

# Emergenze Radiologiche

---

Linee generali di intervento

Stefano De Crescenzo

S.C. Fisica Sanitaria

[stefano.decrescenzo@ospedaleniguarda.it](mailto:stefano.decrescenzo@ospedaleniguarda.it)



# Obiettivo dell'intervento

---

- Quali gli scenari possibili?
- Alcuni elementi sulle caratteristiche e gli effetti delle radiazioni ionizzanti
- Caratteristiche degli scenari di riferimento
- Requisiti del primo intervento



# Gli incidenti possono accadere ....

---

- In reattori nucleari (ricerca, potenza)
- **Durante il trasporto di sostanze radioattive**
- In impianti di irraggiamento (ad esempio per sterilizzazione)
- In impianti in cui vengono effettuati controlli non distruttivi attraverso sorgenti radioattive sigillate
- **Presso apparecchi a raggi X e radioterapie**
- **Presso ciclotroni e impianti di produzione di radiofarmaci**



# Principali tipi di incidenti e individui coinvolti

---

- Incidenti dovuti a perdita di controllo di sorgenti di radiazioni: **popolazione**
  - Sorgenti sigillate impiegate in radioterapia
  - Sorgenti orfane (perse, abbandonate, indebitamente rimosse)
- Incidenti sul lavoro: **lavoratori**
  - Irradiatori (sorgenti sigillate e acceleratori)
  - Incidenti di criticità (reattori)
- Incidenti durante trattamenti medici: **pazienti**
  - Errori nella somministrazione di radiofarmaci
  - Errori nei trattamenti radioterapici



Dopo l'11 settembre 2001 è  
aumentata la preoccupazione per  
l'impiego di RDD o Dirty Bomb



.....la contaminazione può essere dispersa su una grande area

---



**...e creare terrore**



# Scenari terroristici presi in considerazione a livello internazionale

---

- Situazioni che comportano o possono comportare irradiazioni e/o contaminazioni acute di particolare gravità e pertanto:
  - Reazioni nucleari dovute alla formazione di una massa critica di materiale fissile con produzione di intensa radiazione gamma e neutronica ma senza una esplosione nucleare;
  - Impiego di Radiation Dispersal Device (RDD), dispositivi in grado di disperdere nell'ambiente materiali radioattivi ad alta attività
- La capacità di risposta a tali eventi consente di fronteggiare in maniera efficace anche incidenti connessi al normale impiego di sostanze radioattive che possano coinvolgere la popolazione o i lavoratori



# Scenari terroristici presi in considerazione

---

- la maggior parte delle vittime dovrebbe essere soggetta a traumi e lesioni convenzionali complicate da irradiazioni o contaminazioni
- poche vittime dovrebbero essere soggette a lesioni esclusivamente legate all'esposizione alle radiazioni
- anche un'esplosione nucleare porterebbe a una simile distribuzione delle vittime ma su una scala evidentemente molto più elevata





# Statistiche degli incidenti 1944 – Giugno 2001

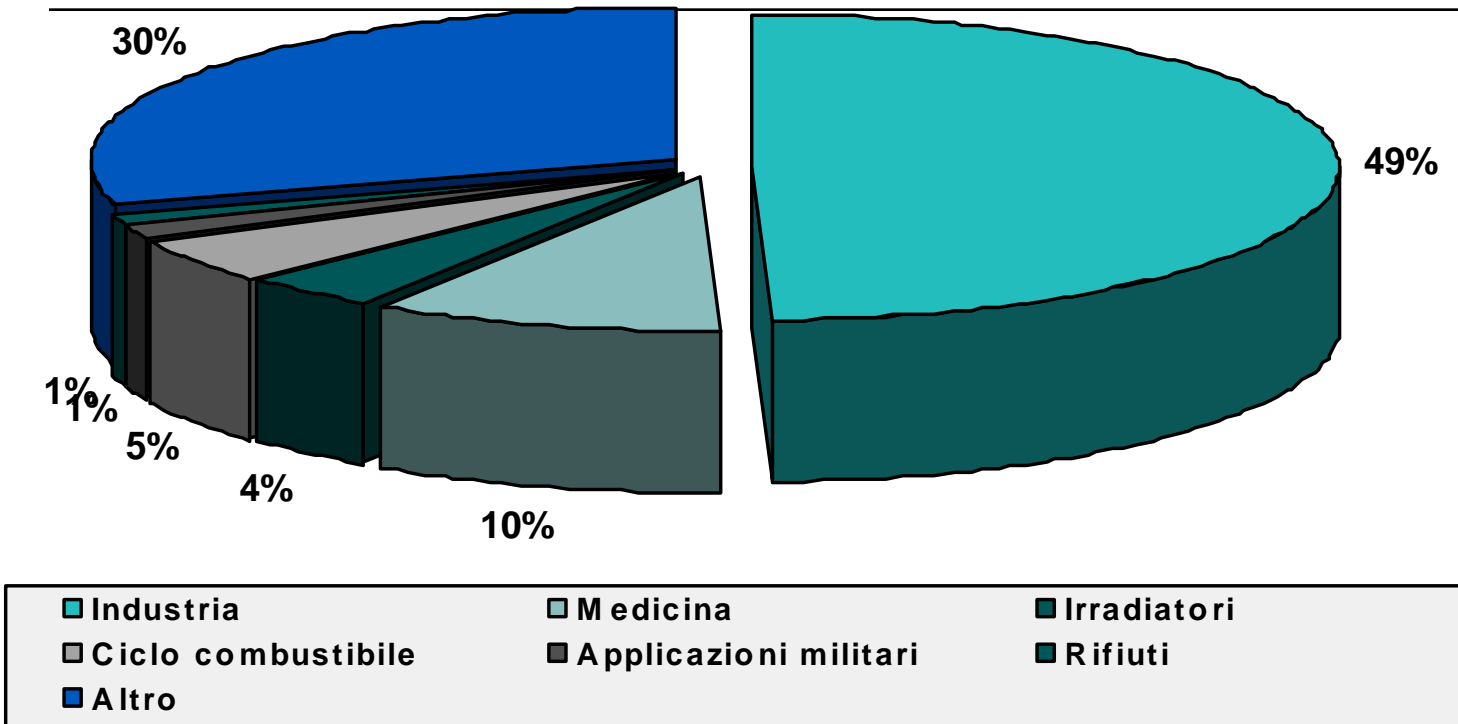
---

- 420 incidenti hanno comportato una significativa sovraesposizione di almeno una persona
- Sovraesposizione:
  - dose efficace > 0.25 Sv
  - dose equivalente alla pelle > 6 Sv
  - Dose ad altri organi > 0.75 Sv
- Circa 3000 vittime di sovraesposizioni e 133 decessi (inclusi 28 VVFF a Chernobyl e 17 Pazienti che hanno ricevuto un sovradosaggio in radioterapia in Costa Rica)
- Circa 130000 vittime coinvolte in maniera apprezzabile
- Nessun atto di tipo terroristico (alla data attuale)

Fonte: IAEA e Radiation Emergency Assistance Center/Training Site Radiation Accident Registries



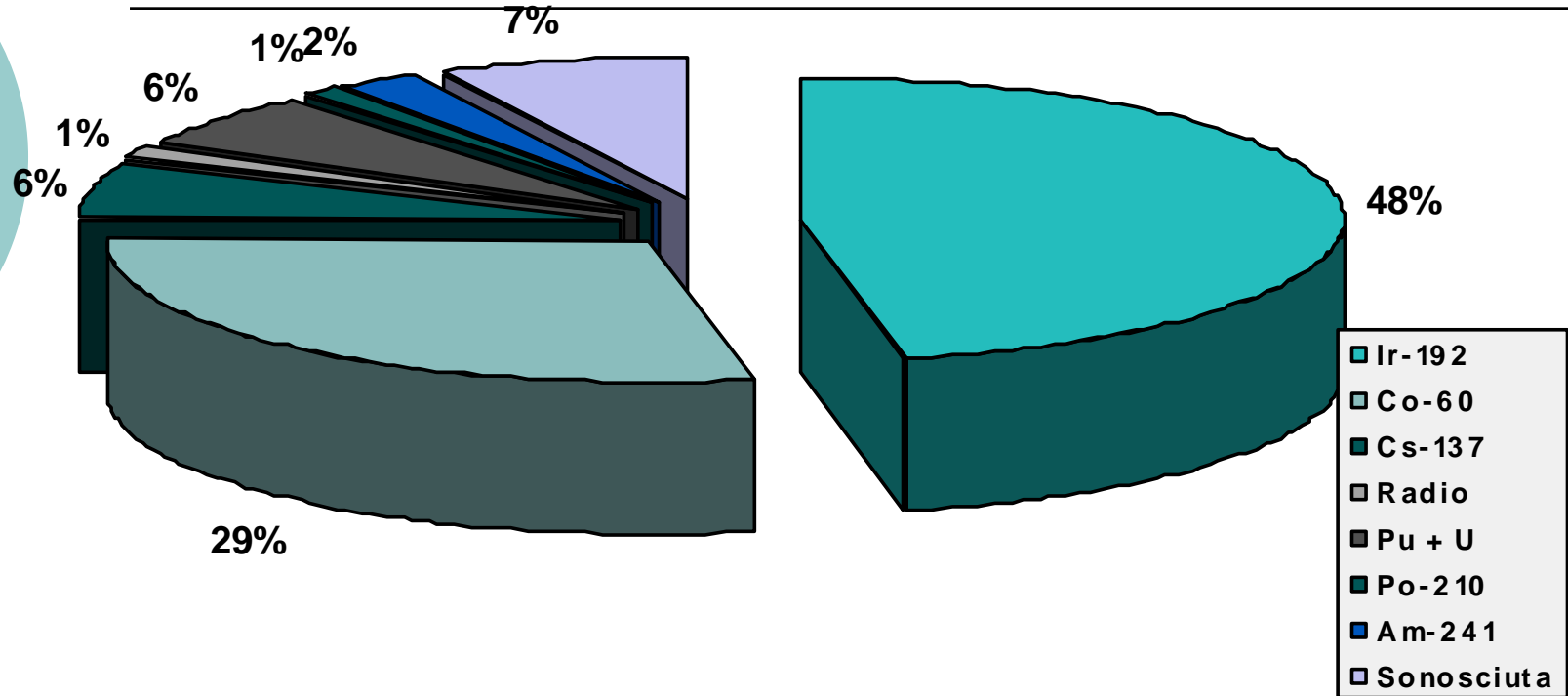
# Incidenti (1944 – Giugno 2001)



- ❖ Quasi la metà degli incidenti sono avvenuti in ambito industriale
- ❖ Una importante frazione di incidenti con sorgenti sigillate è dovuta a sorgenti "orfane"
- ❖ Gli incidenti comportanti irradiazioni di pazienti sono percentualmente piccoli ma hanno comportato un gran numero di vittime



# Incidenti (1944 – Giugno 2001)



- ❖ Quasi la metà degli incidenti sono dovuti ad irradiazioni da  $^{192}\text{Ir}$  (controlli non distruttivi, brachiterapia)
- ❖ Il  $^{60}\text{Co}$  è responsabile di circa  $\frac{1}{4}$  degli incidenti (controlli non distruttivi, radioterapia)



# Quali scenari ?

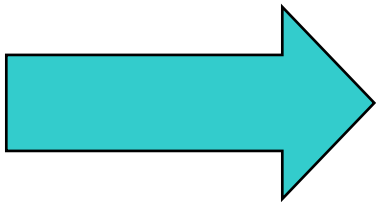
---

- Scenari possibili
  - incidente nucleare anche transfrontaliero (Chernobyl)
  - incidente in ambito lavorativo (impianto di sterilizzazione con  $^{60}\text{Co}$ )
  - trasporto
  - atto terroristico (dirty bomb)
- Dipendentemente dallo scenario ipotizzato cambiano
  - numero di vittime
  - gravità dei danni da radiazioni
- pertanto la pianificazione di una risposta sanitaria all'evento presuppone scelte di indirizzi anche abbastanza drastiche



# Scenari possibili

---



**Scelta opportuna:** predisposizione di strutture e linee di indirizzo per fare fronte situazioni che comportino o possano comportare **irradiazioni e/o contaminazioni acute a seguito di eventi di qualsiasi natura**



# Problemi

---

- Gli scenari da prendere in considerazione
- Il conseguente numero di vittime coinvolte e la loro gravità
- La risposta delle strutture di “primo intervento” e la loro interazione con le strutture ospedaliere
- La risposta delle strutture ospedaliere
- Il trattamento sanitario delle vittime



# Caratteristiche delle emergenze radiologiche

---

- Emergenze radiologiche su piccola scala
  - Di solito coinvolgono una sorgente di limitata attività e poche persone
  - Di solito sono evidenziate a posteriori, dopo che a livello sanitario viene effettuata una diagnosi
  - Possono richiedere un trattamento sanitario specialistico
- Incidenti su larga scala
  - Di solito coinvolgono una sorgente di attività importante e molte persone irradiate/contaminate
  - Possono comportare la necessità di interventi di sanità pubblica per mitigarne le conseguenze
  - Rappresentano meno dell'1 % del totale



# Osservazione generale

---

- L'approccio metodologico ad una emergenza "radiologica su piccola o grande scala" non è dissimile a quello da usarsi in caso di "emergenze tradizionali"
- Molti problemi sono comuni

Caratteristica "fortunata" : le radiazioni ionizzanti sono, **di solito**, facilmente misurabili a condizione di disporre degli strumenti idonei





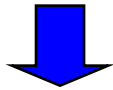
# GENERALITÀ SULLE RADIAZIONI IONIZZANTI

---

Per **radiazione ionizzante** si intende la propagazione di energia attraverso lo spazio in grado di penetrare nella materia e di crearvi delle ionizzazioni (cariche elettriche)



# RADIAZIONI IONIZZANTI

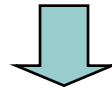


**Particelle  
cariche**

**Elettroni**

**Protoni**

**Ioni**



**Particelle  
neutre**

**Neutroni**



**Radiazione  
elettromagnetica**

**Raggi X**

$\gamma$

Sono emesse dagli atomi di alcune particolari sostanze (radioattive) o prodotte da apparecchi o impianti ideati dall'uomo (tubi a raggi X, acceleratori di particelle, reattori, ecc.)



# DOSE

---



L'effetto biologico dipende dalla quantità di energia ceduta al tessuto localmente e dalle modalità con cui la radiazione cede energia al tessuto

viene pertanto definita una nuova grandezza, che tiene conto di questo fatto, la **dose equivalente** (Sv) che tiene conto del diverso effetto biologico prodotto da campi di radiazione di qualità diversa



# EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI

---



# EFFETTI SOMATICI DETERMINISTICI

---

- **radiodermiti**: dal semplice eritema cutaneo immediato alla "**radiodermite del radiologo**", che insorge dopo diversi anni di latenza, ma che non regredisce più, fino ad evolvere, potenzialmente, in epiteloma spinocellulare
- **alterazioni ematologiche**: rappresentate da manifestazioni di aplasia midollare, con riduzione del numero di granulociti, linfociti e piastrine, e da anemie
- **alterazioni a carico dell'occhio**: rappresentate dalla cataratta, che può insorgere, anche a distanza di diversi anni, a seguito dell'esposizione ad una dose unica di **5-8 Sv**
- **danni agli organi genitali**: riduzione della fertilità o la sterilità per **dosi superiori a 1 Sv**



# Sintomatologia a seguito di esposizione globale acuta di un individuo ad alte dosi

<b>Settimane dopo l'esposizione</b>	<b>1-3 Gy (subletale)</b>	<b>4 Gy (letale)</b>	<b>&gt; 6 Gy (sopraletale)</b>
<b>1</b>	fase latente	nausea e vomito (1 giorno)	nausea e vomito, malessere, diarrea, febbre
<b>2</b>		depilazione, malessere generale	bocca e gola infiammate, ulcerazioni, deperimento, <b>Morte</b>
<b>3</b>	perdita appetito, depilazione, infiammazione gola, emorragie	perdita appetito, emorragia, diarrea, febbre, deperimento, <b>Morte eventuale</b>	
<b>4</b>	diarrea, <b>Guarigione</b>		
<b>Sopravvivenza</b>	certa salvo complicazioni;	possibile nel 50% dei casi	<b>Impossibile</b>

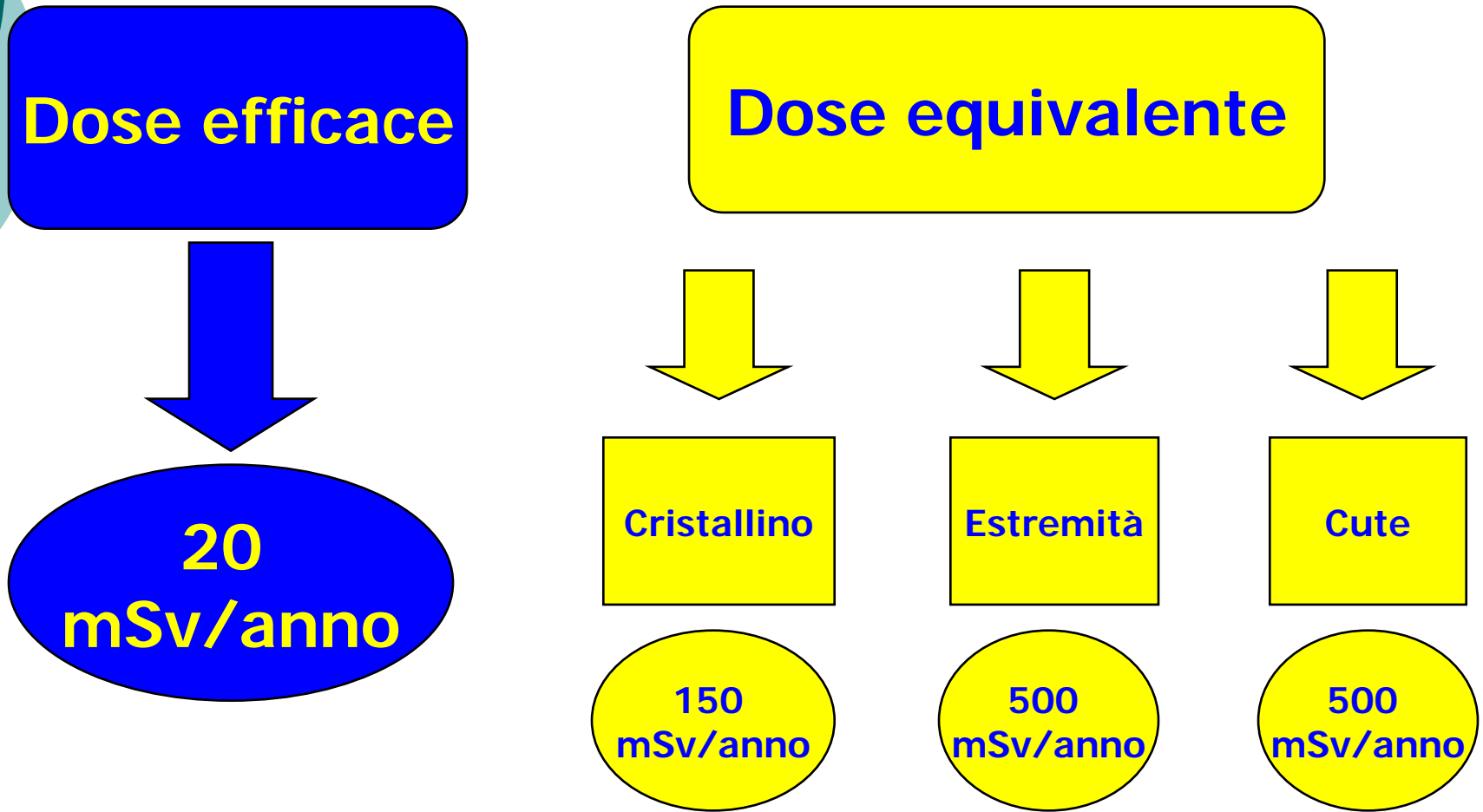
# EFFETTI STOCASTICI

---

- **Effetti somatici stocastici**: sono rappresentati da lesioni neoplastiche, quali le leucemie e altre forme tumorali solide (cancro del polmone, tumore della mammella, carcinoma della tiroide, tumori dello scheletro, etc.)
- **Effetti somatici stocastici**: hanno tempi di latenza piuttosto lunghi: da tre anni per le leucemie e i tumori ossei a dieci anni per gli altri tumori solidi



# Limiti di Dose (I.C.R.P. 60 e D.Lgs 230/95)





## Esposizione media di un individuo dovuta a fonti di irradiazione presenti nell'ambiente

---

<b>Fonte</b>	<b>esposizione media* (mSv/anno)</b>
Raggi cosmici	0.355
Radionuclidi presenti in natura prodotti dalla radiazione cosmica	0.015
<b>Radionuclidi primordiali</b>	
irradiazione esterna	0.41
$^{40}\text{K}$ ,	0.18
Famiglie radioattive ( $^{238}\text{U}$ e $^{232}\text{Th}$ )	1.42 (**)
<b>Totale</b>	<b>≈2.4</b>



## Riduzione media della durata di vita dovuta ad incidenti in diverse attività lavorative

---

<b>Attività lavorativa</b>	<b>Riduzione media della durata di vita (giorni)</b>
Commercio	27
Industria manifatturiera	40
Servizi	27
Trasporti	160
Agricoltura	320
Costruzioni	227
<b>Valore medio</b>	<b>60</b>
<b>Esposizione alle radiazioni (5 mSv/anno)</b>	<b>40</b>



## Riduzione media della durata di vita dovuta a diversi stili di vita e accadimenti

---

<b>Causa</b>	<b>Riduzione media della durata di vita (giorni )</b>
<b>Abuso di alcool</b>	<b>4000</b>
<b>Essere celibe, vedovo o divorziato</b>	<b>3500</b>
<b>Fumo (1 pacchetto di sigarette/giorno)</b>	<b>2250</b>
<b>Essere nubile, vedova o divorziata</b>	<b>1600</b>
<b>Essere sovrappeso ( + 20% )</b>	<b>1040</b>
<b>Incidenti con veicoli a motore</b>	<b>207</b>
<b>Alcool</b>	<b>130</b>
<b>Incidenti in casa</b>	<b>74</b>
<b>Fumo passivo</b>	<b>50</b>
<b><u>Esposizione alle radiazioni lavoratori (5 mSv/anno)</u></b>	<b>40</b>
<b>Cadute</b>	<b>28</b>
<b><u>Esposizione alle radiazioni individui della popolazione (1 mSv/anno )</u></b>	<b>18</b>
<b>Esami RX-diagnostici</b>	<b>6</b>
<b>Caffè</b>	<b>6</b>
<b>Bevande dietetiche</b>	<b>2</b>
<b>Acqua potabile</b>	<b>1.3</b>



# 20 mSv $\neq$ 20 mSv

---

Nel caso della radioprotezione dei lavoratori il sistema radioprotezionistico è orientato soprattutto alla **riduzione del rischio stocastico**

Nel caso della radioprotezione di un soggetto coinvolto in una "emergenza" il sistema radioprotezionistico è orientato **soprattutto alla gestione del rischio deterministico**



# Conseguenze degli scenari presi in considerazione

---

- Nonostante gli scenari considerati possano essere anche molto diversi tra loro, vi sono alcuni elementi di generalità comuni
- Indipendentemente da tipo e localizzazione, ci sono due categorie principali di eventi da considerare:
  - quelli che comportano la sola irradiazione esterna
  - quelli che comportano incorporazione di sostanze radioattive e quindi contaminazione interna



# Possibili conseguenze degli scenari presi in considerazione

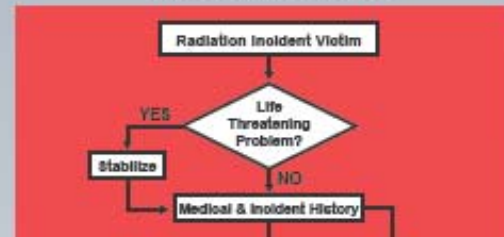
---

- Dosi associate possono essere rilevanti ( $> 1$  Gy per un numero abbastanza ridotto di vittime) e tali da poter comportare la manifestazione di una sindrome acuta da radiazioni ionizzanti (**ARS**)
- **Acute radiation syndrome (ARS)**: combinazione di sindromi che si manifestano da ore a settimane dopo l'esposizione sottoforma di lesioni a vari organi o tessuti



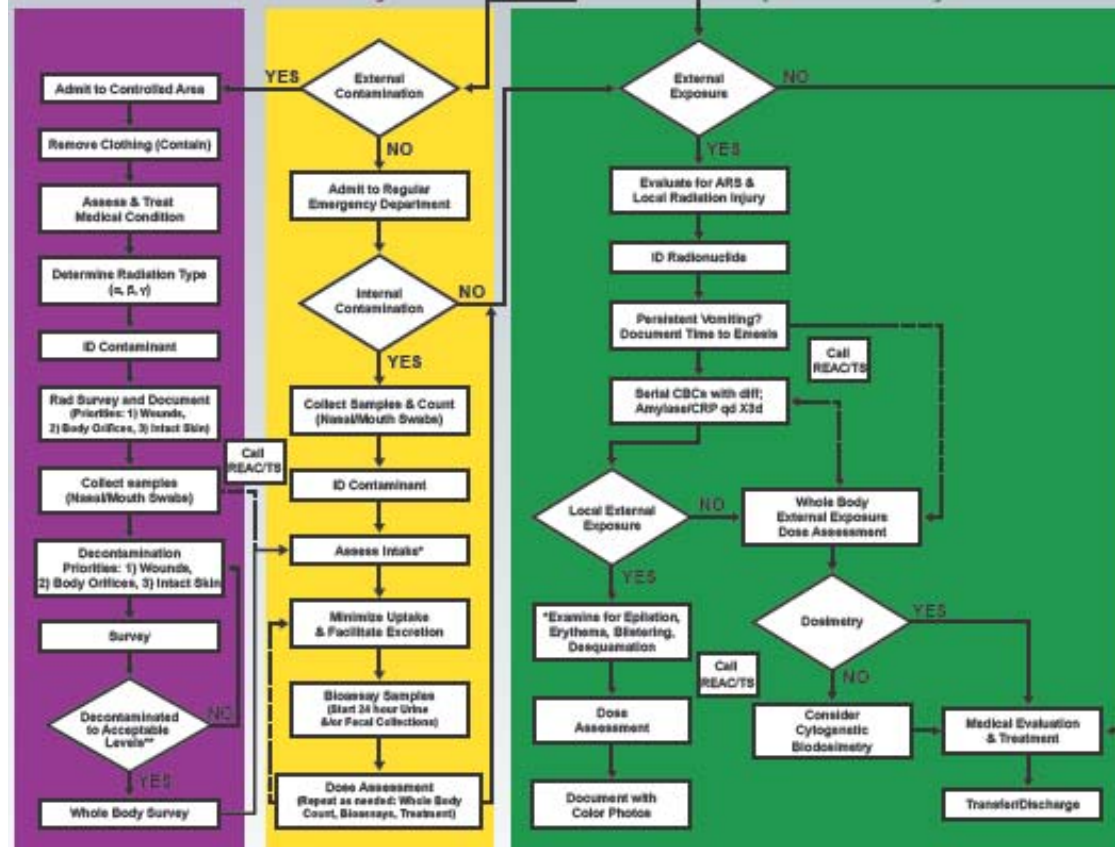
# Radiation Patient Treatment

Version 2, August 2012



Contamination Pathway

Exposure Pathway



Vittima contaminata  
VS  
Vittima irradiata

# Eventi che comportano la sola irradiazione esterna

---

- la vittima **non** diventa una sorgente secondaria di radiazioni e pertanto gli individui che prestano assistenza sanitaria non sono soggetti a rischi specifici
- Una irradiazione esterna può interessare il corpo intero o essere localizzata: in entrambi i casi la dose può essere calcolata con sufficiente margine di precisione al fine di indirizzare correttamente i provvedimenti sanitari eventualmente necessari
- Una delle conseguenze più frequenti è una ustione alle gambe o alle mani di un individuo





- 
- Il 90 % degli incidenti accertati ha comportato irradiazioni acute localizzate dovute al contatto diretto con la sorgente
  - “Sindrome cutanea da radiazioni” (CRS)



# Tipiche situazioni che hanno comportato gravi irradiazioni localizzate

---



**Ritrovamento  
di una  
sorgente non  
schermata**



# Casi

---

- Estonia 1994: un morto, tre ustionati alle mani
- Iran 1996: estese ustioni al torace di un lavoratore
- Georgia 1997: multiple ustioni a diverse parti del corpo a 11 soldati
- Istanbul: leggere ustioni alle dita di una mano
- Perù 2000: importanti ustioni alle cosce con amputazione di entrambe le gambe
- **Arluno (Mi) 1991: necrosi del tessuto cutaneo del secondo dito di un soggetto**



# Eventi che comportano contaminazione interna

---

- Comportano un approccio diverso alla cura e al trattamento delle vittime: il personale di assistenza deve infatti in tal caso prestare particolare attenzione per:
  - evitare il diffondersi della contaminazione a parti del corpo della vittima non contaminate
  - evitare di contaminare se stesso e l'ambiente in cui l'assistenza viene prestata
- La contaminazione interna può avvenire attraverso inalazione, ingestione, adsorbimento cutaneo oppure direttamente attraverso ferite



# Eventi che comportano contaminazione interna: rischi per i soccorritori

---

- Il rischio è limitato al solo caso in cui l'infortunato sia esternamente contaminato
- Nel caso l'infortunato abbia inalato o ingerito sostanze radioattive, il rischio per gli operatori è estremamente contenuto
- Eccetto che nel caso di Chernobyl in cui le vittime di contaminazione sono diventate fonti di rischio anche per i soccorritori, nessun altro incidente ha sin'ora comportato problemi per i soccorritori



# Quali DPI per proteggersi dalla contaminazione interna?



# Caratteristiche dei DPI per proteggersi dalla contaminazione

---

- Nella maggior parte di casi la protezione necessaria per la protezione contro agenti chimici o biologici è adeguata anche nel caso di radiocontaminazione
- In zona gialla:
  - Guanti chirurgici
  - Mascherine antipolvere
  - Sovrascarpe
  - Raccomandato un dosimetro: attenzione, un dosimetro misura l'irradiazione esterna non la contaminazione



# E per proteggersi dall'irradiazione esterna?

---

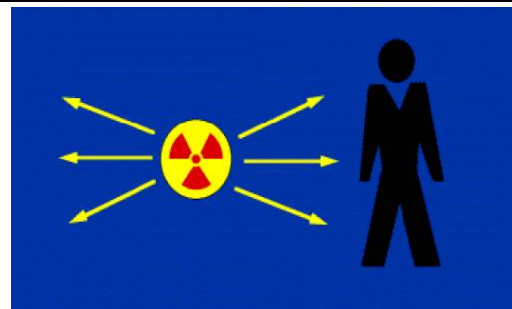
- Può costituire un problema per il soccorritore solo nel caso di schegge macroscopiche di materiale radioattivo all'interno della vittima (RDD)
- Come proteggersi dall'irradiazione esterna?





# Esposizione esterna: regole auree della radioprotezione

- L'entità del rischio radiologico dipende da



**tempo**  
***(durata dell'esposizione)***

**distanza**  
***(dalla sorgente di radiazioni)***

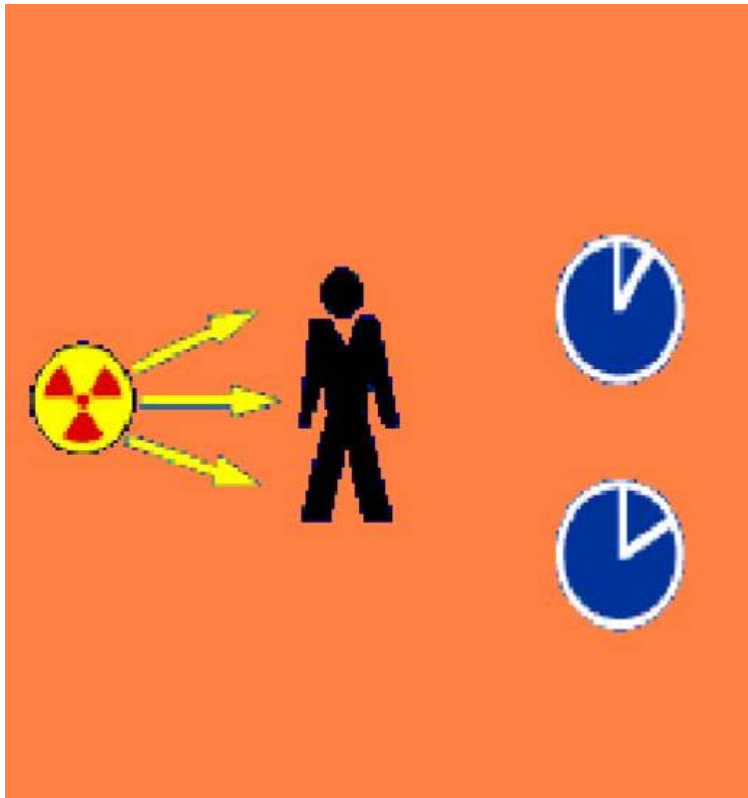
**disponibilità di**  
**schermature**



# Dipendenza dal tempo

Campo di radiazioni: 10 mGy/h

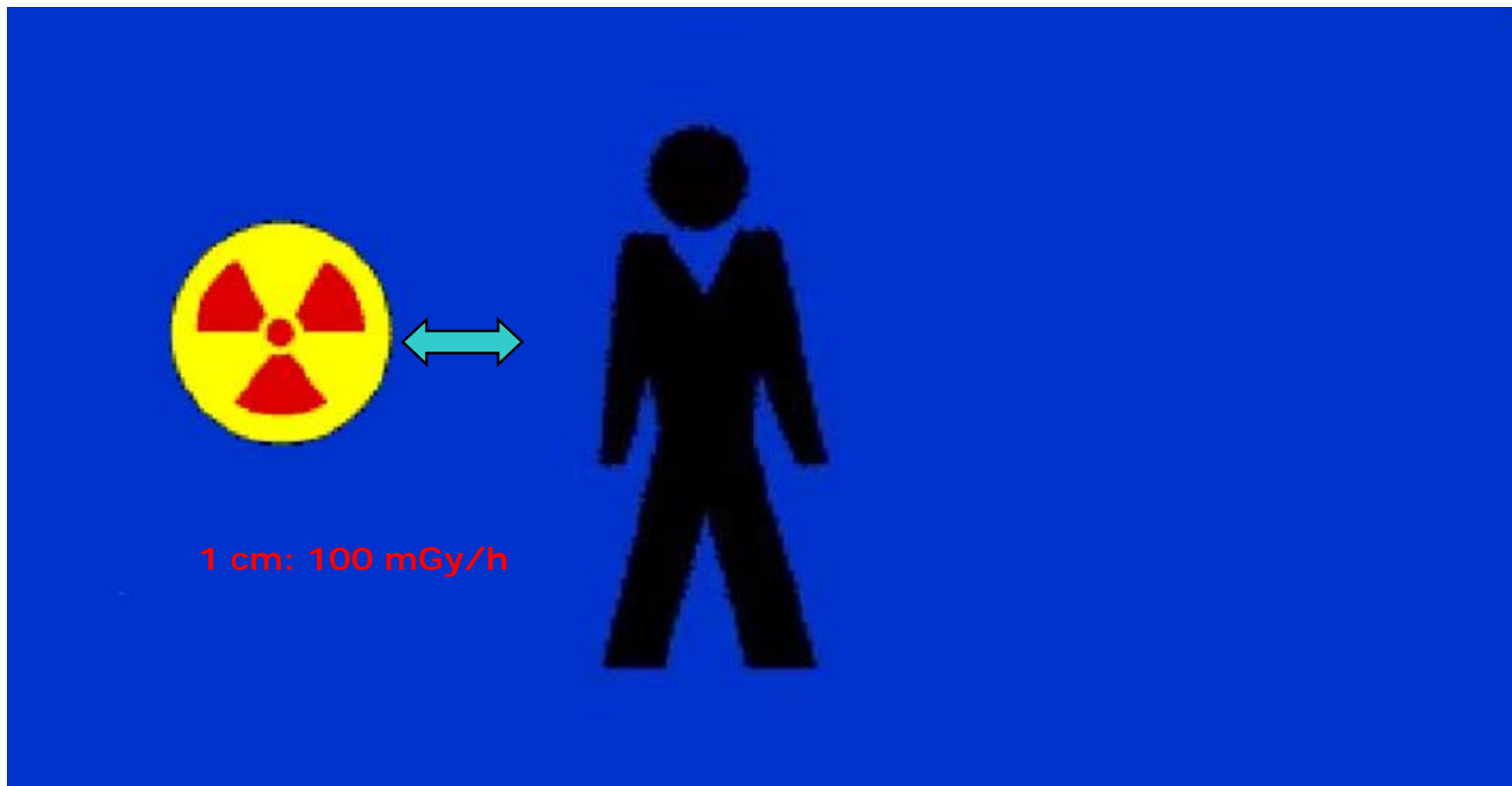
---



- mi espongo per 1 ora: 10 mGy
- mi espongo per 2 ore 20 mGy
- **Il rischio è proporzionale alla durata dell'esposizione**

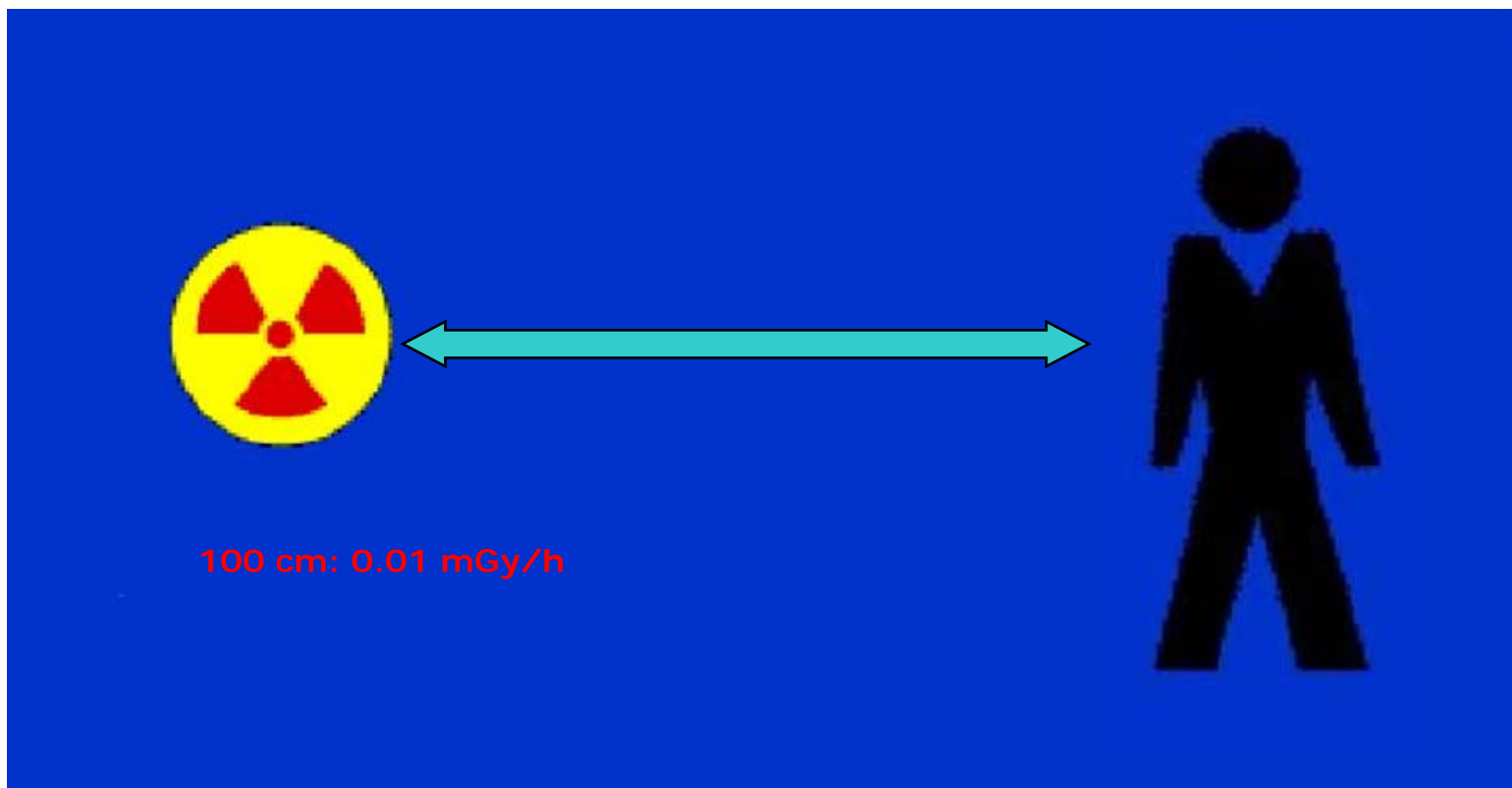
# Dipendenza dalla distanza: inverso del quadrato della distanza

---



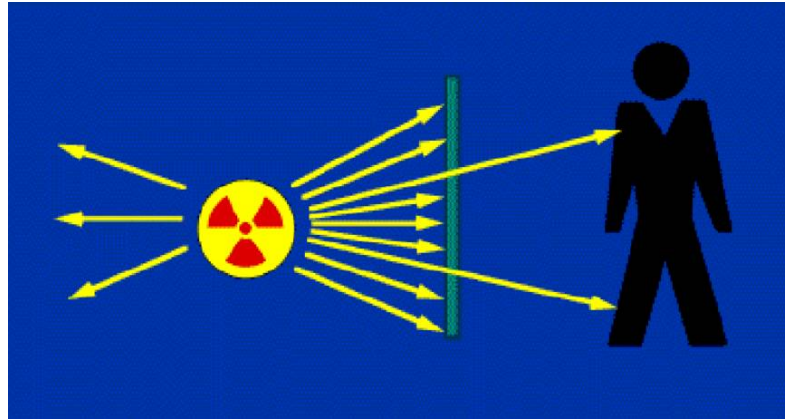
# Dipendenza dalla distanza: inverso del quadrato della distanza

---



# Schermatura dai fotoni

---



- Non è praticabile a causa dell'energia della radiazione
- Nella fattispecie è importante sfruttare il più possibile il fattore tempo

# Una simulazione

---

- Evento: perdita di controllo di una sorgente sigillata di Ir-192 durante il trasporto (10 Ci pari a 370 GBq)
- Problema:  
**irradiazione esterna** e delimitazione della zona di rischio



# Campi di radiazione integrati (mSv)

Durata intervento (h)	Distanza dalla sorgente (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	51.3	12.8	5.7	3.2	2.1	1.4	1.0	0.8	0.6	0.5
2	102.6	25.6	11.4	6.4	4.1	2.8	2.1	1.6	1.3	1.0
3	153.8	38.5	17.1	9.6	6.2	4.3	3.1	2.4	1.9	1.5
4	205.1	51.3	22.8	12.8	8.2	5.7	4.2	3.2	2.5	2.1
5	256.4	64.1	28.5	16.0	10.3	7.1	5.2	4.0	3.2	2.6
6	307.7	76.9	34.2	19.2	12.3	8.5	6.3	4.8	3.8	3.1
7	359.0	89.7	39.9	22.4	14.4	10.0	7.3	5.6	4.4	3.6
8	410.3	102.6	45.6	25.6	16.4	11.4	8.4	6.4	5.1	4.1
9	461.5	115.4	51.3	28.8	18.5	12.8	9.4	7.2	5.7	4.6
10	512.8	128.2	57.0	32.1	20.5	14.2	10.5	8.0	6.3	5.1

Limite considerato

Popolazione

Lavoratori esposti

V.V. F.F.



# Risposta a un'emergenza

---

- Obiettivi generali della risposta a un'emergenza dovrebbero essere
  - Ridurre l'entità del rischio o mitigare le conseguenze dell'evento alla fonte
  - Prevenire o ridurre gli effetti deterministici
  - Ridurre ragionevolmente il rischio di effetti stocastici
- Nella risposta ad un'emergenza ciascuna squadra e ciascun ente dovrebbe essere compiutamente consapevole del proprio ruolo e dei propri compiti





# E in ogni caso ricordare che

---

- Anche per volontari e soccorritori è fissato un limite di dose: 100 mSv
- Quindi se il campo di radiazioni è noto ricordare che un intervento in una zona a 100 mSv/h
  - non deve durare più di un ora
  - deve limitarsi ad azioni salvavita
- E' opportuno garantire il non superamento di un vincolo di dose pari a 50 mSv



# E in ogni caso ricordare che

---

- Molto spesso l'esposizione è associata ad una inadeguata conoscenza delle radiazioni da parte della vittima
- E' importante basarsi non solo sulla sintomatologia ma anche sulle informazioni fornite dalla potenziale vittima



# TMT HANDBOOK

Triage, Monitoring and Treatment of people exposed  
to ionising radiation following a malevolent act



Carlos Rojas-Palma ■ Astrid Liland ■ Ane Næss Jerstad  
George Etherington ■ María del Rosario Pérez ■ Tua Rahola ■ Karen Smith (Eds.)

# Risposta delle strutture di primo intervento

---

- Necessità di suddividere in loco le vittime in funzione delle condizioni cliniche, dell'urgenza di interventi sanitari, e del loro numero
- **Le radiazioni non causano né morte né lesioni immediate e pertanto:**
  - Vanno trattate e stabilizzare prioritariamente le lesioni e le situazioni cliniche che costituiscono una minaccia per la vita
  - Vanno immobilizzate le fratture
  - Va prevenuta la contaminazione interna anche attraverso una valutazione dell'entità della contaminazione esterna e provvedendo alla decontaminazione



## Una sovraesposizione può causare

---

Nausea e vomito	0.5 ÷ 48 h
Lymphopenia	6 ÷ 24 h
Granulocytosis	6 ÷ 12 h
Thrombocytopenia	20 – 30 giorni
Granulocytopenia	20 – 30 giorni
Immunosuppression	15 giorni
Morte da shock	35 – 48 ore



# Elementi di valutazione comparata

	Trauma severo	Rischio chimico	Materiale radioattivo
Può minacciare la vita della vittima o del soccorritore?	Soccorritori: no Vittima: possibile	Possibile	Molto improbabile
Può causare danni visibili immediati alla cute della vittima?	Possibile	Possibile	Improbabile
Può causare problemi cardiaci o respiratori, dolore o incoscienza?	Frequentemente	Possibile	No, se ce ne fosse evidenza le cause sarebbero altre



# Risposta delle strutture di primo intervento

---

- Nelle prime 3 ore: azioni salvavita, identificazione dei soggetti potenzialmente sovraesposti
- Nelle prime 12 ore: suddivisione in funzione della dose assorbita sulla base della tipologia di evento e delle condizioni di esposizione (ad esempio la distanza dall'evento)
  - Dose  $< 1$  Gy dimissione e osservazione
  - Dose compresa tra 1 e 3 Gy trasporto in un ospedale generale
  - Dose  $> 3$  Gy trasporto in ospedale specializzato



# Azioni specifiche immediate

---

- In caso di
  - Sola esposizione esterna: nessuna
  - Contaminazione superficiale: decontaminazione
  - Contaminazione interna: iodiofilassi se causata da iodio altrimenti trasporto a Ospedale di Riferimento





# Risposta delle strutture di primo intervento

---

- Nel caso di un'emergenza che coinvolga un elevato numero di persone sul territorio
  - auspicabile la presenza di un team multidisciplinare per effettuare un triage specifico a campo
  - necessario definire flussi informativi tra chi opera sul territorio e le strutture ospedaliere
  - necessità di predisporre spazi per discriminare i contaminati gravi da vittime che presentano solo tracce di contaminazione esterna ma non ferite



**Le risorse ospedaliere dovrebbero essere dedicate al trattamento di feriti e di irradiati e/o contaminati gravi**



# Risposta delle strutture di primo intervento

---

- Nella risposta sul campo dovrebbero essere garantite situazioni di “sicurezza” per gli operatori coinvolti
- Ciò comporta la necessità di dotazione strumentale aggiuntiva e di formazione specifica
- Ciò comporta comunque la necessità di definire quali sono i livelli di rischio accettabile per tali “interventi”



# Risposta delle strutture di primo intervento

---

- In caso di dubbio, comportarsi come se la vittima fosse contaminata fino a prova certa contraria
- Gli step da seguire in caso di vittima contaminata
  - Rimuovere i vestiti contaminati
  - Coprire la vittima
  - Trasferirlo in una zona sicura
  - Procedere alla decontaminazione prima dell'eventuale trasferimento in ospedale



# Lesioni combinate con irradiazioni (CRI)

---

- Il triage a campo può essere complicato dalla presenza di lesioni combinate con radiazioni (**CRI**) (lesioni + irradiazione + contaminazione)
  - **CRI termiche**: irradiazione esterna/interna associate a ustioni
  - **CRI meccaniche**: irradiazione esterna/interna associate a ferite, fratture, emorragia
  - **CRI chimiche**: irradiazione esterna/interna associate a ustioni e/o intossicazione dovute a prodotti chimici



# Prima classificazione delle vittime

---

- Vittime asintomatiche ma con elevata possibilità di una sovraesposizione dovrebbero essere trasportati in strutture ospedaliere specializzate
  - L'esperienza ha mostrato che la più comune conseguenza di un incidente radiologico è una sovraesposizione in una zona localizzata senza contaminazione radioattiva
- Persone che presentano CRI dovrebbero ricevere un trattamento personalizzato a seconda delle lesioni
  - La combinazione dell'esposizione a radiazioni con CRI può peggiorare la prognosi



# Prima classificazione delle vittime

---

- Potenziali contaminati dovrebbero essere monitorati al fine di determinare il grado di contaminazione interna/esterna (dopo la stabilizzazione clinica)
- Vittime con sintomi potenziali di irradiazione acuta non richiedono un immediato trattamento medico ma una urgente valutazione della dose



# Tipica gestione delle vittime

di esposizione	Conseguenze sanitarie	Ospedalizzazione
Esposizione esterna localizzata (mani)	Eritema localizzato con o senza ulcerazione o necrosi	Auspicabile in un ospedale generale
Esposizione totale o parziale con sintomi precoci di ARS	ARS di gravità dipendente dalla dose	<b>In ospedale con competenze specialistiche</b>
Esposizione totale o parziale con lesioni importanti	Rischio di morte, possibilità di CRI	<b>Immediato trasferimento in ospedale con competenze specialistiche</b>
Limitata contaminazione della cute senza ferite e con possibilità di decontaminazione	Improbabili	Non necessaria. Necessaria solo la decontaminazione
Limitata contaminazione della cute senza ferite senza possibilità di decontaminazione	Possibili ustioni da raggi e contaminazione interna per adsorbimento cutaneo	Può essere necessaria



# Tipica gestione delle vittime

---

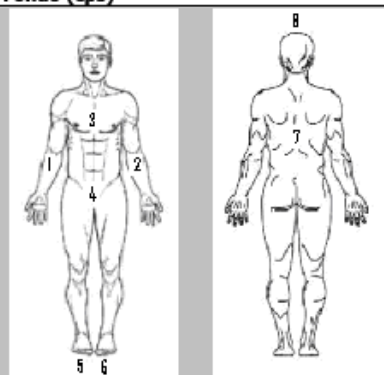
Tipo di esposizione	Conseguenze sanitarie	Ospedalizzazione in un ospedale generale
Limitata contaminazione interna	Nessuna conseguenza immediata	Può essere sufficiente ma necessario uno specialista
Grave contaminazione interna	Nessuna conseguenza immediata	Non sufficiente





### Scheda per la valutazione della contaminazione superficiale

	Data e ora accettazione	
Cognome	Nome	
Genere <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F	Data di nascita	
Telefono		

Ricerca di contaminazioni superficiali		Fondo (cps)	
Valore significativo > ..... cps			
Cps a contatto	Posizione (rif. Figura)		
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		
	8		
Valutazione della contaminazione superficiale		Bq/cm <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Non Rilevabile

Proposta di provvedimenti specifici da intraprendere per la protezione radiologica del paziente	
<input type="checkbox"/> Nessuno	
<input type="checkbox"/> Decontaminazione esterna	
<input type="checkbox"/> Follow-up radiometrico	
<input type="checkbox"/> Altro	

Firma	Matricola	Data

Possibile scheda di triage radiologico

# Chernobyl

---

- Frequenti ustioni da radiazioni
- Le ustioni su oltre il 50% della superficie corporea hanno portato alla morte di 19 persone su 28 casi
- La contaminazione interna è stata verificata nella maggior parte delle vittime ma solo in pochi casi in maniera significativa
- Le infezioni hanno costituito diffusa causa di morte
- Il trapianto del midollo è risultato indicato in pochi casi
- Alcune ustioni da radiazioni hanno richiesto un trattamento chirurgico



# Chernobyl

<b><i>Danno da radiazioni</i></b>	<b>Dose (Gy)</b>	<b>Numero di pazienti ospedalizzati</b>		
		<b>Totale</b>	<b>Morti per irradiazione</b>	<b>Ustioni da radiazioni</b>
<b>Lieve</b>	<b>1-2</b>	<b>140</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Moderato</b>	<b>2-4</b>	<b>55</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Grave</b>	<b>4-6</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
<b>Molto grave</b>	<b>6-10</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>20</b>



# Ma senza pensare alla catastrofe nucleare... Incidente di Goiânia

---

- 13/9/87 Furto di una sorgente di  $^{137}\text{Cs}$  utilizzata per RT da un Ospedale abbandonato: la sera stessa nausea e vomito per i ladri
- 16/9/87 forzatura dell'ermeticità
- 18/9/87 la sorgente è venduta
- 24/9/87 diffusione della polvere
- 29/9/87 si conferma presenza radioattività



# Ma senza pensare alla catastrofe nucleare... Incidente di Goiânia



# Conseguenze Incidente di Goiânia

---

- Superficie interessata: 4000000 m<sup>2</sup>
- 130000 soggetti invasero gli Ospedali
- 250 soggetti risultati contaminati
- 20 soggetti con sindrome acuta da radiazioni ionizzanti
- 4 morti dopo circa un mese (dosi comprese tra 4 e 6 Gy)
- Il ladro (7 Gy) è sopravvissuto



# Triage radiologico



112000 persone monitorate nello stadio olimpico di Goiania



# Come misurare la contaminazione esterna

- Può essere sufficiente un contatore proporzionale ad ampia superficie
- Fornisce una risposta Sì/No accurata al 90 %
- Va effettuata una scansione del distretto corporeo a 1 – 2 cm dalla superficie
- Va valutata la possibilità di proteggere la finestra





# Come procedere alla decontaminazione esterna

---

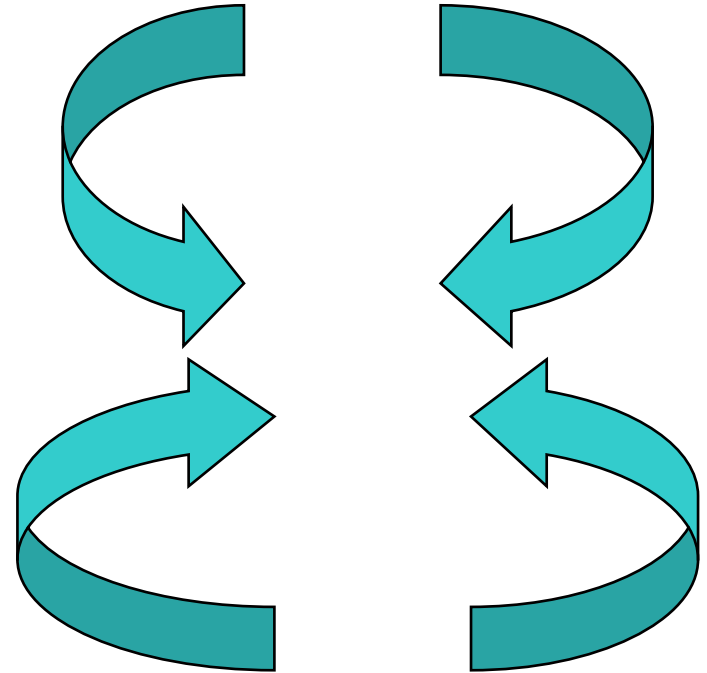
- Rimuovere gli abiti
- Lavare la vittima con acqua e detergente (efficace al 95 %)
- Nella decontaminazione procedere dalla testa verso i piedi
- Verificare la eventuale contaminazione di occhi naso bocca e ferite



# Come decontaminare

---

- Decontaminare con movimenti circolari verso l'interno
- Risciacquare e asciugare con lo stesso tipo di movimento
- Verificare l'efficacia dell'intervento con il monitor



# Tecniche di decontaminazione

**Monitoring a Contaminated Patient**



**Contaminated Patient**  
after removal of outer clothing and shoes



# Procedure di decontaminazione cavità corporee (IAEA)

---

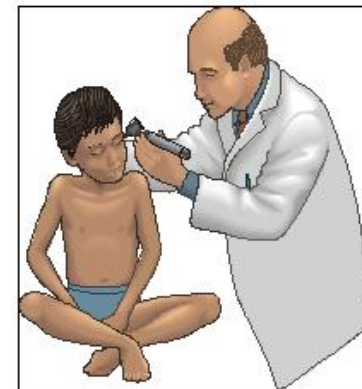
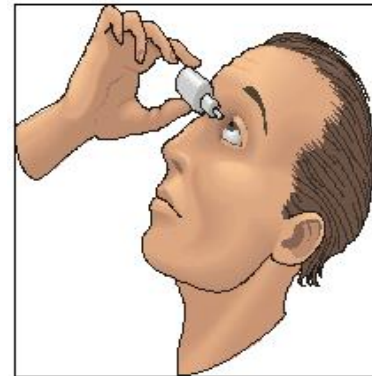
- Richiedono particolare attenzione
- Procedure:
  - **Cavità orale:** pasta dentifricia, sciacquare la bocca con una soluzione al 3 % di acido citrico
  - **Regione faringea:** gargarismi con una soluzione al 3% di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
  - **Ingestione di materiale radioattivo:** lavanda gastrica
  - **Naso:** sciacquare con acqua o soluzione fisiologica



# Procedure di decontaminazione cavità corporee (IAEA)

---

- **Occhi:** sciacquare con un flusso di acqua o fisiologica dall'interno all'esterno cercando di evitare la contaminazione delle ghiandole lacrimali
- **Orecchie:**
  - sciacquare l'esterno con acqua
  - sciacquare il canale auditivo con una siringa e fisiologica



# Procedure di decontaminazione materiale da utilizzarsi

---

- Comune sapone detergente per pelle e capelli; bassa acidità (Ph~5)
- Agenti chelanti
  - EDTA al 10% per pelle, capelli nel caso di transuranici terre rare e metalli di transizione
  - DTPA 1% in soluzione acida (Ph~4) per decontaminare la cute con transuranici, lantanidi o metalli (Co, Ir)



# Procedure di decontaminazione materiale da utilizzarsi

---

- Permanganato di Potassio in soluzione acquosa al 5% deve essere impiegato con attenzione
  - Non è raccomandato per il volto, le cavità, i genitali
  - Usare solo quando la decontaminazione convenzionale è inefficace
  - A seguire, utilizzare agenti riducenti quindi sciacquare con acqua
- Idroxilamina e sodio iposolfito al 5% preparato al momento in soluzione acquosa
  - Sono agenti riducenti, applicare dopo  $\text{KMnO}_4$  o Lugol, quindi lavare con acqua



# Risposta delle strutture ospedaliere

---

- Una corretta risposta della struttura ospedaliera presuppone:
  - Disponibilità di alcuni requisiti minimi strutturali (esempi)
    - L'identificazione di una appropriata area di triage al fine di garantire il contenimento della eventuale contaminazione
    - Disponibilità di un'area per il monitoraggio di coloro che si presentano spontaneamente
  - Disponibilità di materiale e strumentazione specifica (esempi)
    - Materiale per decontaminazione
    - Farmaci specifici
    - Whole body counter
  - Disponibilità di procedure specifiche e di personale a rotazione
  - Attività di formazione specifica del personale del DEA





# Risposta delle strutture ospedaliere

---

- Nel caso di un'emergenza che coinvolga un elevato numero di persone sul territorio dovrebbero essere previste specifiche procedure nell'ambito del PEMAFA (Piano per massiccio afflusso di feriti)
- Devono essere predisposte procedure e protocolli terapeutici specifici per il trattamento di vittime dei più comuni scenari ipotizzabili
- Tali procedure e protocolli debbono essere oggetto di adeguata formazione



# Formazione

---

La formazione dovrebbe essere continuativa e specifica dipendentemente dai ruoli nella risposta all'evento e dovrebbe essere in grado di dare risposta, tra l'altro, a tutti i seguenti quesiti:

- Cosa è un incidente con radiazioni?
- E' frequente?
- Quali conseguenze può comportare?
- Quali sono i danni da radiazioni?
- Cosa si rischia nel trattamento di vittime irradiate o contaminate?
- Quali sono le priorità negli interventi?
- Come è possibile ridurre il rischio durante l'intervento?



# Possibile percorso formativo



**informazioni fondamentali  
sulla gestione delle emergenze  
radiologiche**



**Informazioni fondamentali  
su come difendersi dalle  
radiazioni ionizzanti**



**Formazione sulle procedure  
di gestione delle emergenze  
radiologiche**



**Esercitazioni**

# Attività svolte dalla Regione Lombardia

---

- si è cercato di definire i possibili scenari incidentali e le conseguenze derivanti
- si è allargato il quadro anche a possibili eventi incidentali connessi al normale impiego di radiazioni ionizzanti in ambito sanitario, industriale e di ricerca, considerata anche la notevole presenza di impianti e sorgenti sul territorio lombardo



# Attività svolte dalla Regione Lombardia

---

- Si è tenuto conto:
  - della documentazione già esistente in materia, soprattutto a livello internazionale
  - delle esperienze già maturate in Lombardia (attività più che ventennale di controllo della radioattività nelle principali matrici ambientali ed alimentari, coinvolgimento in Piani di Emergenza Esterna relativi a reattori nucleari)
  - della conoscenza delle sorgenti presenti sul territorio



# Impiego di sorgenti in Lombardia

---

- La conoscenza delle sorgenti presenti sul territorio è essenziale per identificare possibili scenari incidentali
- Le apparecchiature radiologiche e di medicina nucleare sono più di 15.000
- L'attenzione va però appuntata sulle grandi sorgenti radioattive



# Conseguenze ambientali: valutazioni

---

- Risorse, competenze e procedure disponibili nelle ASL e nell'ARPA sono sostanzialmente adeguate ad affrontare una situazione di emergenza



# Conseguenze ambientali: iniziative

---

- è già stato fornito alle ASL un piano di campionamenti di alimenti da adottare in emergenza qualora si verifici una situazione di contaminazione diffusa, paragonabile a quella seguita all'incidente di Chernobyl
- è stata impostata una attività di misura della radioattività naturale nelle acque per il consumo umano





# Conseguenze per le persone

---

- sicurezza dei soccorritori e del personale delle istituzioni che sarebbero coinvolte in caso di emergenza radiologica: gli operatori devono essere informati e dotati di dispositivi di protezione individuale
- Ambulanze A.L.S. dotate di dispositivi portatili di misura e di dosimetri individuali a risposta diretta



# Assistenza di persone irradiate e/o contaminate in maniera rilevante

---

- necessità di definire le caratteristiche delle strutture sanitarie ospedaliere in grado di accogliere tali soggetti e di predisporre adeguate procedure
- necessità di sfruttare strutture già esistenti ottimizzandone le risorse



# Requisiti ospedalieri di riferimento

---

- Presenza di:
  - D.E.A.
  - Strutture di Medicina Nucleare nelle quali si pratici la radioterapia metabolica, in quanto dotati di un certo numero di letti dedicati e soprattutto di personale addestrato a trattare persone portatrici di radioattività
  - Strutture di Fisica Sanitaria
- Sono stati individuati gli ospedali lombardi in possesso di tali requisiti



# Quali ospedali in Lombardia

---

- A.O. Niguarda di Milano
- A.O. Ospedali Riuniti di Bergamo
- A.O. Spedali Civili di Brescia
- A.O. Istituti Ospitalieri di Cremona
- A.O. Macchi di Varese
- A.O. Busto Arsizio (Va)



# Linee guida regionali

---

- sono state predisposte linee guida sulla gestione ospedaliera di persone irradiate/contaminate in maniera rilevante
- Sono in corso di predisposizione linee guida per i soccorritori
- tali linee guida dovranno essere oggetto di specifiche iniziative di informazione/formazione del personale sanitario nonché di esercitazioni periodiche



# Struttura delle linee guida sulla gestione ospedaliera

---

- 1. Premessa
- 2. Scopo e campo di applicazione
- 3. Destinatari
- 4. Scenari presi in considerazione
- 5. Sorgenti radioattive potenzialmente impiegabili
- 6. Caratteristiche generali degli scenari considerati
  - 6.1 Eventi che comportano la sola irradiazione esterna
  - 6.2 Eventi che comportano contaminazione interna



# Struttura delle linee guida sulla gestione ospedaliera

---

- 7. Risposta della struttura ospedaliera
  - 7.1 Aspetti procedurali
  - 7.2 Gestione della vittima
    - 7.2.1 Generalità sulle operazioni di triage e di gestione clinica delle vittime
    - 7.2.2 Valutazione radiologica della vittima
    - 7.2.3 Trattamento della contaminazione interna
  - 7.3 Informazione delle vittime
- 8. Risorse, informazione e formazione




# Appendici alle linee guida sulla gestione ospedaliera

---

- 1: Sorgenti radioattive di specifico interesse
- 2: Risposta tissutale ad irradiazioni acute
- 3: Informazioni relative alla valutazione radiologica della vittima
- 4: Risposta ad irradiazioni acute del corpo intero
- 5: Possibili trattamenti sanitari di vittime irradiate ad alte dosi
- 6: Possibili accertamenti da effettuarsi su vittime irradiate ad alte dosi
- 7: Trattamento di decontaminazione interna per alcuni tipici radiocontaminanti
- 8: Risposta a lungo termine ad irradiazioni acute del corpo intero







---

**Come si può individuare  
la pericolosità di una  
sorgente radioattiva?**



# Quando una sorgente radioattiva è veramente pericolosa?

---

- La definizione della “pericolosità” di una sorgente radioattiva dovrebbe essere il risultato di un percorso trasparente in grado di identificare la reale pericolosità delle sorgenti
- Le sorgenti dovrebbero essere caratterizzate in base alla loro pericolosità
- Sulla base di tale categorizzazione dovrebbero essere poi dimensionate le azioni tese alla riduzione del rischio associato alla loro gestione



# Strumenti per definire priorità e ordini di grandezza: D-Value (IAEA , Agosto 2006)

---

- Sorgente pericolosa: sorgente che, fuori controllo, origina una esposizione tale da generare effetti deterministici (di tipo letale o tali da determinare danni permanenti con grave peggioramento della qualità della vita)
- Lo strumento operativo per definire una “sorgente pericolosa” è il D-Value



# Come sono calcolati i D-value? (IAEA , Agosto 2006)

---

- Sono il risultato dell'applicazione di modelli a diversi scenari
- Sono calcolati sulla base di scenari realistici e non troppo conservativi, in modo da non sovrastimare eccessivamente la pericolosità delle sorgenti originando quindi azioni ingiustificate




# D-Value: esempi

(IAEA , Agosto 2006)

Radionuclide	D <sub>1</sub> -Value [TBq]	D <sub>2</sub> -Value [TBq]	D-Value [TBq]
H-3	Illimitati	2000	2000
F-18	0.06	30	0.06
Co-60	0.03	30	0.03
Ni-63	Illimitato	60	60
Kr-85	30	2000	30
Mo-99/Tc-99m	0.3	20	0.3
Tc-99m	0.7	700	0.7
I-125	10	0.2	0.2
I-131	0.2	0.2	0.2
Cs-137	0.1	20	0.1
Ir-192	0.08	20	0.08





---

Sulla base del confronto tra D-value e attività normalmente impiegate è possibile classificare le diverse pratiche in 5 categorie di pericolosità



# Categorizzazione delle pratiche in funzione dei D-Value

(IAEA , SS RS-G-1.9 2005)

Categoria	Pratica/sorgente	A/D
1	Centrali, Irradiatori, Sorgenti per teleterapia, gamma knife	$A/D \geq 1000$
2	Controlli non distruttivi, sorgenti per brachiterapia HDR	$1000 > A/D \geq 10$
3	Misuratori di spessore	$10 > A/D \geq 1$
4	sorgenti per brachiterapia LDR, densitometri ossei	$1 > A/D \geq 0.01$
5	Gascromatografi, applicatori oftalmici	$0.01 > A/D >$ esenzione



# Approccio alternativo

---

- Confronto con il D.Lgs 52 che recepisce la direttiva 2003/122/Euratom del 22.12.2002
- La direttiva definisce le “sorgenti ad alta attività” e indica la necessità di azioni particolari da parte dei detentori





# Esempi di Sorgenti ad alta attività (Direttiva 2003/122/Euratom)

---

Radionuclide	Attività (Bq)
Co-60	$4 \times 10^9$
Se-75	$3 \times 10^{10}$
Sr-90	$3 \times 10^9$
Cs-137	$2 \times 10^{10}$
Ir-192	$1 \times 10^{10}$
Am-241	$1 \times 10^{11}$



## E in Lombardia ?

---

Inventario delle sorgenti radioattive rientranti nel campo di applicazione dell'art. 22 e dell'art. 27 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i.



# Sorgenti in Lombardia di attività maggiore dei D Value

---

Am-241	1
Co-60	15
Cs-137	9
Ir-192	40
Se-75	6
<b>Totale</b>	<b>71</b>



## Sorgenti di attività maggiore di quella contenuta nella Direttiva 2003/122/Euratom

---

Am-241	1
Cf-252	1
Co-60	17
Cs-137	14
Ir-192	41
Kr-85	5
P-32	4
Se-75	6
Sr-90	2
<b>Totale</b>	<b>91</b>



## Una possibile soluzione: è praticabile?

---

- Le “Sorgenti Pericolose” sono soggette ad un particolare sistema regolatorio
- La ASL competente per territorio ne è necessariamente a conoscenza
- Per sapere dove sono, basterebbe che copia delle autorizzazioni fosse disponibile anche per AREU



# Fonti che aiutano a dare una risposta ai problemi

---

- <http://www.astro.org/public/disaster.html>: contiene le indicazioni fornite dall'ASTRO (American Society for Therapeutic Radiology and Oncology) al fine di gestire emergenze radiologiche
- <http://www.fas.org/nuke/guide/usa/doctrine/dod/5100-52m/>: contiene le indicazioni fornite dal FAS (Federation of American Scientists) al fine di gestire emergenze radiologiche
- <http://www.emedprofessional.com/index.cfm?task=detail&ID=10>; contiene link utili all'approfondimento dei problemi
- <http://www.orau.gov/reacts/intro.htm>: contiene informazioni, riferimenti, materiale utile per la formazione e l'autovalutazione, esempi di procedure illustrate da foto e filmati forniti dal REAC/TS (Radiation emergency assistance center/ Training site)



# Fonti che aiutano a dare una risposta ai problemi

---

<http://www.vnh.org/BUMEDINST6470.10A/TOC.html>: contiene le istruzioni per far fronte alle evenienze che comportino irradiazione e/o contaminazione di persone elaborate dal Department of the Navy, Bureau of Medicine and Surgery

- <http://radefx.bcm.tmc.edu/ionizing/>, contiene informazioni relative al trattamento medico di persone irradiate
- <http://www.afrii.usuhs.mil/www/outreach/training.htm>: è possibile scaricare il volume Textbook of Military Medicine: Medical Consequences of Nuclear Warfare (1989) e il volume Medical Management of Radiological Casualties Handbook
- [http://www.llnl.gov/seaborginstitute/training/planning\\_radiation.pdf](http://www.llnl.gov/seaborginstitute/training/planning_radiation.pdf) contiene indicazioni procedurali e riferimenti bibliografici di interesse



# Fonti che aiutano a dare una risposta ai problemi

---

<http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/radiation/Radaccident/homepage.html> contiene indicazioni procedurali di interesse corredate da figure, fotografie e videoclip

- <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/eprmedt/Start.pdf> contiene un intero corso di formazione sulle emergenze radiologiche, liberamente scaricabile, articolato su più giornate





# Conclusioni

---

Un'emergenza radiologica ha una probabilità bassa di verificarsi ma nel caso di accadimento ha un impatto sanitario e di altra natura importante

- Vale la pena muoversi nelle seguenti direzioni:
  - Definizione di procedure che consentano una rapida identificazione del problema
  - Definizione di procedure che consentano un primo screening delle potenziali vittime a campo
  - Pianificazione di importanti azioni di formazione
  - Ottimizzazione ed eventuale adeguamento di strutture già esistenti al fine di consentire il trattamento sanitario di irradiati e/o contaminati gravi
  - Simulazioni ed Esercitazioni

