composti luminescenti, analisi per attivazione, uso e manutenzione di reattori nucleari, raffinazione di radionuclidi, lavoratori delle miniere di uranio, stagno, ferro, piombo-zinco)



Effective doses in CT and radiographic examinations

CT examination	Effective dose (mSv)	Radiographic examination	Effective dose (mSv)
Head	2	Skull	0.07
Chest	8	Chest PA	0.02
Abdomen	10-20	Abdomen	1.0
Pelvis	10-20	Pelvis	0.7
		Ba swallow	1.5
		Ba enema	7

Typical doses in mGy during CT in adults (Shrimpton et al. 1991)

Examination	Eyes	Thyroid	Breast	Uterus	Ovaries	Testes
Head	50	1.9	0.03	*	*	*
Cervical spine	0.62	44	0.09	*	*	*
Thoracic spine	0.04	0.46	28	0.02	0.02	*
Chest	0.14	2.3	21	0.06	0.08	*
Abdomen	*	0.05	0.72	8.0	8.0	0.7
L. spine	*	0.01	0.13	2.4	2.7	0.06
Pelvis	*	*	0.03	26	23	1.7

Table 9. Approximate mean effective doses from diagnostic radiological procedures in highly developed countries

Procedure	Average effective dose (mSv) per examination	Average number of examinations per 1000 population per year
Chest radiograph	0.14	197
Lumbar spine radiograph	1.7	61
Abdominal radiograph	1.1	36
Urography	3.1	26
Gastrointestinal tract radiograph	5.6	72
Mammography	1.0	14
Radiograph of extremity	0.06	137
Computed tomography, head	0.8	44
Computed tomography, body	5.7	44
Angiography	6.8	7.1
Dental X-ray	0.07	350
Overall	1.05	988

Unità Operativa	No. soggetti	%
Radiodiagnostica	54	26.9
Ortopedia/Complesso operatorio	82	40.8
Medicina Nucleare	20	10.0
Fisica Sanitaria	16	8.0
Cardiologia (emodinamica/pacemaker)	17	8.5
Gastroenterologia	7	3.5
Neurochirurgia	2	1.0
Radioterapia	19	9.5
Bioingegneria	2	1.0
Totale	219	100

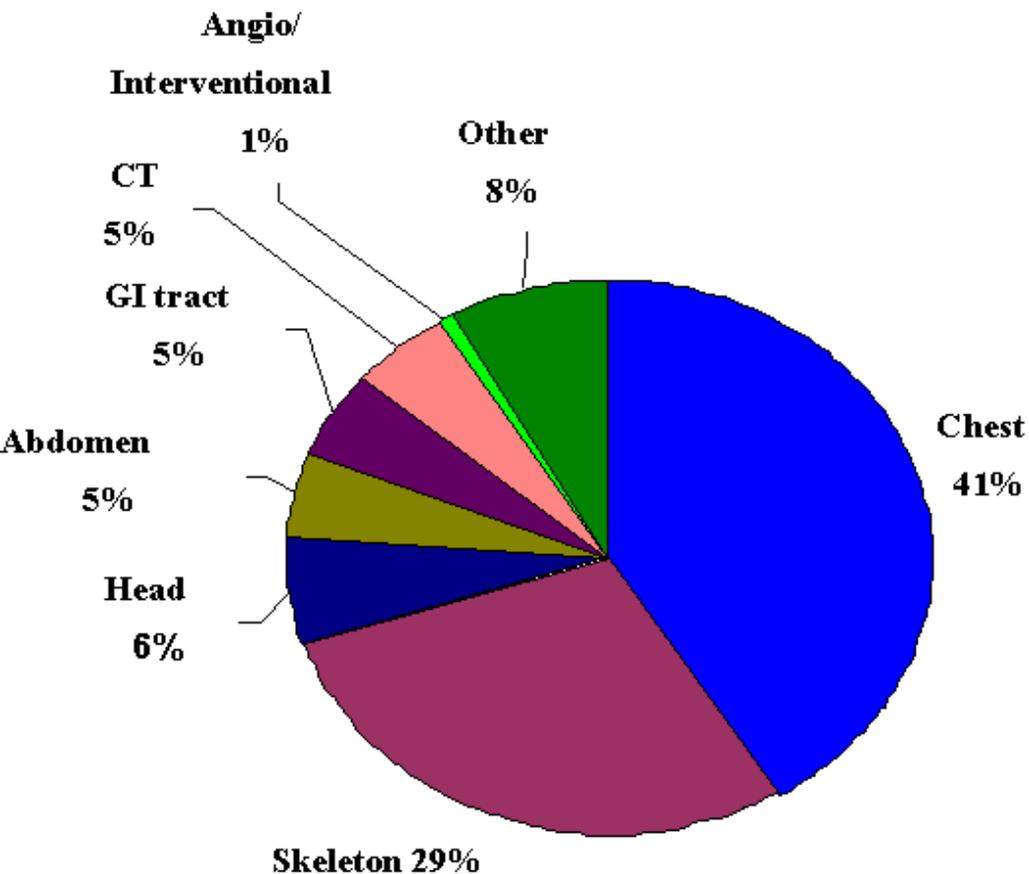
Dose (mSv)	No. soggetti (%)	Media/Mediana (mSv)	Range (mSv)
0	70 (36.6)	0/0	0-0
0.001-0.99	105 (32.0)	0.12/0.05	0.001-0.94
1-6	16 (8.4)	2.06/1.78	1.00-4.43

Valore medio di dose efficace per l'intera vita lavorativa: 23.3 mSv

Valore mediano: 15.2 mSv (range 0.02-353.78 mSv)

UNSCEAR 2000

(a) Contributions to frequency



(b) Contributions to collective dose

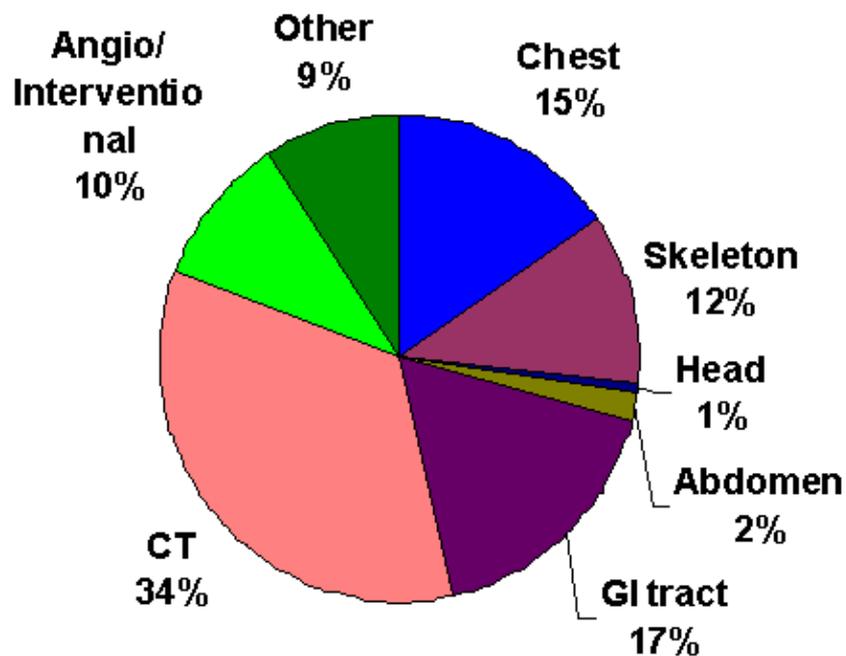


Tabella II – Fattori che influenzano la risposta biologica

A) Fisici:

- 1) TIPO ed ENERGIA delle radiazioni ionizzanti;**
- 2) Entità della DOSE ASSORBITA;**
- 3) DISTRIBUZIONE della dose assorbita nello SPAZIO e nel TEMPO.**

B) Biologici:

- 1) Caratteristiche intrinseche delle unità biologiche irradiate: suscettibilità di danno; numero di unità esposte al rischio; cinetica del sistema; attività metabolica: capacità di ricupero e di riparazione.**
- 2) Caratteristiche dell'ambiente biologico locale e generale: condizioni di nutrizione e di ossigenazione; vascolarizzazione; competitività biologica; meccanismi di controllo omeostatici; reattività immunitaria.**

Indirect Route

radiation

water

free radical

DAMAGE

DAMAGE

radiation

Direct Route

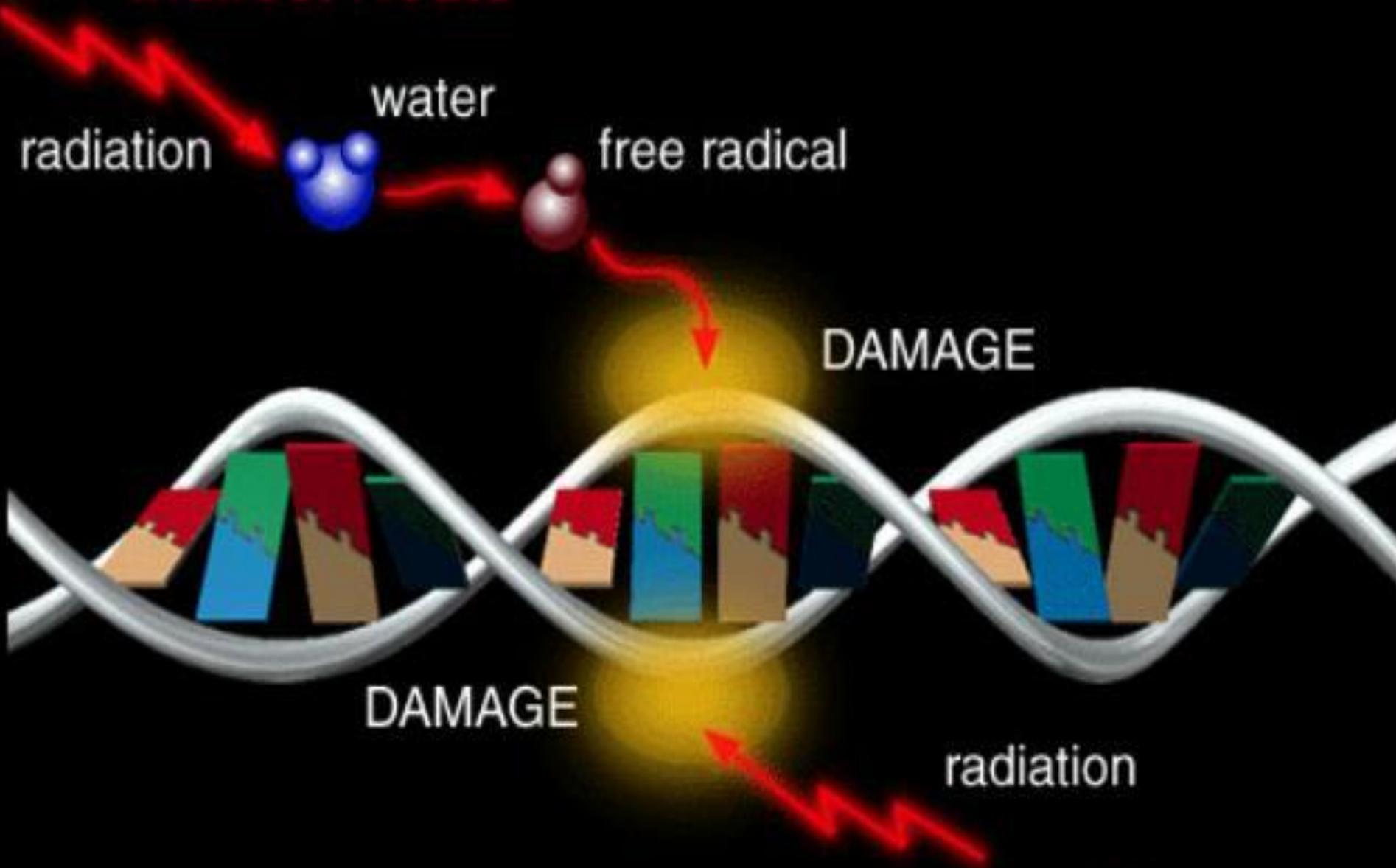
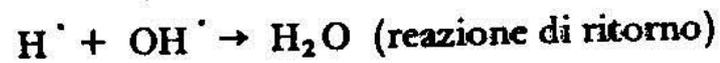
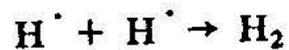


Tabella XVI - Radiolisi dell'acqua

Tempi di reazione	Reazioni fisico-chimiche
10^{-15} secondi	$h\nu + H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-$
10^{-13} secondi	$H_2O^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^\cdot$
10^{-10} secondi	$H_3O^+ + e^- \rightarrow H_2O + H^\cdot$



Tracks in chromatin fibre

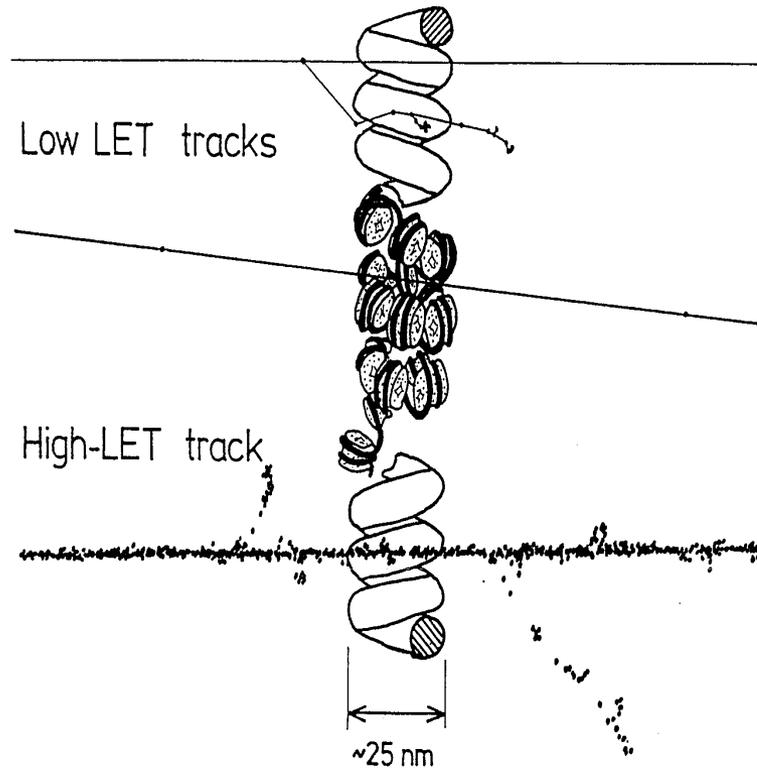
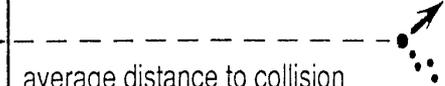
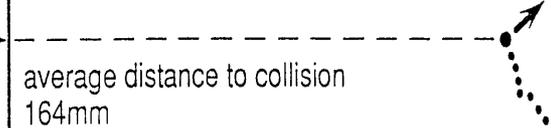


Fig. B-1. Diagram of high and low LET tracks passing through a section of chromatin (a mixture of DNA and protein).

TYPE OF RADIATION	SOURCE	RANGE IN TISSUE
Alpha	^{210}Po 5.3 MeV	→  range 0.037mm
Beta	^{14}C 0.154 MeV maximum energy	→  maximum range 0.29mm (typically less)
Beta	^{32}P 1.71 MeV maximum energy	→  maximum range 8mm (typically less)
Gamma	^{125}I 0.035 MeV	→  average distance to collision 33mm
Gamma	^{60}Co 1.33 MeV	→  average distance to collision 164mm

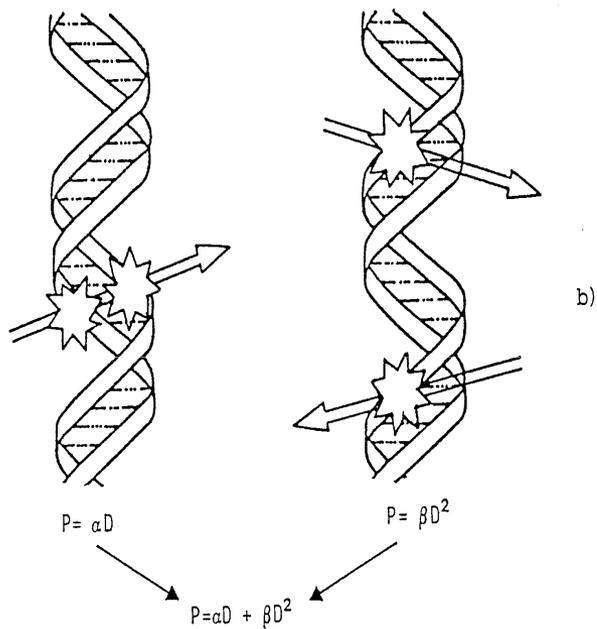
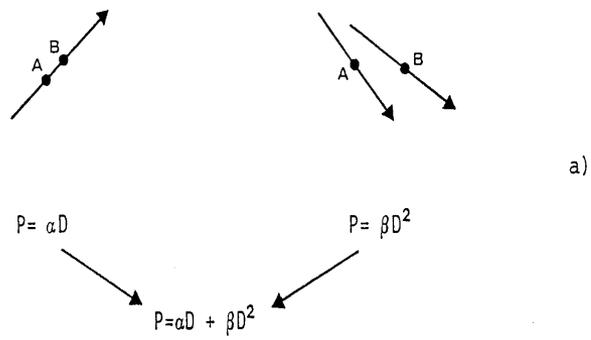
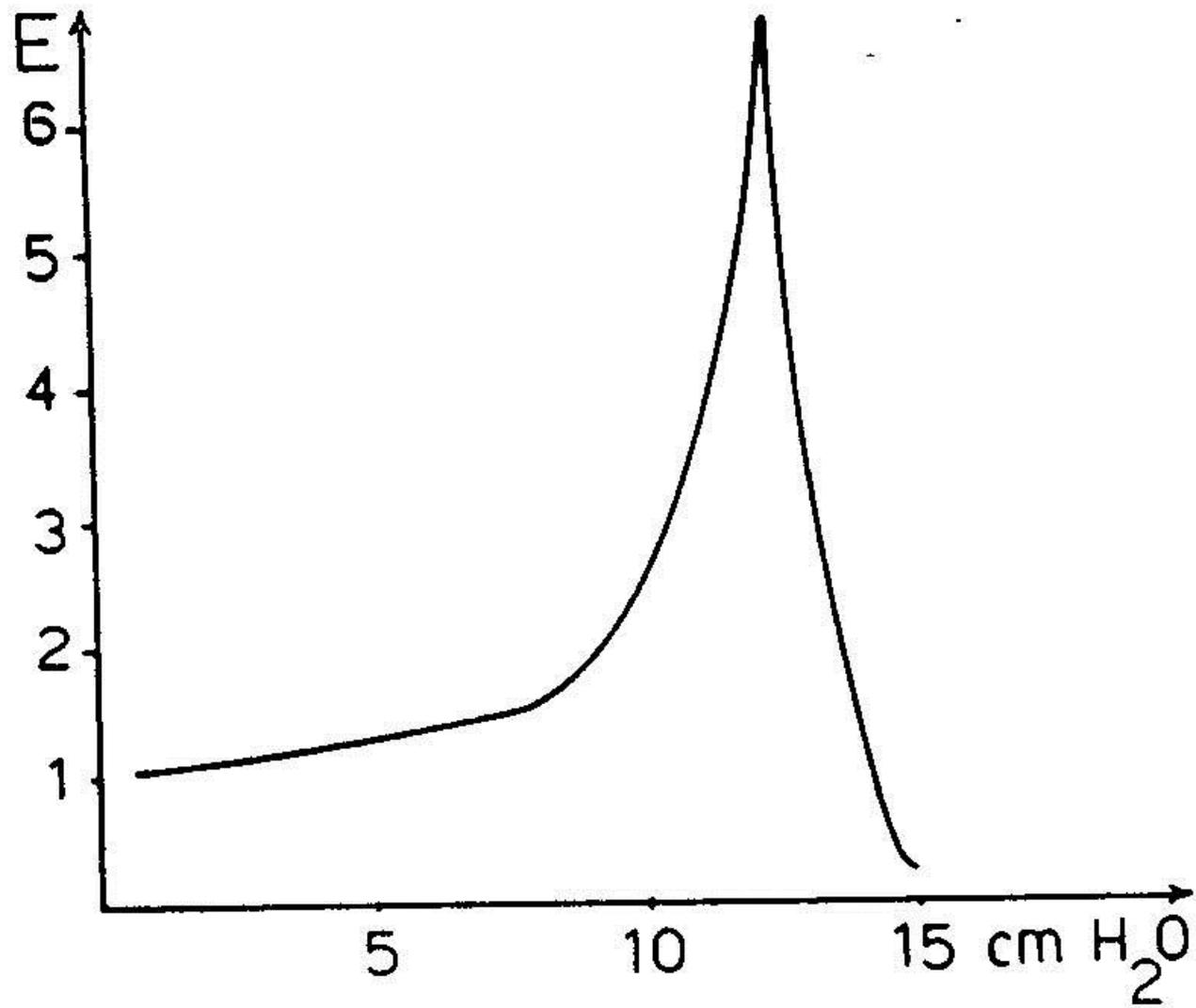
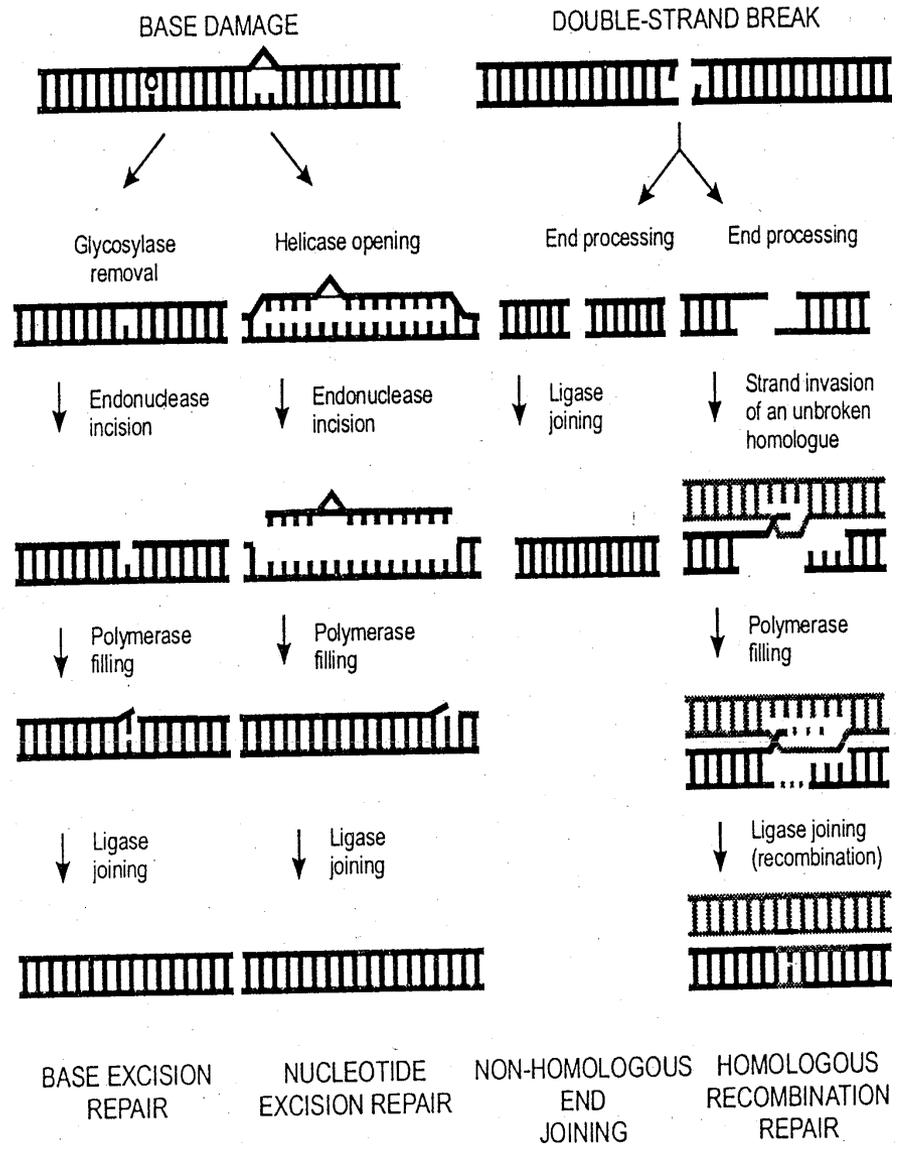
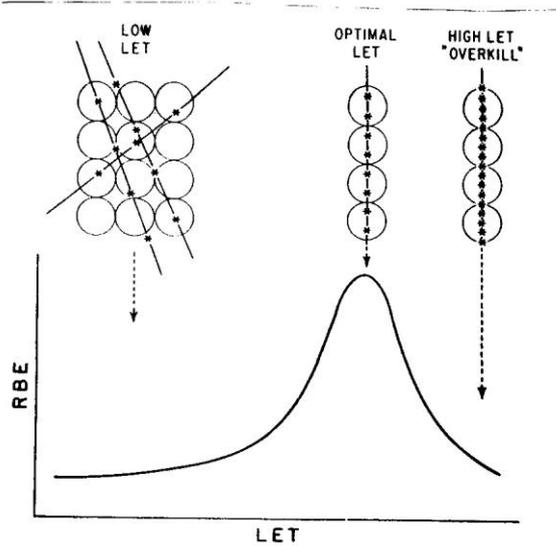
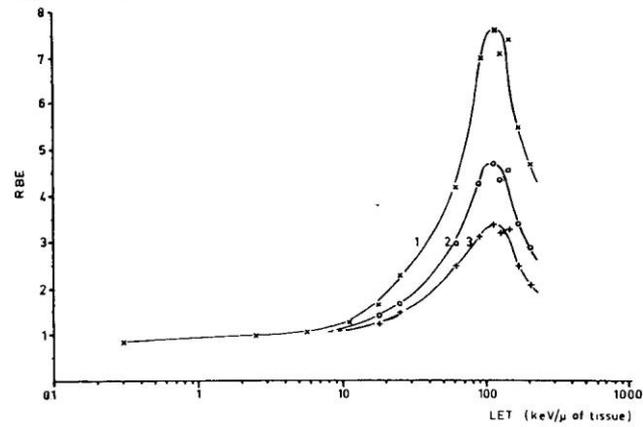
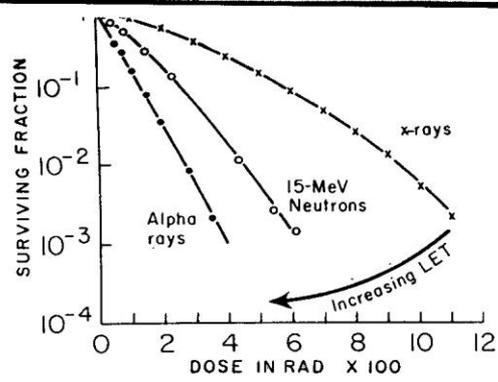


Fig. 3. - a) Produzione di due sottolesioni nella stessa traccia o in due tracce distinte, secondo la teoria della "dual action"; b) produzione delle lesioni critiche (doppie rotture nella molecola di DNA) secondo la teoria "molecolare".







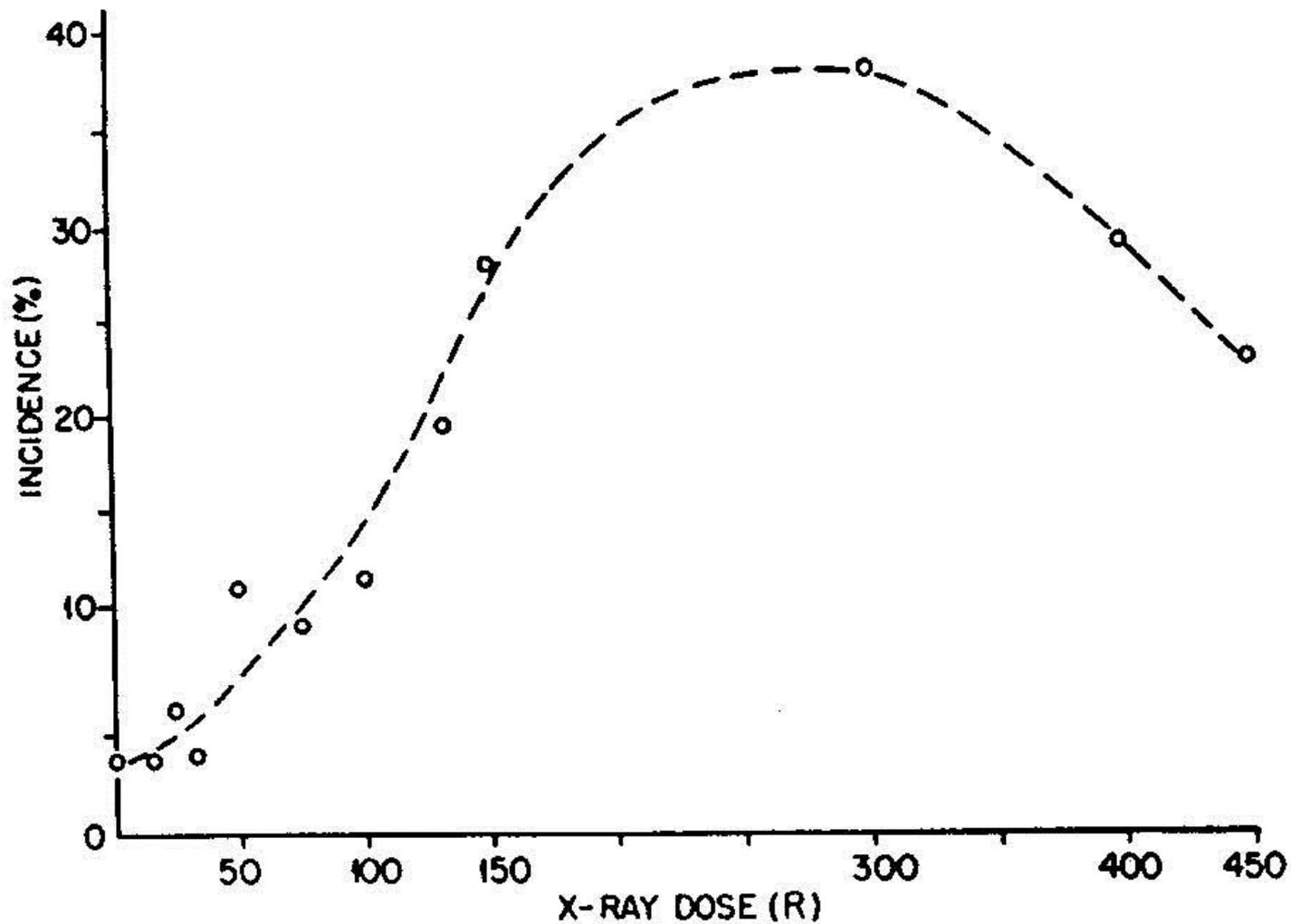


FIG. 18-2. Incidence of myeloid leukemia in RF male mice exposed to whole-body x-irradiation. (From Upton AC: *Cancer Res* 21:717-729, 1961)

TABLE 10-1. Categories of Mammalian-Cell Sensitivity

Cell type	Properties	Examples	Sensitivity*
I Vegetative intermitotic cells	Divide regularly; no differentiation	Erythroblasts Intestinal crypt cells Germinal cells of epidermis	High
II Differentiating intermitotic cells	Divide regularly; some differentiation between divisions	Myelocytes	
III Reverting postmitotic cells	Do not divide regularly; variably differentiated	Liver	
IV Fixed postmitotic cells	Do not divide; highly differentiated	Nerve cells Muscle cells	Low

*Sensitivity determined from studies of cell survival after irradiation.

EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI

Effetti molecolari (acidi nucleici):

- singola e doppia rottura della catena principale del DNA
- formazione di ponti intramolecolari (inibizione della duplicazione)
- modificazione strutturale delle basi puriniche e pirimidiniche (**mutazioni**)

Effetti cellulari:

Alterazioni morfologiche:

- nucleari (vacuolizzazione, picnosi, carioressi, cariolisi, **aberrazioni cromosomiche**)
- citoplasmatiche (vacuolizzazione, lesioni organuli, alterazioni delle membrane)

Alterazioni funzionali:

- danni alle funzioni di motilità (ciglia), inibizione dell'accrescimento, accorciamento della vita media della popolazione cellulare, blocco mitotico parziale o totale, apoptosi

RISCHIO MUTAGENO

- Dose di radiazioni richiesta per raddoppiare la frequenza delle mutazioni "naturali": >1 Sievert
- Meno del 1% delle malattie geneticamente determinate sono dovute al fondo naturale delle radiazioni ionizzanti

ANOMALIE CROMOSOMICHE

- **Rotture cromosomiche o cromatidiche** ("singolo colpo")
- **Aberrazioni cromosomiche** ("doppia rottura")

Stabili:

- traslocazioni, inversioni, inter-intrascambi

Instabili:

- anelli centrici e acentrici, aberrazioni dicentriche e multicentriche

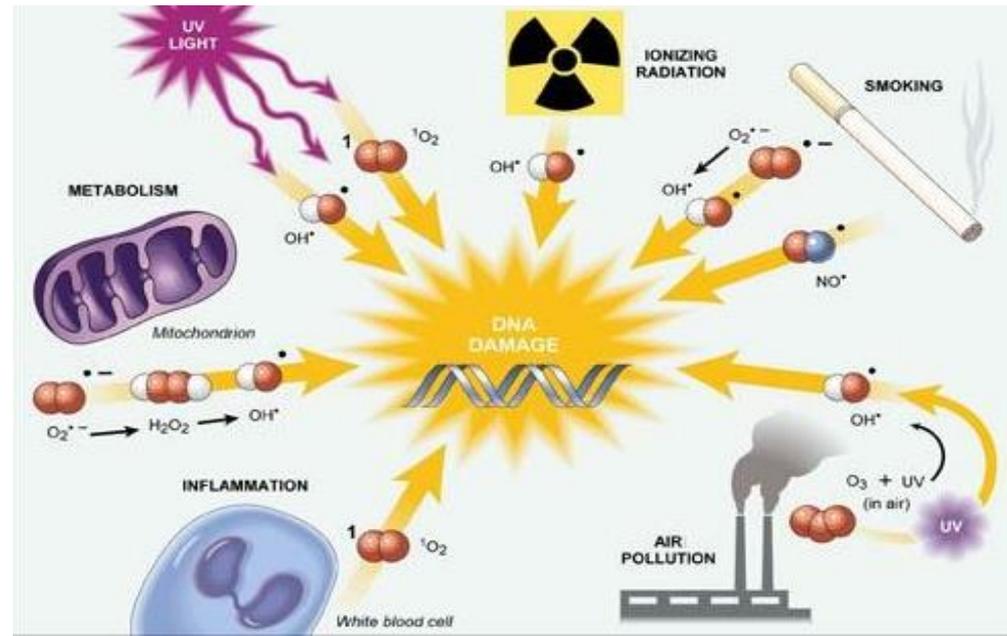
In linfociti umani irradiati in vitro con dosi < 1 Sievert, la frequenza di aberrazioni cromosomiche è approssimativamente di 0.1/cellula/Sv

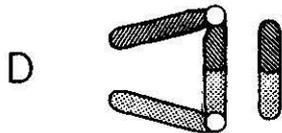
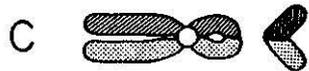
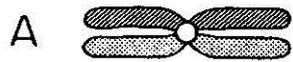
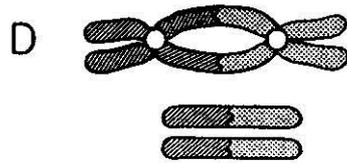
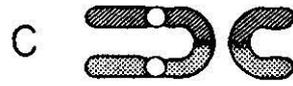
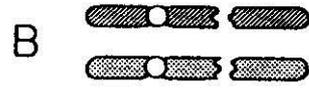
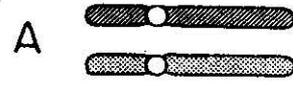
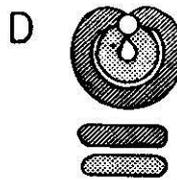
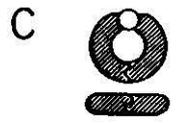
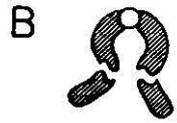
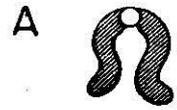
ALTERAZIONI DEL DNA e DEI GENI

- **Rottura o distorsione della elica di DNA**
- **Delezione o sostituzione di basi:**
 - deaminazione di citosina → uracile → appaiamento con adenina
 - deaminazione di adenina → ipoxantina → appaiamento con citosina
 - stati tautomerici delle basi puriniche e pirimidiniche del DNA
- **Rimozione ed eliminazione di complessi desossiribosio-fosfato**

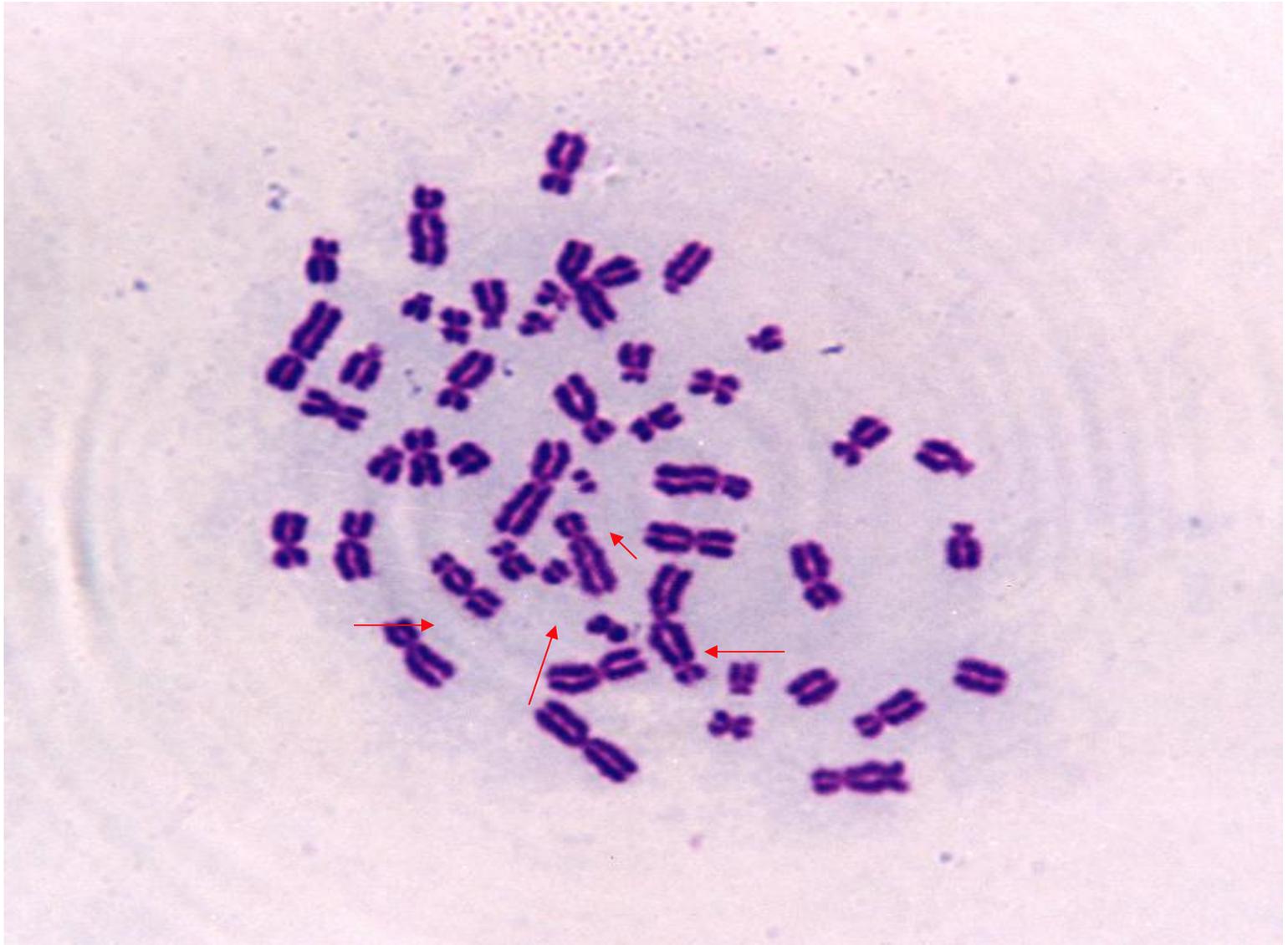
Classification of chromosomal aberrations

- Chromosome-type aberrations are induced when cells are exposed in G0-G1 phase
- Chromatid-type aberrations are induced when cells are exposed in S-G2 phase
- Interchanges and intrachanges
- Symmetrical and asymmetrical
- Simple and complex-type
- Complete or incomplete forms

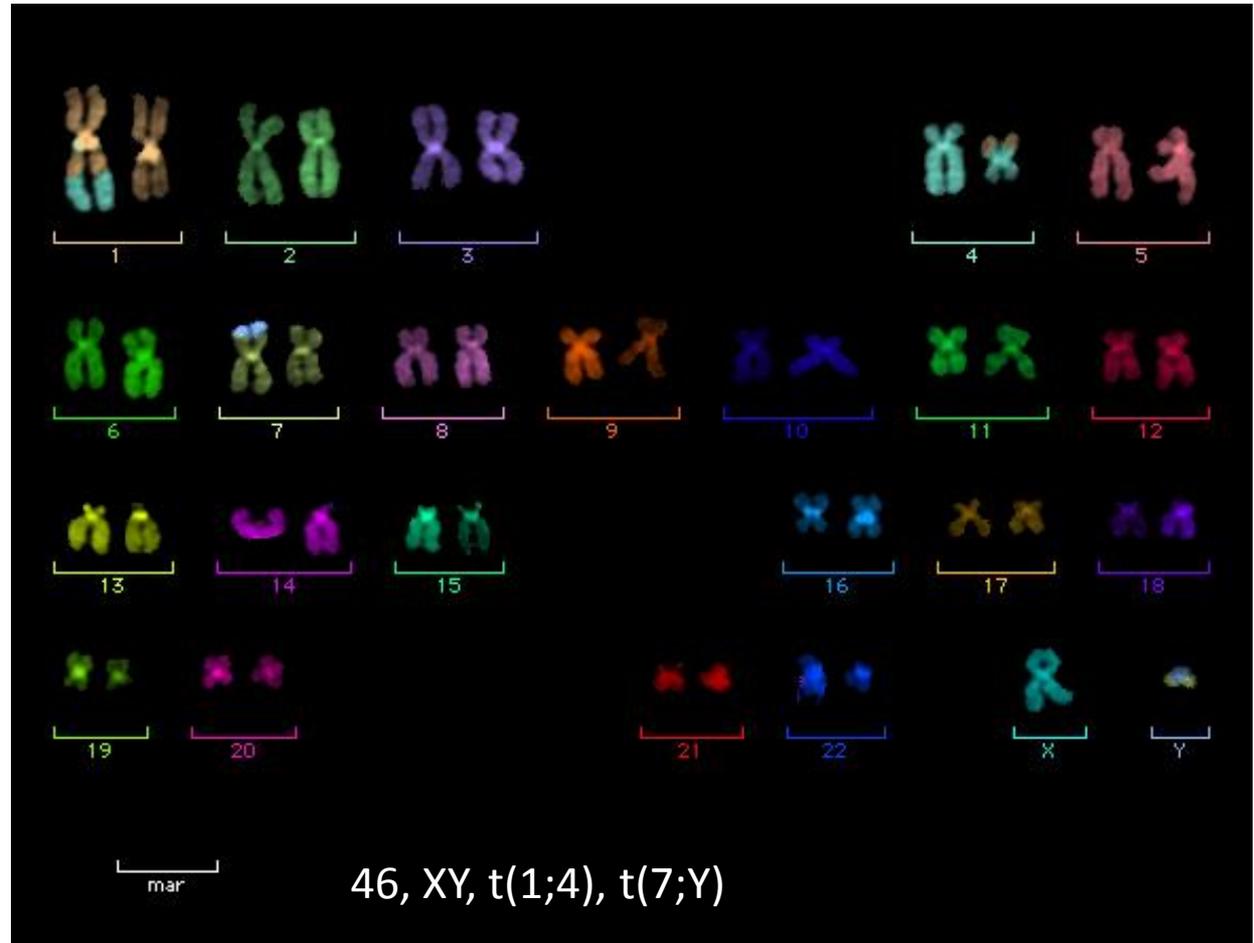
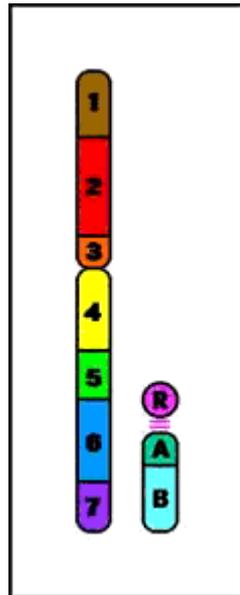
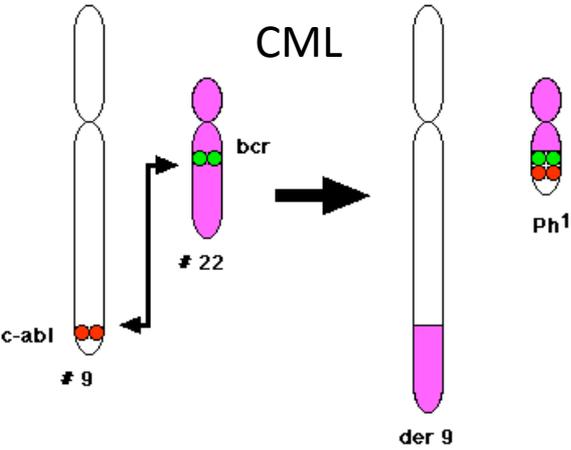


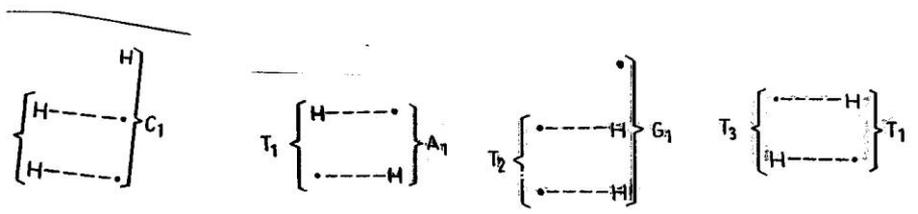
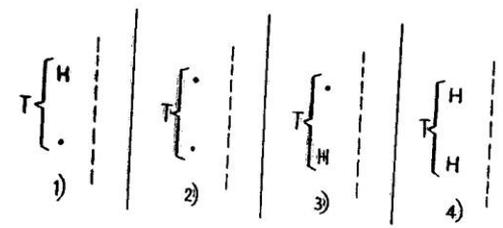
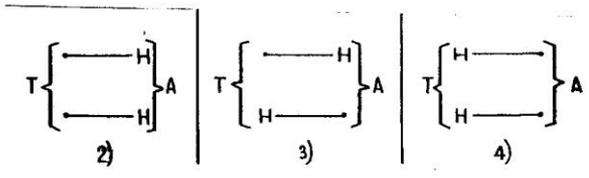
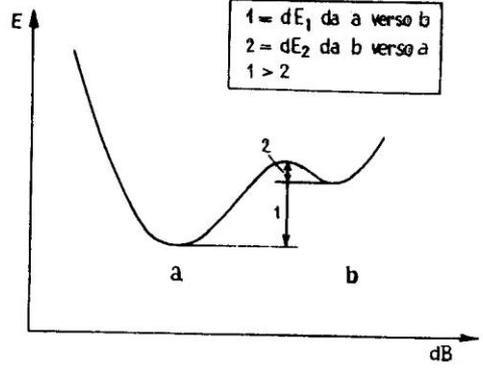
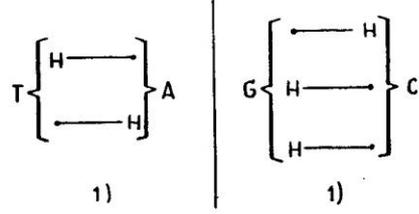


PIASTRA METAFASICA: dicentrici (colorazione con Giemsa)



Translocations (symmetrical interchange)





Effetti delle R.I.

- Effetti deterministici
- Effetti stocastici

Effetti deterministici

La gravità dell'effetto è proporzionale alla dose ricevuta, al di sopra di una determinata soglia:

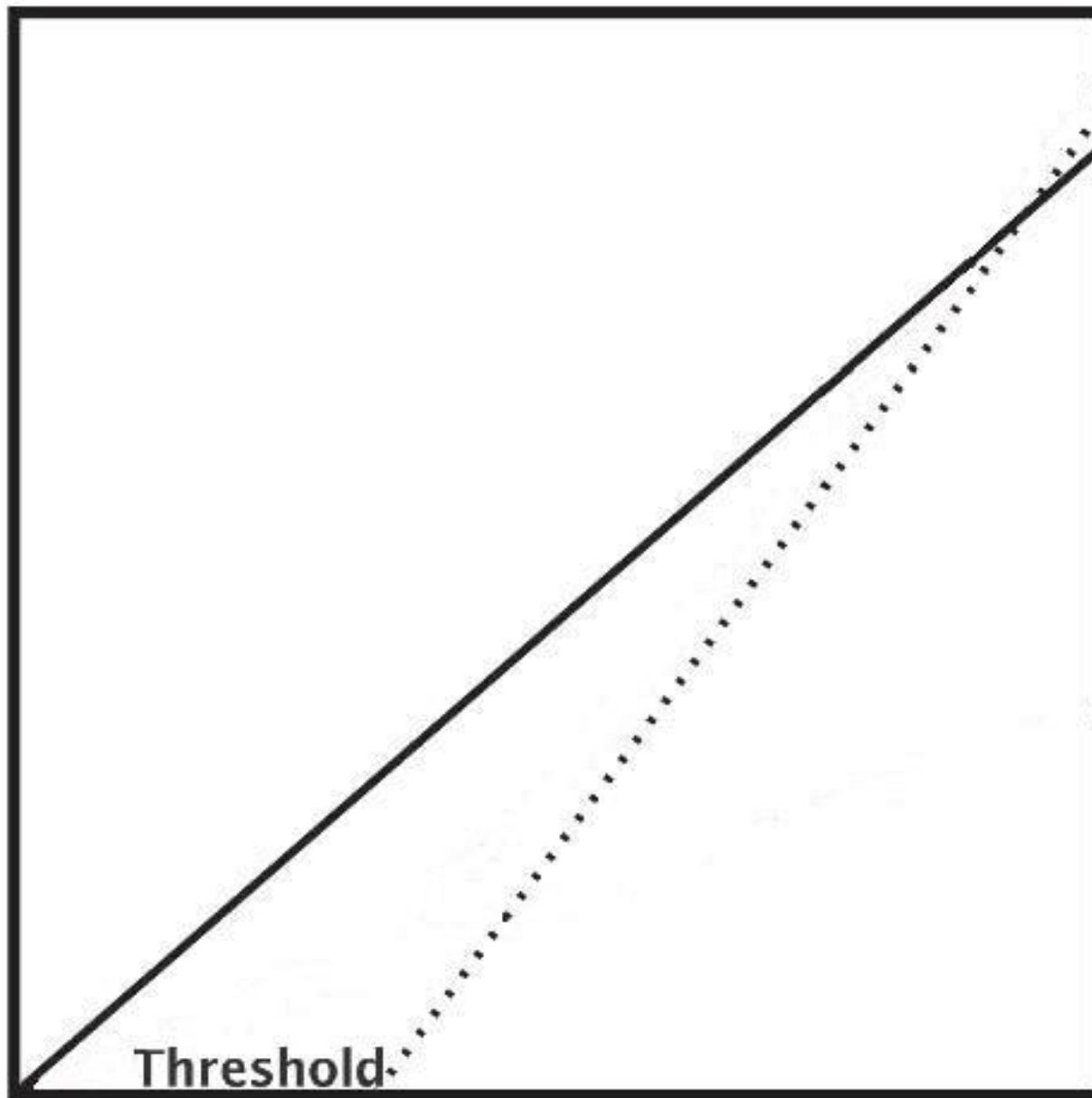
- Sindrome acuta da R.I. (SAR)
- Cataratta
- Radiodermiti
- Infertilità

Effetti stocastici

La probabilità di occorrenza dell'effetto è una funzione lineare della dose senza soglia:

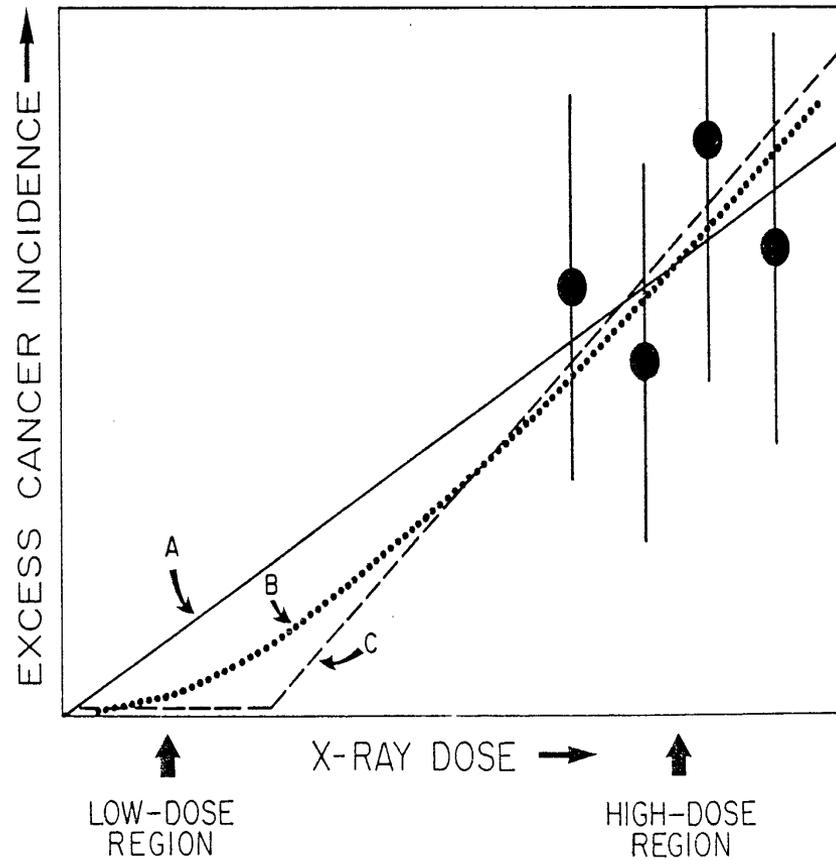
- Cancerogenesi (tumori solidi, leucemie)
- Mutagenesi (mutazioni, aberrazioni cromosomi)
- Teratogenesi (malformazioni fetali)

Radiation-related cancer risk



Threshold

Dose



Effetti delle radiazioni ionizzanti

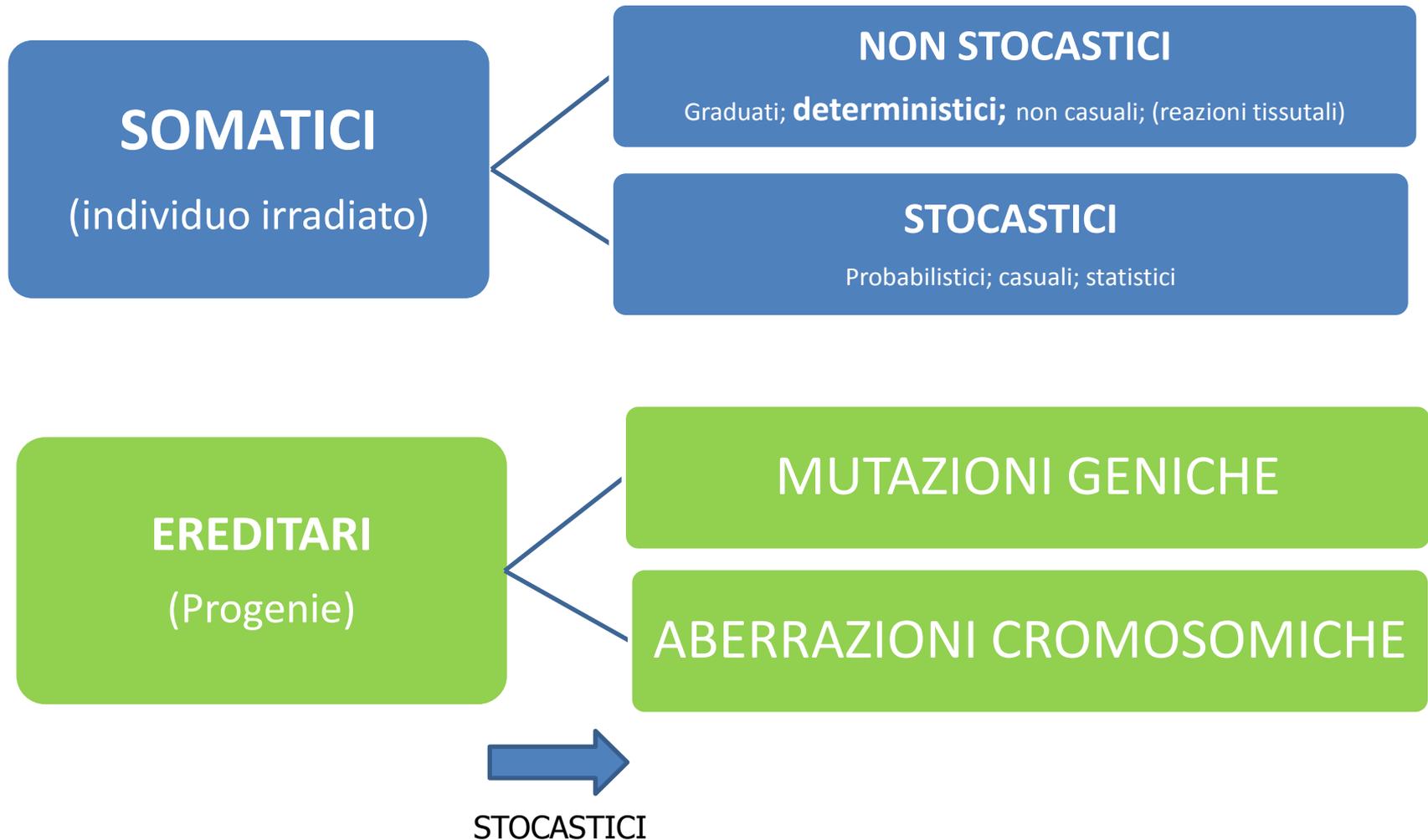
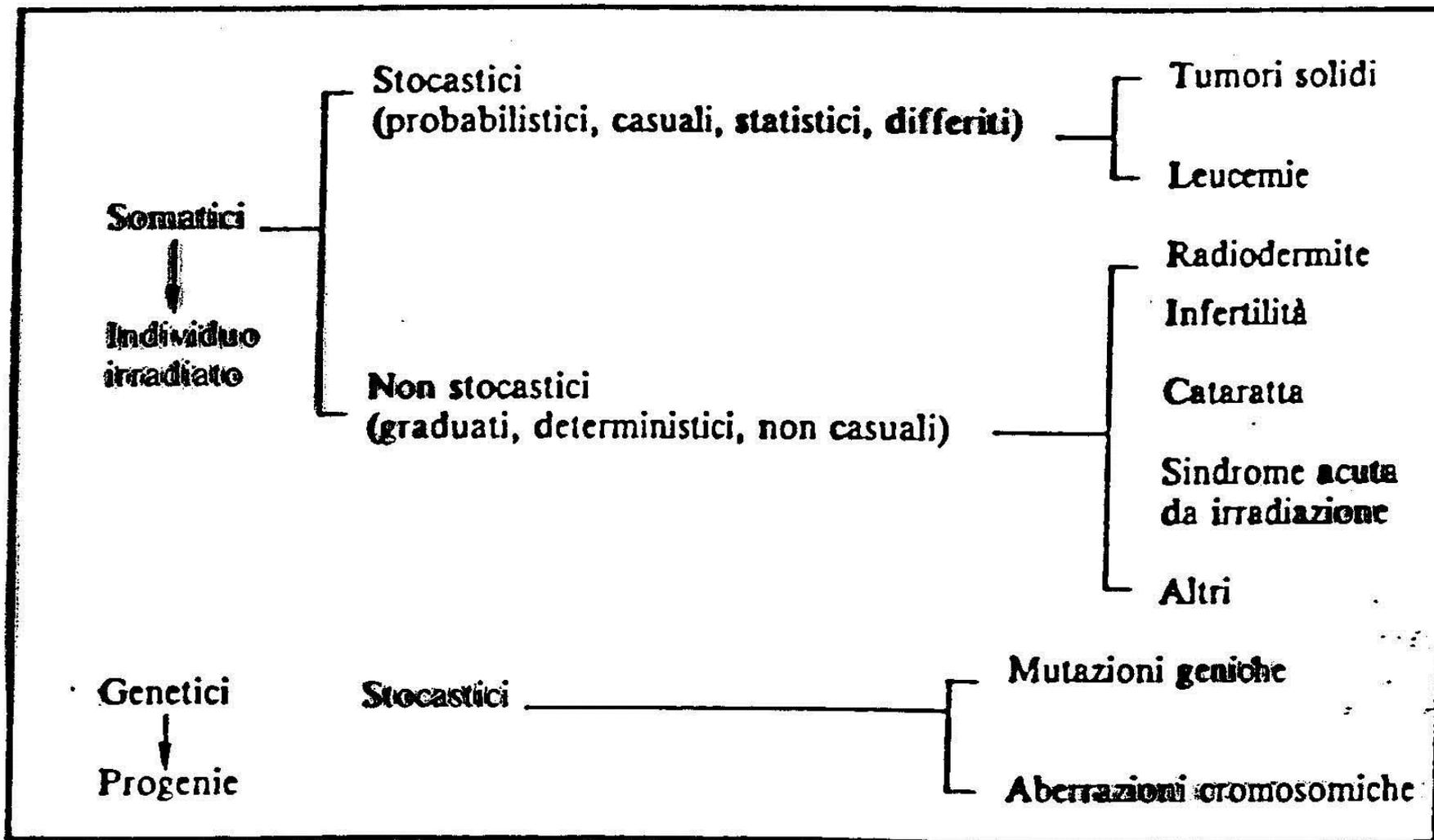
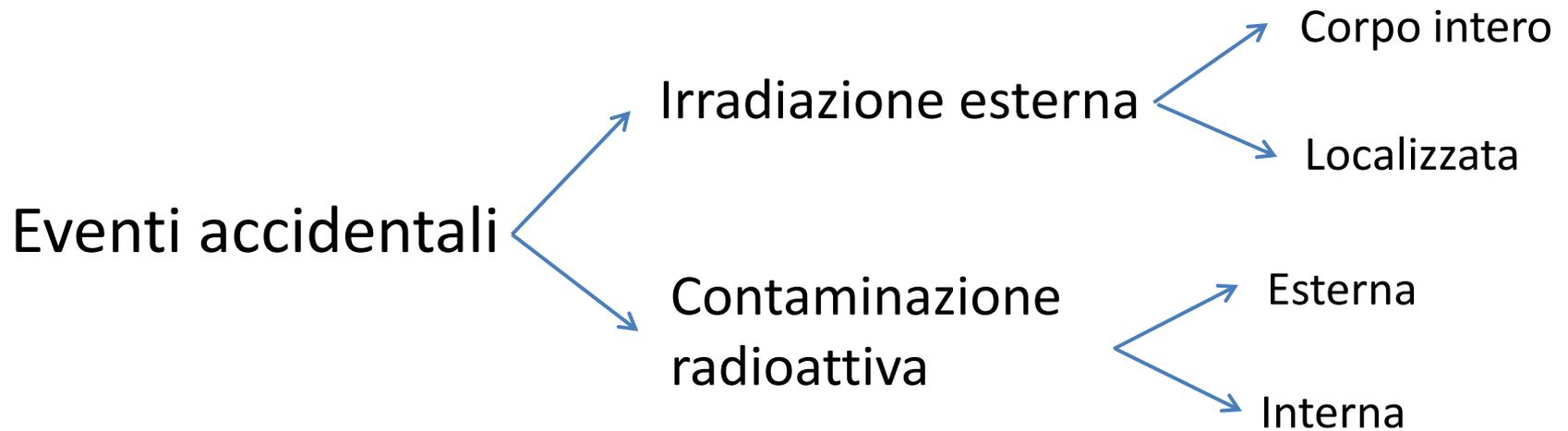


Tabella 1 - Effetti delle radiazioni ionizzanti (22)



Cause degli effetti deterministici



PRINCIPALI TIPI DI INCIDENTI DA RADIAZIONI: GRUPPI DI PERSONE COINVOLTE (CLASSIFICAZIONE SECONDO IAEA/WHO,2002)

- ***Incidenti sul lavoro - Lavoratori***
 - radiografia industriale
 - irradiatorii (sorgenti sigillate o acceleratori)
- ***Incidenti dovuti alla perdita di controllo della sorgente – Esposizione del Pubblico***
 - radioterapia
 - sorgenti orfane
- ***Incidenti in applicazioni mediche - Pazienti***
 - errori nella somministrazione di radiofarmaci
 - errori nel calcolo della dose radioterapica

SITI DI ACCADIMENTO DEGLI INCIDENTI DA RADIAZIONI (CLASSIFICAZIONE SECONDO IAEA/WHO, 2002)

- Impianti di irradiazione industriali
- Test di materiali: sorgenti sigillate
- Test di materiali: dispositivi a raggi X
- Macchine per radioterapia e raggi X (medicina, ricerca)
- Impianti per la produzione di radioisotopi
- Radionuclidi non sigillati (medicina, ricerca)
- Reattori nucleari
- Trasporto
- Altro

STATISTICA PER TIPOLOGIA D'INCIDENTE

(R.Johnston,aggiornamento 8 aprile 2005)

Tipologia di evento	Incidenti	Morti	Radiolesi
Uso bellico	2	195,000	130,000
Test nucleari	1	1	93
Atti criminali	5	4	1
Incidenti con Reattori di Potenza	1	41	438
Incidenti con Reattori di Ricerca	4	6	9
Incidenti con Reattori Navali	3	18	80
Incidenti di Criticità (non reattori)	19	15	27
Sorgenti orfane	28	37	112
Incidenti con Irradiatori	31	8	39
Incidenti in Radioterapia	27	54	223
Contaminazioni occupazionali	9	13	108
Totale (escluso uso bellico)	128	197	1,130



Uso intenzionale

Litvinenko



Litvinenko prima e dopo la
radiocontaminazione con Polonio-210
Novembre 2006

Examples of Radioactive Materials

<u>Radionuclide</u>	<u>Physical Half-Life</u>	<u>Activity</u>	<u>Use</u>
Cesium-137*	30 yrs	1.5x10 ⁶ Ci	Food Irradiator
Cobalt-60	5 yrs	15,000 Ci	Cancer Therapy
Plutonium-239	24,000 yrs	600 Ci	Nuclear Weapon
Iridium-192	74 days	100 Ci	Industrial Radiography
Hydrogen-3	12 yrs	12 Ci	Exit Signs
Strontium-90	29 yrs	0.1 Ci	Eye Therapy Device
Iodine-131	8 days	0.015 Ci	Nuclear Medicine
Technetium-99m	6 hrs	0.025 Ci	Diagnostic Imaging
Americium-241	432 yrs	0.000005 Ci	Smoke Detectors
Radon-222	4 days	1 pCi/l	Environmental Level

* Potential use in radiological dispersion device



**Blast
& Shock**

**Thermal
Radiation**



**NUCLEAR
WEAPONS EFFECTS**



**Initial Nuclear
Radiation**

**Residual Nuclear
Radiation**

Blast

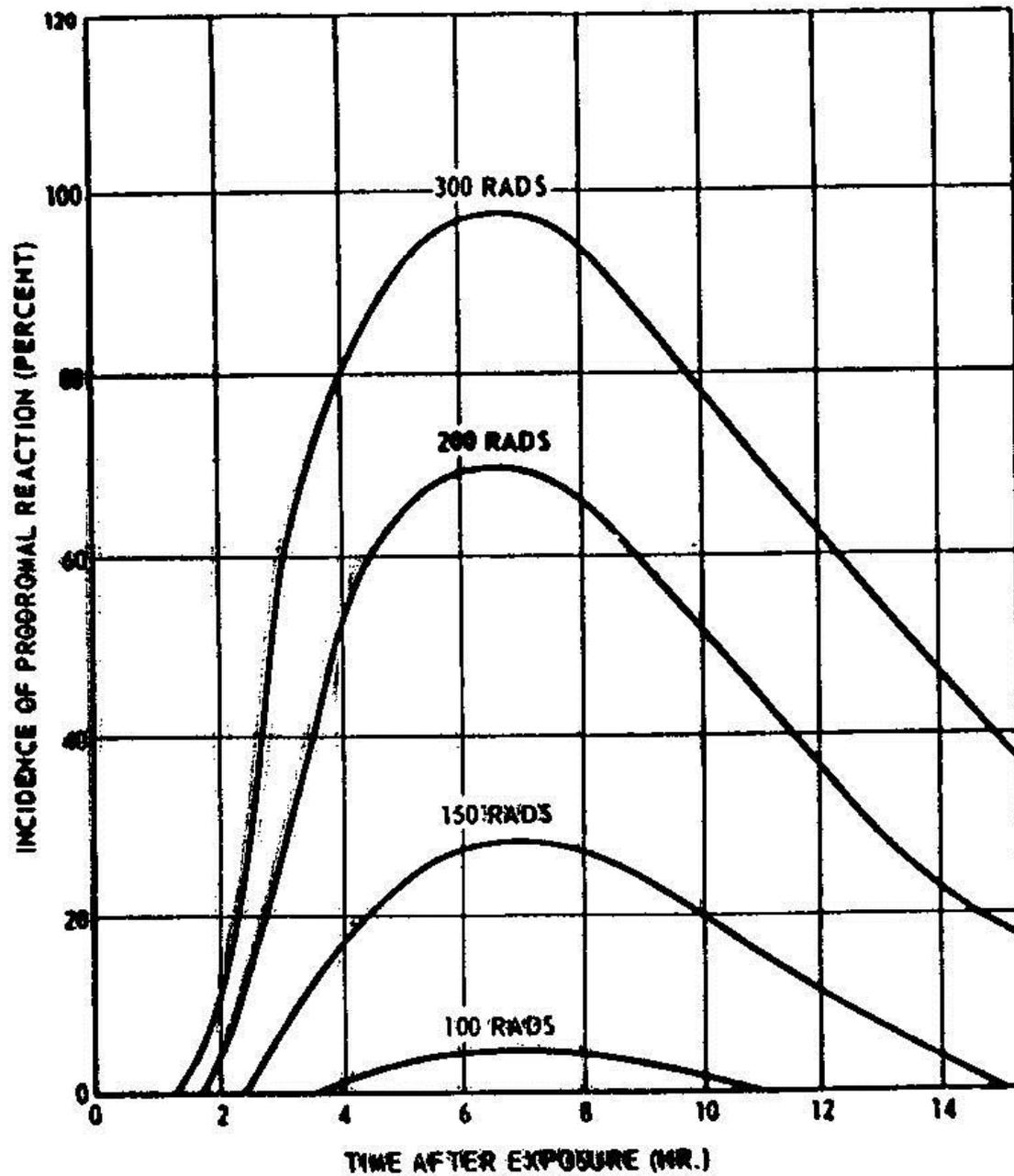
The Wave Travels at Supersonic Speed, Killing People & Destroying Buildings in its Path.

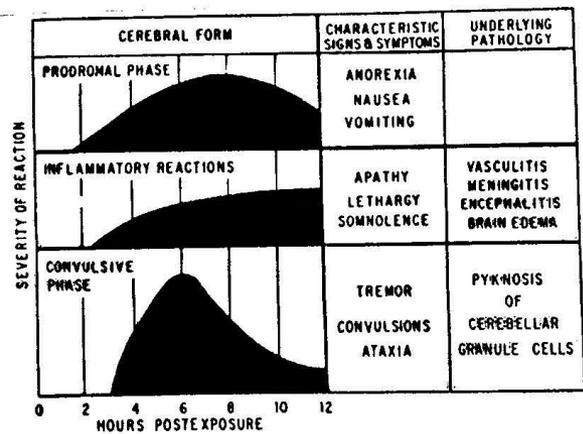
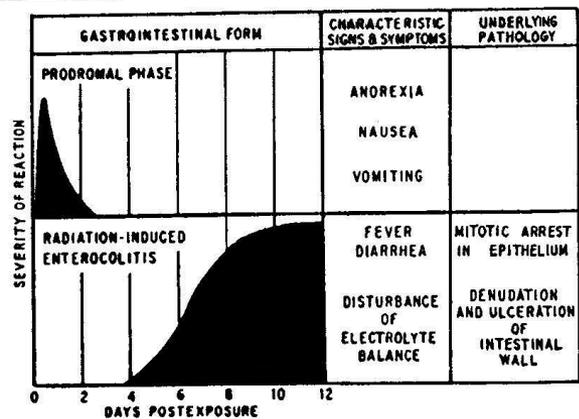
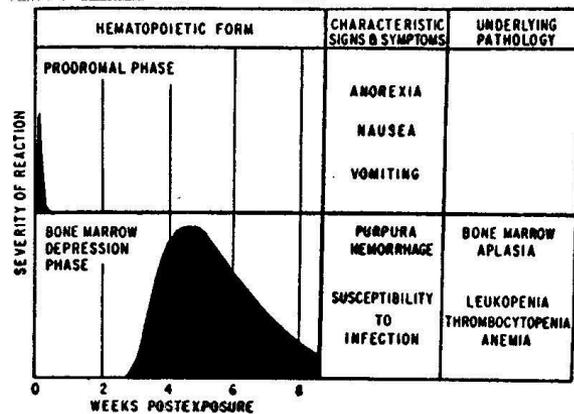


Thermal Heat Wave

A one-second “heat flash” travels at the speed of light: vaporizing, melting, starting fires at a distance.







Sindrome acuta da R.I. (SAR)

Forme	Dose	Prognosi
Forma ematologica	0.25 Gy	Sopravvivenza virtualmente certa
	1 Gy	Soglia della sindrome ematologica
	2 Gy	Sopravvivenza probabile
	2.5 - 5 Gy	Sopravvivenza possibile (4.5 Gy DL _{50%})
	> 6 Gy	Sopravvivenza virtualmente impossibile
Forma gastroenterica	6 - 7 Gy	Sopravvivenza impossibile (DL _{100%})
Forma neurologica	> 10 Gy	Sopravvivenza impossibile (DL _{100%})

Apparato respiratorio

- LD₅₀ per polmonite fatale radioindotta: 8-10 Gray di radiazione gamma per singola esposizione di breve durata
- Chernobyl: 7 casi in vigili del fuoco entro 3-30 giorni dall'esposizione, con edema interstiziale, polmonite, insufficienza respiratoria
- Fibrosi interstiziale e cuore polmonare cronico in Pz. Trattati con radioterapia

Table 2. Summary of biological effects of radiation exposure

Expected Dose	Biological effects	Likely Outcome of Epidemiological Follow-Up
<p>Very low dose: About 10 mSv (effective dose) or less</p>	<p>No acute effects; extremely small cancer risk.</p>	<p>Effects likely not to be detected, even if large populations are involved.</p>
<p>Low dose: Towards 100 mSv (effective dose)</p>	<p>No acute effects, subsequent cancer risk of about 0.5%.</p>	<p>Possible results if exposed population is large (greater than about 100,000 people).</p>
<p>Moderate dose: Towards 1000 mSv (acute whole body dose)</p>	<p>Nausea, vomiting possible, mild bone marrow depression; subsequent cancer risk of about 10%.</p>	<p>Results likely for populations more than a few 100 people.</p>
<p>High dose: Above 1000 mSv (acute whole body dose)</p>	<p>Certain nausea, likely bone marrow syndrome; subsequent cancer risk of about 10% per 1000 mSv.</p>	<p>50% lethality at about 4000 mSv of acute whole body dose without medical treatment.</p>

Table 4: Recommended Averted Doses For Undertaking Countermeasures

Countermeasure	Avertable dose (for which the countermeasure is generically optimized)
Sheltering	~10 mSv in 2 days (of effective dose)
Temporary evacuation	~100 mSv in 2 week (of effective dose)
Iodine prophylaxis	~100 mSv (of equivalent dose to the thyroid)
Relocation	~1000 mSv lifetime or ~100 mSv first year (of effective dose)

Casi di sovraesposizione accidentale trattati all'Istituto Curie di Parigi (1951 – 1998)

Radiolesione	Industria	Ricerca	Sanità (lavoratori)	Sanità (terapia)	Popolazione generale
Irradiazione localizzata	76	52	26	70	-
Irradiazione al corpo intero	67	18	17	-	-
Irradiazione locale+corpo int.	23	5	6	-	8
Contaminazione esterna	15	27	-	-	-
Contaminazione interna	12	19	-	1	-
Contaminazione int.+est.	6	1	-	-	-
Non specificata	12	9	7	3	3
TOTALE	211	131	56	73	11

Forme di SAR in Chernobyl

Forme di SAR	No. pazienti
Forma ematologica	134
Forma gastrointestinale	15
Polmonite da radiazioni	8
Ustioni da radiazioni β	19

Dati di 134 pazienti con SAR in Chernobyl

SAR (grado)	Dose assorbita (Gy)	No. pazienti	No. deceduti	No. sopravvissuti
Lieve (I)	0.8 – 2.1	41	0	41
Moderata (II)	2.2 – 4.1	50	1	49
Severa (III)	4.2 – 6.4	22	7	15
Molto severa (IV)	6.6 - 16	21	20	1
TOTALE	0.8 - 16	134	28	106

Soglie di dose per danni deterministici nell'adulto (ICRP Pubblicazione 103/2007)

Tessuto ed effetto	Dose totale in una singola esposizione acuta (Gy)	Dose annua per esposizioni fortemente frazionate o protratte per molti anni (Gy/y)
Testicoli -Sterilità temporanea -Sterilità permanente	0.15 3.5 – 6.0	0.4 2.0
Ovaie -Sterilità	2.5 – 6.0	>0.2
Cristallino -Opacità osservabili -Cataratta	0.5 – 2.0 5.0	>0.1 >0.15
Midollo osseo -Depressione dell'ematopoiesi	0.5	>0.4

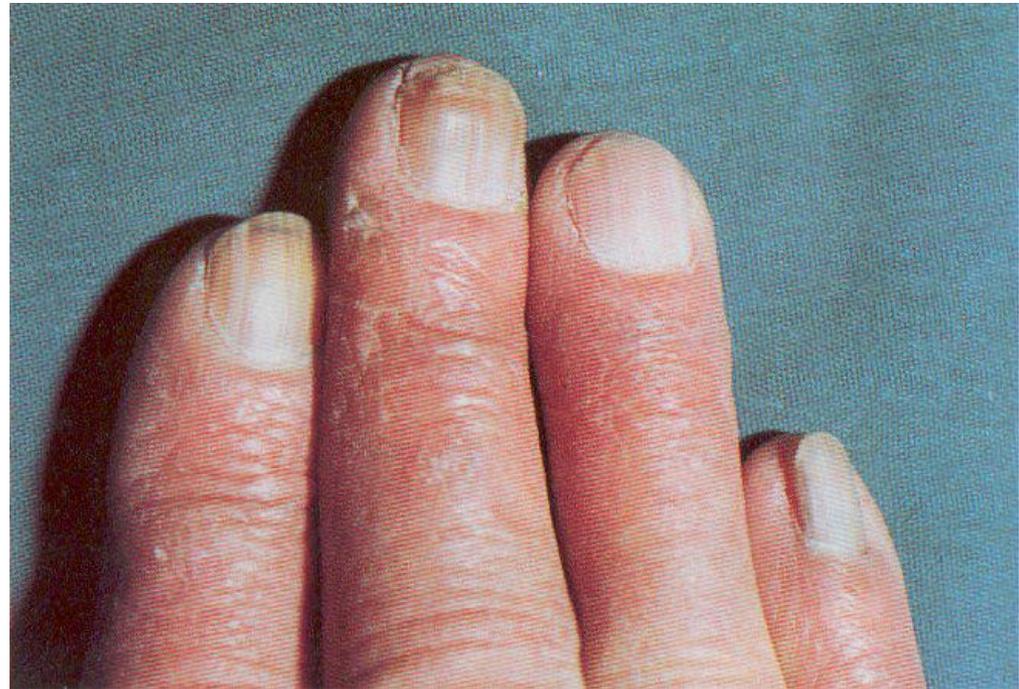
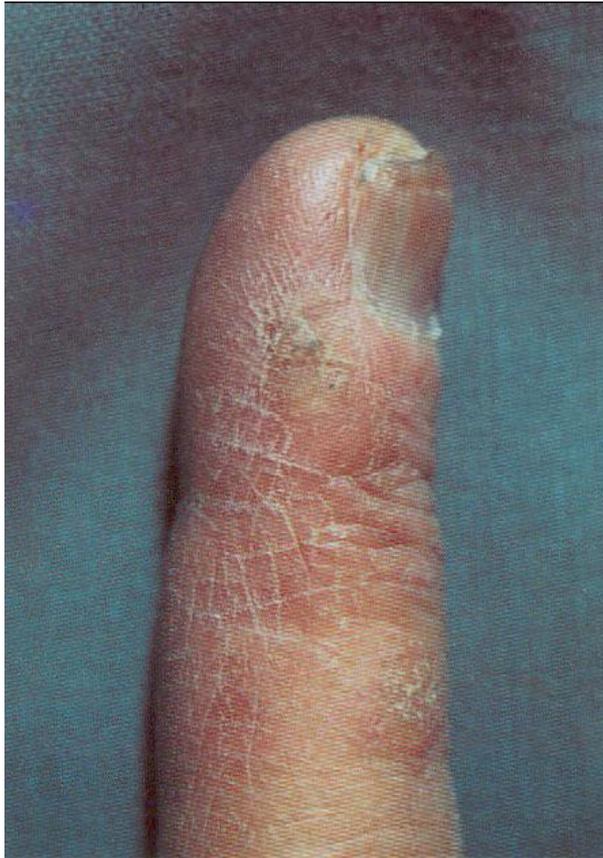
Radiodermiti acute

Lesione	Dose	Esposizione
Eritema	6 – 8 Gy	Acuta
	30 Gy	Cronica
Epilazione	3 – 4 Gy	Acuta (temporanea)
	7 Gy	Acuta (permanente)
	50 – 60 Gy	Cronica (permanente)
Epidermite secca	5 Gy	Acuta
Epidermite essudativa	12 – 20 Gy	Acuta
Ulcerazioni cutanee	18 Gy	Acuta
Necrosi	25 Gy	Acuta

Radiodermiti croniche

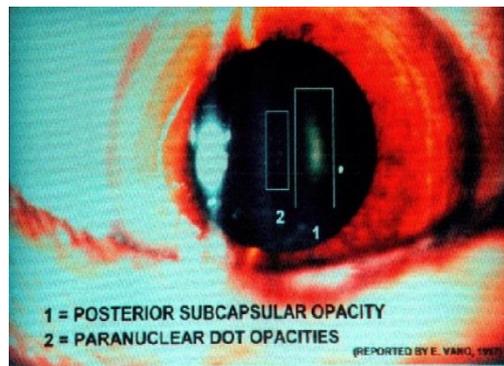
Tipo di lesione	Dose accumulata (Gray)
Radiodermite cronica semplice	>25
Radiodermite cronica evolutiva	>50
Radiodermite cronica cancerizzata	>>50

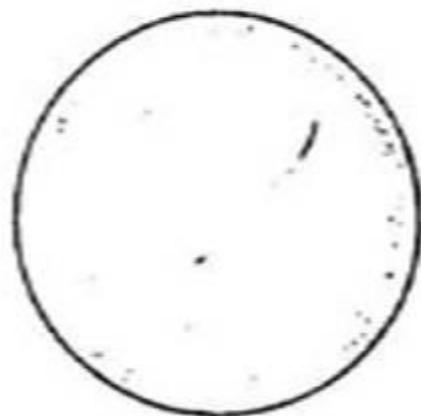
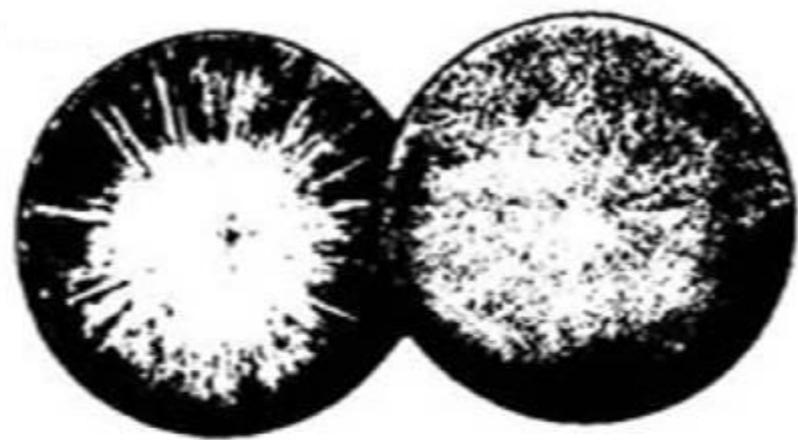
Aspetti clinici di radiodermite cronica professionale

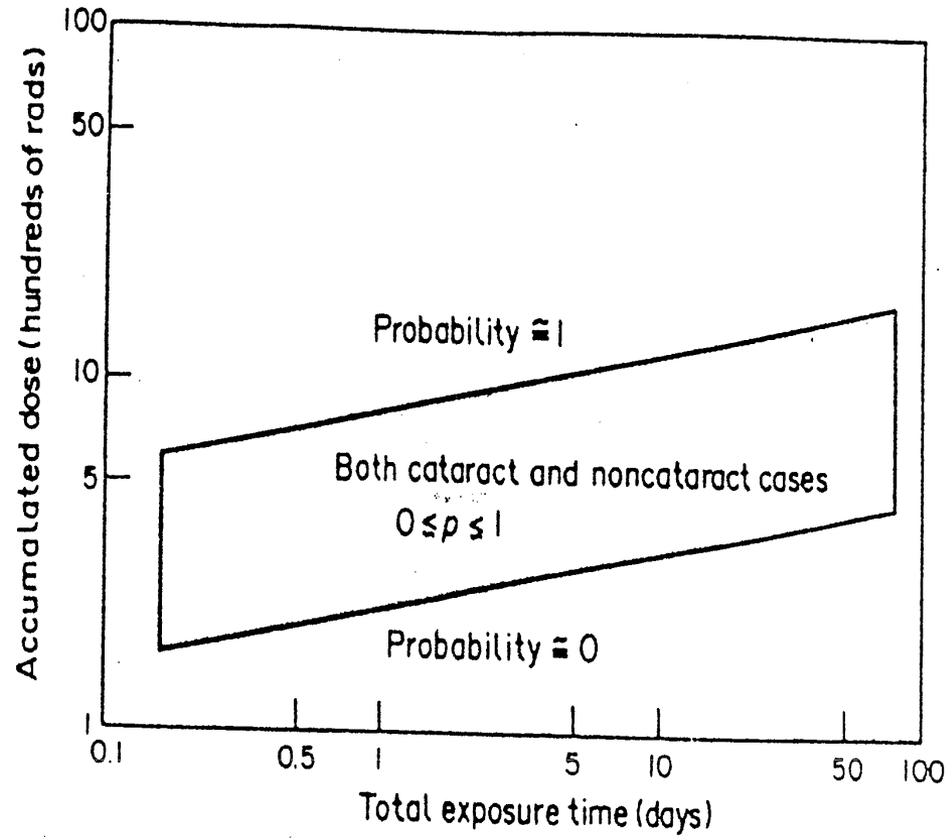


Effetti deterministici: cataratta

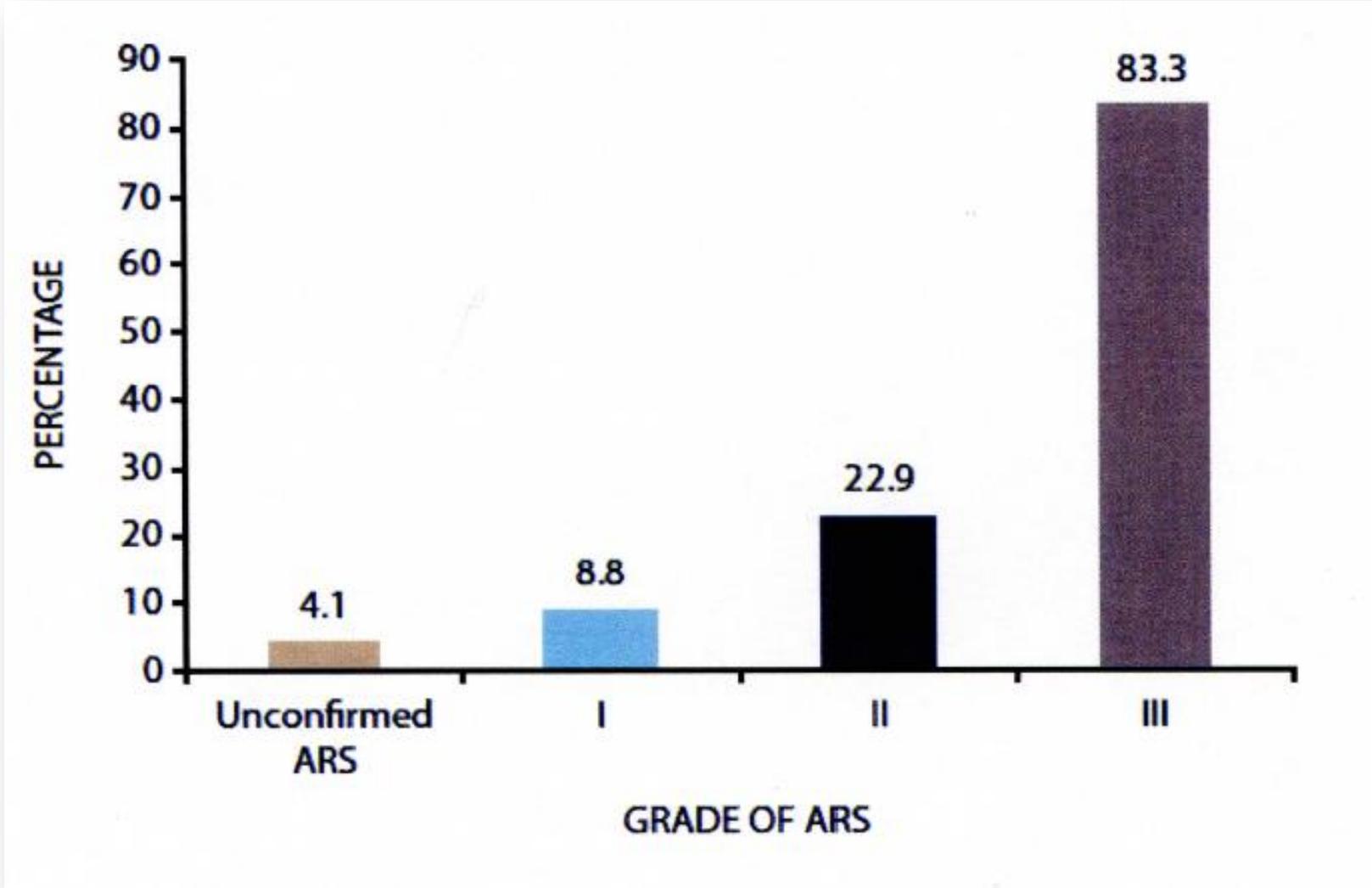
- Opacità del cristallino che influenza la visione
- Cataratta corticale posteriore
- Indistinguibile dalle altre cataratte







Frequenza della cataratta nei sopravvissuti per SAR in Chernobyl



Effetti stocastici

La probabilità di occorrenza dell'effetto è una funzione lineare della dose senza soglia:

- Cancerogenesi (tumori solidi, leucemie)
- Mutagenesi (mutazioni, aberrazioni cromosomi)
- Teratogenesi (malformazioni fetali)

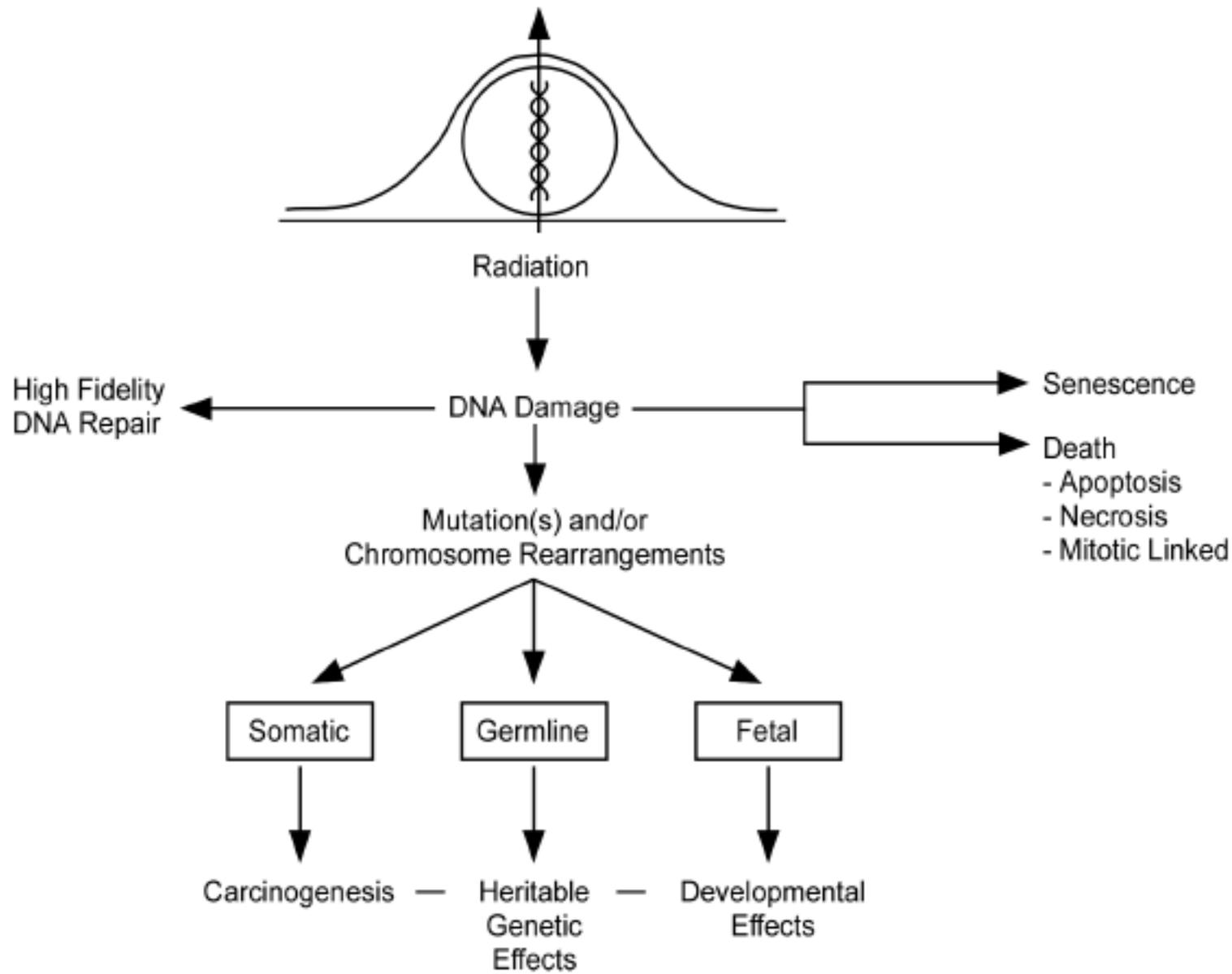
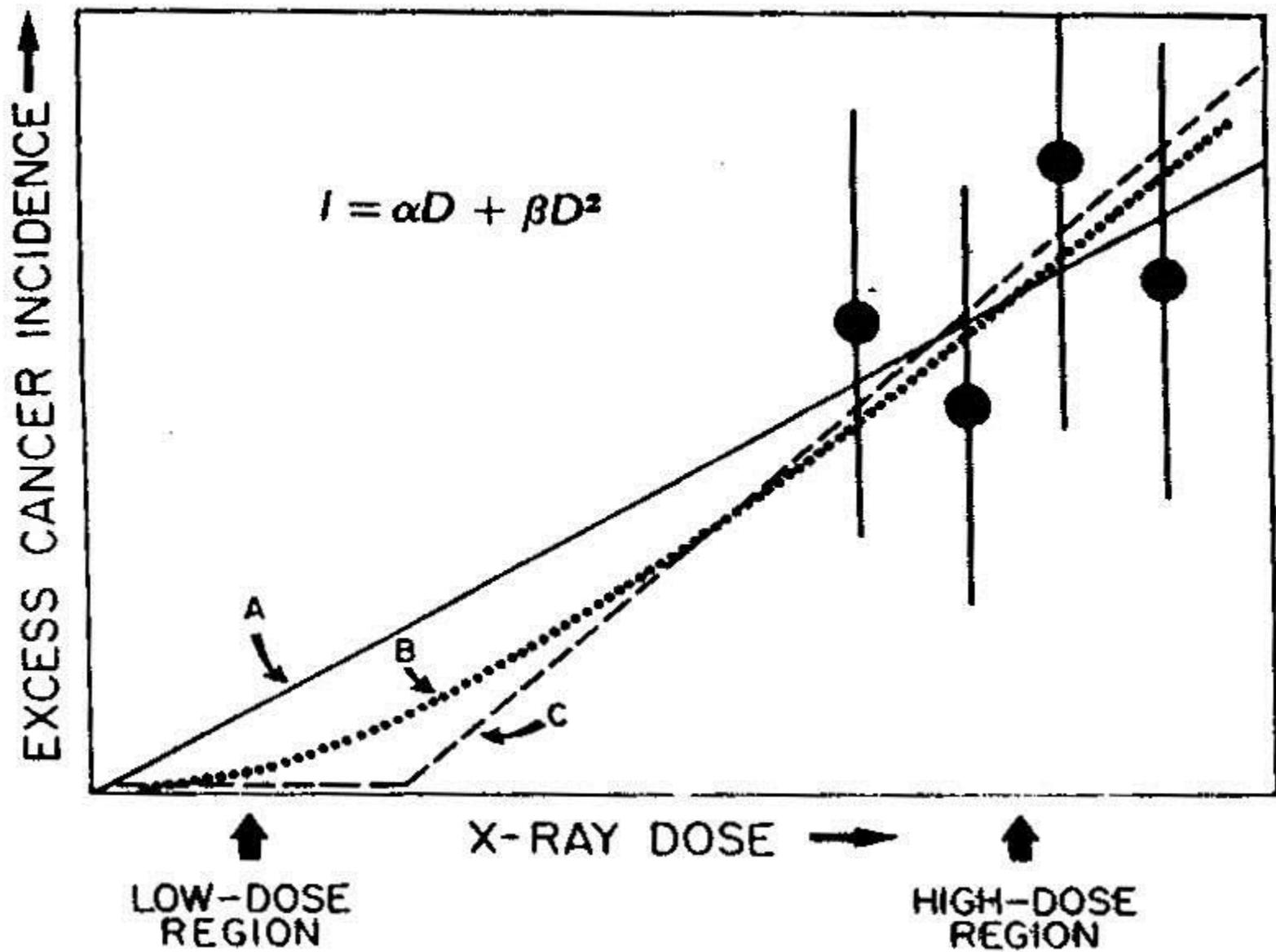
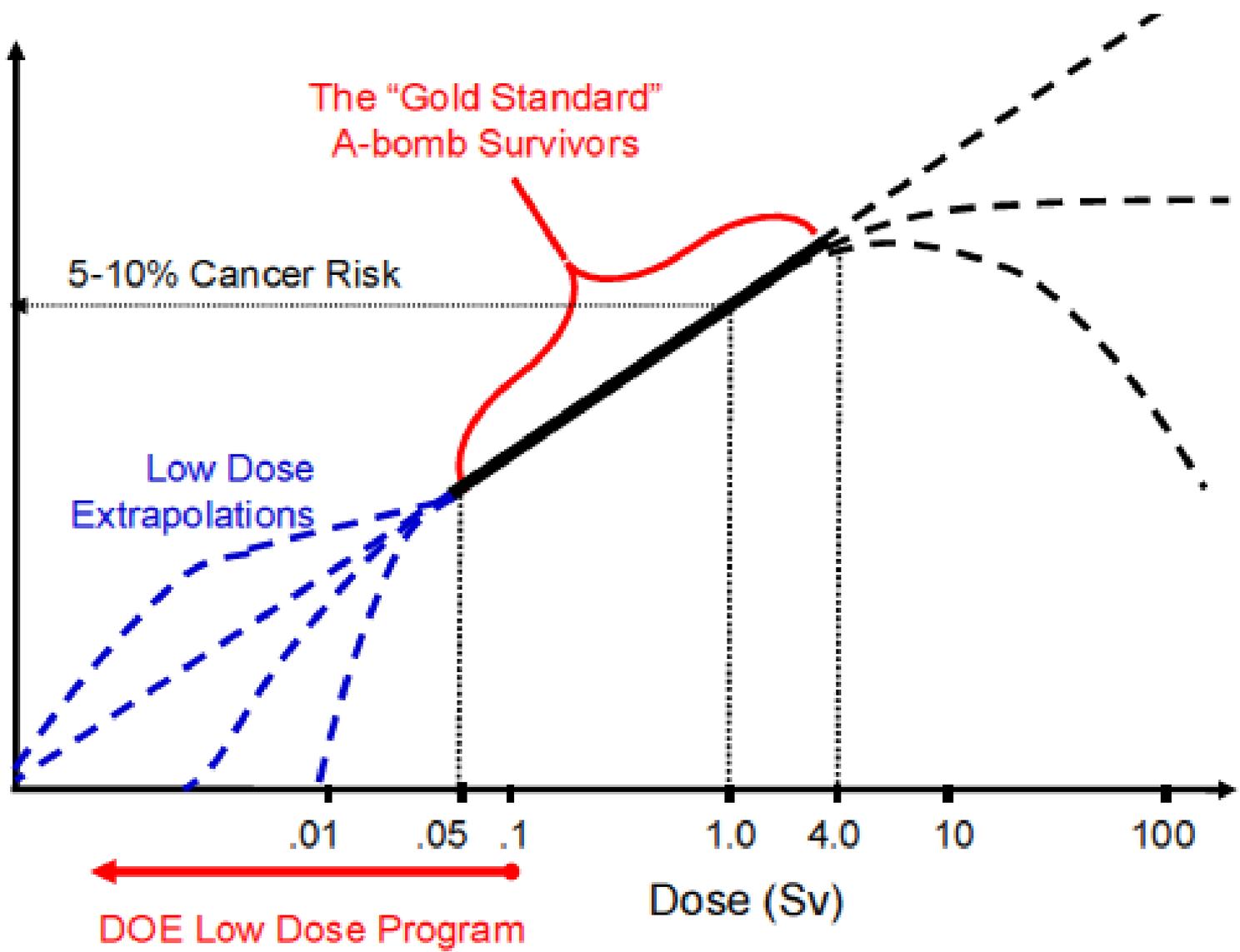


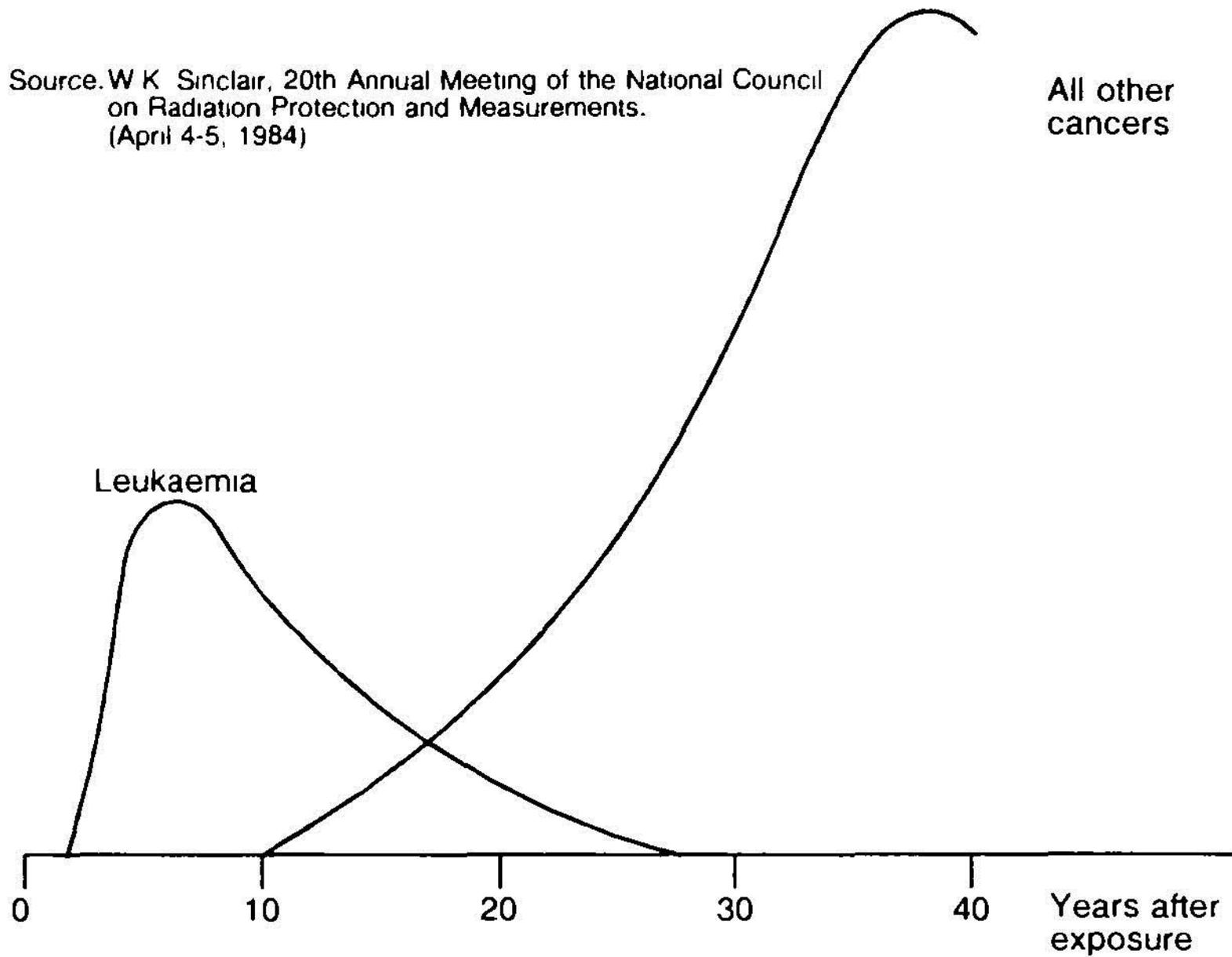
Tabella 9 - Classificazione degli agenti in base alla loro cancerogenicità secondo l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC)

CATEGORIA DI CANCEROGENICITÀ	CARATTERISTICHE DEGLI AGENTI
<i>Gruppo 1</i> L'agente è cancerogeno per l'uomo	Questa categoria è usata quando esiste un'evidenza sufficiente di cancerogenicità nell'uomo.
<i>Gruppo 2A</i> L'agente è probabilmente cancerogeno per l'uomo.	Questa categoria è usata quando esiste un'evidenza limitata di cancerogenicità nell'uomo ed un'evidenza sufficiente di cancerogenicità nell'animale.
<i>Gruppo 2B</i> L'agente è possibilmente cancerogeno per l'uomo.	Questa categoria è usata quando esiste un'evidenza limitata di cancerogenicità nell'uomo ed un'evidenza meno che sufficiente di cancerogenicità nell'animale
<i>Gruppo 3</i> L'agente non è classificabile quanto alla sua cancerogenicità nell'uomo.	Questa categoria è usata quando esiste un'evidenza inadeguata di cancerogenicità sia nell'uomo sia nell'animale
<i>Gruppo 4</i> L'agente è probabilmente non cancerogeno per l'uomo.	Questa categoria è usata quando le evidenze suggeriscono l'assenza di cancerogenicità sia nell'uomo sia nell'animale





Source: W K Sinclair, 20th Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements. (April 4-5, 1984)



Leukaemia

All other cancers

0 10 20 30 40 Years after exposure

Studi epidemiologici per gli effetti stocastici

- Sopravvissuti giapponesi (Hiroshima-Nagasaki)
- Pittori di quadranti di orologio
- Pazienti irradiati per fluoroscopia
- Pazienti irradiati per spondilite
- Pazienti irradiati per tinea capitis
- Pazienti trattati con radio per TBC
- Popolazioni delle aree contaminate di Bielorussia, Federazione Russa, Ucraina (incidente di Chernobyl)

STUDI EPIDEMIOLOGICI STORICI SUL RISCHIO CANCEROGENO DA RADIAZIONI IONIZZANTI (1)

Leucemia (LLA, LMA, LMC)

- coorte dei Giapponesi sopravvissuti alla bomba A
- coorte dei radiologici americani
- coorte dei pazienti irradiati per spondilite anchilosante
- coorte dei bambini irradiati per ipertrofia del timo
- coorte dei pazienti trattati con ^{131}I per ipertiroidismo
- coorti dei bambini giapponesi irradiati in utero dalla bomba A e dei bambini le cui madri furono trattate in gravidanza con radiazioni X

Ca dello scheletro

- coorte dei pittori di quadranti luminosi di orologi (irradiazione interna con ^{226}Ra)
- coorte dei pazienti trattati con peteosthor per TBC ossea o spondilite anchilosante (irradiazione interna con ^{224}Ra)
- coorte dei pazienti trattati per spondilite anchilosante (irradiazione esterna con radiazioni X)
- coorte dei pazienti trattati per tinea capitis (irradiazione esterna con radiazioni X)

Ca del fegato

- coorte dei pazienti indagati con il mezzo di contrasto thorotrast (biossido di torio)

STUDI EPIDEMIOLOGICI STORICI SUL RISCHIO CANCEROGENO DA RADIAZIONI IONIZZANTI (2)

Ca della mammella

- coorte delle pazienti sottoposte a multiple radioscopie per pneumotorace artificiale per TBC
- coorte delle pazienti trattate con radiazioni X per mastite acuta post-partum
- coorte delle donne Giapponesi sopravvissute alla bomba A

Ca della cute

- coorte dei radiologici americani
- casistica dei ricercatori pionieri delle radiazioni ionizzanti
- casistiche di tecnici e medici radiologi, pneumologi e ortopedici

Ca del polmone

- coorti dei minatori di uranio, stagno, fluorite, piombo-zinco (^{222}Rn e progenie)
- coorte dei pazienti trattati per spondilite anchilosante
- coorte dei Giapponesi sopravvissuti alla bomba A

STUDI EPIDEMIOLOGICI STORICI SUL RISCHIO CANCEROGENO DA RADIAZIONI IONIZZANTI (3)

Ca della tiroide

- coorte dei bambini trattati per ipertrofia del timo, linfoadenite cervicale, linfoadenite TBC, emangioma cutaneo
- coorte dei Giapponesi sopravvissuti alla bomba A
- coorte degli abitanti delle isole di Marshall (fallout di ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{135}I , + radiazioni γ)
- coorte dei bambini residenti nello Utah (fallout per i test nucleari in Nevada)
- coorte di Chernobyl (fallout di ^{131}I)

Coorti esposte a radiazioni con bassi dosi e bassi ratei di dose

- coorte degli abitanti dello Utah (fallout per i test nucleari in Nevada)
- coorti dei veterani USA e UK esposti a radiazioni da test e armi nucleari
- coorti dei residenti nelle adiacenze di centrali nucleari
- coorti dei lavoratori addetti a reattori nucleari
- rivalutazione delle coorti di soggetti esposti in utero per irradiazione diagnostica delle madri gestanti
- rivalutazione delle coorti dei bambini irradiati per tinea capitis (Israele)
- coorti di abitanti in aree ad elevato fondo naturale in India, Brasile, Cina, Denver in Colorado (sabbia, suolo, roccia con elevata concentrazione di torio)

TABLE IV
Mortality from Thyroid Cancers Following Irradiation

Study, first author (Ref.)	No. thyroid cancers	No. deaths due to thyroid cancer
Japanese A-bomb, Ishimaru ^a	110	17
Thymus, Shore (21)	37	2
Tonsil, etc., DeGroot (62)	41	0
Tonsil, Wilson (100)	58	2
Tinea capitis, Ron (4)	43	0
Tinea capitis, Shore (unpublished data)	2	0
Marshall Islands, Robbins (41)	9	0
Thymus, etc., Maxon (13)	16	2
Tonsil, Schneider (11)	297	3
Cervical adenitis, etc., Hanford (84)	8	0
Cervical adenitis, Fjalling (17)	25	0
Utah fallout, Rallison (87)	6	0
Hodgkin's therapy, Hancock (85)	6	0
Tuberculous adenitis, van Daal (18)	10	2
Total	668	28

^a Unpublished communication to National Cancer Institute Committee on Thyroid/Iodine-131 Assessments, 1985.

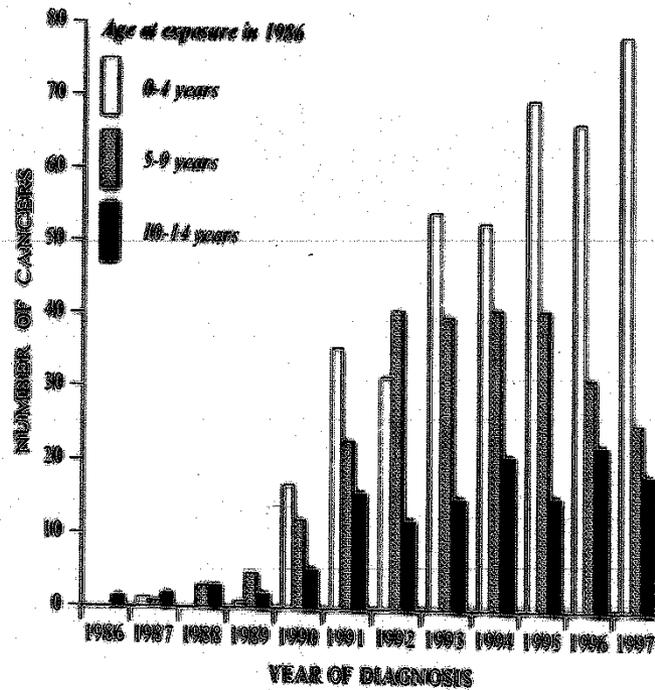


Figure XXVI. Number of diagnosed thyroid cancer cases in Belarus as a result of the Chernobyl accident

1990-98 : 1791 ca. thyroides (papillifera)

^{131}I : 1760 PBq ^{137}Cs : 85 PBq

Dose thyroide melle papillifera evacuabile : 0.47 Gy
 " " " non evacuabile : > 1 Gy

ERR in Chernobyl : 2.3 Gy^{-1} (8.6-82)

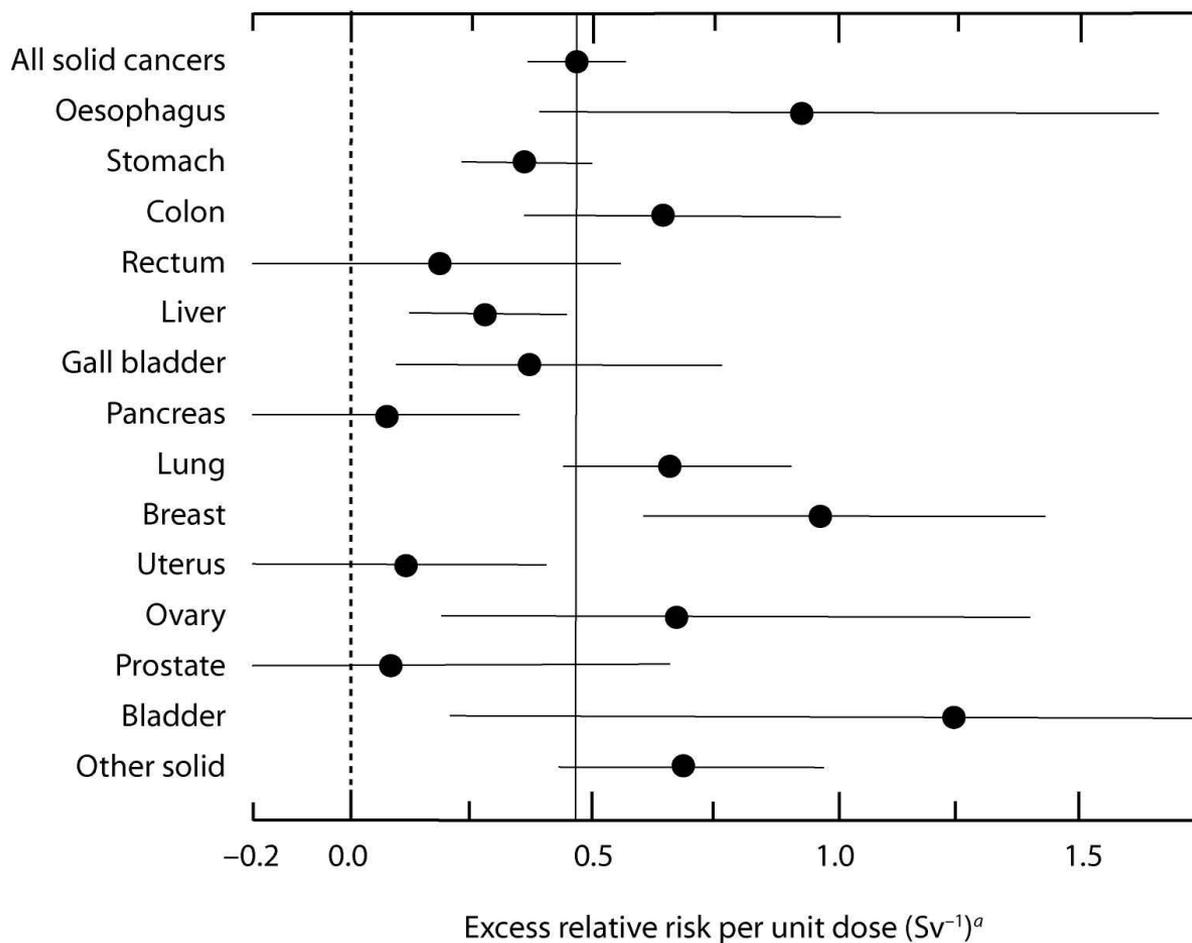
ERR_{meta} (F-stud.) : 7.7 Gy^{-1} (2.1-28.7)

Effetti tardivi nei sopravvissuti di SAR in Chernobyl (1987 – 2006)

Stato	Effetti tardivi
Deceduti	Malattie polmonari (3), Cirrosi epatica (2)
	Arresto cardiaco (6), Ictus (1), Trauma (2)
	Tumori (5, di cui 4 mielodisplasie)
Viventi	Tumori solidi (4, di cui 2 tiroidei)
	Leucemie o sindromi mielodisplasiche (5)
	Elevata % di disturbi cardiovascolari, gastrointestinali e neuro-psichiatrici

Figure I

Estimates of solid cancer mortality risk for different organs from studies of the survivors of the atomic bombings in Japan



INCIDENCE OF SOLID TUMORS IN A-BOMB SURVIVORS

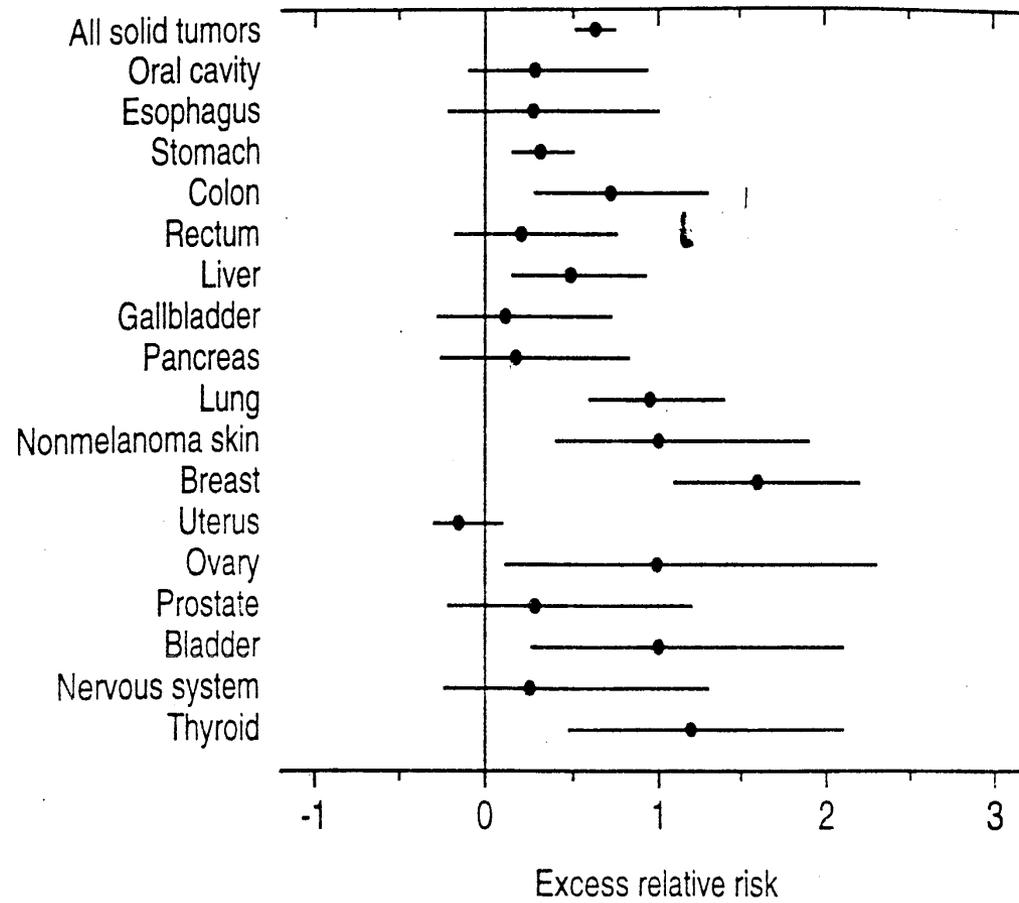


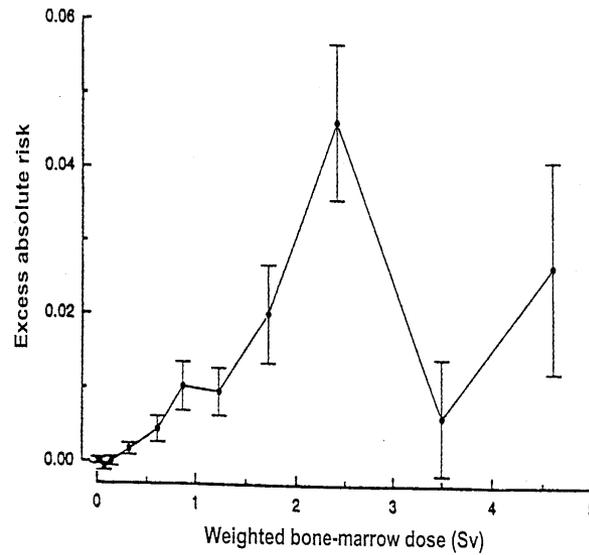
FIG. 7. Excess relative risk at 1 Sv (RBE 10) and 95% confidence interval, 1958-1987.

Table 12. Numbers of subjects by radiation dose and city in the Life Span Study of survivors of the atomic bombings

City	Total no.	DS86 weighted dose to the colon (Sv)								
		< 0.005	0.005-0.02	0.02-0.05	0.05-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	> 2.0
Hiroshima	58 459	21 370	11 300	6 847	5 617	4 504	5 078	2 177	1 070	496
Nagasaki	28 113	15 089	5 621	2 543	921	963	1 230	1 025	538	183
Total	86 572	36 459	16 921	9 390	6 538	5 467	6 308	3 202	1 608	679

From Pierce *et al.* (1996)

Figure 4. Excess absolute risks for death from leukaemia per person in the Life Span Study, 1950–90, of survivors of the atomic bombings

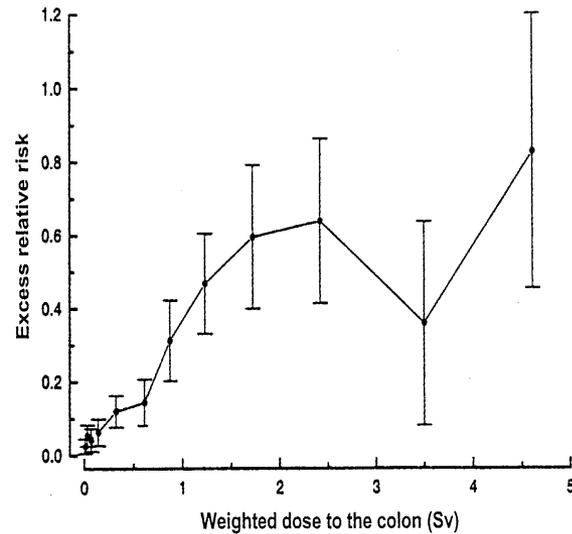


From Pierce *et al.* (1996); bars = standard error

Table 14. Observed and expected numbers of deaths from leukaemia in the Life Span Study, 1950–90, of survivors of the atomic bombings

Dose (Sv) ^a	No. of subjects	No. of deaths observed	No. of deaths expected	Excess no. of deaths
<0.005	35 458	73	64	9
0.005–0.1	32 915	59	62	-3
0.1–0.2	5 613	11	11	0
0.2–0.5	6 342	27	12	15
0.5–1.0	3 425	23	7	16
1.0–2.0	1 914	26	4	22
>2.0	905	30	2	28
Total	86 572	249	162	87

Figure 5. Excess relative risks for solid tumours, adjusted to men aged 30 at the time of exposure, in the Life Span Study of survivors of the atomic bombings

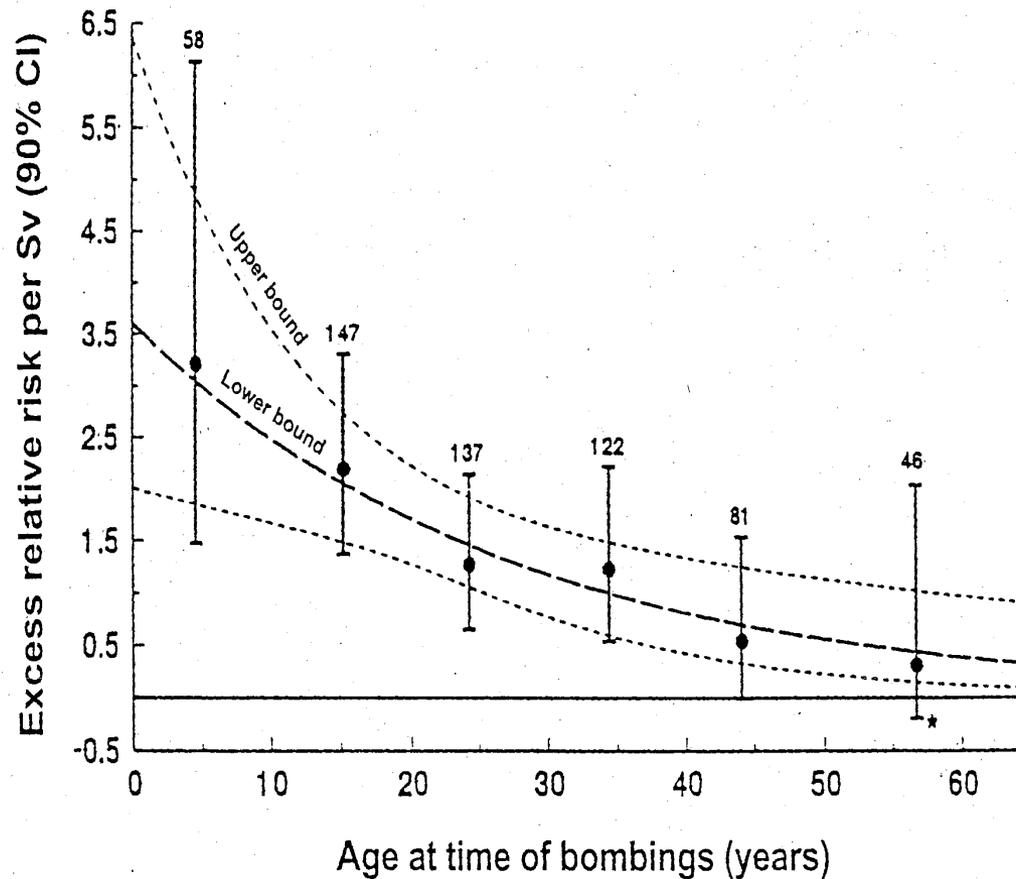


From Pierce *et al.* (1996); bars = standard error

Table 15. Observed and expected numbers of deaths from solid tumours in the Life Span Study, 1950–90, of survivors of the atomic bombings

Dose (Sv) ^a	No. of subjects	No. of deaths observed	No. of deaths expected	Excess no. of deaths
< 0.005	36 459	3 013	3 055	-42
0.005–0.1	32 849	2 795	2 710	85
0.1–0.2	5 467	504	486	18
0.2–0.5	6 308	632	555	77
0.5–1.0	3 202	336	263	73
1.0–2.0	1 608	215	131	84
> 2.0	679	83	44	39
Total	86 572	7 578	7 244	334

Figure 6. Estimated excess relative risks (ERRs) per sievert for breast cancer among women in the Life Span Study, according to age at the time of the atomic bombings



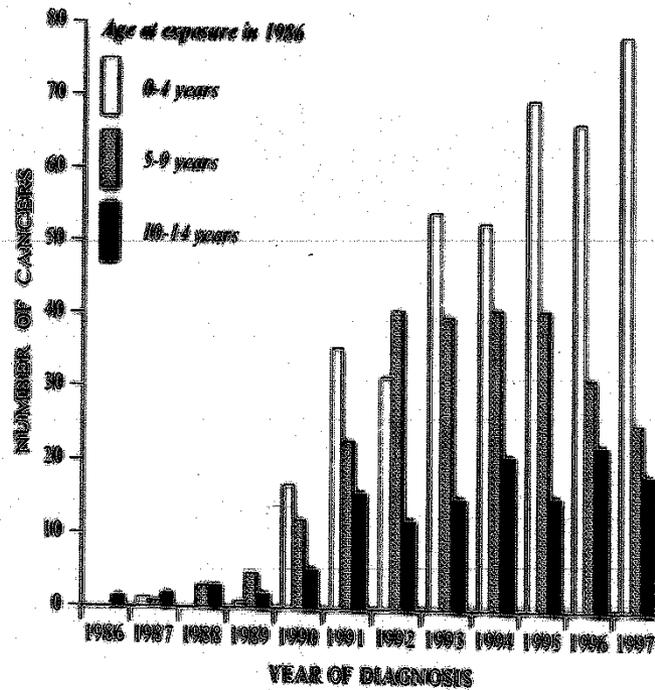


Figure XXVI. Number of diagnosed thyroid cancer cases in Belarus as a result of the Chernobyl accident

1990-98 : 1791 ca. thyroides (papillifera)

^{131}I : 1760 PBq ^{137}Cs : 85 PBq

Dose thyroide melle papilliferae evacuate: 0.47 Gy
 " " " non evacuate: > 1 Gy

ERR in Chernobyl: 2.3 Gy^{-1} (8.6-82)

ERR_{meta} (F-stud): 7.7 Gy^{-1} (2.1-28.7)

Table B-17. Lifetime mortality in a population of all ages from specific fatal cancer after exposure to low doses.

	Fatal probability coefficient (10^{-4} Sv^{-1})	
	ICRP (1977)	This report
Bladder	—	30
Bone marrow	20	50
Bone surface	5	5
Breast	25	20
Colon	—	85
Liver	—	15
Lung	20	85
Oesophagus	—	30
Ovary	—	10
Skin	—	2
Stomach	—	110
Thyroid	5	8
Remainder ¹	50	50
Total	125 ²	500 ³

¹ The composition of the remainder is quite different in the two cases.

² This total was used for both workers and the general public.

³ General public only. The total fatal cancer risk for a working population is taken to be $400 \times 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$.

Stime di probabilità di tumori letali in una popolazione di tutte le età esposta a basse dosi di radiazioni (ICRP 60/1990)

Organo	Tumori letali (10^{-4}Sv^{-1})	Anni di vita persi
Stomaco	110	12.4
Colon	85	12.5
Polmone	85	13.5
Midollo osseo	50	30.9
Vescica	30	9.8
Esofago	30	11.5
Mammella	20	18.2
Fegato	15	15
Ovaio	10	16.8
Tiroide	8	15
Superfici ossee	5	15
Cute	2	15
Altri tessuti	50	13.7
TOTALE	500	-

EFFETTI SULL'EMBRIONE E SUL FETO

- **Effetto letale sull'embrione** (soglia di 0.1 Gray prima o immediatamente dopo l'impianto nella sperimentazione animale; dosi più elevate nei successivi stadi di gestazione)
- **Malformazioni:** eccesso di **microcefalia**, spina bifida, difetti di ossificazione delle ossa craniche, deformità degli arti sup., cecità
 - casistica delle donne gravide trattate con radium o radiazioni X
 - coorte delle donne Giapponesi gravide sopravvissute alla bomba A
- **Ritardo mentale:** coorte della prole delle donne Giapponesi gravide sopravvissute alla bomba A.
Stime di rischio per irradiazione tra 8-15 settimane di gestazione (ICRP 60-1996):
 - 30 punti QI Sv⁻¹
 - Severo ritardo mentale: $40 \cdot 10^{-2}$ a 1 Sv
- **Induzione di leucemia nella prima decade di età di bambini irradiati in utero:**
 - eccesso di rischio nella prole di gestanti irradiate con radiazioni X
 - nessun apparente eccesso di rischio nella prole delle gestanti Giapponesi sopravvissute alla bomba A

Table 2

Estimates of the risk of heritable diseases in the next generation due to low-dose exposure of the parent population

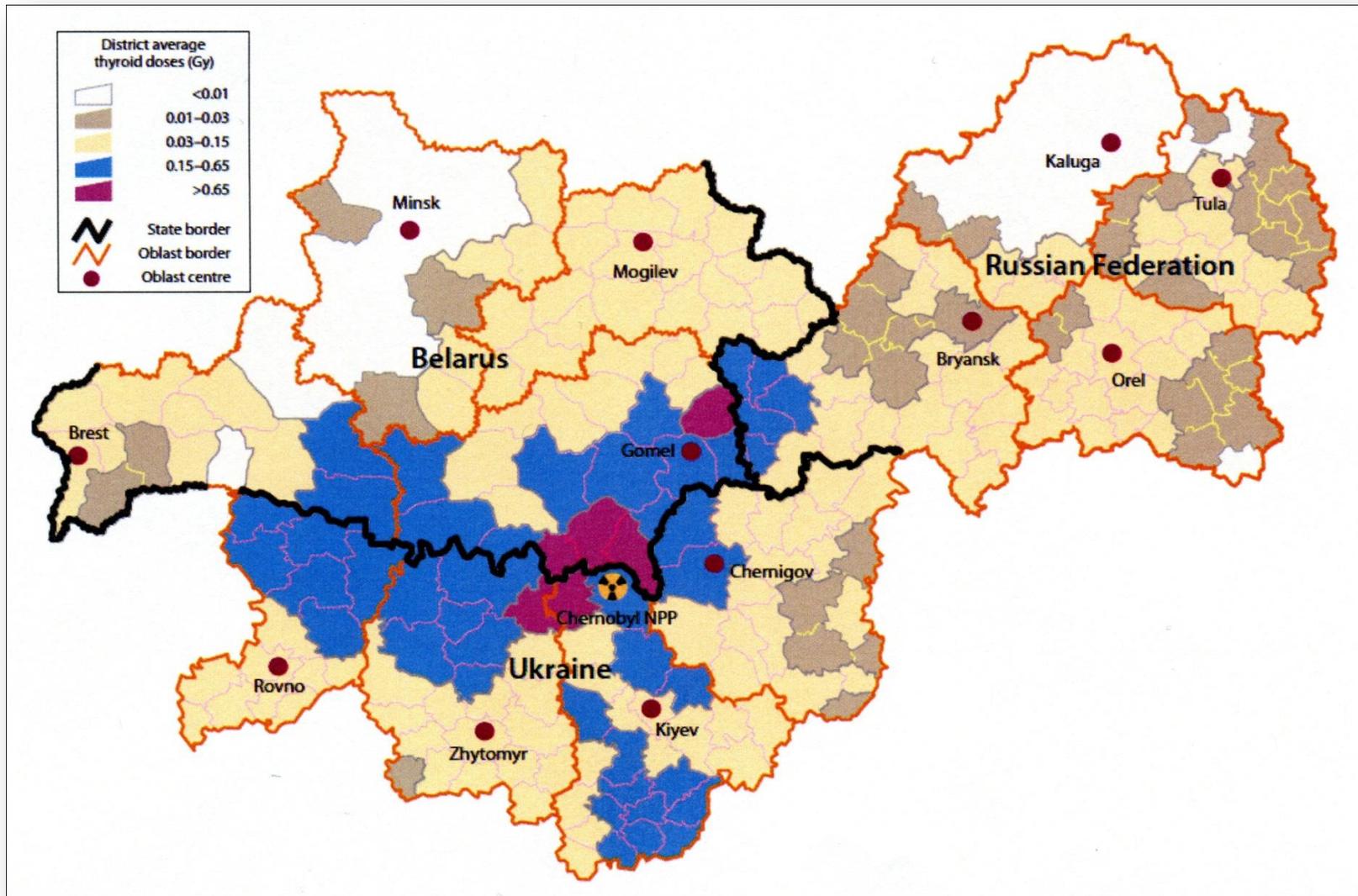
<i>Disease class</i>	<i>Baseline frequency (per million people)</i>	<i>Risk in first generation per unit low-LET^a dose (per million people exposed to 1 Gy)</i>
Dominant (including X-linked diseases)	16 500	~750-1 500
Chromosomal	4 000	^b
Chronic multifactorial diseases	650 000	~250-1 200
Congenital abnormalities	60 000	~2 000

Tabella A. 4.4 Coefficienti di rischio nominale modificati per il detrimento per cancro ed effetti ereditari (10^{-2} Sv^{-1})¹.

Popolazione esposta	Cancro		Effetti ereditari		Total e	
	Presente	ICRP 60	Presente	ICRP 60	Presente	ICRP 60
Intera	5.5	6.0	0.2	1.3	5.7	7.3
Adulta	4.1	4.8	0.1	0.8	4.2	5.6

CHERNOBYL
1986

Distribuzione spaziale delle stime della dose alla tiroide nei bambini e negli adolescenti residenti nelle regioni della Bielorussia, Federazione Russa e Ucraina al momento l'incidente di Chernobyl



Principali radionuclidi in Chernobyl

Radionuclide	Emivita	Attività (PBq)
Gas inerti		
^{133}Xe	5,25 giorni	6500
Elementi volatili		
^{131}I	8,04 giorni	1760
^{132}Te	3,26 giorni	1150
^{134}Cs	2,06 anni	47
^{137}Cs	30 anni	85
Elementi con volatilità intermedia		
^{90}Sr	29,12 anni	10
Elementi refrattari		
^{239}Pu	24.065 anni	0.013
^{240}Pu	6.537 anni	0.018
^{241}Pu	14,4 anni	2.6

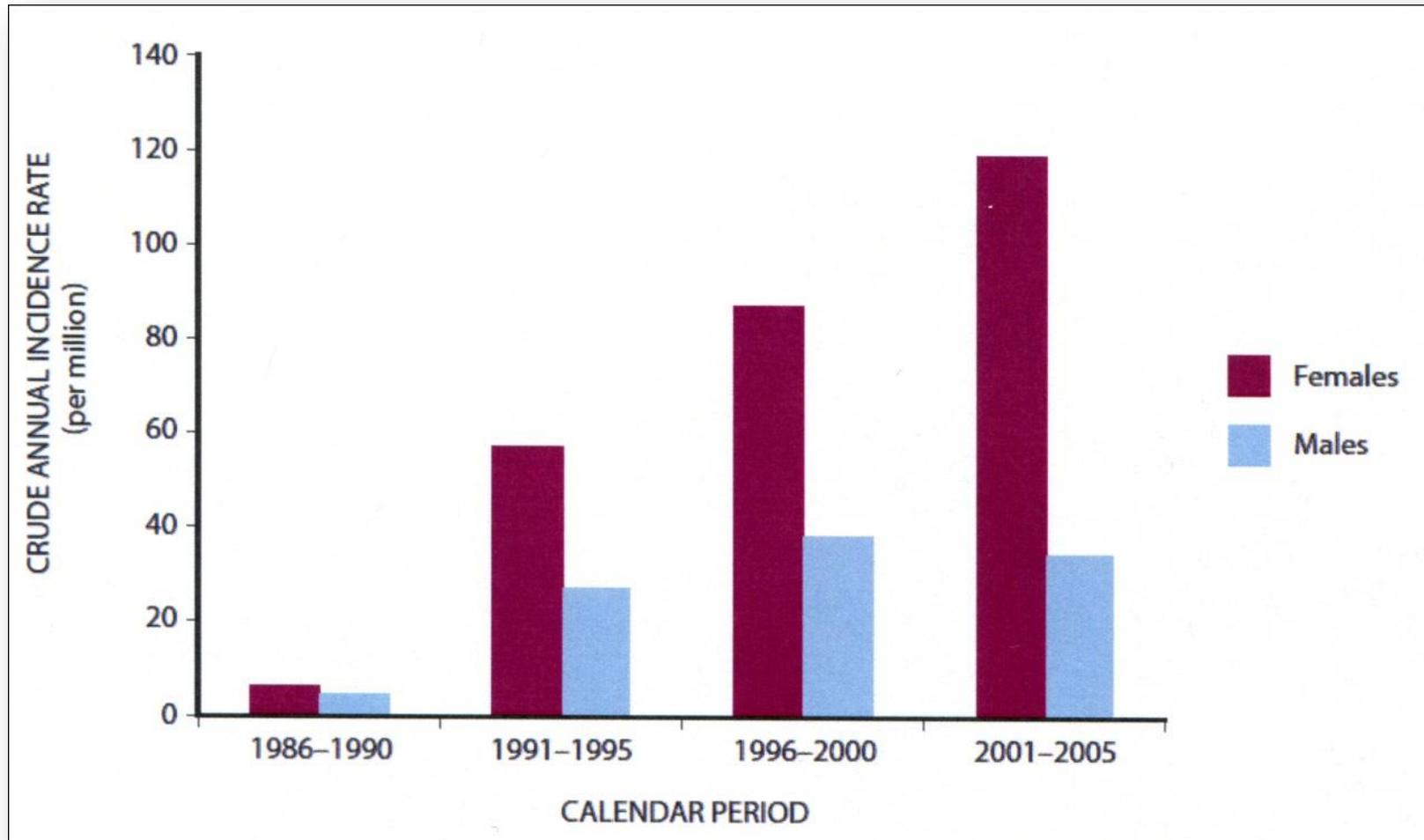
Stima delle dosi post-Chernobyl

Popolazioni	Numero (migliaia)	Dose media tiroide nel 1986 (mGy)	Dose efficace media nel 1986-2005 (mSv)
“Liquidatori”	530	-	117
Evacuati	115	490	31
Residenti aree contaminate Bielorussia, Federazione Russa, Ucraina	6.400	102	9
Residenti Bielorussia, Federazione Russa, Ucraina	98.000	16	1.3
Paesi Europei	500.000	1.3	0.3

Incidenza di cancro alla tiroide negli esposti con età < 18 anni

Sesso	1982 - 1985	1986 - 2005
Bielorussia		
Femmine	2	1822
Maschi	1	723
Federazione Russa		
Femmine	2	589
Maschi	0	162
Ucraina		
Femmine	25	2986
Maschi	14	821

Tassi di incidenza di tumore alla tiroide tra i bambini e gli adolescenti residenti in Bielorussia e con età < 18 anni nel 1986



UNSCEAR Report 2008 (vol. II, annex D)

Cancro della Tiroide

- Chiara evidenza per un'associazione causale tra esposizione a ^{131}I e suoi isotopi radioattivi a seguito dell'incidente di Chernobyl e aumento dell'incidenza di cancro della tiroide nei bambini e adolescenti residenti in Bielorussia, Federazione Russa e Ucraina (1991 – 2005: 5127 casi per età < 14 anni nel 1986, 6848 casi per età < 18 anni nel 1986)
- Evidenza non persuasiva per un aumento dell'incidenza di cancro della tiroide nei “liquidatori” e negli adulti residenti in Bielorussia, Federazione Russa e Ucraina (risultati non univoci emersi dai diversi studi)

UNSCEAR Report 2008 (vol. II, annex D)

Leucemie

- Qualche evidenza di un eccesso di leucemie nei “liquidatori”, basata principalmente sugli studi effettuati nella Federazione Russa
- Evidenza non persuasiva per un aumento dell’incidenza di leucemie nei bambini esposti in utero e nei bambini residenti nel 1986 in Bielorussia, Federazione Russa e Ucraina

UNSCEAR Report 2008 (vol. II, annex D)

Tumori Solidi

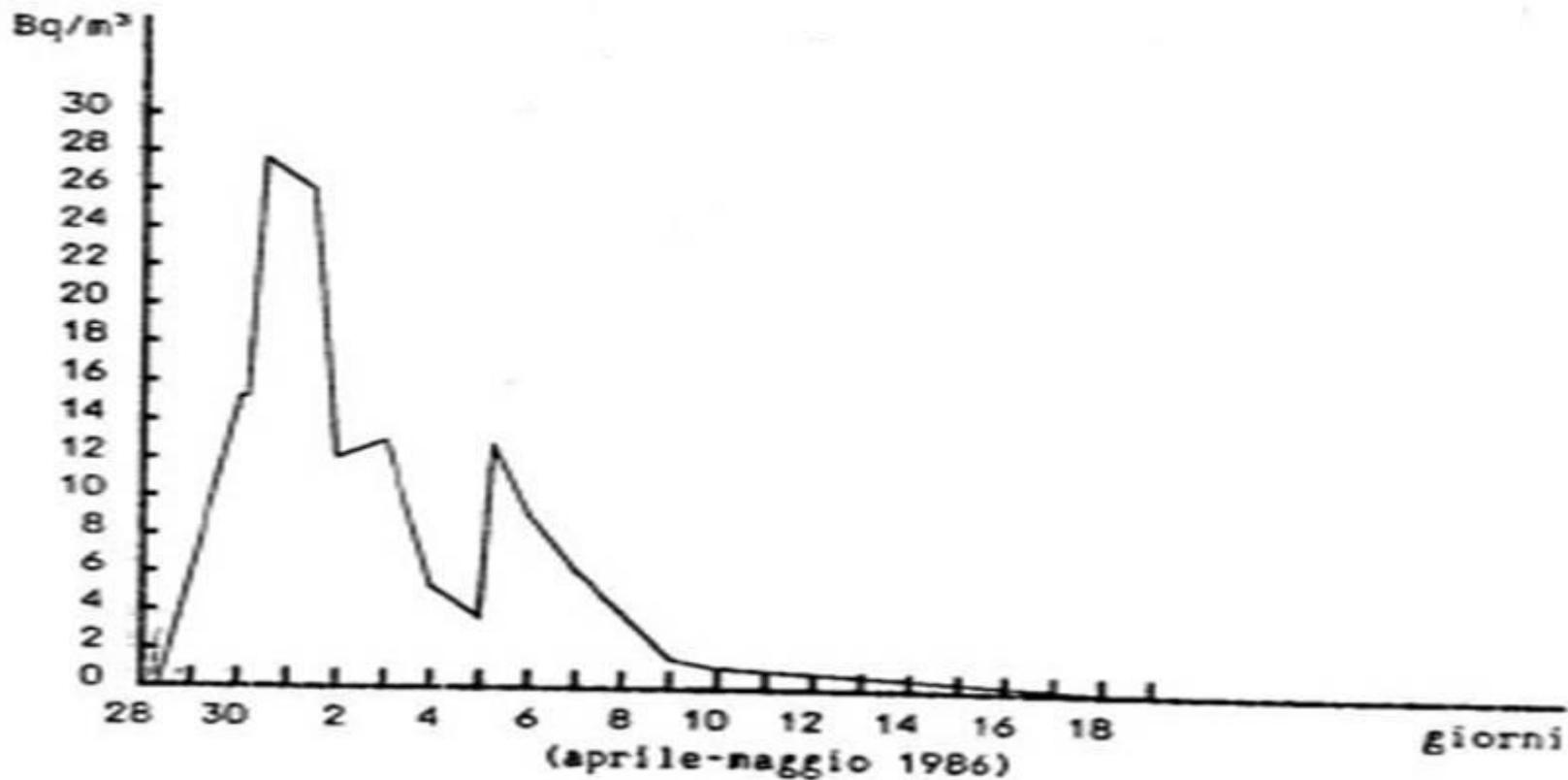
- Qualche evidenza di un eccesso di tumori solidi nei “liquidatori”, ma in assenza di stime quantitative dei coefficienti di rischio
- Evidenza non persuasiva per un’aumento dell’incidenza di tutti i tumori solidi e di tumore al seno nella popolazione generale delle tre Repubbliche

UNSCEAR Report 2008 (vol. II, annex D)

Proiezione del rischio

- I soggetti esposti a radioiodio da bambini e i “liquidatori” che hanno ricevuto elevate dosi di radiazioni presentano un aumentato rischio di insorgenza di patologie radio-indotte
- Poichè la stragrande maggioranza della popolazione generale ha ricevuto dosi di poco superiori al background naturale, o comunque inferiori a 100 mSv, le proiezioni del rischio basate sui modelli biofisici e epidemiologici risultano ambigue e le stime dei coefficienti di rischio presentano notevoli margini di incertezza

Concentrazione radioattiva in aria di Iodio 131 in funzione del tempo (Bq/m^3)



Curve di deposito di Cesio 137 nella Regione Friuli Venezia Giulia (kBq/m²)



TABELLA 7: Bequerel ingeriti dagli infanti nel primo anno dopo l'incidente di Chernobyl.

ALIMENTO	BEQUEREL INGERITI DA INFANTI (<1 ANNO)									TOTALE	
	29/4-2/5		3/5-10/6		11/6-30/6		1/7	1/8	1/10	29/4/1986	28/4/1987
	¹³⁷ I	Cs	¹³⁷ I	Cs	¹³⁷ I	Cs	Cs	Cs	¹³⁷ I	Cs	
LATTE	33	5	0	0	164	411	574	628	3025	197	4643
ORTAGGI A FOGLIA	658	219	0	0	0	0	0	0	0	658	219
FRUTTA	0	0	150	53	0	27	102	125	489	150	796
BOVINO-SUINO	0	0	0	53	0	41	85	251	978	0	1406
POLLAME	0	0	0	16	0	3	0	0	0	0	19
CONIGLIO	0	0	0	21	0	18	6	10	43	0	98
CAPRIOLO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UOVA	0	0	855	0	0	0	0	0	0	855	0
FORMAGGI	0	0	27	27	0	8	8	17	58	27	118
PANE-FARINE ECC.	0	0	0	0	0	0	0	201	690	0	891
PASTA	0	0	0	0	0	0	0	0	575	0	575
CEREALI	0	0	0	0	0	0	0	117	228	0	345

TABELLA 8: Bequerel ingeriti dai bambini nel primo anno dopo l'incidente di Chernobyl.

ALIMENTO	BEQUEREL INGERITI DA BAMBINI (1-10 ANNI)									TOTALE	
	29/4-2/5		3/5-10/6		11/6-30/6		1/7	1/8	1/10	29/4/1986	28/4/1987
	¹³⁷ I	Cs	¹³⁷ I	Cs	¹³⁷ I	Cs	Cs	Cs	¹³⁷ I	Cs	
LATTE	33	5	0	0	164	411	574	628	3025	197	4643
ORTAGGI A FOGLIA	3288	1096	0	0	0	0	0	0	0	3288	1096
FRUTTA	0	0	1122	401	0	205	764	940	3668	1122	5978
BOVINO-SUINO	0	0	0	214	0	164	340	1003	3912	0	5633
POLLAME	0	0	0	256	0	44	0	0	0	0	300
CONIGLIO	0	0	0	85	0	71	25	40	173	0	394
CAPRIOLO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UOVA	0	0	4274	0	0	0	0	0	0	4274	0
FORMAGGI	0	0	70	70	0	21	22	44	150	70	307
PANE-FARINE ECC.	0	0	0	0	0	0	0	2807	9666	0	12473
PASTA	0	0	0	0	0	0	0	0	2301	0	2301
CEREALI	0	0	0	0	0	0	0	702	3107	0	3809

Per quanto riguarda la valutazione dell'equivalente di dose efficace per ingestione, occorre fare riferimento anzitutto alla tabella 6 dove sono riportate le contaminazioni medie nei principali alimenti per il periodo 29 aprile 1986 - 28 aprile 1987. La dizione "Cs" indica la somma del ^{137}Cs e del ^{134}Cs .

TABELLA 6: Consumi medi annuali e contaminazione media negli alimenti per il primo anno dopo l'incidente di Chernobyl.

ALIMENTO	CONSUMO (kg/anno)			CONTAMINAZIONE MEDIA (Bq/kg)								
	>10 anni	1-10 anni	<1 anno	29/4-2/5		3/5-10/6		11/6-30/6		1/7	1/8	1/10
				^{137}I	Cs	^{137}I	Cs	^{137}I	Cs	Cs	Cs	Cs
LATTE	85	150	150	20	3	150	60	20	50	45	30	25
ORTAGGI A FOGLIA	75	50	10	6000	2000	1400	500	0	0	0	0	0
FRUTTA	75	75	10	0	0	140	50	0	50	120	75	85
BOVINO-SUINO	50	40	10	0	0	0	50	0	75	100	150	170
POLLAME	20	16	1	0	0	0	150	0	50	0	0	0
CONIGLIO	3	2	1	0	0	0	400	0	650	150	120	150
CAPRIOLO	1	0	0	0	0	120	1200	0	500	350	200	250
UOVA	12	10	2	0	0	4000	0	0	0	0	0	0
FORMAGGI	16	13	5	0	0	50	50	0	30	20	20	20
PANE-FARINE ECC.	170	140	10	0	0	0	0	0	0	0	120	120
PASTA	50	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	100
CEREALI	15	12	2	0	0	0	0	0	0	0	350	450

Nelle tabelle 7, 8 e 9 sono riportati i valori dei becquerel ingeriti rispettivamente da infanti, bambini ed adulti, nell'ipotesi che siano stati scrupolosamente osservati i provvedimenti di divieto di vendita di ortaggi a foglia e di somministrazione di latte ai bambini al di sotto dei 10 anni, in vigore in Friuli-Venezia Giulia dal 3 maggio al 10 giugno 1986.

Osservando le tabelle, si può notare come gli alimenti responsabili della maggior parte dell'ingestione di radionuclidi per adulti e bambini non sono stati oggetto di alcun provvedimento; viceversa, alimenti il cui contributo alla ingestione di radionuclidi è stato del tutto trascurabile (ad esempio capriolo e funghi) sono stati soggetti a provvedimenti di restrizione. Necessari viceversa i provvedimenti presi su ortaggi a foglia e latte, in quanto specialmente nel caso degli infanti ha consentito di evitare valori di dose alla tiroide molto alti.

Equivalente di dose efficace (mSv) nella Regione FVG nel primo anno post-Chernobyl

Popolazione	Inalazione	Ingestione	Esterna	Totale
Infanti	0.230	0.914	0.805	1.949
Bambini	0.310	1.488	0.805	2.603
Adulti	0.210	0.861	0.805	1.876

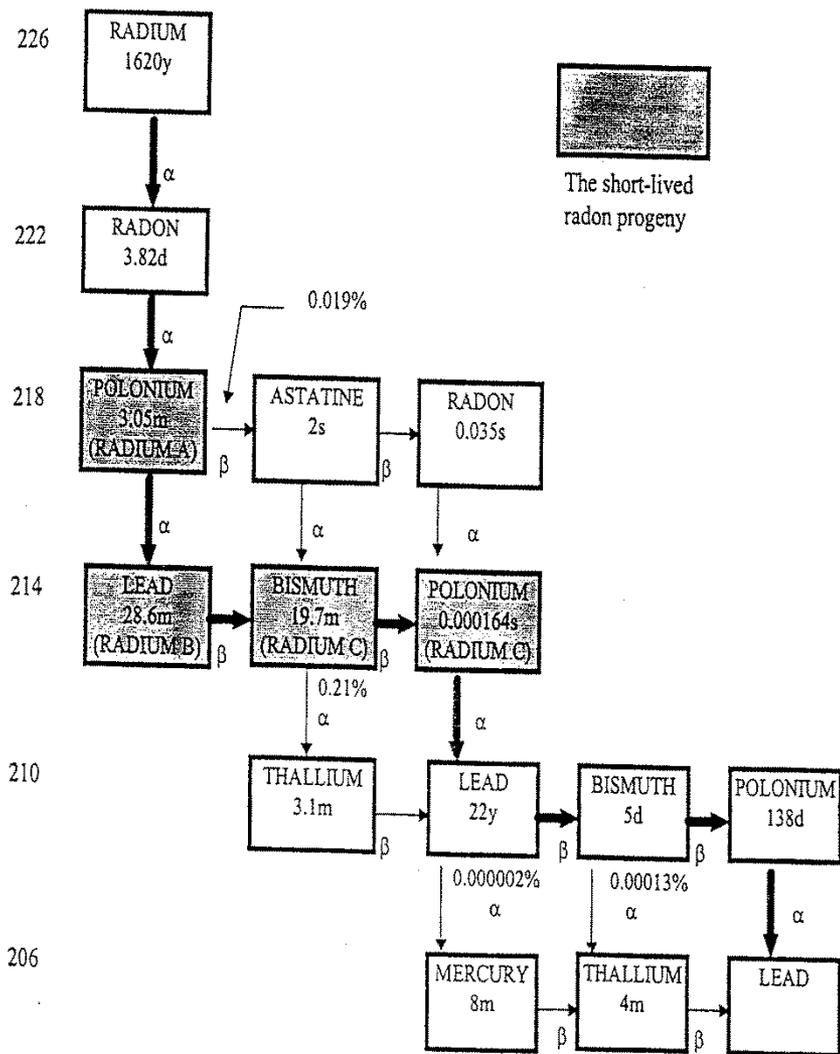
Equivalente di dose efficace (mSv) nella Regione FVG nei primi 50 anni post-Chernobyl

Popolazione	Inalazione	Ingestione	Esterna	Totale
Infanti	0.230	5.815	3.350	9.394
Bambini	0.310	6.388	3.350	10.048
Adulti	0.210	5.761	3.350	9.321

Table 5. Recommended prophylactic single doses of stable iodine.

Age group	Mass of total iodine	Mass of KI	Mass of KIO^3	Volume of Lugol's solution
Adults/adolescents (over 12 yr)	100 mg	130 mg	170 mg	0.8 ml
Children (3–12 yr)	50 mg	65 mg	85 mg	0.4 ml
Infants (1 mo to 3 yr)	25 mg	32.5 mg	42.5 mg	0.2 ml
Neonates (birth to 1 mo)	12.5 mg	16 mg	21 mg	0.1 ml

MASS
NUMBER



Nuclide	Nome tradizionale	Simbolo	$T_{1/2}$	Energie (in MeV) ed intensità delle principali radiazioni emesse	
				α	γ
²²² Radon ↓ α		²²² Rn	3.82 d	5.49 (100%)	-
²¹⁸ Polonio ↓ α	RaA	²¹⁸ Po	3.05 min	6.00 (~ 100%)	-
²¹⁴ Piombo ↓ β, γ	RaB	²¹⁴ Pb	26.8 min	-	0.295 (19%) 0.352 (36%)
²¹⁴ Bismuto ↓ β, γ	RaC	²¹⁴ Bi	19.9 min	-	0.609 (47%) 1.12 (17%) 1.76 (17%)
²¹⁴ Polonio ↓ α	RaC'	²¹⁴ Po	0.164 μ s	7.69 (100%)	-

FATTORI CHE INFLUENZANO LA CONCENTRAZIONE DI RADON (^{222}Rn) NELLE ABITAZIONI

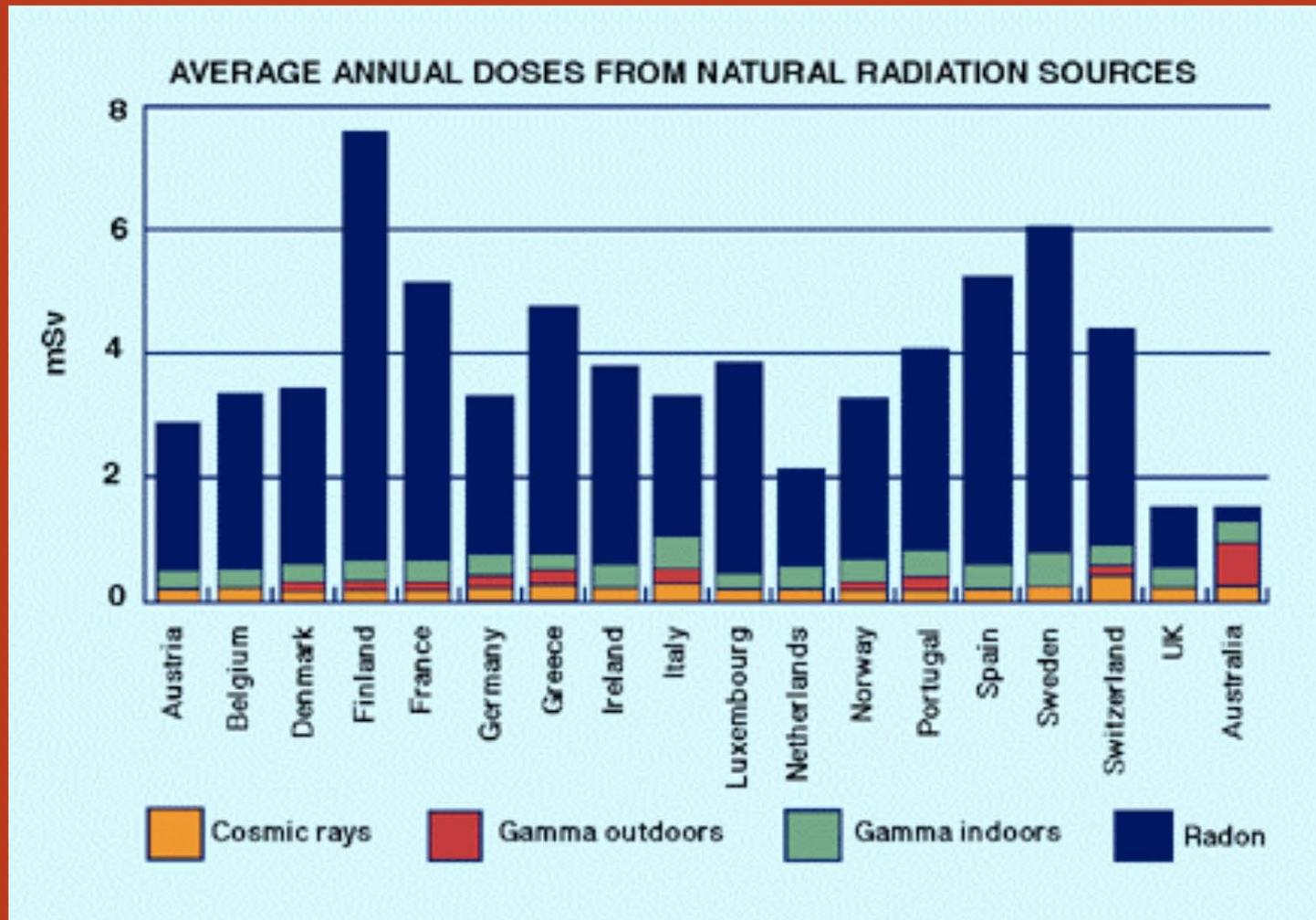
- Località geografica (terreno, rocce)
- Tipo di abitazione (isolamento degli ambienti, distanza dal suolo)
- Abitudini di vita (ricambi d'aria)
- Stagione
- Momento della giornata

FATTORI CHE INFLUENZANO LA DOSE ASSORBITA DALL'APPARATO RESPIRATORIO

- Concentrazione di radon nell'aria inalata
- Rapporto di equilibrio tra radon e sua progenie
- Percentuale della progenie di radon adesa al particolato
- Dimensioni del particolato o degli aerosol
- Rateo di ventilazione delle persone esposte

**CONCENTRAZIONI DI RADON NELLE ABITAZIONI
(medie nazionali)**

Paese	Bq/m ³
Italia	77
Svezia	108
Germania Occid.	49
Gran Bretagna	21
USA	46
UNSCEAR	40
Trieste	51



Country averages : extreme cases not shown (e.g. Kerala (India), Ramsar (Iran))

ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A RADON

(BEIR VI-1999)

- **11 coorti di minatori** di uranio (n=8), stagno (n=1), ferro (n=1), fluorite (n=1) esposti a miscele di ^{222}Rn e progenie
- **Working Level (WL)**: qualsiasi combinazione di prodotti di decadimento a vita breve del ^{222}Rn in 1 litro d'aria, in equilibrio con una concentrazione di ^{222}Rn di 3700 Bq/m^3 , che produce l'emissione di 130000 MeV di energia alfa ($2.08 \cdot 10^{-5} \text{ Joule/m}^3$)
- **Working Level Months (WLM)**: $\text{WL} \times 170 \text{ ore} = 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ Joule-ore/m}^3$
- Nelle cellule e tessuti polmonari: **0.2-3.0 mGy/WLM**
- Valori medi dell'esposizione: **162 WLM, 6 anni**
- Modello dose-risposta di tipo lineare:

$$\text{RR} = 1 + \beta(\mathbf{w}) \Phi_{\text{età}} Y_z$$

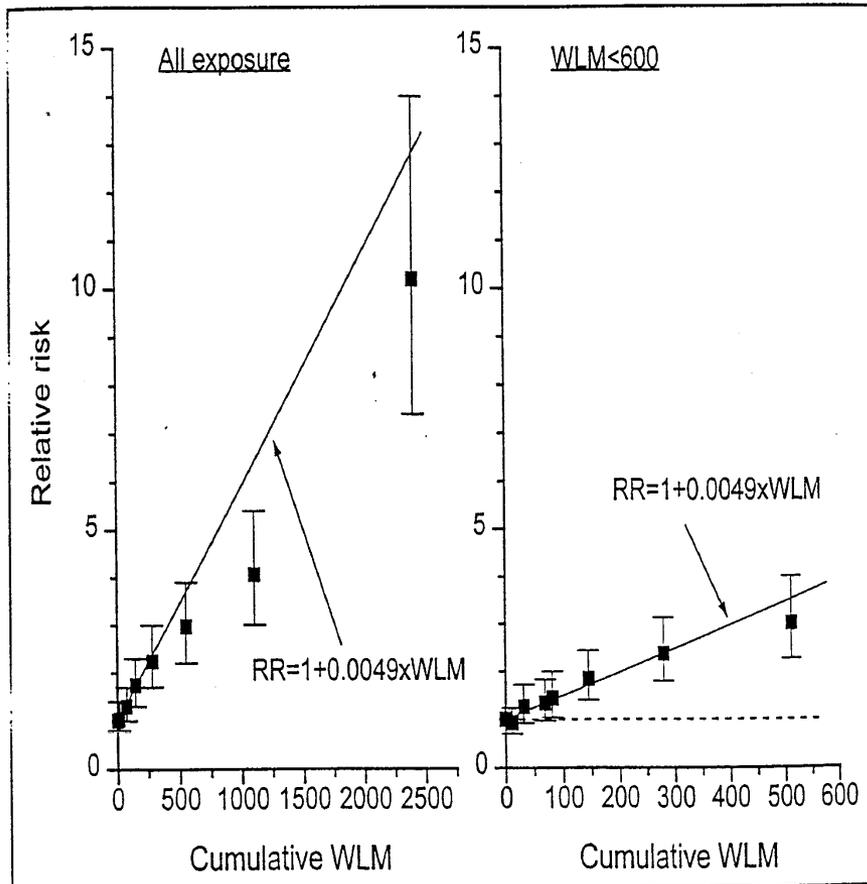
RR = rischio relativo

$\beta(\mathbf{w})$ = funzione della dose accumulata in WLM

$\Phi_{\text{età}}$ = funzione dell'età

Y_z = funzione della durata di esposizione o della concentrazione di ^{222}Rn e progenie in WL

$$\text{RR} = 1 + 0.0055 (100 \text{ WLM})$$



Esposizioni da attività lavorative con particolari

sorgenti naturali di radiazioni

(art. 10 bis - D.Lgs. 241/2000)

- **Attività lavorative** con esposizione a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma:
 - (1) in luoghi sotterranei
 - (2) in superficie in zone ben delimitate
 - (3) implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali contenenti radionuclidi naturali e nelle terme
 - (4) attività di volo per il personale navigante che effettui voli a quote non inferiori a 8000 metri.

Radon = isotopo 222 del radon

Toron = isotopo 220 del radon

- **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:

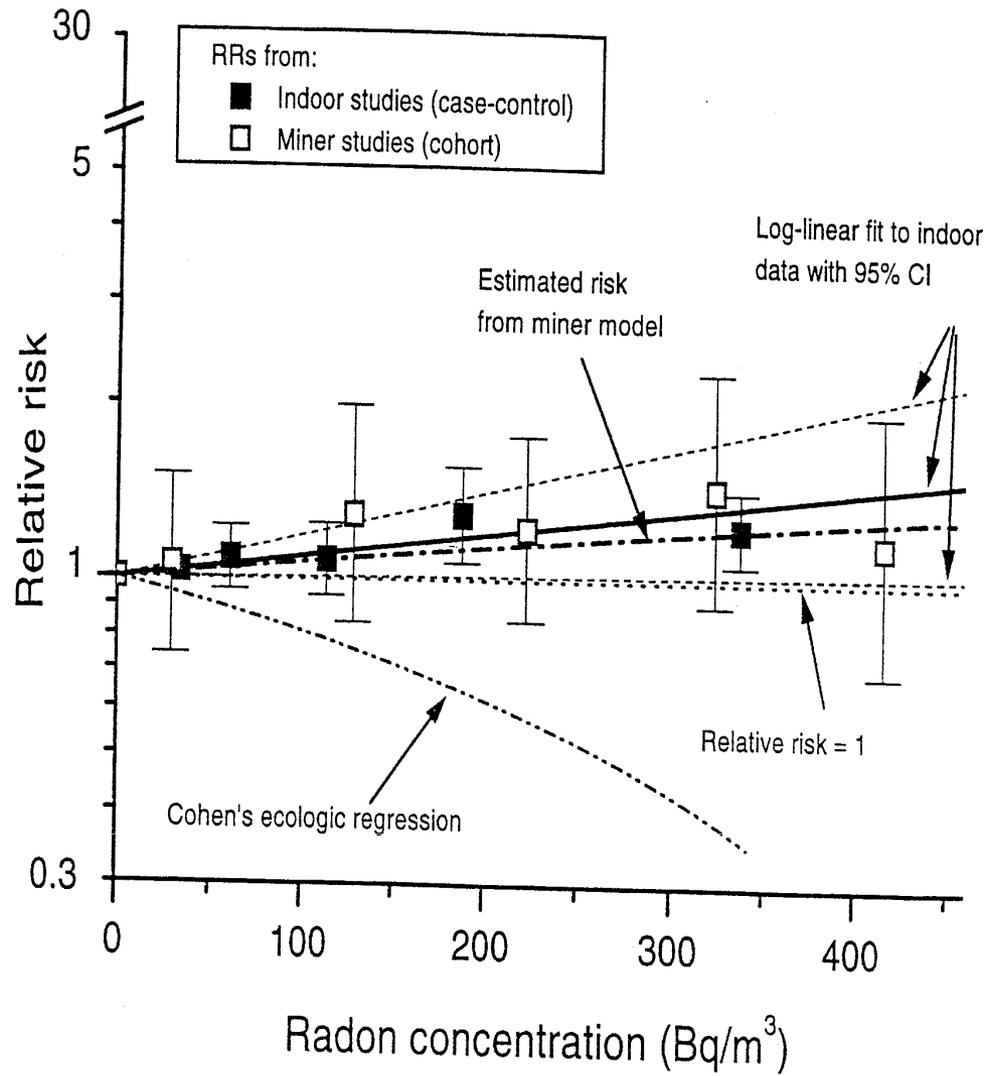
Attività (1) e (2): **500 Bq/m³** inteso come media della concentrazione di attività di radon in un anno (che corrispondono a 3 mSv/anno per 2000 ore lavorative).

Attività (3) e (4): **1 mSv/anno** di dose efficace per i lavoratori

Attività (3): **0.3 mSv/anno** per le persone del pubblico

ESPOSIZIONE DOMESTICA A RADON (BEIR VI-1999)

- **8 studi caso-controllo** in Finlandia (n=2), Svezia (n=2), Stati Uniti (n=2), Canada (n=1), Cina (n=1)
- **Esposizione domestica** per 1 anno ad una concentrazione di **37 Bq/m³** di radon e progenie equivale a **0.2 WLM**
- Esposizione media negli 8 studi: **26 - 220 Bq/m³**
- Metanalisi: **RR_{sum} a 150 Bq/m³ = 1.14 (1.01-1.30)**
- Estrapolazione di RR dall'analisi dei dati dei minatori con esposizione inferiore a 50 WLM (~ 450 Bq/m³): **RR a 150 Bq/m³ = 1.13 (1.0-1.2)**
- Stima del **rischio attribuibile nella popolazione generale USA** per esposizione a radon domestico: **10-15%**



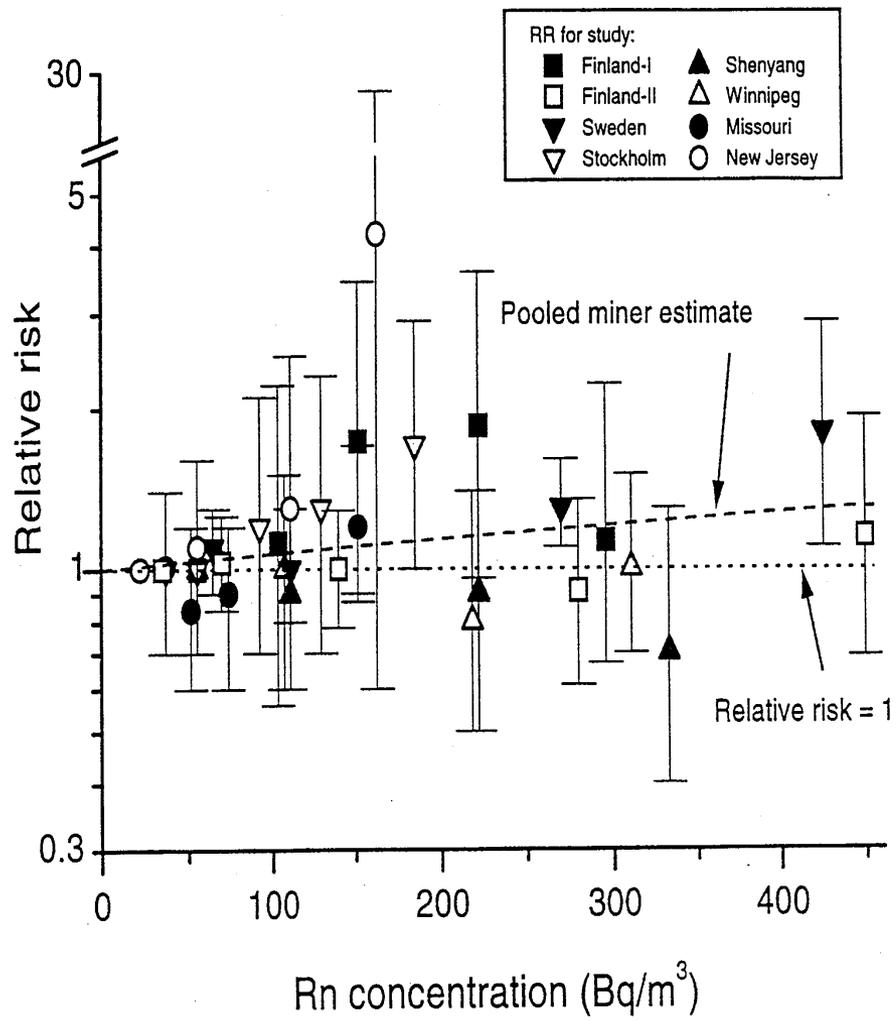


Table 2. Estimates of the relative risk (RR) at 150 Bq/m³ and the 95% confidence interval (CI) for each study and for all studies combined

Study	RR*	95% CI	Reported in original paper
Finland-I‡	1.30	1.09-1.55 •	NA
Finland-II	1.01	0.94-1.09	1.02
New Jersey	1.83	1.15-2.90 •	1.77
Shenyang	0.84	0.78-0.91	0.92§
Winnipeg	0.96	0.86-1.08	0.97
Stockholm	1.83	1.34-2.50 •	1.79
Sweden	1.20	1.13-1.27 •	1.15
Missouri	1.12	0.92-1.36	NA
<u>Combined </u>	<u>1.14</u>	<u>1.01-1.30</u>	

Spedizione in abbonamento postale - (50%) - Roma

GAZZETTA



UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 13 giugno 1995

SI PUBBLICA TUTTI
I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DI GRAZIA E GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 05081

N. 74

DECRETO LEGISLATIVO 17 marzo 1995, n. 230.

**Attuazione delle direttive Euratom 80/836,
84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia
di radiazioni ionizzanti.**

Classificazione dei lavoratori ai fini della radioprotezione

CATEGORIA LAVORATORE	Limite inferiore di dose efficace (mSv/anno)	Limite superiore di dose efficace (mSv/anno)
NON ESPOSTO	-	1
ESPOSTO IN CATEGORIA B	1	6
ESPOSTO IN CATEGORIA A	6	20

Classificazione dei lavoratori ai fini della radioprotezione

CATEGORIA LAVORATORE	Tessuto o organo	Limite inferiore di dose equivalente (mSv/anno)	Limite superiore di dose equivalente (mSv/anno)
NON ESPOSTO	Cristallino	-	15
	Pelle	-	50
	Estremità	-	50
ESPOSTO IN CATEGORIA B	Cristallino	15	45
	Pelle	50	150
	Estremità	50	150
ESPOSTO IN CATEGORIA A	Cristallino	45	150
	Pelle	150	500
	Estremità	150	500

DOSIMETRIA INDIVIDUALE

Dosimetria dell'irradiazione esterna

- film-dosimetria
- penne dosimetriche
- dosimetri a termoluminiscenza
- dosimetri a fotoluminiscenza

Dosimetria dell'irradiazione interna

- metodi diretti (body counter)
- metodi indiretti (radiotossicologia di urine e altri escreti)

Dosimetria biologica

- aberrazioni cromosomiche (linfociti periferici)
- micronuclei
- dosaggio urinario di creatina, taurina, deossicitidina, acido 5-idrossiindolacetico

**Esposizioni da attività lavorative con particolari
sorgenti naturali di radiazioni**
(art. 10 bis - D.Lgs. 241/2000)

- **Attività lavorative** con esposizione a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma:
 - (1) in luoghi sotterranei
 - (2) in superficie in zone ben delimitate
 - (3) implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali contenenti radionuclidi naturali e nelle terme
 - (4) attività di volo per il personale navigante che effettui voli a quote non inferiori a 8000 metri.

Radon = isotopo 222 del radon

Toron = isotopo 220 del radon

- **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:

Attività (1) e (2): **500 Bq/m³** inteso come media della concentrazione di attività di radon in un anno (che corrispondono a 3 mSv/anno per 2000 ore lavorative).

Attività (3) e (4): **1 mSv/anno** di dose efficace per i lavoratori

Attività (3): **0.3 mSv/anno** per le persone del pubblico

DISPOSIZIONI LIMITATIVE ALL'ESPOSIZIONE A RADIAZIONI IONIZZANTI

- I minori di anni 18 non possono esercitare attività proprie dei lavoratori esposti
- Gli apprendisti e gli studenti, ancorchè minori di 18 anni, possono ricevere dosi superiori ai limiti previsti per le persone del pubblico secondo criteri di limitazioni di dose stabilite dal decreto
- Le donne gestanti non possono svolgere attività che le espongono in zone classificate o, comunque, attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda 1 mSv durante il periodo della gravidanza
- E' vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione
- Non possono essere sottoposti alle esposizioni soggette ad autorizzazione speciale:
 - le donne in età fertile
 - gli apprendisti e studenti
 - i lavoratori che abbiano subito, nei 12 mesi precedenti, per qualsiasi motivo, esposizioni comportanti dosi superiori ai valori limiti per i lavoratori di categoria A

MEDICO AUTORIZZATO

"Medico responsabile della sorveglianza medica dei lavoratori esposti, la cui qualificazione e specializzazione sono riconosciute secondo le procedure e le modalità stabilite nel presente decreto" [art. 4, D.Lgs. 230 (1995), D.Lgs. 241 (2000), D.Lgs. 257 (2001)]

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" (art. 4)

"La sorveglianza medica dei lavoratori di categoria A è assicurata tramite medici autorizzati. La sorveglianza medica dei lavoratori esposti che non sono classificati di categoria A è assicurata tramite medici competenti o medici autorizzati" (art. 83)

ATTRIBUZIONI DEL MEDICO ADDETTO ALLA SORVEGLIANZA MEDICA

- Analisi dei rischi individuali connessi con la 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
- Istituzione e aggiornamento dei documenti sanitari personali
- Visite mediche preventive, periodiche e straordinarie
- 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 casi di esposizioni accidentali o di emergenza
- Indicazione, sulla base dell'età e dello stato di salute, dei lavoratori che possono essere sottoposti ad esposizioni soggette ad autorizzazione speciale
- Sorveglianza medica eccezionale
- Segnalazioni di malattie professionali all'Ispettorato provinciale del lavoro e agli organi del SSN competenti per il territorio; segnalazioni all'ISPEL di neoplasie ritenute radioindotte

DOCUMENTO SANITARIO PERSONALE

- Dati raccolti nella visita preventiva e nelle visite mediche periodiche, straordinarie ed in occasione della sorveglianza medica eccezionale
- Destinazione lavorativa, rischi ad essa connessi e successivi mutamenti
- 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
- Deve essere conservato sino alla data in cui il lavoratore compie o avrebbe compiuto il 75° anno di età, ed in ogni caso per almeno 30 anni dopo la cessazione del lavoro comportante esposizione alle radiazioni ionizzanti
- Il medico addetto alla sorveglianza medica consegna il documento sanitario personale e altri documenti inerenti alla radioprotezione all'ISPESL entro 6 mesi dalla cessazione del rapporto di lavoro del lavoratore radioesposto o dalla cessazione dell'attività di impresa

VISITE MEDICHE e CLASSIFICAZIONE DELL'IDONEITA'

- La **visita medica preventiva** comprende *un'anamnesi completa*, dalla quale risultino anche le eventuali esposizioni precedenti, dovute sia alle mansioni lavorative sia a esami e trattamenti medici, e *un esame clinico generale* completato da adeguate *indagini specialistiche e di laboratorio*, per valutare (i) ***l'idoneità al rischio generico***, (ii) ***l'idoneità allo svolgimento di particolari mansioni***, (iii) ***l'idoneità a sopportare il rischio specifico*** (fisologia del RISCHIO ACCETTABILE)
- Classificazione dei lavoratori alla visita medica preventiva: (i) idonei, (ii) idonei a determinate condizioni, (iii) non idonei
- I lavoratori radioesposti sono sottoposti a **visita medica periodica** almeno una volta all'anno (semestrale nei lavoratori di categoria A) e ogniqualvolta venga variata la destinazione lavorativa o aumentino i rischi connessi a tale destinazione (**visita medica straordinaria**)
- Classificazione dei lavoratori alla visita medica periodica : (i) idonei, (ii) idonei a determinate condizioni, (iii) non idonei, (iv) lavoratori sottoposti a sorveglianza sanitaria dopo la cessazione del lavoro che gli ha esposti a radiazioni ionizzanti

Cognome _____ Nome _____

nat_ a _____ (_____) il _____



Mod. AIRM
241/1/01)

DOCUMENTO SANITARIO PERSONALE

Art. 90 D. Lgs. 230/95 - Allegato XI, Mod. C - D.Lgs. 241/2000



OMICRON Editrice s.c.r.l. - Via Imperiale 43/1 - 16143 Genova
Tel. 010 510251 - 501341 - Fax 010 514330 - E-mail omicred@tin.it

Tutti i diritti sono riservati. E' vietata per legge la riproduzione in fotocopia ed in qualsiasi altra forma (con sistemi di archiviazione, riproduzione e trasmissione, anche con mezzo elettronico, meccanico, od altro) di qualsiasi parte di questa pubblicazione che risulti aggiuntiva ai dati ed alle notizie prescritte nel modello C- Allegato XI - del D. Lgs. n. 241/2000, senza l'autorizzazione scritta della Associazione AIRM e dell'Editore



DOCUMENTO SANITARIO PERSONALE

Mod. AIRM 241/I/01

(in conformità mod. C, All. XI, D.Lgs 241/2000)

N. ARCHIVIO

LAVORATORE _____ M F

LUOGO E DATA DI NASCITA _____ (PROV. _____)

DOMICILIO _____ (CAP) _____ VIA _____

TEL. _____ CODICE FISCALE

QUALIFICA _____

DATORE DI LAVORO _____

DATA DI ASSUNZIONE _____ PREVISTO INIZIO ATTIVITÀ CON R.I. _____

SEDE/I DI LAVORO _____

Il presente documento sanitario personale (DOSP) è istituito per:

- Prima destinazione lavorativa Adeguamento D.Lgs 241/2000
- Esaurimento del documento precedente
- Altri motivi

Il Medico addetto alla sorveglianza medica
della radioprotezione

Il presente documento sanitario personale (DOSP) è costituito da n. 43 pagine.

Data _____

Il Datore di lavoro

VISITA MEDICA PREVENTIVA

(Prima destinazione lavorativa a rischio da RI, art. 84 D. Lgs 230/95)

I. Dati occupazionali (1)

Destinazione lavorativa - mansioni:

ESPOSIZIONE A RISCHI DA RADIAZIONI IONIZZANTI

Irradiazione esterna: Totale Parti del corpo (2) _____

Irradiazione interna (3) _____

Classificazione (4) cat. A cat. B

ESPOSIZIONE AD ALTRI FATTORI DI RISCHIO per i quali la normativa vigente prevede la sorveglianza sanitaria (5)

prevista in atto

Specificare quali (6): _____

Sorveglianza affidata al Medico competente _____

Rischi da Radiazioni non ionizzanti - N.I.R. (7)

2. Anamnesi lavorativa

ESPOSIZIONE PRECEDENTE A RADIAZIONI IONIZZANTI NO SI(8): _____

Dose accumulata per esposizione totale(8) mSv: _____ di cui:

per esposizione accidentale mSv: _____ per esposizione di emergenza mSv: _____

per esposizione soggetta ad autorizzazione speciale mSv: _____

Dose accumulata a parti del corpo (2) mSv: _____

Dose efficace impegnata (3) mSv: _____

Data dell'incorporazione _____

ESPOSIZIONE PRECEDENTE AD ALTRI FATTORI DI RISCHIO(9) _____

(1) I dati di questa sezione sono forniti dal Datore di lavoro e dall'Esperto Qualificato, ciascuno per gli aspetti di competenza. Abitualmente ciò avviene mediante scheda di destinazione lavorativa, che ogni Azienda può elaborare a seconda dei rischi lavorativi in essere. In ogni caso il Medico RP dovrà indicare il rispettivo numero degli allegati al DOSP, da lui visitati e numerati progressivamente, per ciascuna delle voci riportate.

(2) Specificare eventuali parti del corpo a maggior rischio.

(3) Specificare i radionuclidi.

(4) Fornita dall'Esperto Qualificato.

3. Anamnesi familiare

4. Anamnesi personale

Esposizione a RI dovuta a trattamenti medici (indicare tipo di trattamento e dose, se conosciuta) _____

Infortunati, traumi (lavorativi o extralavorativi) _____

Invalidità riconosciute (civile, INPS, INAIL, assic. private) _____

Contemporanea esposizione a rischio da RI presso altri Datori di lavoro o per attività professionale autonoma _____

Altre notizie: _____

Data _____

Firma del Lavoratore _____

(5) Tra i casi in cui la mansione specifica comporta la sorveglianza sanitaria dei lavoratori ai sensi del titolo I capo IV del D.Lgs 626/94 rientrano:

a) tutti i casi in cui vengano svolte lavorazioni tabellate;
b) tutte le situazioni in cui la valutazione dei rischi, prevista dalle vigenti normative, abbia evidenziato la necessità di sorveglianza sanitaria. In particolare tali situazioni sono indicate, per quanto attiene al D. Lgs 626/94 agli artt. 48 (movimentazione manuale dei carichi); 55 (uso di videoterminali); 69 (agenti cancerogeni); 86 (agenti biologici).

(6) Secondo le indicazioni fornite dal Datore di lavoro.

(7) Specificare quali. Abitualmente viene incaricato della sorveglianza, con apposito atto formale, il medico RP.

(8) Precisare: Datori di lavoro, mansioni svolte, periodi, e ogni altro dato riguardante le pregresse attività lavorative con rischio da RI secondo le informazioni fornite dal Lavoratore, anche in ottemperanza al disposto dell'art. 68-bis del D. Lgs 241/2000. I dati dosimetrici dovranno essere forniti dal Datore di lavoro, in base alla nota 6 del modello C, Allegato XI, D. Lgs 241/2000.

(9) Specificare: fattori di rischio, Datori di lavoro, periodi, mansioni svolte ed ogni altro dato utile fornito dal Lavoratore in relazione alle sue precedenti atti-

5. Esame clinico generale

Statura cm _____ Peso Kg. _____ P.A. _____ Polso _____

Cute e annessi _____

Linfonodi _____

Capo e collo (tiroide) _____

Apparati respiratorio e cardiovascolare _____

Addome _____

Urogenitale _____

Locomotore _____

Neurologico _____

Altri rilievi clinici _____

6. Accertamenti integrativi (specialistici e/o di laboratorio)

(Indicare gli accertamenti eseguiti, il numero di riferimento dei referti e - sommariamente - il loro esito. I referti, vistati dal medico RP ed allegati al presente Documento ne costituiscono parte integrante.)

Eventuali ulteriori accertamenti richiesti e loro esiti, ai fini del giudizio di idoneità

(La formulazione del giudizio è subordinata all'acquisizione e valutazione dei relativi referti da parte del Medico R.P. In attesa di tale valutazione il Lavoratore non dovrà essere esposto a rischio da R.I. come notificato dal Medico RP al Datore di lavoro e al Lavoratore - V. Fac-simile, mod. 1)

Data visita _____

Firma: Il Medico RP _____

Il Lavoratore _____

7. Valutazioni conclusive (sintesi diagnostica dei dati clinico-anamnestici e dei risultati degli accertamenti integrativi, in relazione agli specifici rischi occupazionali).

8. Giudizio di idoneità all'esposizione alle radiazioni ionizzanti

Idoneo

Idoneo con le seguenti condizioni _____

Non idoneo

Data giudizio _____

Il Medico RP _____

Il Lavoratore, preso atto del giudizio di idoneità sopra formulato è stato informato che avverso al giudizio stesso è ammesso ricorso, entro 30 giorni, all'Ispettorato Medico Centrale del Lavoro, ai sensi dell'art. 95 del D.Lgs 230/95.

Il Lavoratore _____

9. Giudizio di idoneità all'esposizione agli altri fattori di rischio, indicati al punto 1, per i quali la normativa vigente prevede adempimenti di sorveglianza sanitaria.

Lavoratore: _____	Unità operativa _____		
VISITA MEDICA	<input type="checkbox"/> Preventiva	<input type="checkbox"/> Periodica	<input type="checkbox"/> A richiesta del lavoratore
Si certifica che il Lavoratore suddetto è stato sottoposto il _____ alla visita medica sopraindicata per esposizione ai seguenti fattori di rischio: _____ _____			
con il seguente esito:			
<input type="checkbox"/> Idoneo <input type="checkbox"/> Non idoneo			
<input type="checkbox"/> Idoneo con le seguenti condizioni: _____ _____			
<input type="checkbox"/> Temporaneamente non idoneo sino a _____			
Da sottoporre a nuova visita medica entro il _____ previa esecuzione dei seguenti accertamenti: _____ _____			
Data _____	Il Medico Competente _____		
Il Lavoratore, preso atto del giudizio di idoneità sopra formulato è stato informato che avverso al giudizio stesso è ammesso ricorso, entro 30 giorni, all'organo di vigilanza competente per territorio, ai sensi dell'art. 17, comma 4, del D.Lgs 626/94.			
Data _____	Il Lavoratore _____		
Pervenuto <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO dal Medico Competente il _____ Il Medico RP _____			

10. Trasmissione del giudizio al Datore di lavoro (V. Fac-simile, mod. 2 e mod. 3)

Effettuata il _____ a mezzo: _____

per esposizione alle radiazioni ionizzanti

per esposizione ad altri fattori di rischio

(giudizio pervenuto SI NO dal Medico Competente il _____)

Data _____

Il Medico RP _____

PERIODICA STRAORDINARIA ECCEZIONALE (1)

- | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 1 | cambiamento di mansioni | <input type="checkbox"/> 5 | variazioni del rischio da RI |
| <input type="checkbox"/> 2 | variazioni classificazione RP | <input type="checkbox"/> 6 | prosecuzione sorveglianza medica |
| <input type="checkbox"/> 3 | controllo cessazione inidoneità | <input type="checkbox"/> 7 | esposizioni soggette ad autorizzazione speciale (1) |
| <input type="checkbox"/> 4 | richiesta dal Lavoratore | <input type="checkbox"/> 8 | fine rapporto di lavoro |

Allegati: _____

1. Dati occupazionali (2)

ESPOSIZIONE A RISCHI DA RADIAZIONI IONIZZANTI

Irradiazione esterna: Totale Parti del corpo(3) _____

Irradiazione interna (4) _____

Classificazione RP (5) cat. A cat. B

ESPOSIZIONE AD ALTRI FATTORI DI RISCHIO per i quali la normativa vigente prevede la sorveglianza sanitaria (6)

NO SI (7) affidata al Medico competente _____

Specificare quali rischi: _____

Rischi da Radiazioni non ionizzanti - NIR (8) _____

2. Dosi (comunicate dall'E.Q. 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 (3) mSv: _____

Dose efficace impegnata (9) mSv: _____

(1) Affidate per legge al Medico Autorizzato.

(2) Questa sezione va compilata in caso di variazioni rispetto all'ultima visita medica, con i dati forniti dal Datore di lavoro, dall'Esperto Qualificato, dal Medico Competente, ciascuno per le proprie attribuzioni. Il Medico RP dovrà indicare il rispettivo Allegato, da lui visitato e numerato progressivamente, per ciascuna delle voci riportate. A questo scopo potrà eventualmente utilizzare lo spazio riservato alle annotazioni.

(3) Specificare quali.

(4) Specificare radionuclidi, forma chimica, stato chimico-fisico, attività media mensile manipolata.

(5) Fornito dall'Esperto Qualificato.

(6) Tra i casi in cui la mansione specifica comporta la sorveglianza sanitaria dei lavoratori ai sensi del titolo I capo IV del D.Lgs 626/94 rientrano:

a) tutti i casi in cui vengano svolte lavorazioni tabellate;
b) tutte le situazioni in cui la valutazione dei rischi, prevista dalle vigenti normative, abbia evidenziato la necessità di sorveglianza sanitaria. In particolare tali situazioni sono indicate, per quanto attiene al D. Lgs 626/94 agli artt. 48 (movimentazione manuale dei carichi); 55 (uso di videoterminali); 69 (agenti cancerogeni); 86 (agenti biologici).

(7) Secondo le indicazioni fornite dal Datore di lavoro e/o dal Medico Competente.

(8) Specificare quali. Per l'esposizione alle NIR viene abitualmente incaricato, con apposito atto formale, il Medico RP.

(9) Specificare i radionuclidi.

3. Anamnesi intercorrente

Esposizione a RI da trattamenti medici (tipo e dose, se conosciuta) _____

Infortuni, traumi (lavorativi o extralavorativi) _____

Invalità riconosciute (civile, INPS, INAIL, assic. private) _____

Contemporanea esposizione a rischio da RI presso altri Datori di lavoro o per attività professionale autonoma _____

Data _____

Firma del Lavoratore _____

4. Esame obiettivo (1)

5. Accertamenti integrativi specialistici e/o di laboratorio (2)

6. Eventuali ulteriori accertamenti richiesti e loro esiti (3)

7. Valutazioni conclusive (4)

(1) Con particolare riferimento ad eventuali modificazioni rispetto alla visita precedente.

(2) Indicare gli accertamenti eseguiti, il numero di riferimento dei referti e - sommariamente - il loro esito. I referti, vistati dal medico RP ed allegati al presente Documento, ne costituiscono parte integrante.

(3) Durante il periodo necessario all'espletamento e alla valutazione delle indagini specialistiche e di laboratorio richieste dal Medico RP, il giudizio di idoneità in precedenza formulato conserva la sua efficacia, ai sensi dell'art. 85, comma 6, del D. Lgs 230/95.

(4) Sintesi diagnostica dei dati clinico-anamnestici e dei risultati degli accertamenti integrativi, in relazione agli specifici rischi occupazionali.

8. Giudizio di idoneità all'esposizione alle radiazioni ionizzanti

- Idoneo
- Idoneo con le seguenti condizioni _____

- Lavoratore sottoposto a sorveglianza medica dopo la cessazione dell'esposizione
- Non idoneo

Data giudizio _____ Il Medico RP _____

Il Lavoratore, preso atto del giudizio di idoneità sopra formulato è stato informato che avverso al giudizio stesso è ammesso ricorso, entro 30 giorni, all'Ispettorato Medico Centrale del Lavoro, ai sensi dell'art. 95 del D.Lgs 230/95.

Il Lavoratore _____

9. Giudizio di idoneità all'esposizione agli altri fattori di rischio, indicati al punto 1, per i quali la normativa vigente prevede adempimenti di sorveglianza sanitaria

<p>Lavoratore: _____ Unità operativa _____</p> <p>VISITA MEDICA <input type="checkbox"/> Preventiva <input type="checkbox"/> Periodica <input type="checkbox"/> A richiesta del lavoratore</p> <p>Si certifica che il Lavoratore suddetto è stato sottoposto il _____ alla visita medica sopraindicata per esposizione ai seguenti fattori di rischio: _____ _____</p> <p>con il seguente esito:</p> <p><input type="checkbox"/> Idoneo <input type="checkbox"/> Non idoneo</p> <p><input type="checkbox"/> Idoneo con le seguenti condizioni: _____ _____</p> <p><input type="checkbox"/> Temporaneamente non idoneo sino a _____</p> <p>Da sottoporre a nuova visita medica entro il _____ previa esecuzione dei seguenti accertamenti: _____ _____</p> <p>Data _____ Il Medico Competente _____</p> <p>Il Lavoratore, preso atto del giudizio di idoneità sopra formulato è stato informato che avverso al giudizio stesso è ammesso ricorso, entro 30 giorni, all'organo di vigilanza competente per territorio, ai sensi dell'art. 17, comma 4, del D.Lgs 626/94.</p> <p>Data _____ Il Lavoratore _____</p>
--

Il giudizio inserito nello spazio soprastante è pervenuto SI NO da parte del Medico Competente

Il Medico RP _____

10. Trasmissione del giudizio al Datore di lavoro (V. Fac-simile, mod. 2 e mod. 3)

Effettuata il _____ a mezzo: _____

- per esposizione alle radiazioni ionizzanti
- per esposizione ad altri fattori di rischio
(giudizio pervenuto SI NO dal Medico Competente il _____)

Data _____ Il Medico RP _____

VISITA MEDICA PREVENTIVA
COMUNICAZIONE AL DATORE DI LAVORO

Al Datore di lavoro _____

Oggetto: necessità di ulteriori accertamenti per il Lavoratore _____

Si comunica che il Lavoratore in oggetto, sottoposto a visita medica preventiva in data odierna, necessita dei seguenti ulteriori accertamenti ai fini della formulazione del giudizio di idoneità all'esposizione ai rischi da radiazioni ionizzanti a cui è destinato:

Di conseguenza al momento attuale il Lavoratore stesso non può essere adibito ad attività con rischio da radiazioni ionizzanti sino a nuova comunicazione dello scrivente.

Data _____ Il Medico addetto alla sorveglianza della Radioprotezione _____

Modulo prestampato da allegare alla
TRASMISSIONE DEL GIUDIZIO DI IDONEITÀ AL LAVORO
CON ESPOSIZIONE AD ALTRI FATTORI DI RISCHIO

Lavoratore: _____ Unità operativa _____

VISITA MEDICA Preventiva Periodica A richiesta del lavoratore

Si certifica che il Lavoratore suddetto è stato sottoposto il _____ alla visita medica sopraindicata per esposizione ai seguenti fattori di rischio: _____

con il seguente esito:

Idoneo Non idoneo

Idoneo con le seguenti condizioni: _____

Temporaneamente non idoneo sino a _____

Da sottoporre a nuova visita medica entro il _____ previa esecuzione dei seguenti accertamenti: _____

Data _____ Il Medico Competente _____

Il Lavoratore, preso atto del giudizio di idoneità sopra formulato è stato informato che avverso al giudizio stesso è ammesso ricorso, entro 30 giorni, all'organo di vigilanza competente per territorio, ai sensi dell'art. 17, comma 4, del D.Lgs 626/94.

Data _____ Il Lavoratore _____

CONSERVAZIONE DEL DOCUMENTO SANITARIO PERSONALE

Cessazione dell'impresa - Risoluzione del rapporto di lavoro

Il presente Documento, completo di n. _____ allegati, unitamente ai documenti di cui all'art. 81, comma 1, lettere d) ed e), del D. Lgs 230/95 e successive modificazioni ed integrazioni, viene trasmesso ai sensi dell'art. 90, comma 4 per:

- cessazione dell'attività dell'Impresa, avvenuta il _____ notificata il _____
 risoluzione del rapporto di lavoro, avvenuta il _____ notificata il _____

Copia del Documento viene consegnata al Lavoratore _____
ai sensi dell'art. 90, comma 2, del medesimo Decreto, a mezzo _____

Data _____ Il Medico RP _____

Cessazione dall'incarico del Medico RP

Per cessazione dall'incarico, avvenuta il _____ il presente Documento Sanitario Personale, completo di n. _____ allegati, viene consegnato al Medico RP subentrante _____

Data _____ Il Medico RP uscente _____

Dichiarazione di ricevuta

Dichiaro di ricevere dal Dott. _____ che cessa dall'incarico il presente Documento completo di n. _____ allegati, relativo al Lavoratore: _____

Dichiaro altresì di ricevere la precedente documentazione concernente la sorveglianza medica del lavoratore stesso, dal _____ al _____ e relativi allegati.

Data _____ Il Medico RP subentrante _____

Cessazione dall'incarico del Medico RP

Per cessazione dall'incarico, avvenuta il _____ il presente Documento Sanitario Personale, completo di n. _____ allegati, viene consegnato al Medico RP subentrante _____

Data _____ Il Medico RP uscente _____

Dichiarazione di ricevuta

Dichiaro di ricevere dal Dott. _____ che cessa dall'incarico il presente Documento completo di n. _____ allegati, relativo al Lavoratore: _____

Dichiaro altresì di ricevere la precedente documentazione concernente la sorveglianza medica del lavoratore stesso, dal _____ al _____ e relativi allegati.

Data _____ Il Medico RP subentrante _____

Tav. 1 - Scheda di destinazione lavorativa

Prima destinaz. lavorativa

Destinazioni successive

Lavoratore Matr. Sesso [M] [F]

Luogo e data di nascita

Domicilio Via Tel.

Dipendente

Data di assunzione

Studente*

Dipendente da terzi*

Lavoratore autonomo

Altro

* (indicare la Scuola o la Ditta/Ente di appartenenza)

Precedenti attività con radiazioni ionizzanti

SI NO

(nella stessa struttura e/o esterne per lavoro dipendente e/o autonomo)

Se SI, indicare: Datore/i di Lavoro, indirizzo/i, periodi di esposizione

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

Sede di lavoro:

Reparto/Servizio Data assegnazione

Qualifica

Mansioni (con rischio da radiazioni ionizzanti)

Firma del lavoratore

Firma del Resp.le Reparto/Servizio

Tav. 4 - Obblighi di informazione: dichiarazione del lavoratore

Io sottoscritto dichiaro e riconosco quanto segue:

- 1) ho preso visione integrale di quanto riportato dal medico nel Documento Sanitario Personale a me intestato e che ho sottoscritto in data odierna;
- 2) sono stato dettagliatamente e chiaramente informato dal medico delle dosi ricevute e/o delle introduzioni di sostanze radioattive (*) nonchè del loro significato biologico e sanitario;
- 3) ho ricevuto copia del giudizio medico di idoneità al lavoro specifico nonchè delle eventuali prescrizioni mediche da osservare;
- 4) ho / non ho / ricevuto copia delle analisi e degli accertamenti complementari;
- 5) premesso quanto sopra, non ho alcun ulteriore quesito, richiesta, osservazione, in merito alla sorveglianza medica della radioprotezione.

Data: Firma del lavoratore:

(*) Solo nel caso di mansioni che espongono al rischio di contaminazione interna.

Tav. 5 - Visita periodica: rinvio giudizio per accertamenti in corso

Si comunica che il dipendente in oggetto è stato sottoposto in data odierna a visita medica di radioprotezione.

Poichè si rendono necessari ulteriori accertamenti specialistici e di laboratorio, si fa presente che non è possibile al momento formulare un nuovo giudizio di idoneità al lavoro con rischio da radiazioni ionizzanti, in quanto è necessario attendere l'esito degli accertamenti richiesti.

Nel frattempo, così come previsto all'art. 85, comma 6, del D.Lgs. 230/95, il giudizio di idoneità in precedenza formulato conserva la sua efficacia.

Tav. 6 - Visita preventiva: rinvio giudizio per accertamenti in corso

Si comunica che il dipendente in oggetto è stato sottoposto in data odierna a visita medica preventiva per valutarne l'idoneità al lavoro con rischio da radiazioni ionizzanti.

Poichè si rendono necessari ulteriori accertamenti specialistici e di laboratorio, si fa presente che non è possibile formulare tale giudizio in data odierna.

Il lavoratore stesso non potrà pertanto essere al momento assegnato ad attività lavorative come "lavoratore radioesposto" ai sensi dell'All. III, par. 1, del D.Lgs. 230/95.

Si riportano in calce gli accertamenti che sono ritenuti necessari allo stato attuale, con riserva di indicare eventuali ulteriori esami che si rendessero indispensabili ai fini diagnostici, sulla base delle risultanze degli accertamenti al momento prescritti.

In base a quanto sopra, il lavoratore potrà essere convocato nuovamente a visita medica direttamente dallo scrivente.

Accertamenti richiesti:

Protocollo di sorveglianza sanitaria

Conforme alle raccomandazioni dell'Associazione Italiana per la Radioprotezione Medica (AIRM)

1. Protocollo diagnostico di base
2. Accertamenti mirati per i danni deterministici
3. Screening di tipo oncopreventivo

Per ogni lavoratore è istituito un documento sanitario personale (art. 90)

Protocollo di sorveglianza sanitaria

VISITA MEDICA PREVENTIVA

- *Anamnesi guidata ed esame clinico completo*
- *Protocollo diagnostico di base:*
 - Profilo ematologico
 - Profilo biochimico
 - Profilo urinario
 - Elettrocardiogramma
 - Antigene prostatico specifico (PSA) a partire dai 50 anni
- *Accertamento dei danni deterministici e stocastici radioinducibili:*
 - Ecografia tiroidea
 - Visita oculistica

Protocollo di sorveglianza sanitaria

VISITA MEDICA PERIODICA

- *Anamnesi guidata ed esame clinico completo*
semestrale (cat. A) o annuale (cat. B)
- *Protocollo diagnostico di base:*
 - Profilo ematologico
semestrale (cat. A) o annuale (cat. B)
 - Profilo urinario
semestrale (cat. A) o annuale (cat. B)
 - Profilo biochimico
annuale
 - Elettrocardiogramma
triennale fino ai 40 anni
biennale tra i 40 e i 60 anni
annuale dopo i 60 anni
 - Antigene prostatico specifico (PSA)
annuale a partire dai 50 anni
- *Accertamento dei danni deterministici e stocastici radioinducibili:*
 - Ecografia tiroidea
periodicità variabile
 - Visita oculistica
triennale fino ai 40 anni
biennale tra i 40 e i 60 anni
annuale dopo i 60 anni

SORVEGLIANZA MEDICA ECCEZIONALE

- E' effettuata dal solo medico autorizzato
- E' obbligatoria per i lavoratori esposti, gli apprendisti e gli studenti che abbiano subito in un anno solare un'esposizione maggiore del limite di 20 mSv per la dose efficace
- E' obbligatoria per i lavoratori esposti, gli apprendisti e gli studenti che abbiano subito in un anno solare un'esposizione maggiore dei limiti fissati per particolari organi o tessuti
- E' obbligatoria per i lavoratori di categoria A sottoposti ad esposizioni soggette ad autorizzazione speciale da parte delle autorità di vigilanza territorialmente competenti (esposizioni inerenti a situazioni specifiche, limitate nel tempo, circoscritte a determinate aree di lavoro e tali da non superare il doppio dei limiti di dose fissati per i lavoratori di categoria A)