
Corso di formazione sulla protezione dalle radiazioni ionizzanti INFN - SEZIONE DI FERRARA

Luciano Lembo

30 -10 - 2007

lembolu@fastwebnet.it



Grandezze di misura

DOSE ASSORBITA IN UN MEZZO

Energia media assorbita per unità di massa del mezzo irradiato

$$D = \Delta E / \Delta m$$

(J/Kg)

Gray (Gy)

mGy

μGy



Grandezze di misura

- **DOSE EQUIVALENTE nel tessuto T**
- Dose media assorbita nel tessuto T pesata per il tipo di radiazione R

$$H_T = D w_R \quad (\text{J/Kg})$$

■ **Sievert (Sv) , mSv, μ Sv**

■ w_R fattore di peso per la qualità della radiazione

■ e-, gamma , X $w_R = 1$

■ neutroni $w_R = 5-20$

■ alfa $w_R = 20$



Grandezze di misura

DOSE EFFICACE

Somma delle Dosi Equivalenti corrette per le diverse radiosensibilità dei vari organi/tessuti

$$E = \sum H_T w_T \quad (\text{J/Kg})$$

Sievert (Sv) , mSv , μ Sv

w_T fattore di ponderazione per l'organo T

0.20 gonadi

0.12 midollo osseo/colon/stomaco/polmone

0.05 vescica/mammella/fegato/esofago/tiroide

0.01 pelle/superfici ossa

0.05 organi rimanenti(ghiandole surrenali, cervello,reni ecc.)



DOSE EFFICACE IMPEGNATA

Nel caso di IRRADIAZIONE INTERNA, per introduzione nel corpo di radionuclidi, l'irradiazione si protrae fino a quando il radionuclide rimane nel corpo, ovvero fino a quando non decade o viene eliminato tramite gli escreti. La grandezza dose efficace impegnata è la dose efficace prodotta per irradiazione interna integrata su 50 anni a partire dal momento dell'introduzione.

**J/Kg
Sievert (Sv)**



Grandezze di misura

ATTIVITA'

**Numero di trasformazioni nucleari di un radionuclide
nell'unità di tempo**

$$A = dN / dt$$

Becquerel (Bq)
sec⁻¹

kBq

MBq

1 μ Ci = 37 kBq



Tipologia dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti

L'esposizione alle radiazioni ionizzanti può essere originata da :

- **IRRADIAZIONE ESTERNA**

Sorgente di radiazioni ESTERNA al soggetto

- **IRRADIAZIONE INTERNA**

Sorgente di radiazioni INTERNA al soggetto, introdotta per ingestione od inalazione



■ IRRADIAZIONE ESTERNA AMBIENTALE

DOSI AMBIENTALI (valori annui in mSv)



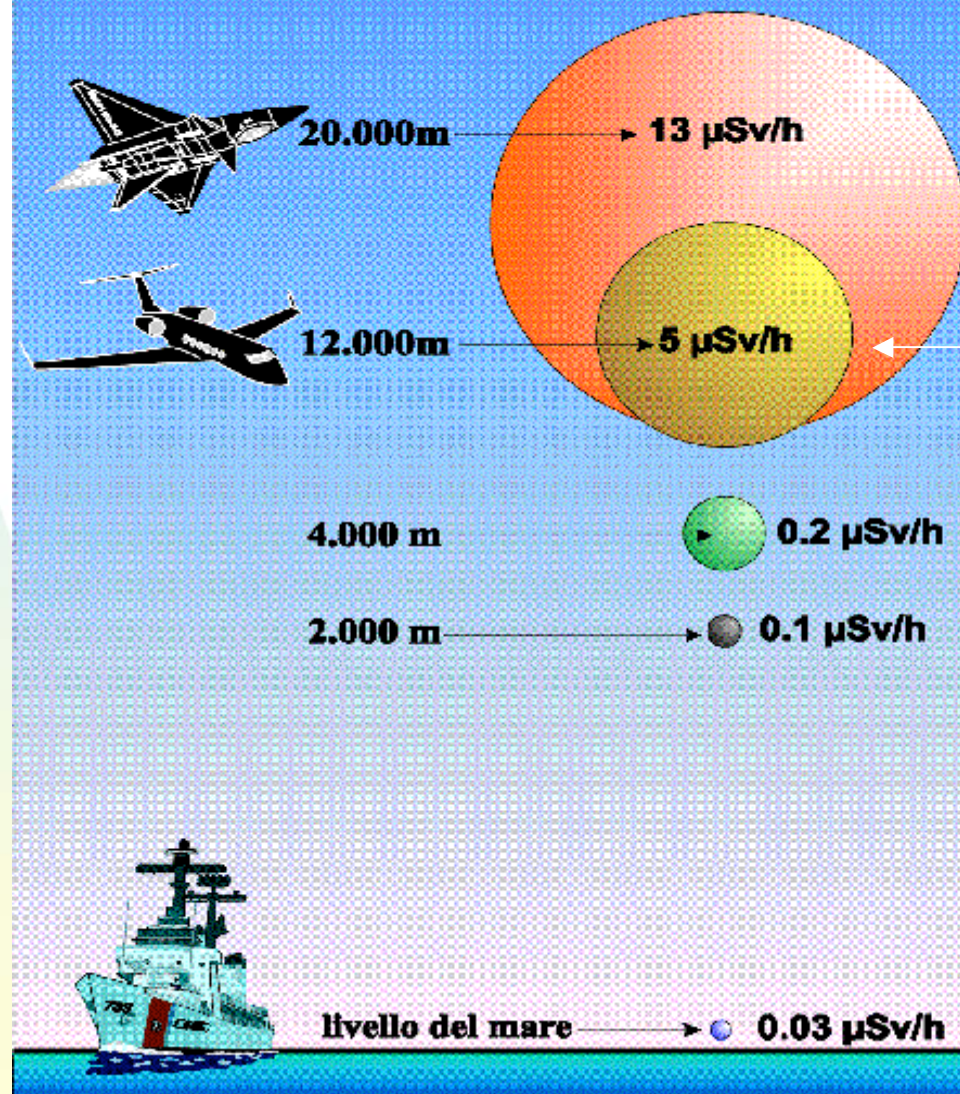
Intensità media
fondo naturale
~0.10 $\mu\text{Sv/h}$

E media fondo
naturale
≈ 1mSv/anno

lembolu@fastwebnet.it



RAGGI COSMICI



43.8 mSv/anno

0.03 µSv/h vebnet.it

E raggi cosm.
≈ 0.26
mSv/anno



■ IRRADIAZIONE INTERNA AMBIENTALE

Radon (Rn-222) della famiglia dell'U-238 ($t_{1/2} = 3,8$ gg, decadimento α).

E' un gas radioattivo inodore, insapore, invisibile e 7,5 volte più pesante dell'aria.

Si diffonde ovunque e la sua concentrazione varia da luogo luogo e dipende molto dalla ventilazione del locale.

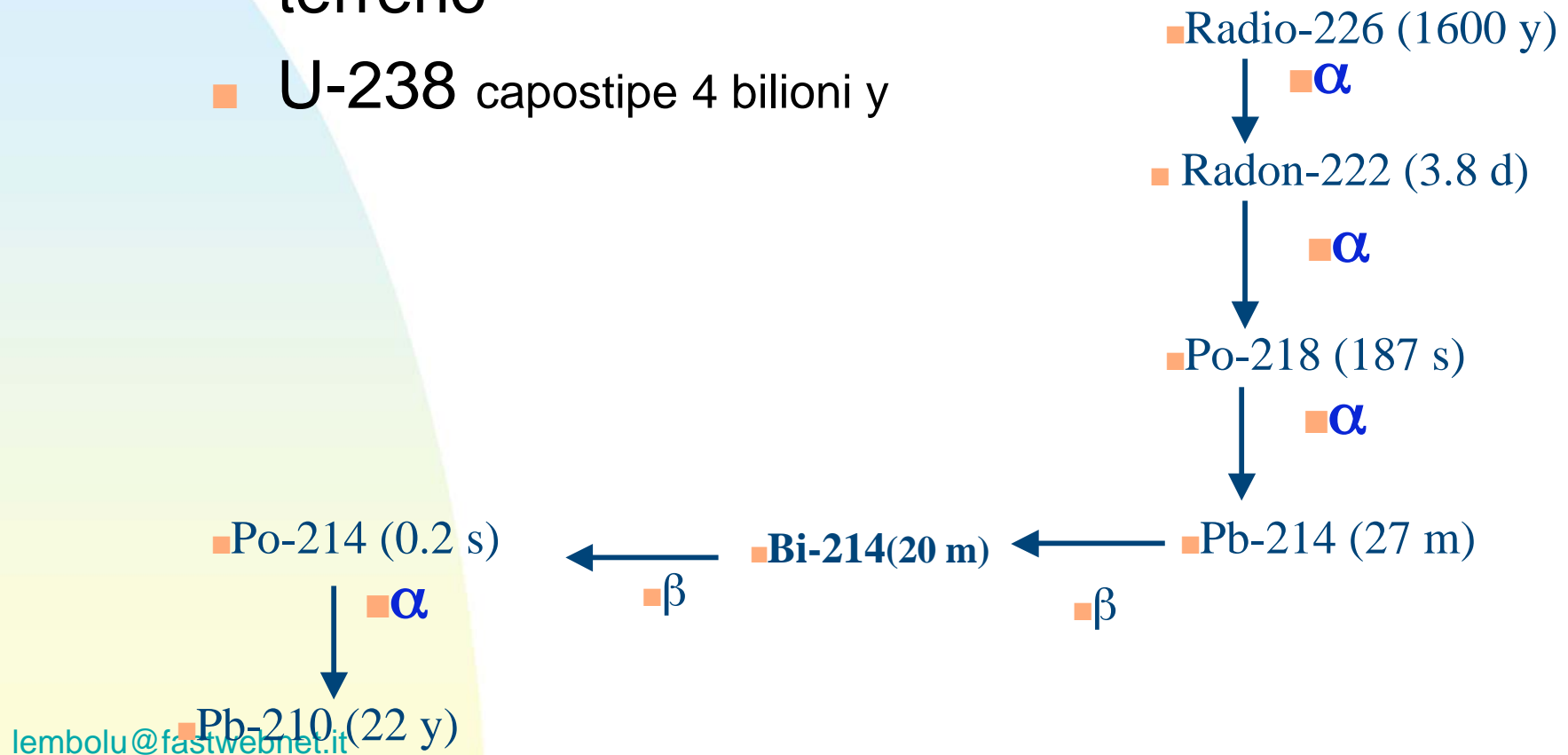
Irraggiamento interno per inalazione del gas radon e dei suoi figli

Dose media ~ 1.4 mSv/anno



Radon 222

- Gas radioattivo naturale emanato dal terreno
- U-238 capostipe 4 bilioni y



lembolu@fastwebnet.it



Radon

■ D-Lgs.230/95

■ Concentrazione abitazioni italiane

- ◆ media 77 Bq/m³
- ◆ 5% > 200 Bq/m³
- ◆ 1% > 400 Bq/m³

■ Livello di azione in ambienti lavorativi sotterranei (D.Lgs.230/95)

- ◆ **500 Bq/m³** (conc. media in un anno)



**Dose efficace media alla popolazione
dovuta al “fondo naturale” :**

2.4 mSv/anno

~ 1.0 mSv(irr. est.) + 1.4 mSv (irr. Int.)

in un anno

(~ 2400 μ Sv in un anno)



Dose efficace tipica per esami diagnostica RX

	RX convenz. mSv/esame	TAC
Testa	0,07	2
Torace	0,1	10
Addome	0,5	10
Pelvi	0,8	10



Normativa Italiana di
Protezione dalle Radiazioni
Ionizzanti

D.Lgs. 230/95 e s.m.i.

(D.Lgs. 241/00 e D.Lgs. 257/01)



D.Lgs. 230/95 e s.m.i

LIMITI ESPOSIZIONE POPOLAZIONE

- ◆ **≤ 1 mSv/anno dose efficace**
- ◆ 15 mSv/anno per la dose equivalente al cristallino;
- ◆ 50 mSv/anno per la dose equivalente alla pelle ed estremità



D.Lgs. 230/95 e s.m.i

LIMITI ESPOSIZIONE LAVORATORI

■ ≤ 20 mSv/anno Dose efficace

Equiv. di dose H per organi particolari

cristallino

H < 150 mSv /anno

pelle, mani, piedi (estremità)

H < 500 mSv /anno

LAVORATRICI ESPOSTE ETA' FERTILE APPRENDISTE e STUDENTESSE

Equiv. di dose addome

H < 13 mSv/ trimestre

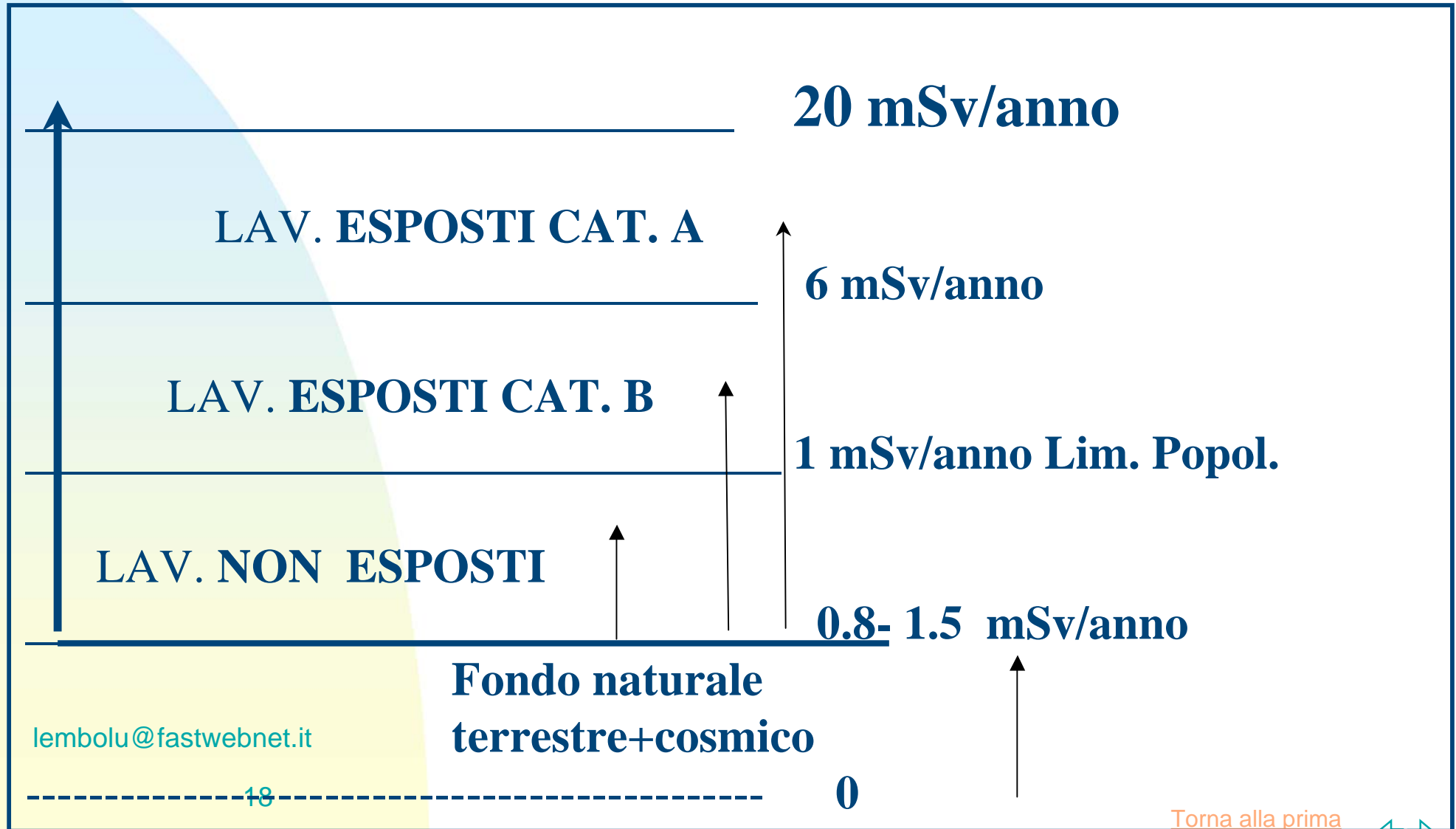
LAVORATRICI IN GRAVIDANZA

Equiv. di dose addome H < 1 mSv/ anno

lomb



CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI



lembolu@fastwebnet.it



CLASSIFICAZIONE DELLE AREE

mSv/anno

20

6

1

ZONA CONTROLLATA

ZONA SORVEGLIATA

ZONA NON CLASSIFICATA

Lim. Popol.

Fondo naturale

terrestre+cosmico

0

lembo

19

[Torna alla prima pagina](#)



ZONE CONTROLLATE/SORVEGLIATE

- **SEGNALATE**
- **DELIMITATE**
- **AD ACCESSO CONTROLLATO E
REGOLAMENTATO**



LAVORATORI ESPOSTI A e B

- **Sorveglianza fisica individuale**
 - ◆ **Dosimetro individuale**
 - ◆ corpo intero
 - ◆ estremità
- **Sorveglianza medica indiv.**
 - ◆ idoneità fisica preventiva
 - ◆ visita medica periodica
- **Informazione / formazione**

le



■ **Criteria per la classificazione dei lavoratori**

- **Carico di lavoro**
- **Condizioni operative di lavoro**
- **Mezzi di protezione utilizzabili**
- **Misure di dosimetriche di zona nell'ambiente di lavoro**
- **Possibili anomalie e malfunzionamenti**



Principi fondamentali radioprotezione

■ Giustificazione

- ◆ Ogni pratica con radiazioni deve essere preventivamente giustificata

■ Ottimizzazione

- ◆ Ogni pratica deve essere svolta in modo da mantenere l'esposizione tanto più bassa quanto ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali

■ Rispetto dei limiti di dose



Mezzi di Protezione

METODI FISICI

– DISTANZA

- (riduzione con l'inverso della distanza al quadrato)

– TEMPO

- Riduzione lineare con il tempo di esposizione

– SCHERMI

- Riduzione secondo le caratteristiche dello schermo
- **Beta** = schermi basso numero atomico (plexiglass)
- **Gamma** = schermi alto numero atomico (piombo)



Mezzi di Protezione

Procedure operative

- ◆ **Rigoroso rispetto delle procedure operative stabilite dalle Norme Interne di protezione dalle radiazioni, in particolare nella manipolazione delle sorgenti radioattive sigillate e non sigillate**



Esposizione da irraggiamento esterno

- Cs-137 370 kBq
 - ◆ a 10 cm 3.20 $\mu\text{Sv/h}$
 - ◆ a 100 cm ??? $\mu\text{Sv/h}$
- Co-60 370 kBq
 - ◆ a 5 cm 52.4 $\mu\text{Sv/h}$
 - ◆ a 10 cm 13.1 $\mu\text{Sv/h}$



ART. 61 - Obblighi del datore di lavoro

1- datori di lavoro ed i preposti devono, nell'ambito delle rispettive competenze, attuare le cautele di radioprotezione e di sicurezza previste dal presente capo omissis...

3 -omissis .

a) provvedere affinché gli ambienti di lavoro in cui sussista un rischio da radiazioni vengano, nel rispetto dell'art 82, individuati, delimitati, segnalati, classificati in zone e che l'accesso ad essi sia adeguatamente regolamentato

b) provvedere affinché i lavoratori interessati siano classificati ai fini della radioprotezione, nel rispetto dell'art.82



c) predisporre norme interne di protezione e sicurezza adeguate al rischio di radiazioni e curare che copia di dette norme sia consultabile nei luoghi frequentati dai lavoratori, ed in particolare nelle zone controllate.

d) fornire ai lavoratori, ove necessari, i mezzi di sorveglianza dosimetrica e di protezione, in relazione ai rischi cui sono esposti



e) **rendere edotti i lavoratori** , nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione, in relazione alle mansioni cui essi sono addetti, dei rischi specifici cui sono esposti, delle norme di protezione sanitaria, delle conseguenze derivanti dalla mancanza osservanza delle prescrizioni mediche, delle modalità di esecuzione del lavoro e delle norme interne di cui alla lettera c)

f) provvedere affinché i singoli lavoratori osservino le norme interne di cui alla lettera c), usino i mezzi di cui alla lettera d) ed osservino le modalità di esecuzione del lavoro di cui alla lettera c)



- g) provvedere affinché siano indicate, mediante appositi contrassegni, le sorgenti di radiazioni ionizzanti, fatta eccezione per quelle non sigillate in corso di manipolazione**
- h) fornire ai lavoratori i risultati relativi alla sorveglianza dosimetrica che lo riguardano direttamente**



4 - Per gli obblighi del comma 3), ad esclusione di quelli previsti alla lettera f), ... omissis..

i datori di lavoro devono avvalersi degli Esperti Qualificati, di cui all'art. 77, e dei Medici di cui all'art. 83omissis

5 - Tutti gli oneri economici relativi alla sorveglianza fisica e medica della radioprotezione sono a carico del DdL



ART. 68 - Obblighi dei lavoratori

1 - I lavoratori devono :

a) osservare le disposizioni impartite dal DdL o dai suoi incaricati, ai fini della protezione individuale e collettiva e della sicurezza, a seconda delle mansioni cui sono adde tti

b) usare secondo le specifiche istruzioni i dispositivi di sicurezza, i mezzi di protezione e di sorveglianza dosimetrica predisposti o forniti dal DdL



c) segnalare immediatamente al DdL al dirigente o al preposto le deficienze dei dispositivi e dei mezzi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica, nonché le eventuali condizioni di pericolo di cui vengono a conoscenza

d) non rimuovere né modificare, senza averne ottenuto la autorizzazione, i dispositivi, e gli altri mezzi di sicurezza, di segnalazione, di protezione e di misurazione



- e) **non compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza**
- f) **sottoporsi alla sorveglianza medica ai sensi del presente decreto**



Art. 69 - Disposizioni particolari per le lavoratrici

1 - Ferma restando l'applicazione delle norme speciali concernenti la tutela delle lavoratrici madri, le donne gestanti non possono svolgere attività che le espongono al rischio di superare i limiti di dose stabiliti per i lavoratori non esposti ai sensi dell'art. 96.

2 E' fatto obbligo alle lavoratrici di notificare al DdL il proprio stato di gestazione, non appena accertato



**3 E' altresì vietato adibire le
donne che allattano al seno ad
attività comportanti un rischio
di contaminazione radioattiva.**



NORME GENERALI DI RADIOPROTEZIONE

- Disposizioni generali
- I lavoratori esposti al rischio da radiazioni ionizzanti sono obbligati, ai sensi dell'art. 68 del D.Lgs. 230/95 e successive modifiche, ad osservare le disposizioni impartite dal datore di lavoro ai fini della sicurezza e della protezione dalle radiazioni individuale, collettiva e della popolazione.
- I mezzi di protezione e di sicurezza forniti dal datore di lavoro devono essere usati con cura ed in modo corretto. Tali mezzi non possono essere né modificati né rimossi, senza preventiva autorizzazione del datore di lavoro o del preposto.
- Eventuali deficienze dei dispositivi di sicurezza e di protezione o la presenza di eventuali condizioni di pericolo devono essere tempestivamente comunicate dal lavoratore al datore di lavoro o al preposto.
- Il personale femminile ha l'obbligo di notificare al datore di lavoro il proprio stato di gravidanza appena ne venga a conoscenza.



- **I lavoratori classificati "Esposti" sono obbligati a sottoporsi agli accertamenti medici preventivi, periodici e straordinari previsti dagli artt. 84 e 85 del D.Lgs. 230/95 e successive modifiche, secondo le disposizioni del datore di lavoro.**
- **L'accesso alle aree controllate e sorvegliate è consentito solo alle persone autorizzate.**
- **Il dosimetro personale è nominativo e pertanto non può essere scambiato con quello di altre persone. Il dosimetro non deve essere irradiato intenzionalmente e va utilizzato con la massima cura. Esso deve essere appeso al camice all'altezza del petto per la dosimetria del corpo intero, od in corrispondenza del polso o delle dita per la dosimetria delle estremità; in ogni caso, è necessario che nessun oggetto sia posto davanti al dosimetro.**
- **E' vietato compiere di propria iniziativa operazioni o manovre che possano compromettere la protezione e la sicurezza.**



- ◆ **TUTTI I DIPENDENTI ED ASSOCIATI INFN CHE DEVONO SVOLGERE ATTIVITA' CON RADIAZIONI IONIZZANTI DEVONO ESSERE PREVENTIVAMENTE AUTORIZZATI DALLA DIREZIONE E DEVONO COMPILARE L'APPOSITA SCHEDA DI RADIOPROTEZIONE PREDISPOSTA DALL'INFN.**

