

**COMANDO PROVINCIALE
VIGILI DEL FUOCO
BARI
NUCLEO REGIONALE NBCR**



**FORMULE DI USO CORRENTE PER I
CALCOLI NEGLI INTERVENTI IN
PRESENZA DI SOSTANZE RADIOATTIVE**

Misura dell'attività della sorgente

L'attività della sorgente si valuta mediante il numero di disintegrazioni che avvengono in un secondo.

La vecchia unità di misura era il CURIE (Ci) che rappresenta l'attività di un grammo di Radio in equilibrio radioattivo; 1 CURIE corrisponde a 37 Miliardi (37×10^9) di disintegrazioni al secondo.

La nuova unità di misura è il BECQUEREL (Bq) che non è altro che UNA disintegrazione al secondo.

$$1 \text{ BECQUEREL (Bq)} = 1 \text{ Dis./sec.}$$

$$1 \text{ CURIE (Ci)} = 37 \times 10^9 \text{ Dis./sec.} = 37 \times 10^9 \text{ Becquerel (Bq)}$$

$$1 \text{ BECQUEREL} = 0,27027 \times 10^{-7} \text{ CURIE}$$

Misura dell'attività della sorgente

I multipli del BECQUEREL sono:

KBq = KILOBecquerel = 10^3 Bq = 1.000 Bq

MBq = MEGABecquerel = 10^6 Bq = 1.000.000 Bq

GBq = GIGABecquerel = 10^9 Bq = 1.000.000.000 Bq

TBq = TERABecquerel = 10^{12} Bq = 1.000.000.000.000 Bq

Misura dell'esposizione (in aria)

L'unità di misura per l'esposizione in aria resta ancora il ROENTGEN, inteso come quella "quantità" di radiazione X o γ che provoca in 1 Kg di aria la formazione di $2,58 \times 10^{-4}$ Coulomb di cariche elettriche.

Pertanto:

$$1 \text{ ROENTGEN} = \frac{2,58 \times 10^{-4} \text{ Coulomb}}{1 \text{ Kg di aria}}$$

Misura dell'assorbimento (di qualsiasi radiazione in qualsiasi materiale)

La dose assorbita rappresenta l'energia assorbita dal corpo (e quindi sottratta alla radiazione) rispetto alla massa del corpo stesso quindi:

$$\text{DOSE assorbita} = \frac{\text{Energia assorbita (erg)}}{\text{Massa del corpo (grammi)}}$$

La vecchia unità di misura era il RAD, (Radiation Adsorbed Dose):

$$1 \text{ RAD} = \frac{100 \text{ erg}}{1 \text{ grammo massa}}$$

La nuova unità di misura è il GRAY che corrisponde a 100 RAD:

$$1 \text{ GRAY} = 100 \text{ RAD}$$

Misura del danno biologico

La valutazione del danno biologico va fatta tenendo conto del tipo di radiazioni incidenti per le quali esiste un fattore che va moltiplicato per la dose assorbita in RAD.

Il fattore si chiama RBE (Relative Biological Effect).

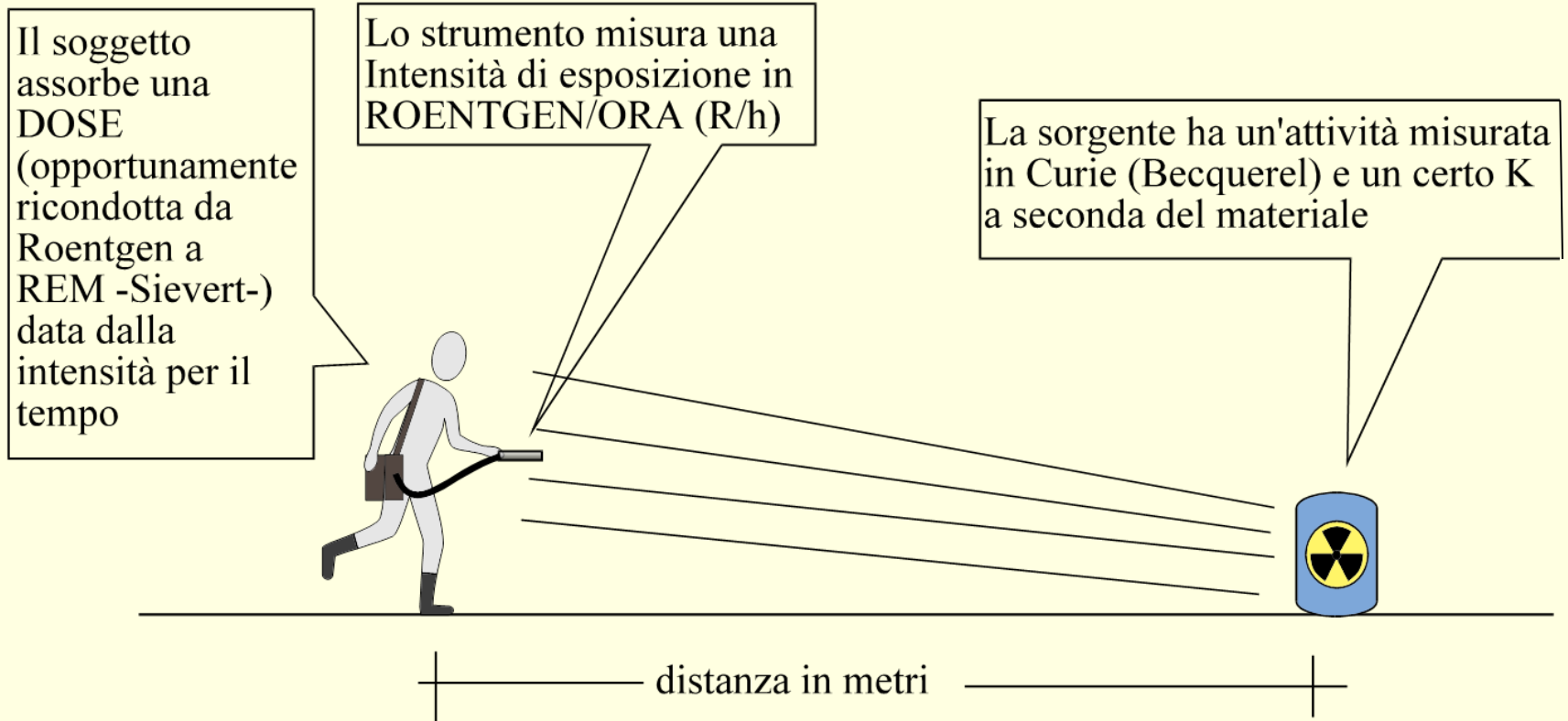
La vecchia unità di misura del danno biologico era il REM (Roentgen Equivalent Man), dato da:

$$1 \text{ REM} = 1 \text{ RAD} \times \text{RBE}$$

La nuova unità di misura è il SIEVERT, che corrisponde a 100 REM:

$$1 \text{ SIEVERT} = 100 \text{ REM}$$

Concetti fondamentali



$$\text{INTENSITÀ (R / h)} = I = \frac{K \times C}{d^2}$$

$$\text{DOSE ASSORBITA } D = I \times t = \frac{K \times C}{d^2} \times t$$

K = costante caratteristica del tipo di sorgente (in mancanza di dati, si considera = 1)

C = attività (in Curie)

d = distanza (in metri)

t = tempo di esposizione (in ore)

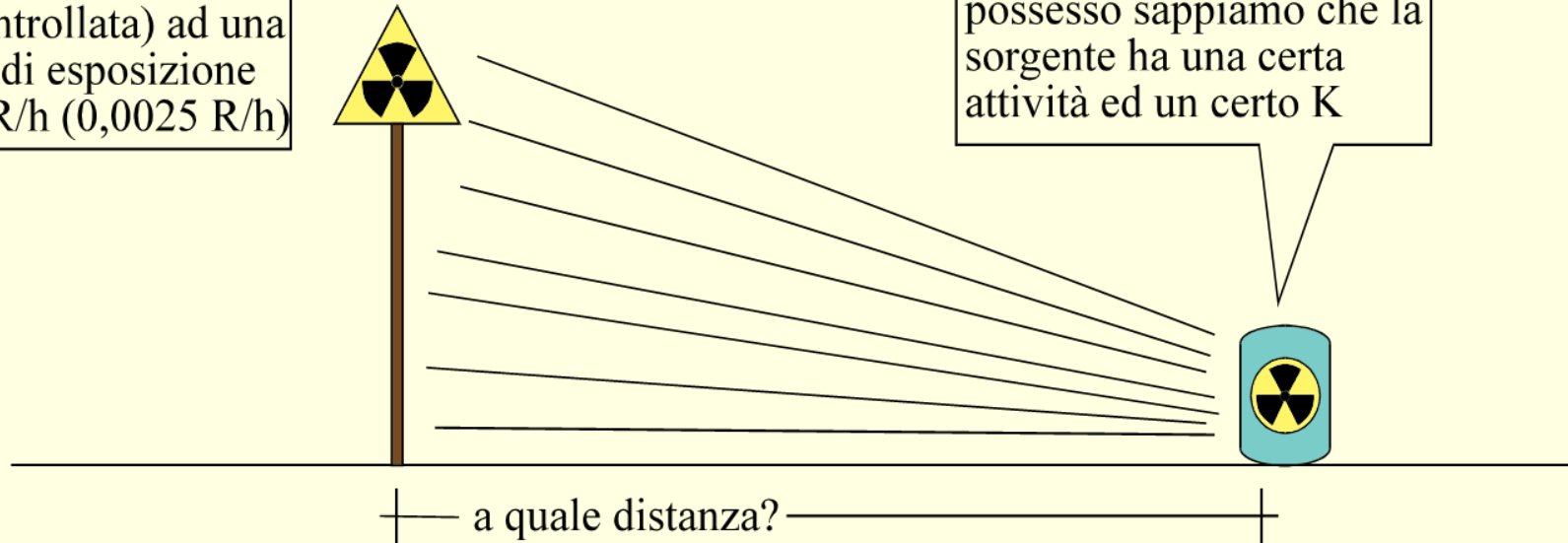
K = costante caratteristica del tipo di sorgente (in mancanza di dati, si considera pari ad 1)

d = distanza dalla sorgente (in metri)

Come fissare i limiti della zona controllata

Dobbiamo fissare i limiti della zona da evacuare (zona controllata) ad una intensità di esposizione di 2,5 mR/h (0,0025 R/h)

Dalle notizie in nostro possesso sappiamo che la sorgente ha una certa attività ed un certo K



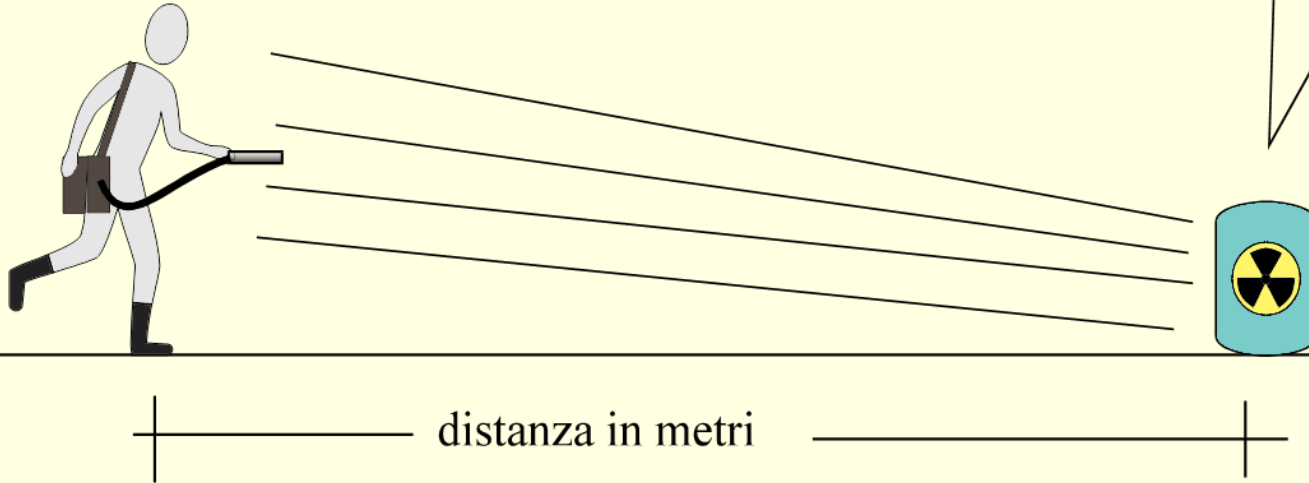
Supponiamo di avere una sorgente di Cobalto⁶⁰ che ha un'attività di 200 Curie. Dato che il K del Co⁶⁰ è di 1,36 possiamo ottenere la distanza di prima delimitazione a 2,5 mR/h (che corrispondono a 0,0025 R/h) con la formula seguente:

$$d = \sqrt{\frac{K \times C}{0,0025}} = \sqrt{\frac{1,36 \times 200}{0,0025}} = \sqrt{\frac{272}{0,0025}} = \sqrt{108.800} = 330 \text{ metri}$$

Come ricavare l'attività di una sorgente sconosciuta

Lo strumento misura una Intensità di esposizione in ROENTGEN/ORA (R/h)

Ci troviamo di fronte ad una sorgente sconosciuta; come è possibile fare una stima della sua attività?



Se con lo strumento stiamo misurando una intensità $I = 4,6$ R/h ad una distanza $d = 10$ m e non conosciamo il tipo di sostanza, per cui considereremo $K = 1$, otterremo una stima dell'attività con la formula seguente:

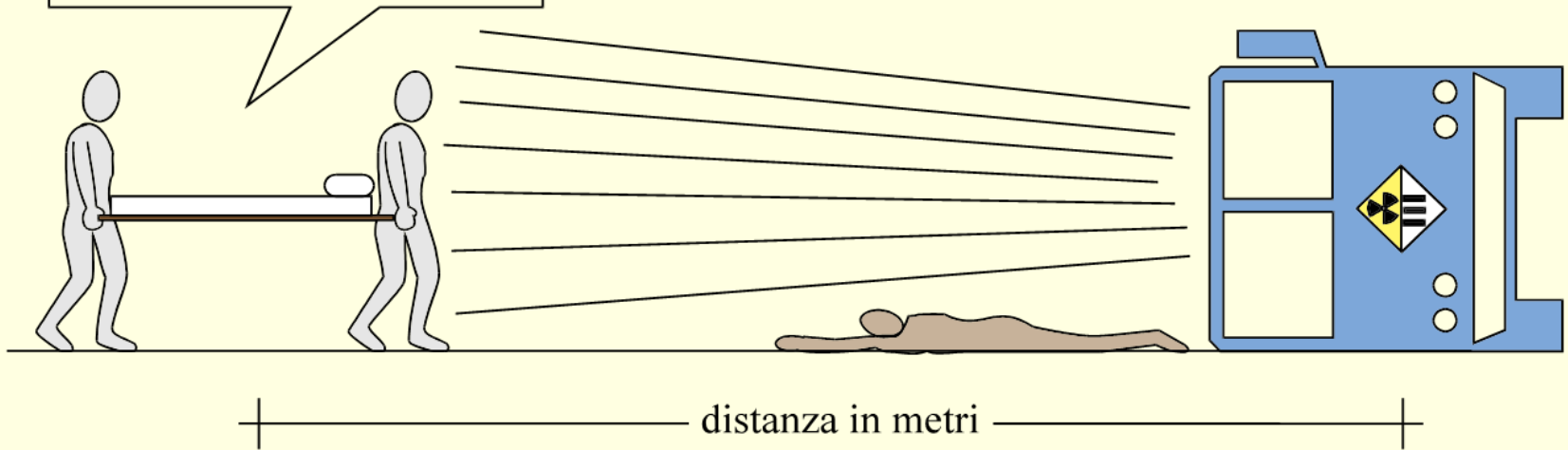
$$C = \frac{I \times d^2}{K} = \frac{4,6 \times 10^2}{1} = 460 \text{ Curie}$$

Pianificazione dell'intervento

Qual'è il tempo t a disposizione per svolgere l'intervento?

I soccorritori possono assorbire fino a 3 REM oppure fino a 12,5 REM (dose eccezionale concordata).*

La sorgente ha un'attività misurata in Curie (Becquerel) e un certo K a seconda del materiale.



Se non volessimo superare la dose di 3 REM ad una distanza di 8 metri da una sorgente di Co^{60} di 500 Curie, sapendo che il K del Co^{60} è 1,36, otteniamo il tempo massimo a disposizione con la seguente formula:

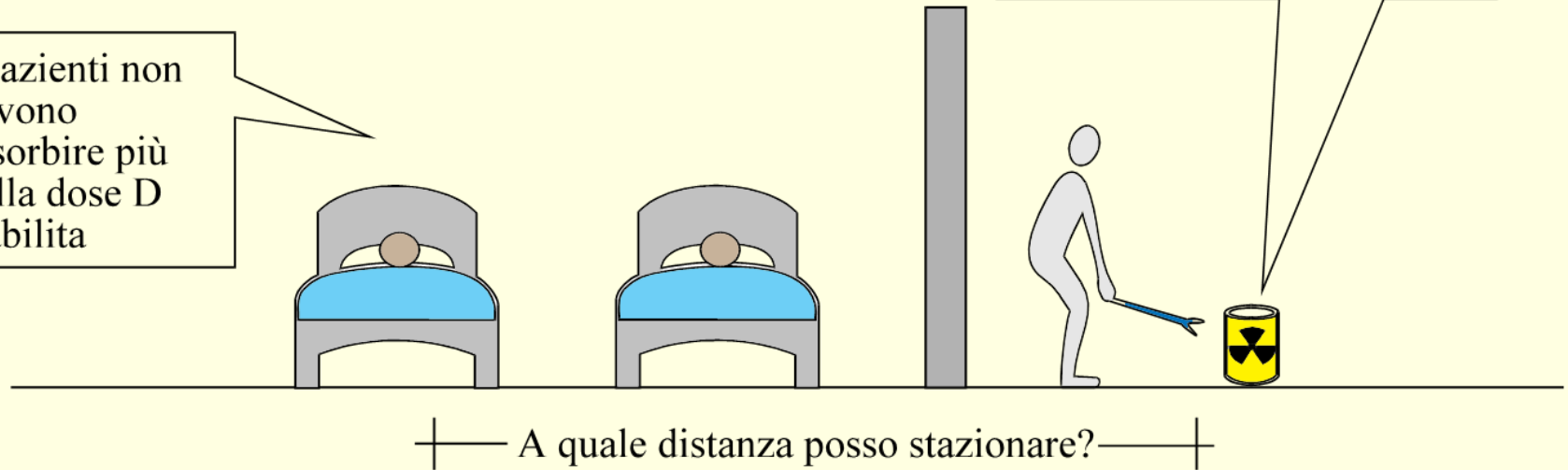
$$t = \frac{D \times d^2}{K \times C} = \frac{3 \times 8^2}{1,36 \times 500} = \frac{192}{680} = 0,28 \text{ ore} \Rightarrow 0,28 \text{ ore} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{ora}} = 17 \text{ min}$$

Verrà impiegato un certo tempo t per rimuovere la sorgente

Pianificazione dell'intervento

La sorgente ha un'attività misurata in Curie (Becquerel) e un certo K a seconda del materiale.

I pazienti non devono assorbire più della dose D stabilita



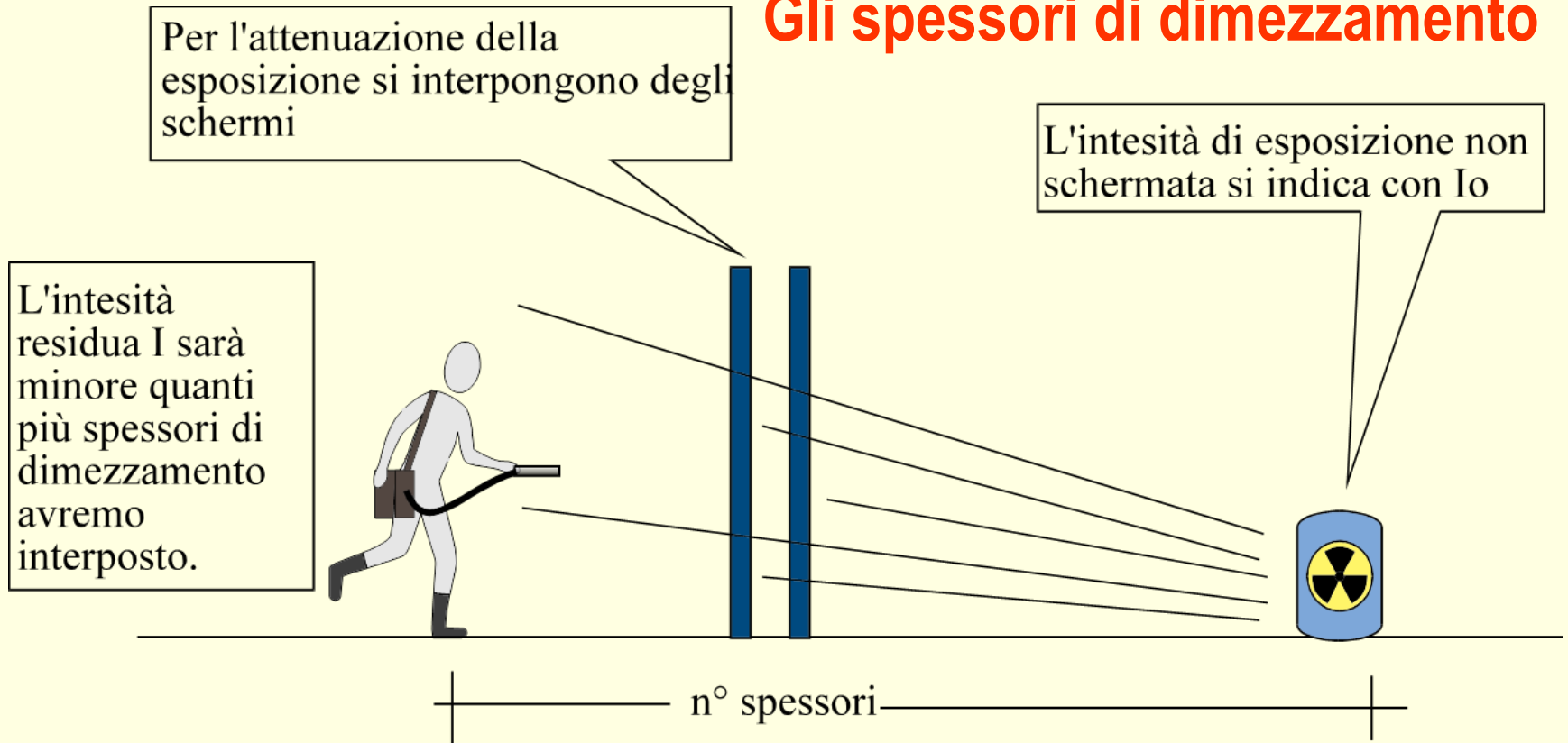
Se vogliamo determinare a quale distanza dobbiamo portare i pazienti da una sorgente di Cobalto⁶⁰ ($K=1,36$) con un'attività di 400 Curie, affinché non superino - ad esempio - una dose massima D di 0,1 REM, nel tempo t di 12 *minuti* (0,2 ore) che riteniamo di impiegare per svolgere il recupero della sorgente, con la seguente formula otteniamo:

$$\text{distanza } d = \sqrt{\frac{K \times C \times t}{D}} = \sqrt{\frac{1,36 \times 400 \times 0,2}{0,1}} = \sqrt{\frac{109}{0,1}} = \sqrt{1090} = 33 \text{ metri}$$

Nota: il tempo t di 12 *minuti* è stato trasformato in frazioni di ore mediante il seguente calcolo:

$$12 \text{ min} \times \frac{1 \text{ ora}}{60 \text{ min}} = \frac{12}{60} \text{ ora} = 0,2 \text{ ore}$$

Gli spessori di dimezzamento



Dopo aver misurato inizialmente un'intensità di esposizione senza schermatura $I_0 = 40$ R/h, possiamo calcolare il valore dell'intensità I che si avrebbe nello stesso punto, immaginando di aver interposto uno schermo costituito da n spessori di dimezzamento. Supponendo di avere interposto 3 spessori di dimezzamento, tramite la formula seguente otteniamo:

$$I = \frac{I_0}{2^n} = \frac{40}{2^3} = \frac{40}{8} = 5 \text{ Roentgen / h}$$

RICERCA SORGENTE RADIOATTIVA

