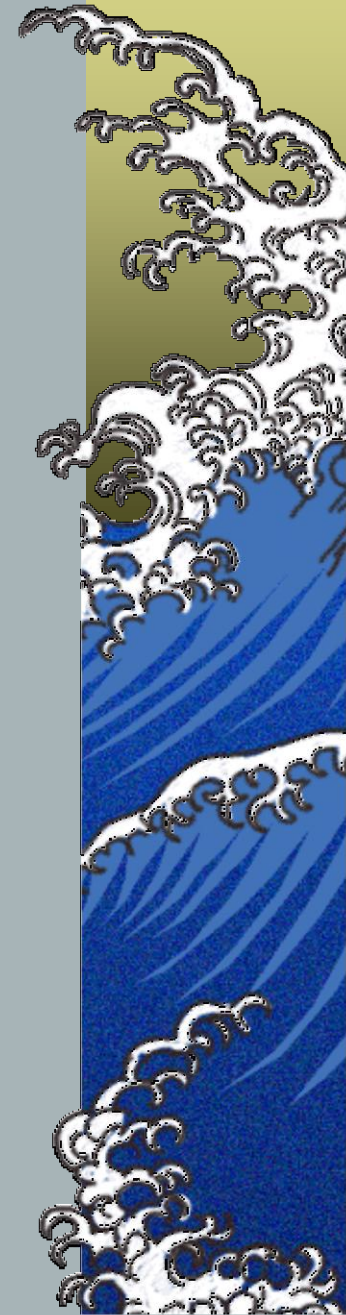
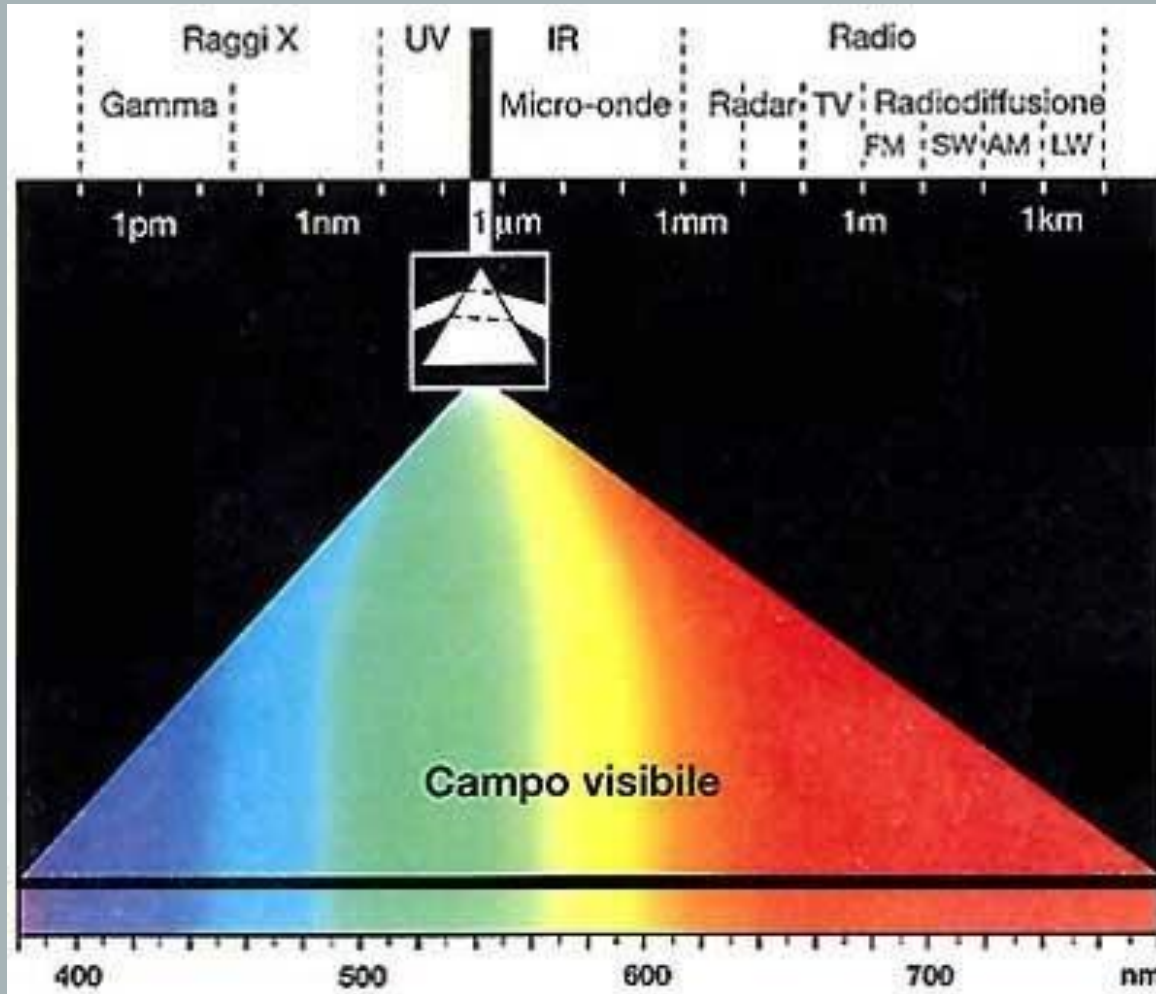
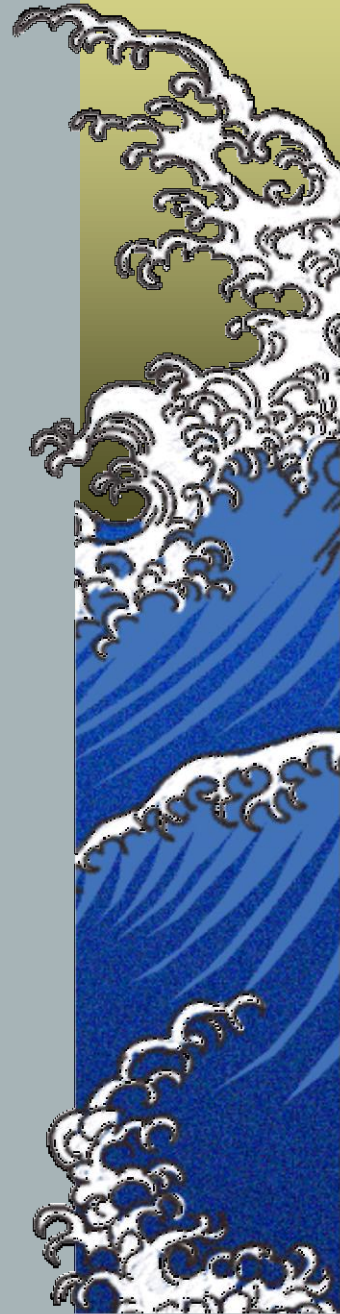


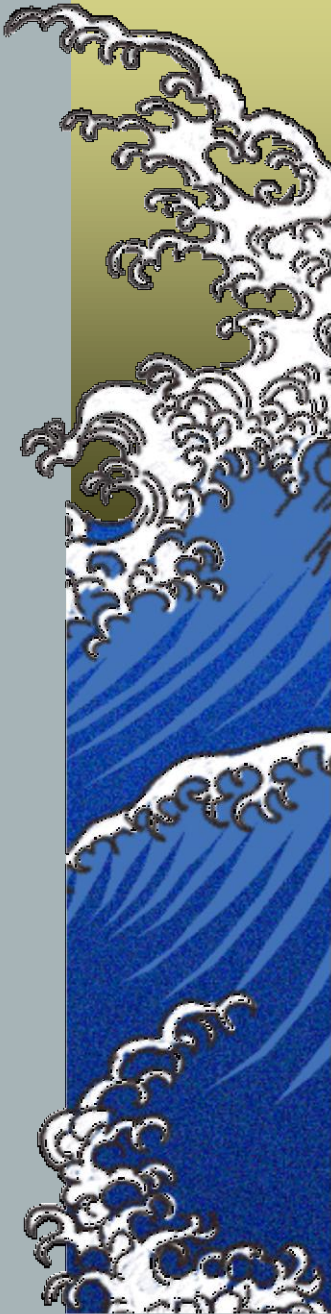
# Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti



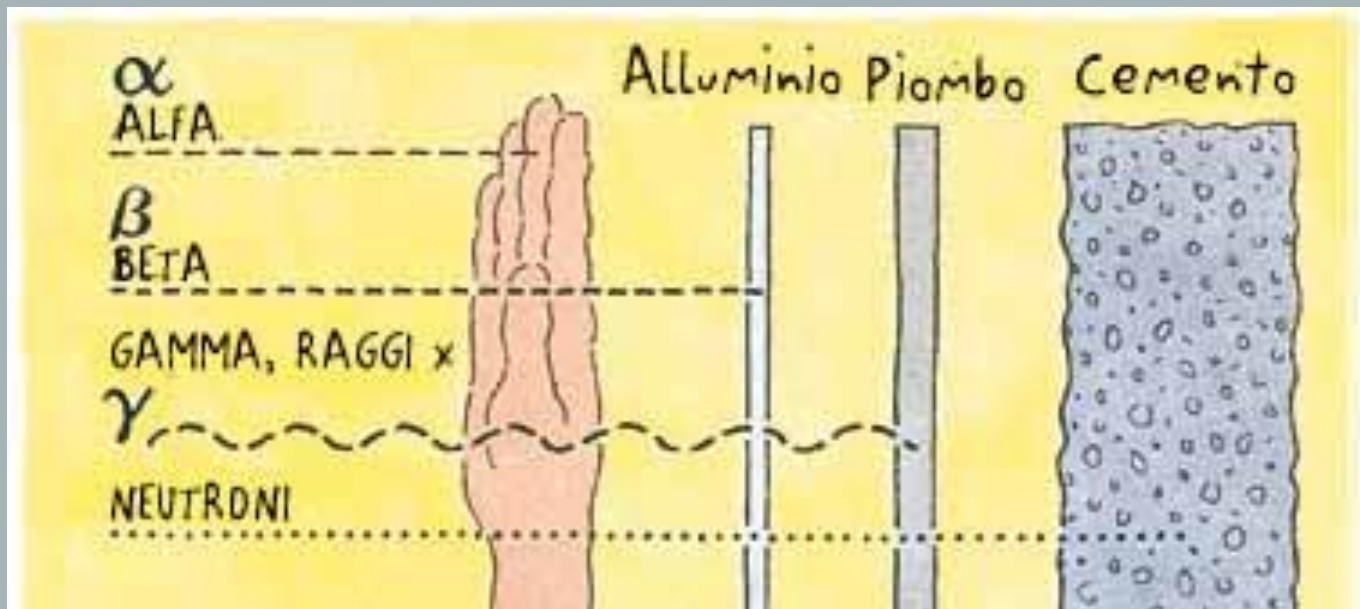
# Radiazioni ionizzanti

- ▶ *interagiscono con la materia determinando fenomeni di ionizzazione sia direttamente (elettroni, protoni, particelle alfa) che indirettamente (neutroni) cedendo energia ai protoni o indurre reazioni nucleari con emissione di particelle cariche*





# INTERAZIONE CON LA MATERIA: RADIAZIONI DIRETTAMENTE IONIZZANTI



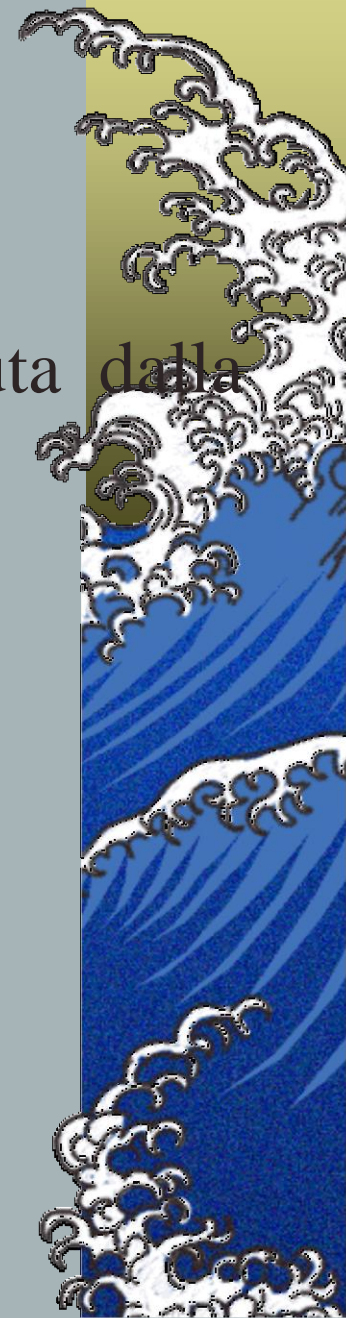
Fonte immagine: <http://info.casaccia.enea.it>

# GRANDEZZE DOSIMETRICHE

**DOSE ASSORBITA (D):** energia media ceduta dalla radiazione alla materia in un certo volume, divisa per la massa contenuta in quel volume.

**UNITA' di MISURA: Gray (Joule/kg)**

Un Gy corrisponde all'assorbimento di un Joule in un kg di materia.



# GRANDEZZE DOSIMETRICHE

- Le radiazioni hanno diverse capacità di produrre ioni per unità di percorso, e quindi **diversa potenzialità di produrre danni ai tessuti biologici**;
- la dose assorbita non tiene conto della diversità degli effetti indotti, a parità di energia assorbita;
- ai diversi tipi di radiazione, tenendo conto anche dell'energia, sono stati assegnati dei fattori di ponderazione diversi ( $w_R$ ), valutati rispetto alla radiazione di riferimento (fotoni, fattore = 1);
- è stata quindi introdotta una nuova grandezza, detta

***DOSE EQUIVALENTE***



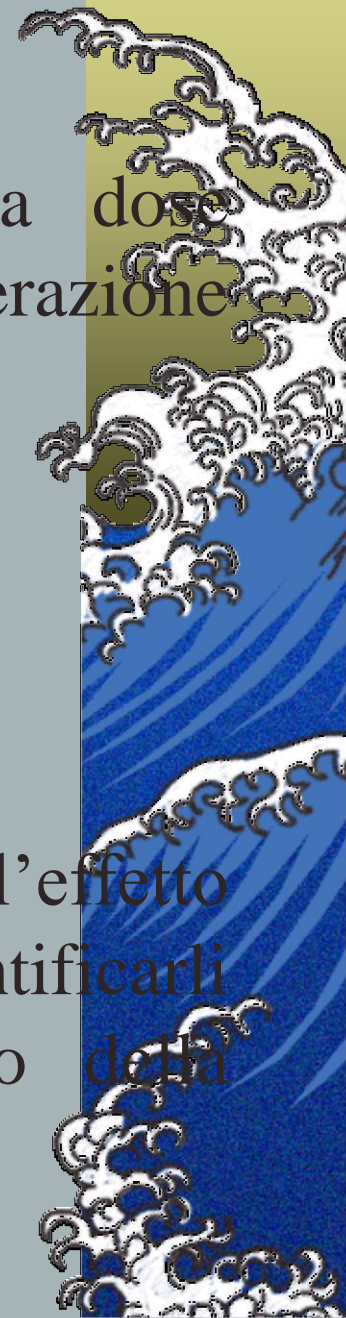
# GRANDEZZE DOSIMETRICHE

**DOSE EQUIVALENTE (H):** prodotto della dose assorbita in un tessuto (D) per il fattore di ponderazione della radiazione ( $w_R$ )

$$H = w_R * D$$

**UNITA' di MISURA: Sievert (Joule/kg)**

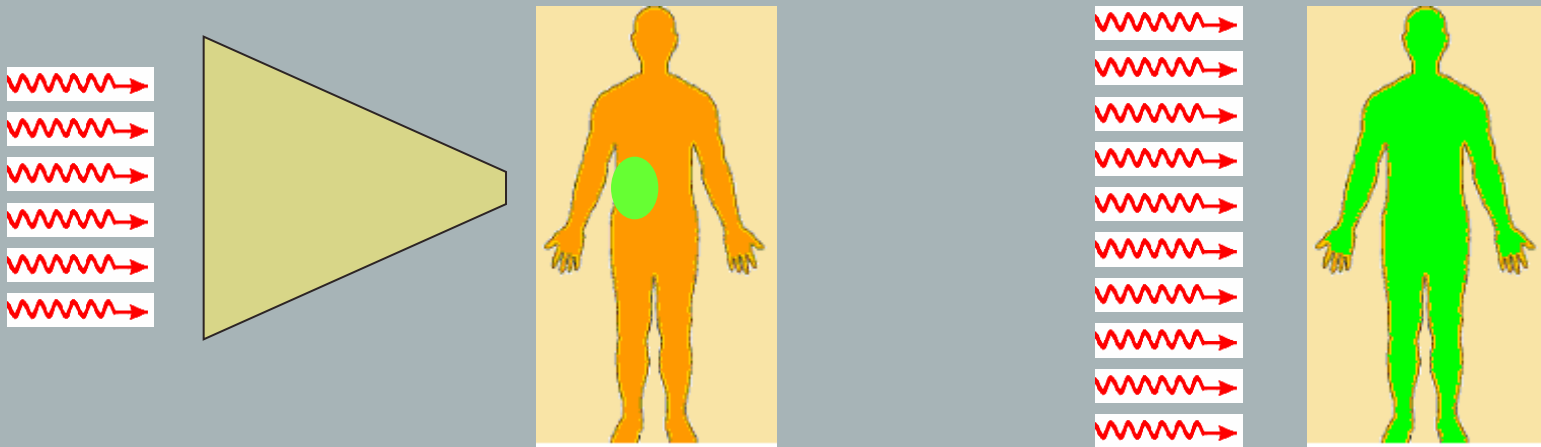
Esistono in realtà altri parametri che influenzano l'effetto delle radiazioni, ma non si è in grado di quantificarli (ossigenazione dei tessuti, PH, frazionamento della dose..).



# GRANDEZZE DOSIMETRICHE

- **Significato della dose efficace:**

Dose equivalente all'organo  $\times w_T$  = Dose equivalente al corpo intero

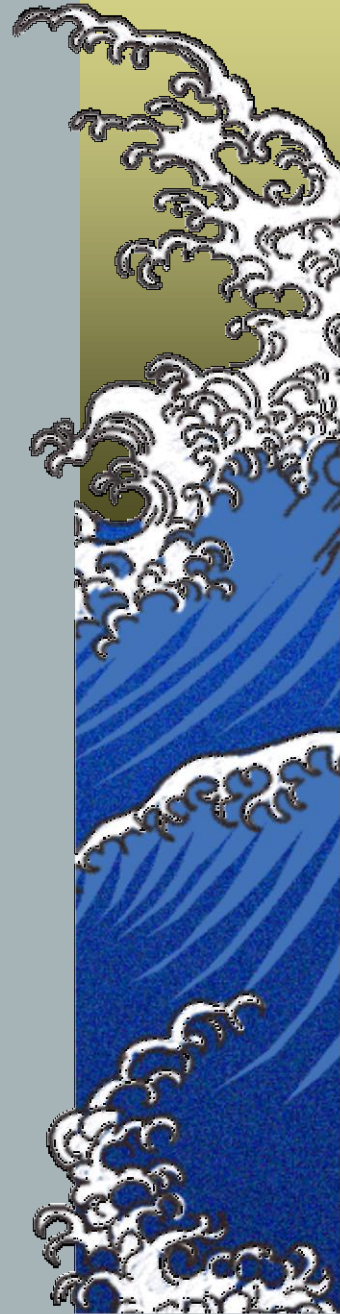


che darebbe lo stesso rischio di danni probabilistici



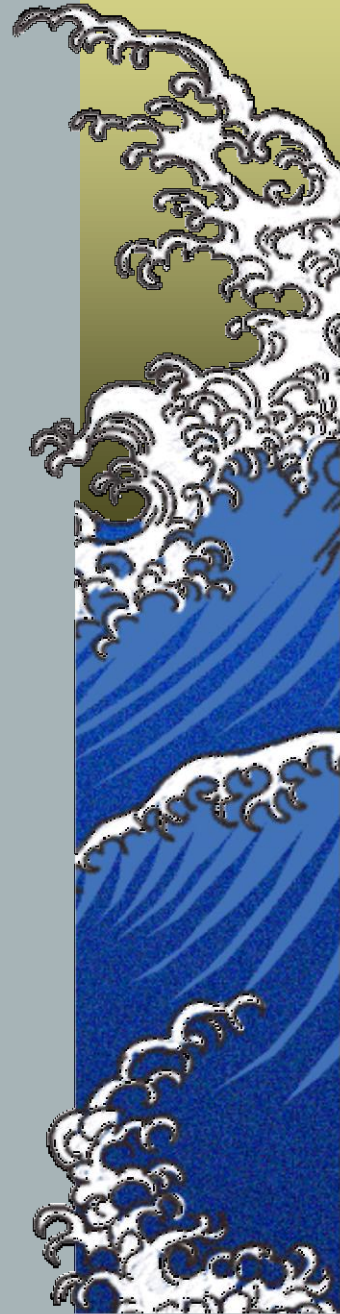
# Rx

- ▶ *Particelle cariche: quando le particelle alfa e beta penetrano nel tessuto perdono energia per interazione elettrica con gli elettroni degli atomi vicino ai quali passano*
- ▶ *Interazioni elettriche: le particelle determinano ionizzazione degli atomi*
- ▶ *Mutamenti fisico-chimici: elettrone e atomo ionizzato sono instabili e passano attraverso una catena di reazioni formando “radicali liberi”*
- ▶ *Mutamenti chimici: i radicali liberi possono interagire con altre molecole rilevanti (DNA, RNA) causando mutazioni*
- ▶ *Effetti biologici: alterazione della cellula con morte o formazione di cellule tumorali*



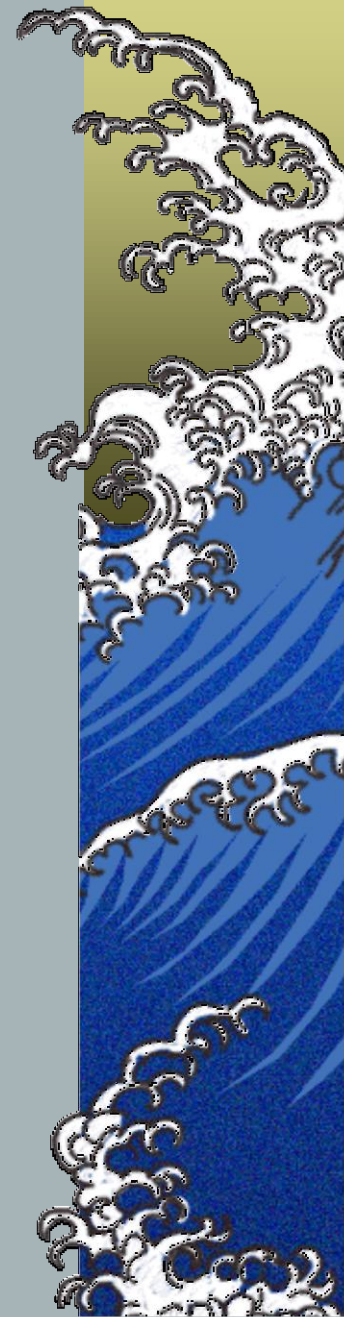
# Esposizione

- ▶ *la misuriamo in EQUIVALENTE DI DOSE (prodotto della dose assorbita per il fattore di qualità delle radiazioni) in Sievert (Sv)*
  - ▶ *1 Sv = 100 rem*
- ▶ *Lgs. 241/2000 attua la direttiva Euratom per la prevenzione del rischio di radiazioni ionizzanti provenienti da sorgente artificiale, da radionuclidi naturali e da macchine radiogene*



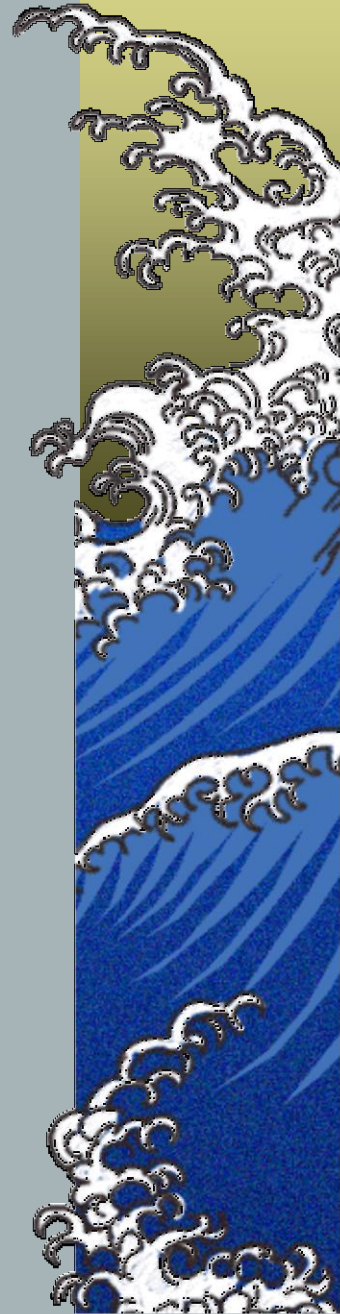
# Sorveglianza sanitaria

- ▶ *Sono definiti lavoratori esposti quelli che sono suscettibili di superare in un anno solare*
  - ▶ 1 mSv di dose efficace
  - ▶ 15 mSv di dose equivalente per il cristallino
  - ▶ 50 mSv di dose equivalente per la pelle
  - ▶ 50 mSv di dose equivalente per mani, avambracci, piedi e caviglie



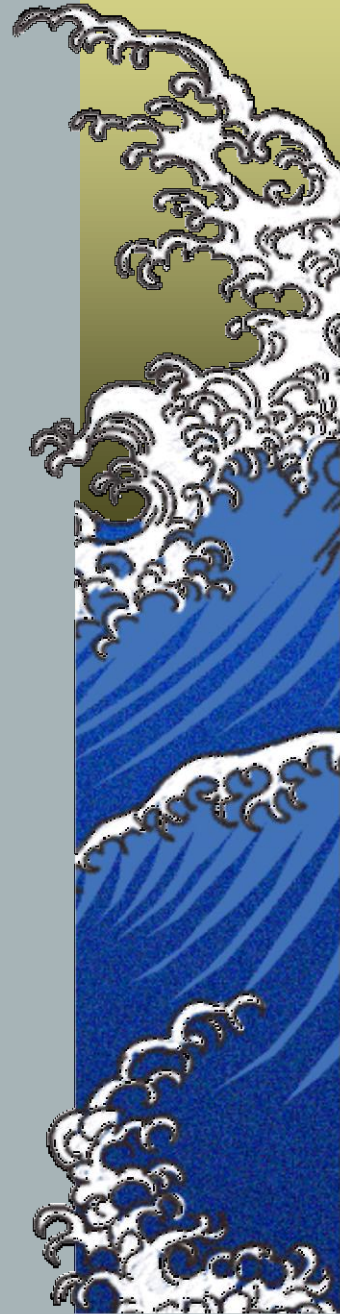
# Sorveglianza sanitaria

- ▶ *esposti di categoria A: visitati semestralmente da un medico autorizzato*
  - ▶ *possono essere esposti a dosi superiori a 6 mSv*
  - ▶ *non più di 100 mSv in in 5 anni consecutivi, non più di 50 mSv in 1 anno solare*
- ▶ *esposti di categoria B: visitati annualmente dal medico competente*
  - ▶ *possono ricevere una dose compresa fra 1 e 6 mSv*



# Esposizione del personale

- ▶ *nel periodo 1993-1998 la dose annuale dei medici in odontostomatologia si aggira intorno ai 0.6 mSv*
- ▶ *si tratta di esposizione inferiore all'1 mSv e quindi pari alla popolazione generale*
- ▶ *a scopo preventivo sono stati classificati come esposti di categoria B*



# Effetti delle Rx - acuti

## ▲ *SINDROME DA PANIRRADIAZIONE ACUTA*

▲ *500-600 rad (5-6 Gray) sopravvivenza impossibile*

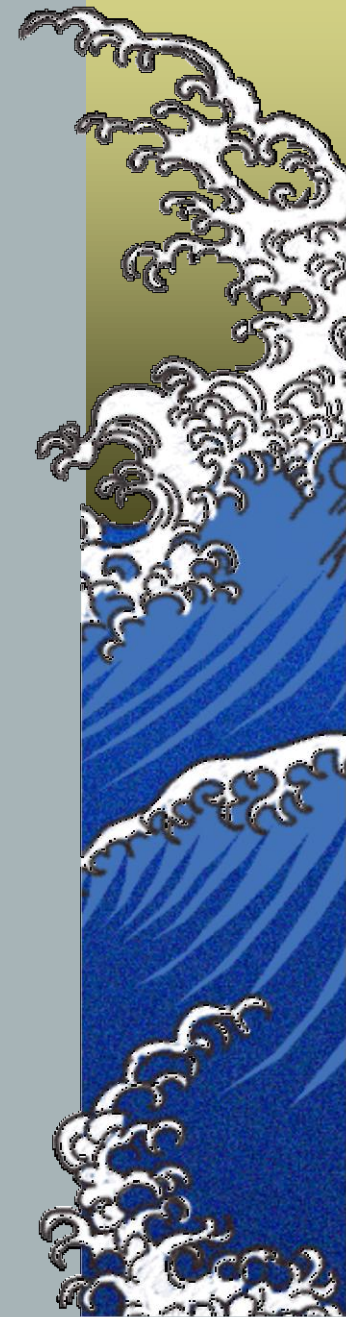
▲ *200-450 rad (2-4 Gray) sopravvivenza possibile*

▲ *100-200 rad sopravvivenza probabile*

▲ *1 Gray sopravvivenza virtualmente certa*

▲ \* rad=radiation absorbed dose

▲ \* rem=radiation equivalent men (1Sv=100 rem)



# Sindrome da panirradiazione acuta

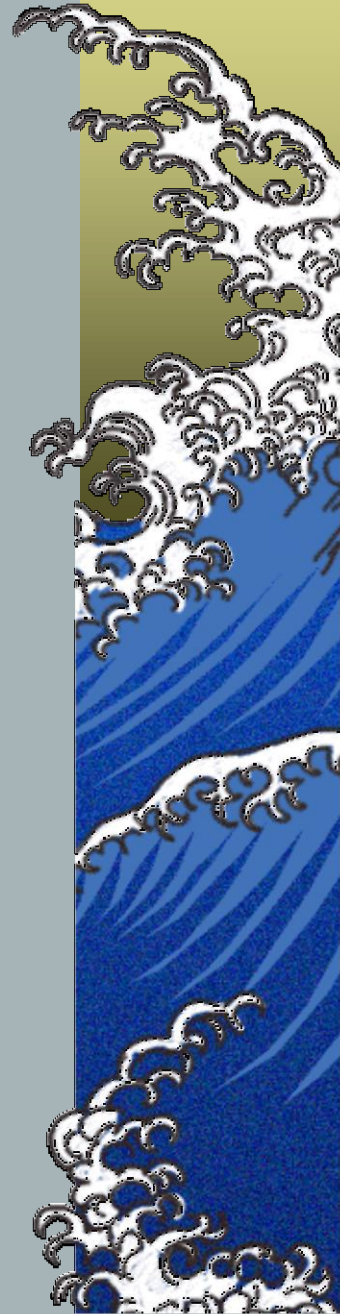
## ▲ *Sindrome ematopietico:*

- ▲ *leucopenia tanto più rapida quanto più intensa è stata l'irradiazione*
- ▲ *granulocitopenia dopo fugace aumento nelle prime 24 ore*
- ▲ *piastrinopenia massima entro la prima settimana*
- ▲ *anemia a più lenta insorgenza*

## ▲ *Sindrome gastrointestinale:*

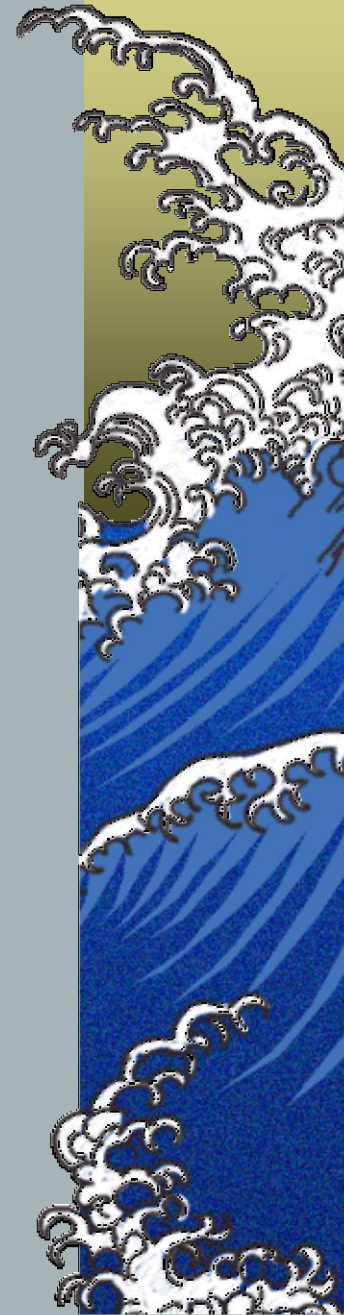
- ▲ *edema e disepitelizzazione della mucosa con enterite necrotica*
- ▲ *vomito, diarrea emorragica, disidratazione*
- ▲ *morte intestinale*

## ▲ *Sindrome neurologica: edema cerebrale con stato confusionale*



# Lesioni cutanee da irradiazione acuta

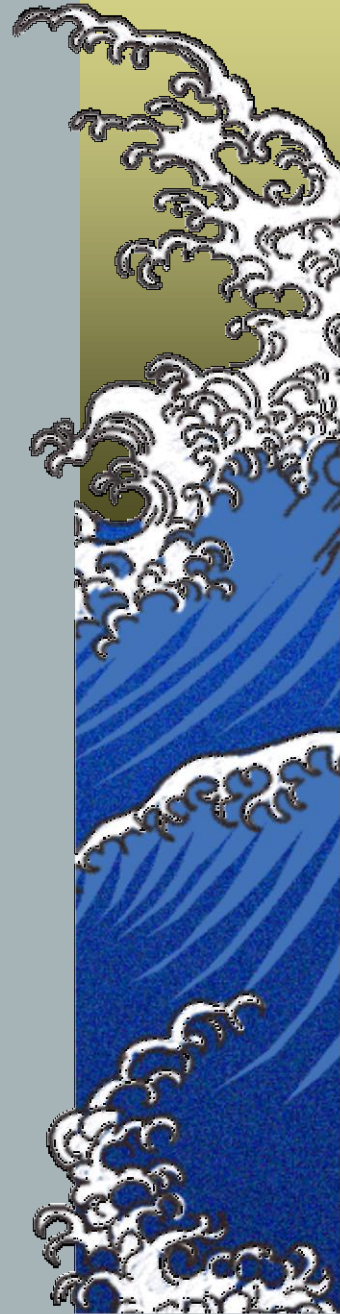
- ▶ *eritema - per esposizione a 3-8 Gray*
- ▶ *epidermite secca - 5 Gray*
- ▶ *dermite essudativa - 10-20 Gray*
- ▶ *Necrosi - 25 Gray*
  - ▶ *tempo di latenza 3 settimane (dermite essudativa)*
    - ▶ *6-8 mesi (necrosi)*





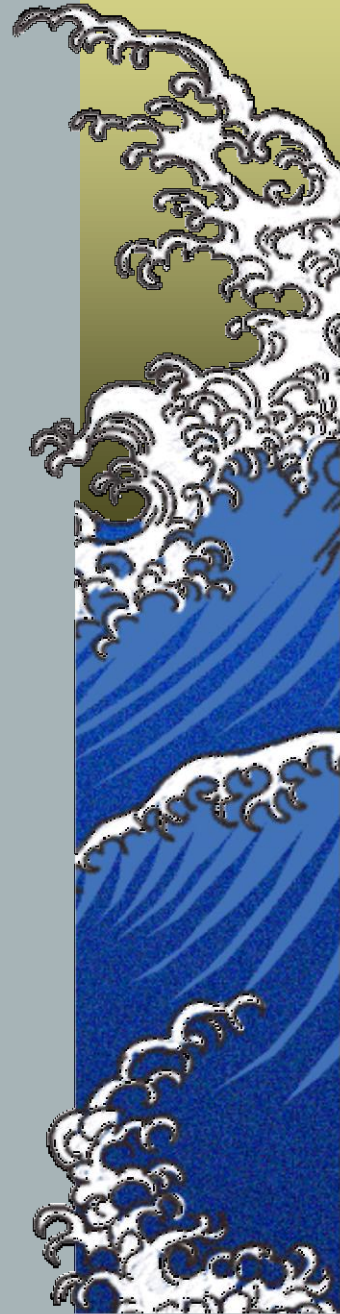
# Esposizione cronica a Rx

- ▶ *effetti deterministici*
- ▶ *effetti stocastici*



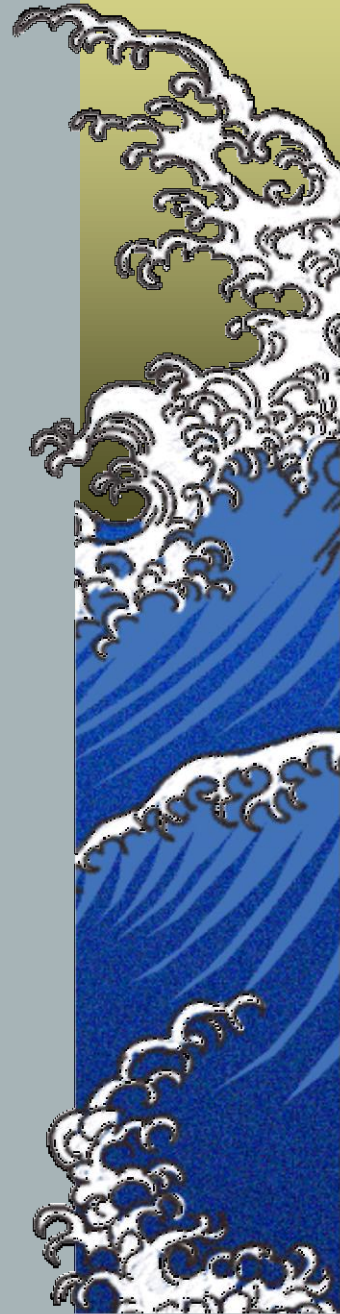
# Effetti deterministici

- ▶ *sterilità temporanea testicoli (0.15 Sv)*
- ▶ *sterilità permanente testicoli (3.5 Sv)*
- ▶ *sterilità ovaie (2,5-6 Sv)*
- ▶ *opacità al cristallino (0.5-2 Sv)*
- ▶ *deficit visivo (5 Sv)*
- ▶ *Depressione emopoiesi (0.5 Sv)*
- ▶ *Aplasia mortale (1.5 Sv)*



# Effetti stocastici

- ▶ *Leucemie*
- ▶ *tumori*
  - ▶ *polmone*
  - ▶ *mammella*
  - ▶ *osso*
  - ▶ *digerente*
  - ▶ *tiroide*
  - ▶ *altri*

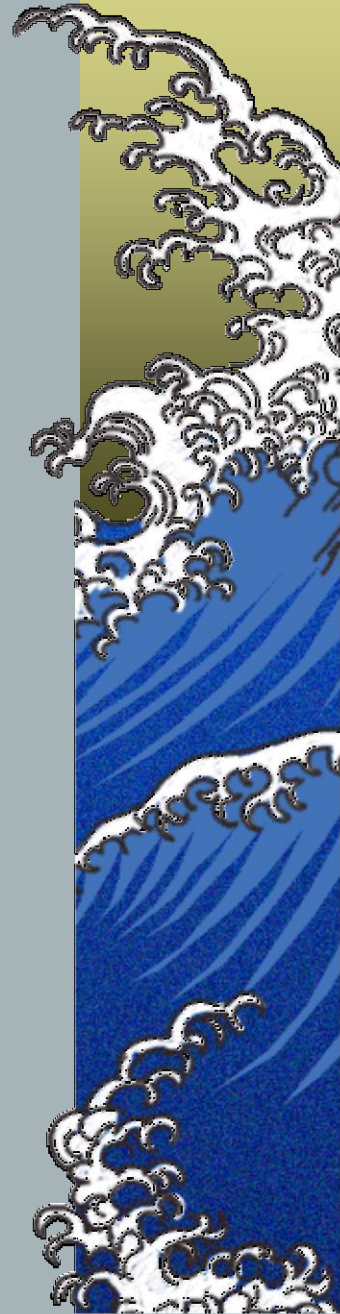


# Radiazioni non ionizzanti – campi elettrici o magnetici

- Cariche elettriche creano campi elettrici
- Cariche elettriche in movimento creano campi magnetici
- I magneti creano linee di flusso
  - Il campo magnetico diminuisce dal punto sorgente con il cubo della distanza.
  - E' definito Gauss la corrente indotta per metro di spira di conduttore.

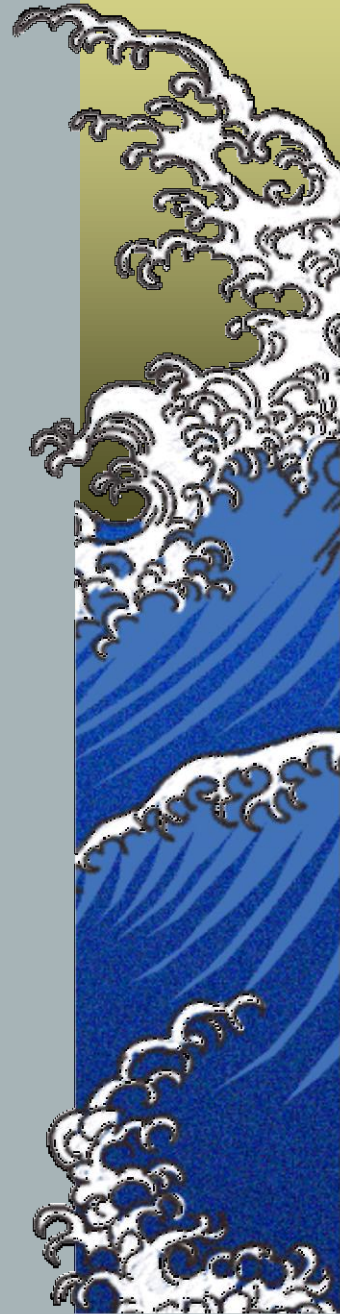
**1 gauss (G) è circa 80 A/m (in aria)**

**1 tesla (T) = 10000 G**



## Definizioni (2)

- Il campo elettrico ed il campo magnetico sono entrambi perpendicolari alla direzione di propagazione dell'onda.
- La velocità di propagazione è prossima alla velocità della luce (circa  $300 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$  nell'aria o nel vuoto > nell'acqua e nei tessuti).
- L'intensità dei campi elettrico e magnetico cambia periodicamente.
- E' definita frequenza il numero di cambiamenti completi di intensità e direzione/polarità nell'unità di tempo ed è espressa in hertz (1 Hz = un cambiamento completo di intensità e polarità in un secondo).
- Il percorso compiuto durante un cambiamento completo di intensità e polarità è definita lunghezza d'onda.
- Lunghezza d'onda (in metri) =  $300 \times 10^6 / \text{frequenza}$
- Campo elettrico e campo magnetico possono esistere anche separatamente.



## 4.2 Dosimetria

*Definizione di Specific Absorption Rate:*

$$\frac{\sigma}{\rho} |E_i|^2$$

**where:**

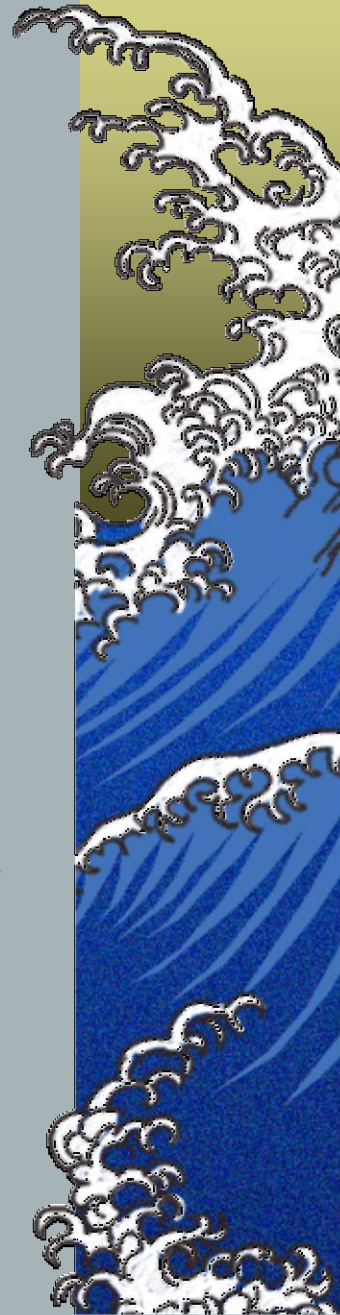
$\sigma$  = Tissue conductivity (Siemens/m)

$\rho$  = Tissue density

$E_i$  = Peak internal electric field  
value (V/m)

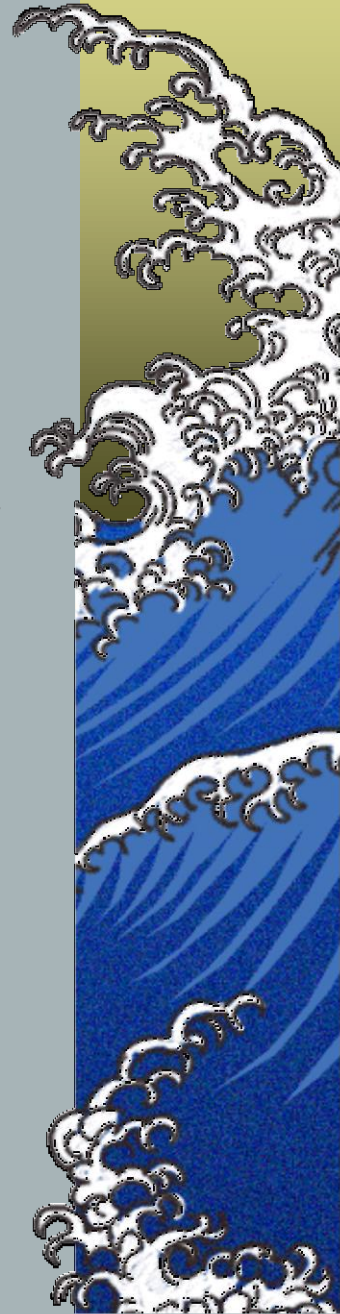
*ed indica la quantità di potenza per Kg di tessuto assorbita.*

- *Tutti gli standard tendono a limitare la media della dose corporea a meno di 0,4 W/Kg.*
- *20 W/Kg consentito alle estremità (mani, polsi, piedi e fianchi), 8 W/Kg consentito nelle altre parti del corpo da IEEE C95.1 – 1991*
- *Nessun aumento consentito per gli occhi o testicoli in IEEE C95.1 - 1991*



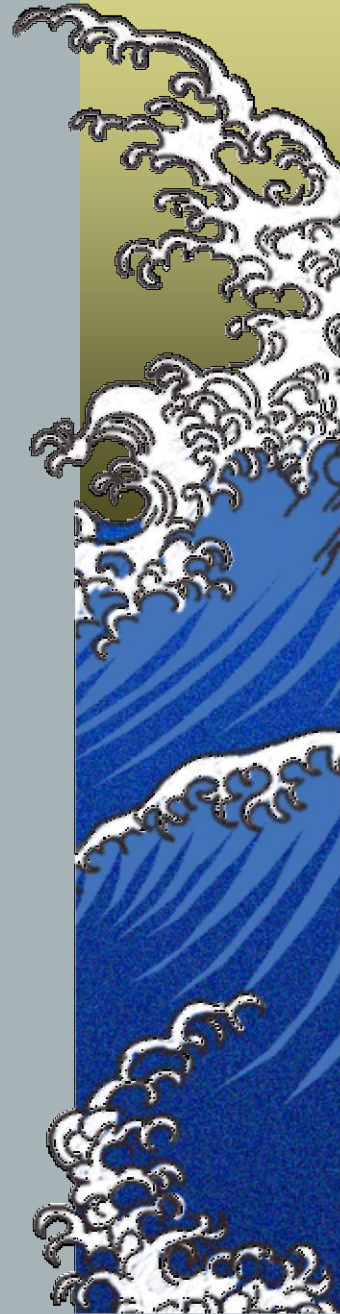
# Campi e radiazioni a radiofrequenza e microonde

- *Radiofrequenze e microonde consistono di campi elettrici e magnetici che sono rigidamente connessi fra di loro nelle radiazioni a lungo raggio. Diversamente i campi possono esistere indipendentemente (l'esistenza di campi separati vale per frequenze  $< 300$  mHz).*
- *L'energia trasferita nei tessuti si manifesta sotto forma di calore.*
- *La dosimetria è importante per l'impostazione degli standard. L'obiettivo generale è il SAR (Specific Absorbtion Rate) di  $0,4$  W/Kg di peso corporeo totale.*
- *Effetti di radiofrequenze e microonde sono la cataratta agli occhi, bruciatura della pelle e scosse elettriche.*
- *Non guardare mai dentro una guida d'onda !*



# Settori industriali esposti a campi elettromagnetici

- ▶ *Alimentare (essicamento pane e biscotti ecc)*
- ▶ *Metallurgia (trattamenti termici, fusioni, ecc)*
- ▶ *Automobilistico (stampa e saldatura accessori)*
- ▶ *Gomma (riscaldamento mescole)*
- ▶ *Mobiliere (incollaggio, curvatura, sagomatura)*
- ▶ *Elettronico (fusione, produzione sistemi radar ecc)*
- ▶ *Medicina (radarterapia, marconiterapia, NMR)*

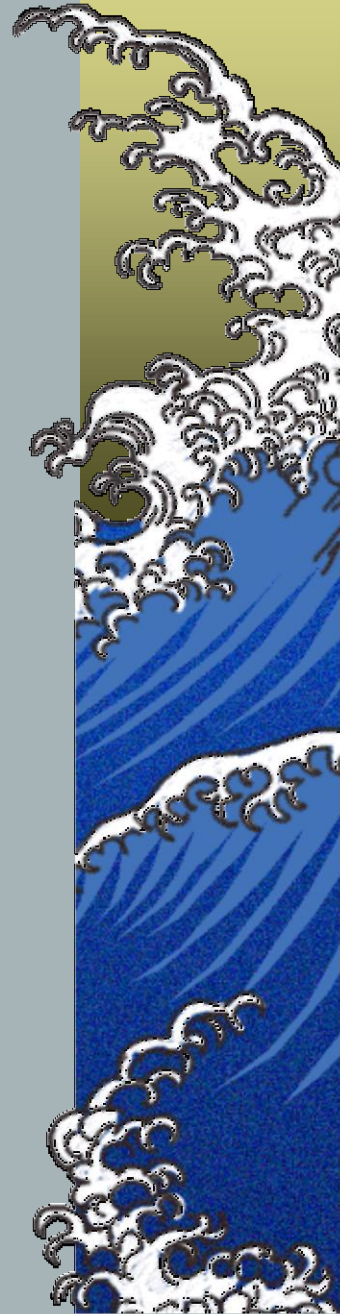




# Effetti biologici ELF

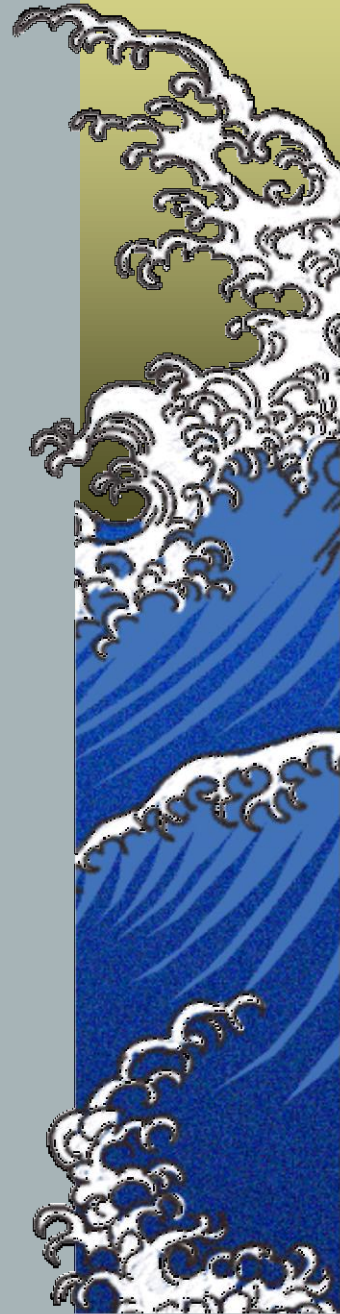
generazione-trasmissione-distribuzione e uso energia elettrica

- ▶ *Studi che hanno valutato i lavoratori esposti non hanno rilevato alcuna patologia correlata con l'esposizione*
- ▶ *Studi epidemiologici recenti hanno rilevato un associazione fra leucemia infantile ed esposizione a deboli campi elettrici*
- ▶ *I risultati sono però contrastanti e vi è la necessità di ulteriori studi*



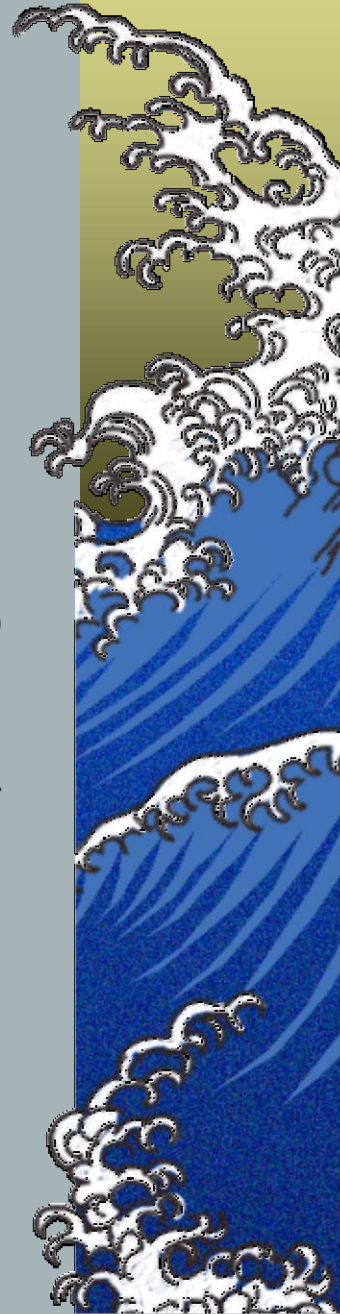
# Effetti biologici RF (radiofrequenze) e MW (microonde)

- ▶ *EFFETTI TERMICI: aumento della temperatura*
  - ▶ *Cattaratta*
  - ▶ *Oligo e azospermia*
  
- ▶ *EFFETTI NON TERMICI (su cui vi è discussione e incertezze)*
  - ▶ *Eff. Cardiaci (ipertensione, ipotensione, alterazione ECG...)*
  - ▶ *Linfocitosi, monocitosi ...*
  - ▶ *Ipereattività tiroidea, rash cutanei fugaci, caduta dei capelli ...*
  - ▶ *Alterazioni EEG*
  - ▶ *Sintomi soggettivi: cefalea, irritabilità, disturbi della memoria...*
  
  - ▶ *ABBIAMO BISOGNO DI PIU' RICERCA!*



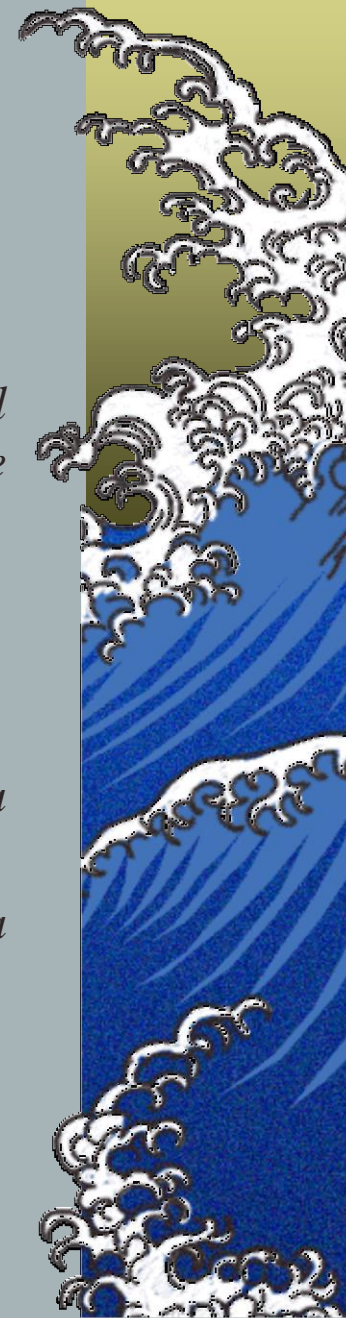
## 4.4 Effetti biologici dei campi magnetici statici

- *Senso di nausea, sensazione di gusto alterato, vertigini e sfarfallio della vista @ 4 T.*
- *La tensione generata dal flusso di fluido caricato (sangue) nei grandi vasi sanguigni (aorta) in un campo magnetico può indurre un flusso di corrente di 100 mA/m (10% del livello endogeno) @ 5 T (calcolato ad alta attività cardiaca, velocità del sangue in aorta = 60 cm/sec)*
- *I pacemaker possono mal funzionare @ 3.1 G (riportato da uno studio tedesco per un modello imprecisato di pacemaker. Molti pacemaker richiedono campi più elevati per mal funzionare)*
- *Ritmo circadiano influenzato dalla semplice rotazione della terra (1/2 G).*



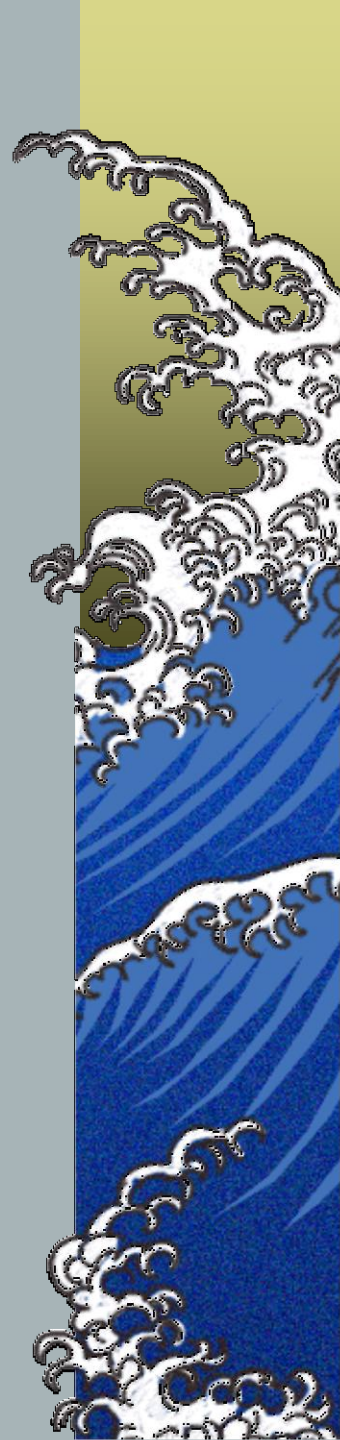
## 4.5 Pacemaker e protesi elettroniche

- *I pacemaker funzionano amplificando la naturale attività elettrica del cuore che ha una frequenza variabile e caratteristiche conosciute attraverso ECG.*
- *I pacemaker sono testati usando un magnete permanente sul petto;*
- *Il test provoca il pacemaker a funzionare a frequenza fissa;*
- *Ciò può accadere in una zona non controllata da campi magnetici;*
- *Il modo di funzionamento alterato potrebbe essere pericoloso per una piccola percentuale di portatori di pacemaker;*
- *Altre protesi elettroniche sono a rischio (per esempio, valvole della vescica controllate elettronicamente)*



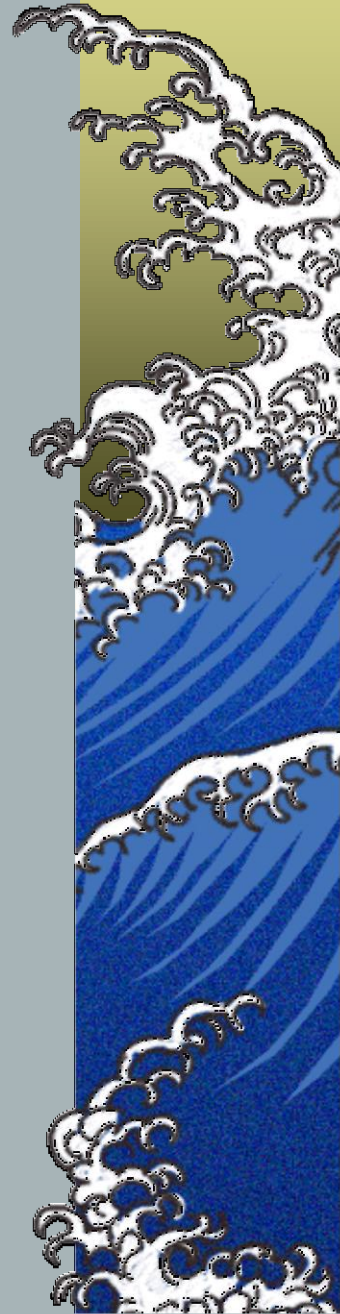
## 4.6 La forza di attrazione magnetica può essere pericolosa

- *La forza di attrazione è proporzionale all'intensità ed al gradiente (la velocità di variazione sulla distanza) del campo magnetico. Un controllo con un semplice gaussmeter non è sufficiente.*
- *La forza di attrazione è pericolosa per:*
  - *Attrezzi e bombole di gas compressi;*
  - *Protesi di materiale magnetizzabile*
  - *Gioielli e orologi*
  - *Carte di credito e badge (a partire da ~ 10 G)*



# Da ricordare

- *Il limite di esposizione è di 2000 G*
  - *Nausea ed altri sintomi @ 4 T*
  - *Generazione di tensione nel sangue*
  - *Sconvolgimento del ritmo circadiano @ 1/2 G*
- *Considerazioni mediche speciali:*
  - *I portatori di pacemaker non devono accedere in zone con campi magnetici al di sopra di 5 G*
  - *Controllare i portatori di altre protesi prima che entrino in zone con campi magnetici superiori a 30 G*
- *Il controllo degli attrezzi inizia @ 30 G*
  - *Controllare dove esiste il rischio per gli attrezzi e segnalare queste aree.*



## Effetti biologici luce visibile

- ▶ *La luce solare è cancerogena per la cute*
- ▶ *Eritema ed ustioni*

