

PRESENTAZIONE

La gestione delle emergenze radiologiche e nucleari si configura oggi in Italia come un problema attuale e dalle molte sfaccettature. Sebbene nel nostro paese da tanti anni ormai le centrali nucleari siano inattive, permane un rischio di incidenti con presenza di sostanze radioattive in relazione all'uso di queste nell'industria e nella medicina ed alle corrispondenti attività di trasporto, detenzione, impiego di sorgenti radioattive; a ciò si aggiungono i potenziali pericoli derivanti dalla gestione dei rifiuti radioattivi, dalla attività di dismissione degli impianti nucleari, dalla possibilità che incidenti ad impianti nucleari oltre frontiera abbiano ripercussioni sul territorio nazionale, da possibili incidenti a sommergibili e natanti a propulsione nucleare o a satelliti con sorgenti radioattive, da traffici illeciti di sostanze radioattive ed infine da altre attività non note a priori tra cui il rinvenimento di sorgenti radioattive orfane.

I Vigili del fuoco, che si occupano dagli anni '60 di tutela della pubblica incolumità anche dai pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti, hanno promosso questo convegno per discutere problematiche protezionistiche, operative e legislative connesse ad un tipo di emergenza certamente peculiare.

Il convegno intende favorire lo scambio di opinioni e di esperienze tra gli operatori del soccorso ed esperti di radioprotezione; l'ampio coinvolgimento di esperti di varia estrazione (organismi istituzionalmente competenti, mondo accademico, associazioni di categoria) permetterà ai partecipanti di avere una visione delle problematiche sotto molteplici punti di vista.



MINISTERO DELL'INTERNO
DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO
DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE
Direzione Centrale per l'Emergenza ed il Soccorso Tecnico
Area VI - Controllo del Rischio NR
e dell'impiego pacifico dell'Energia Nucleare

LE EMERGENZE RADIOLOGICHE E NUCLEARI:

PROBLEMATICHE RADIOPROTEZIONISTICHE,

OPERATIVE E LEGISLATIVE



ISTITUTO SUPERIORE ANTINCENDI
VIA DEL COMMERCIO 13 - ROMA
6-7 marzo 2008



***"La risposta
sanitaria
alle
emergenze
radiologiche
e nucleari"***

**Giuseppe
De Luca**

APAT

Definizione di "emergenza nucleare"



- L'**emergenza nucleare** è una condizione che si verifica a seguito di un incidente in un **impianto nucleare** di potenza, di ricerca o di propulsione
- Il rilascio di materiale radioattivo determina **conseguenze sull'ambiente**
- Le **conseguenze sanitarie** possono interessare, oltre ai **lavoratori dell'impianto**, gruppi più o meno numerosi di **popolazione**

Definizione di "emergenza radiologica"



Incidente radiologico in Thailandia (febbraio 2000)
Manipolazione accidentale di una sorgente di ^{60}Co

- Le **emergenze radiologiche** si possono realizzare in ambiti diversi dagli impianti nucleari (**utilizzi industriali, sanitari**, ecc. delle radiazioni ionizzanti)
- L'**impatto ambientale** è in genere molto più **modesto**
- Le **conseguenze sanitarie**, a volte molto **rilevanti**, sono in genere **limitate a pochi individui**

Nuove prospettive nel campo delle emergenze radiologiche



- Oltre alle emergenze originate da **situazioni incidentali**, si deve considerare anche la possibilità di **azioni ostili** in cui **materiale radioattivo** viene **deliberatamente rilasciato nell'ambiente** (*terrorismo nucleare e radiologico*)

Dimensioni del problema



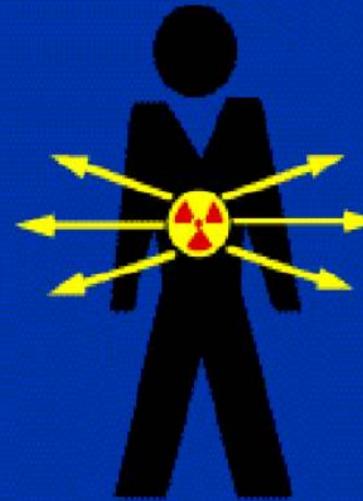
- Gli eventi che possono comportare esposizione accidentale alle radiazioni ionizzanti sono stati finora poco numerosi e possono essere considerati nel loro complesso **eventi rari**
- Le fonti non sono univoche. Le casistiche disponibili forniscono dati che oscillano in questo range:
 - Dal **1945** al **2007**, circa **400 situazioni incidentali** hanno determinato esposizione significativa alle radiazioni ionizzanti di almeno una persona
 - Tra le migliaia di **persone esposte** (oltre **3000**) sono stati registrati circa **200 decessi** e **1400 lesioni significative** attribuibili alle radiazioni ionizzanti

Modalità di esposizione alle radiazioni ionizzanti

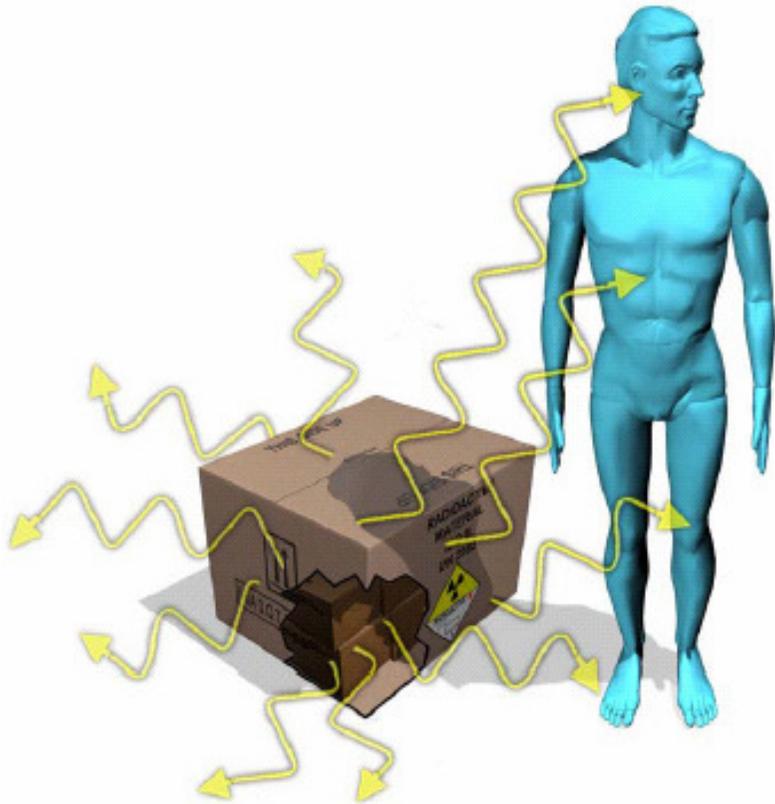


**Esposizione o
Irradiazione
esterna**

**Contaminazione
radioattiva**



Irradiazione esterna



- L'organismo umano può essere irradiato da **sorgenti di radiazioni** sufficientemente **energetiche e penetranti** (generalmente di natura *elettromagnetica*), situate **all'esterno dell'organismo ad una certa distanza da esso**
- Si parla in questo caso di **"irradiazione esterna"**

Modalità di esposizione per irradiazione esterna

Alcuni esempi

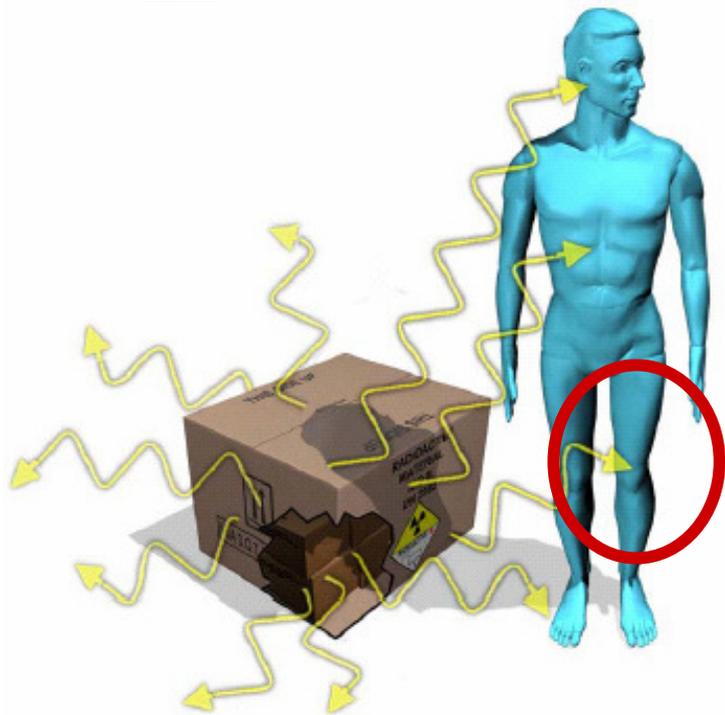


- Irradiazione esterna da **sorgente di raggi X** (tubo radiogeno)

- Irradiazione esterna da **sorgente di raggi γ** (sorgente di ^{60}Co per radioterapia; di ^{192}Ir , di ^{137}Cs per controlli non distruttivi, ecc.)

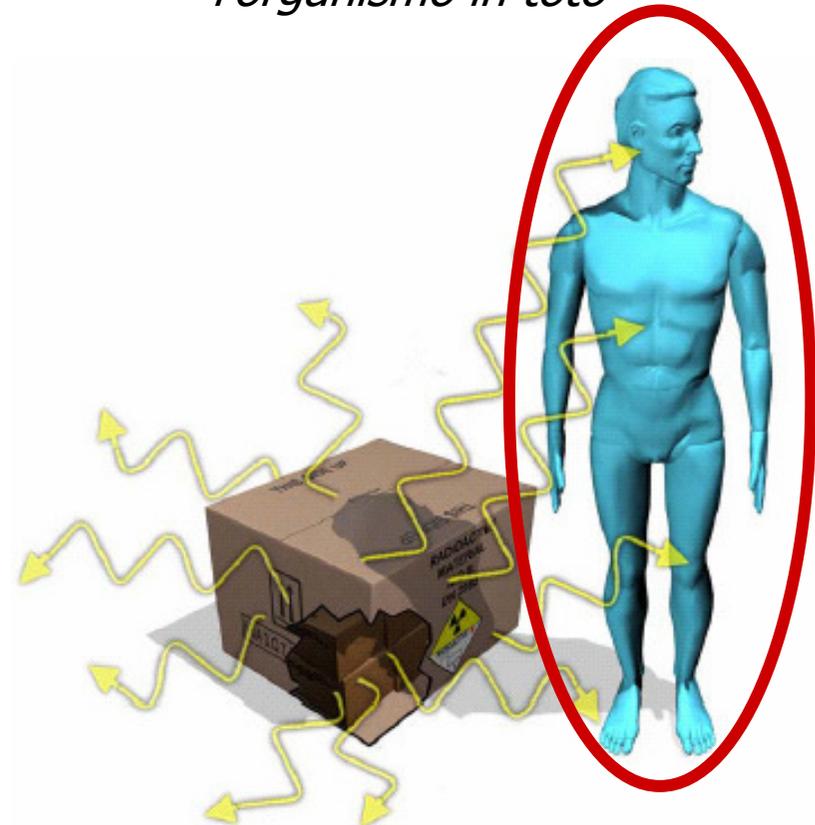


Estensione dell'irradiazione esterna

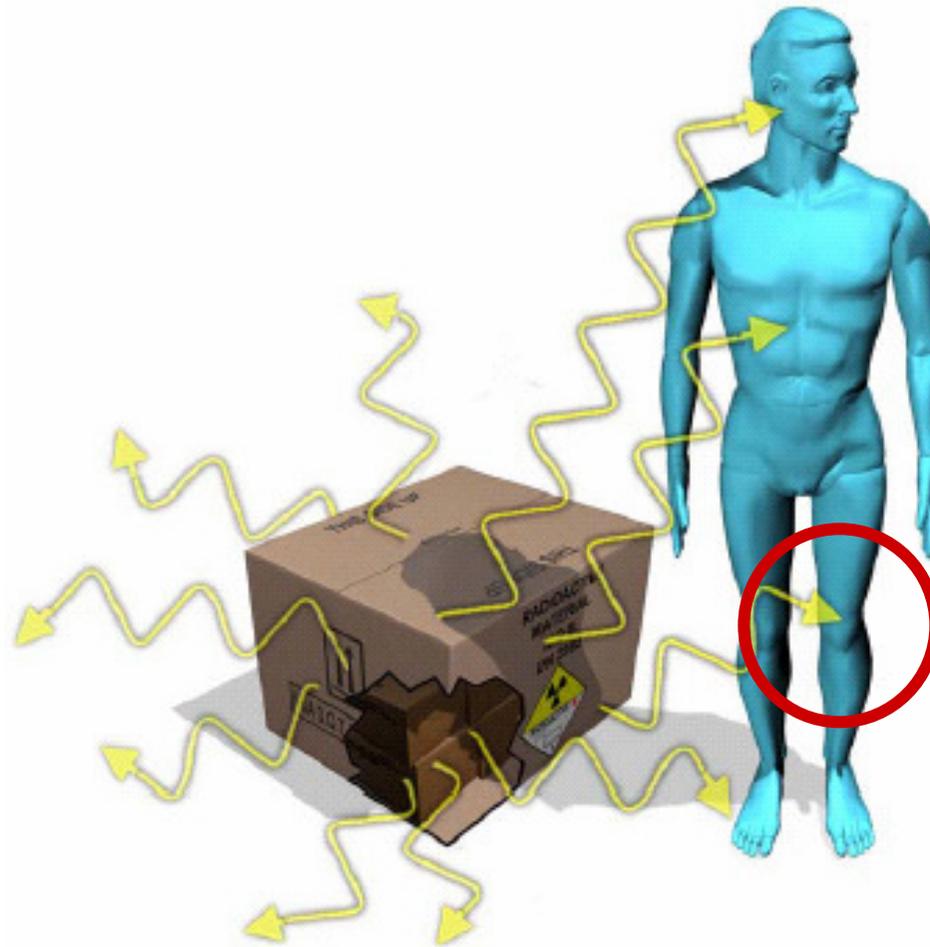
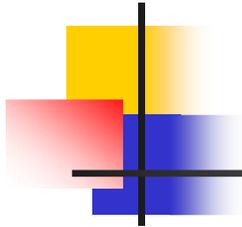


1. L'irradiazione esterna può essere **localizzata** cioè *limitata come estensione a determinate porzioni dell'organismo*

2. L'irradiazione esterna può anche essere **estesa al corpo intero** se il campo di radiazioni investe *l'organismo in toto*



Irradiazione esterna localizzata



Irradiazione esterna localizzata

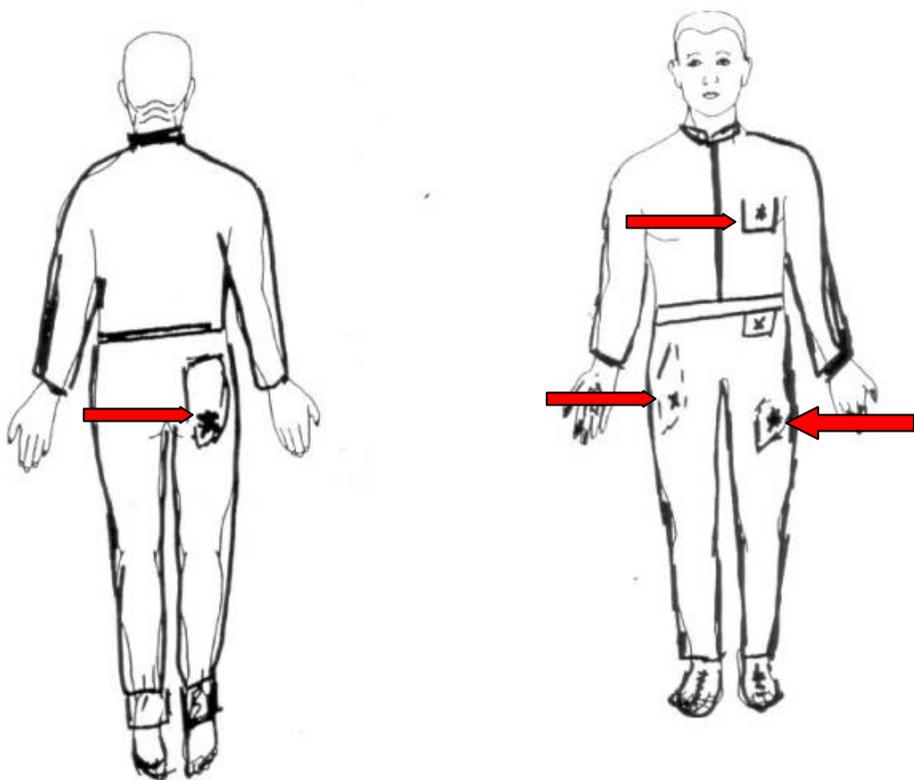


Radiolesioni alle mani (*manipolazione accidentale di sorgente di ^{60}Co*)

Epitelite essudativa a 3 settimane dall'esposizione

- L'irradiazione esterna **localizzata** a porzioni limitate del corpo (in particolare alle **estremità degli arti superiori**) è l'eventualità incidentale di natura radiologica **più frequente** soprattutto per *manipolazione accidentale di sorgenti di radiazioni* (es.: incidenti durante l'uso di sorgenti sigillate di raggi γ per controlli non distruttivi)

Irradiazione esterna localizzata



- Oltre alle mani, altre sedi caratteristiche di irradiazione esterna localizzata sono la **faccia anteriore e posteriore della coscia**, la cute della **regione toracica** (*sorgenti raccolte accidentalmente e conservate nelle **tasche** dei pantaloni o nel taschino della camicia*)



Alloggiamento sorgente di Ir 192 o Co 60 per controlli non distruttivi



Alloggiamento di sorgente di Ra 226 per controlli non distruttivi



Sorgente di Co 60 per teleterapia

Irradiazione esterna localizzata



- Le **conseguenze** di un'irradiazione esterna localizzata sono **in rapporto con la dose di radiazioni assorbita** e possono essere **anche molto gravi**
- Si parla spesso - anche se impropriamente - di "**ustioni da raggi**" per indicare gli effetti lesivi delle radiazioni ionizzanti a livello della cute

Irradiazione localizzata alla faccia anteriore della
coscia (*sorgente di ^{192}Ir dell'attività di 14 Ci nella tasca
dei pantaloni*) – Evoluzione nel tempo



Eritema precoce



Eritema tardivo (14 giorni)

Irradiazione localizzata alla faccia posteriore della
coscia (*sorgente di ^{192}Ir dell'attività di 37 Ci nella tasca
posteriore dei pantaloni*)



**Fase essudativa con
formazione di flittene**

Irradiazione localizzata alla faccia posteriore della
coscia (*sorgente di ^{192}Ir dell'attività di 37 Ci nella tasca
posteriore dei pantaloni*)



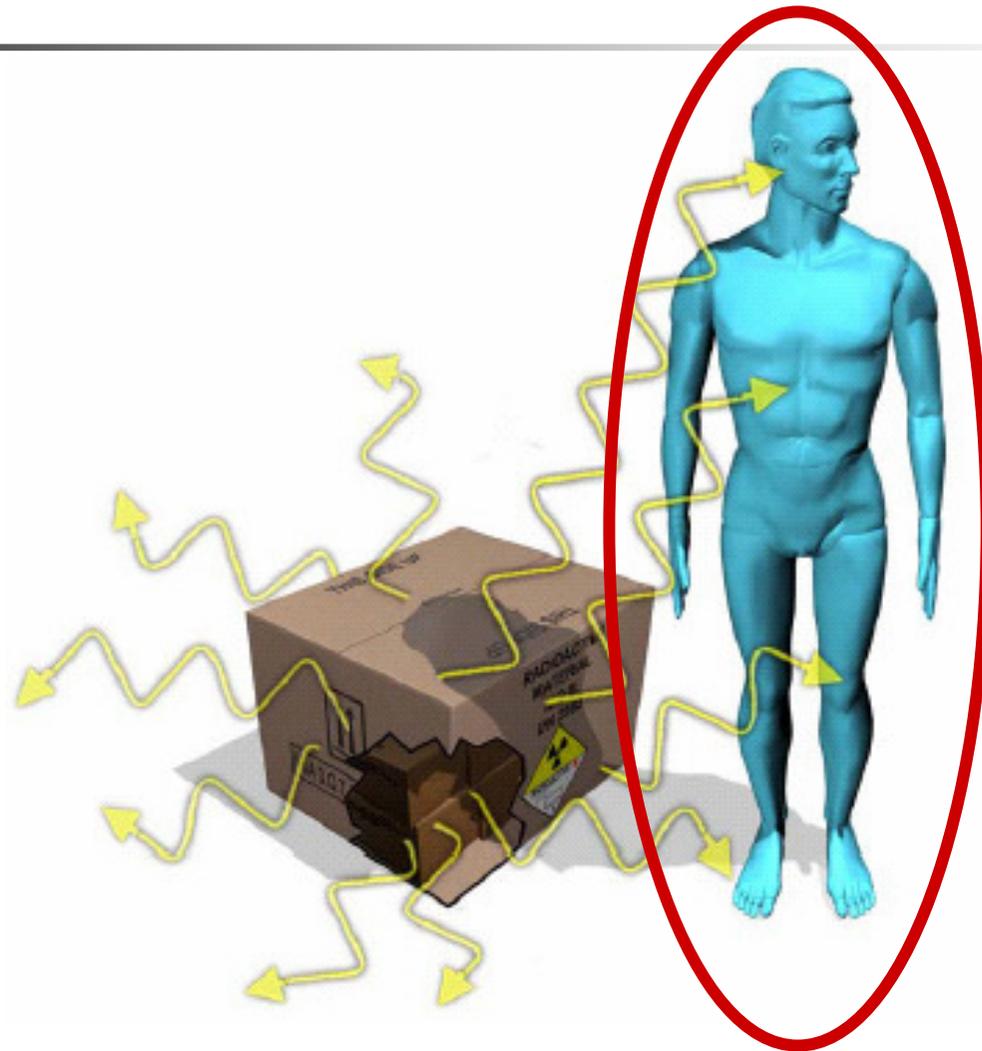
Fase necrotica

Irradiazione localizzata alla faccia posteriore della
coscia (*sorgente di ^{192}Ir dell'attività di 37 Ci nella tasca
posteriore dei pantaloni*)

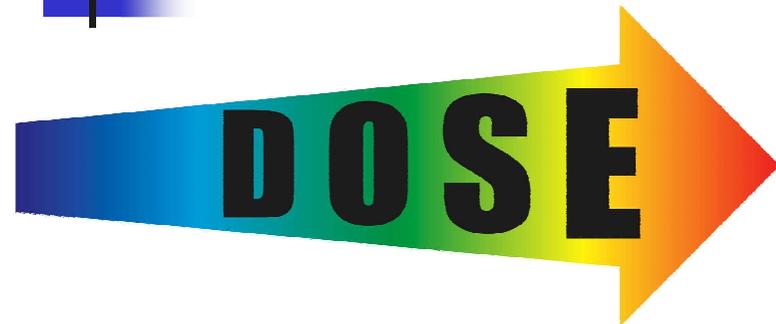


Sovrainfezione della lesione

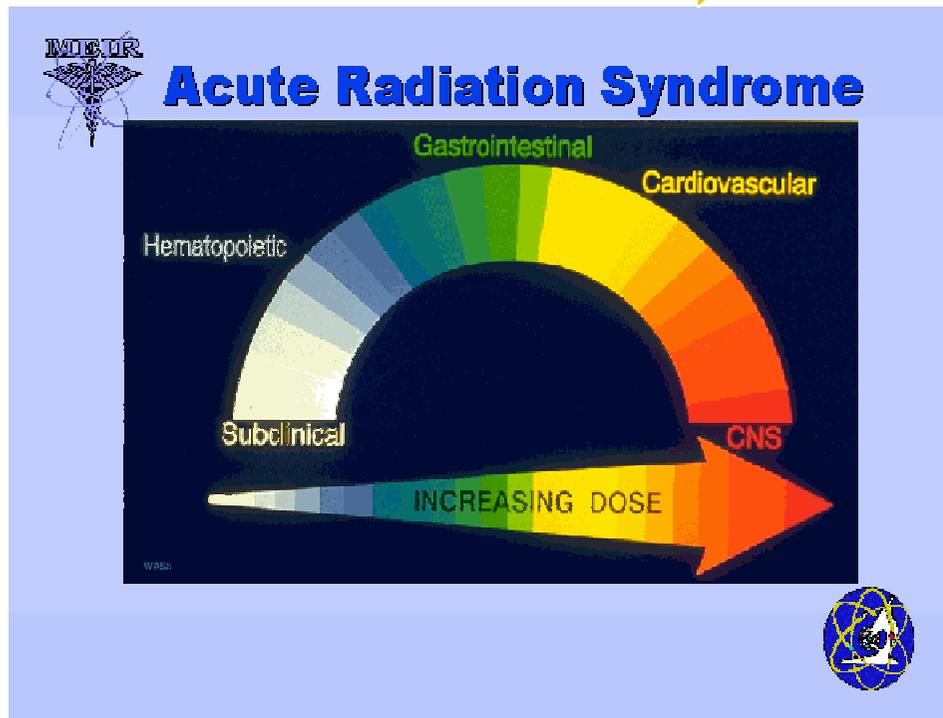
Irradiazione al corpo intero



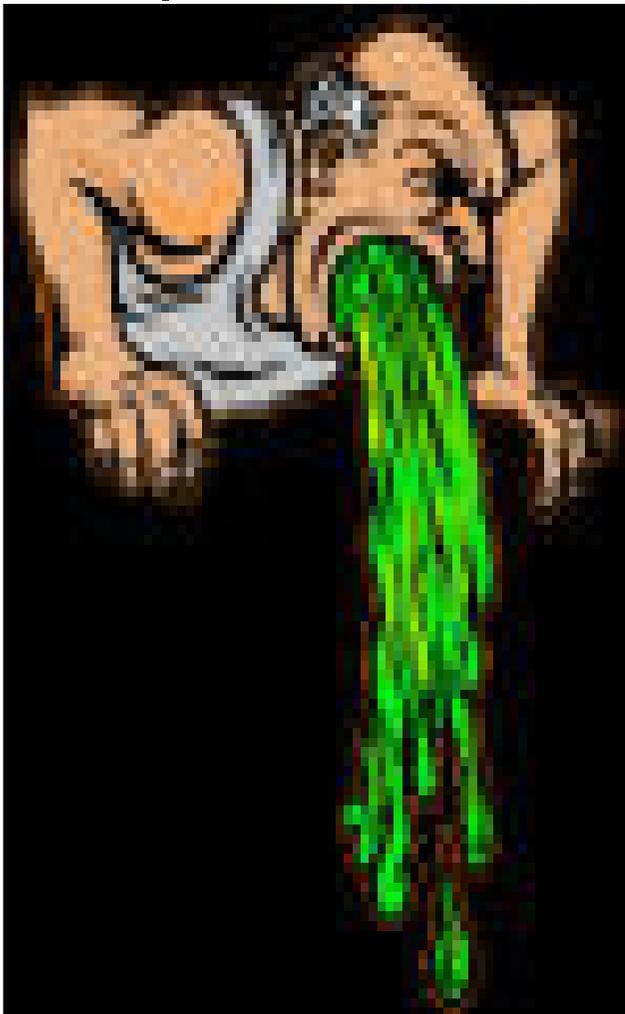
Irradiazione al corpo intero



- Anche le **conseguenze** dell'irradiazione al corpo intero dipendono **dalla dose di radiazioni assorbita** e possono essere molto gravi o addirittura letali a seguito del **coinvolgimento degli organi e dei tessuti maggiormente suscettibili** all'effetto acuto dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti: **tessuto emopoietico**, epitelio del **tubo gastroenterico** (*Sindrome acuta da radiazioni*)

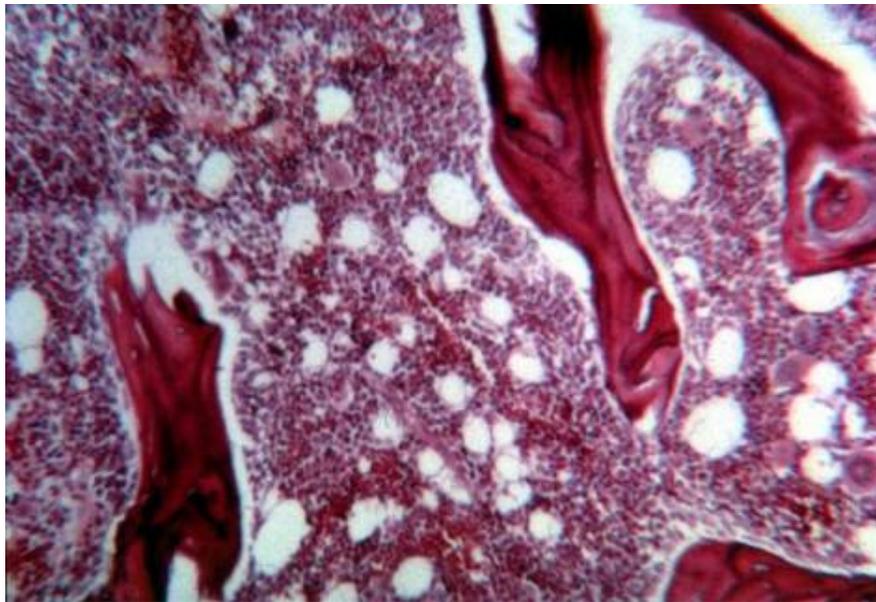


Sindrome Acuta da Radiazioni

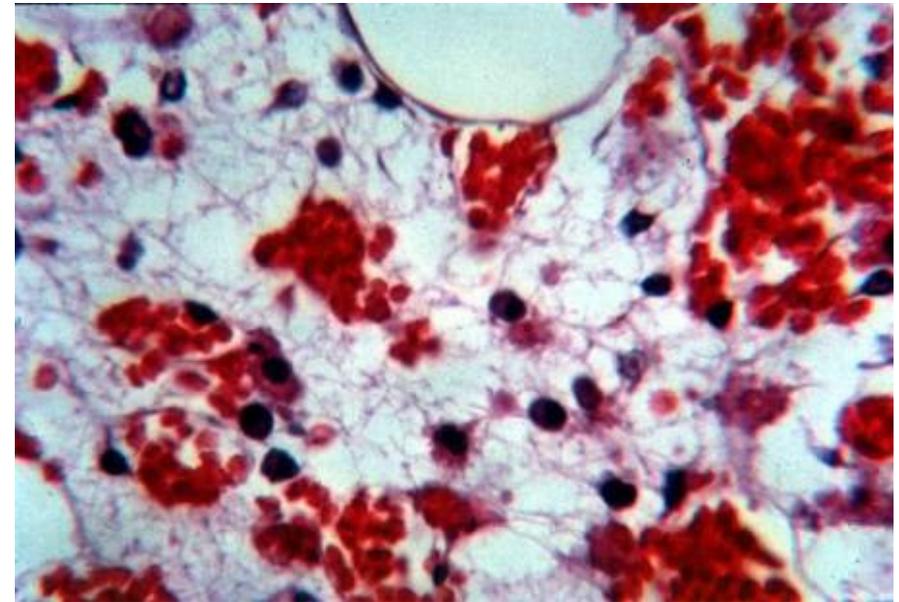


- I **segni e sintomi prodromici** della ***Sindrome Acuta da Radiazioni*** (**nausea, vomito, anoressia** e possibile **diarrea**) sono del tutto **aspecifici**.
- La fase prodromica è seguita da un **periodo di latenza** sostanzialmente **asintomatico**
- Intorno alla 3^o- 4^o settimana si assiste alla comparsa dei sintomi clinici della **sindrome emopoietica** (aumentata suscettibilità alle infezioni, facilità al sanguinamento, anemizzazione, ecc.) conseguenti alla riduzione del numero di elementi circolanti (linfociti, granulociti neutrofili, piastrine, globuli rossi)

Danni delle radiazioni ionizzanti a carico del tessuto emopoietico



Midollo osseo normale



Midollo osseo irradiato

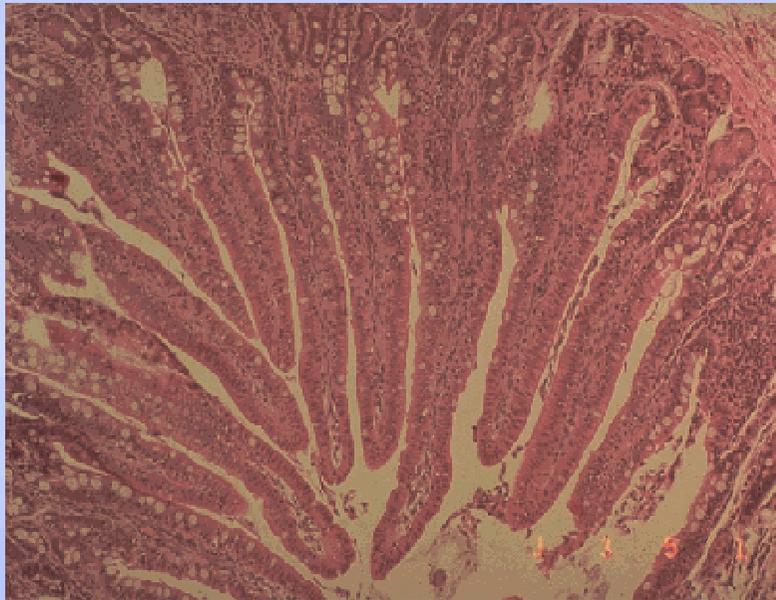
Deplezione delle linee di
cellule progenitrici
emopoietiche

Sindrome Acuta da Radiazioni

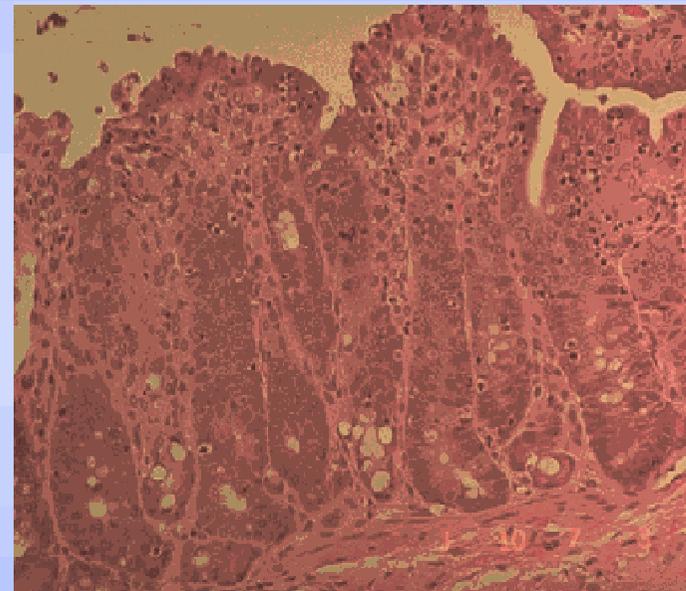
La compromissione dell'**apparato gastroenterico** (comparsa di sintomi quali vomito, diarrea emorragica, ecc.) rappresenta un **segno prognostico** invariabilmente **sfavorevole** sia perché rivela l'assorbimento di una dose molto elevata di radiazioni, sia per la difficoltà di gestione delle conseguenze cliniche del danno all'organo



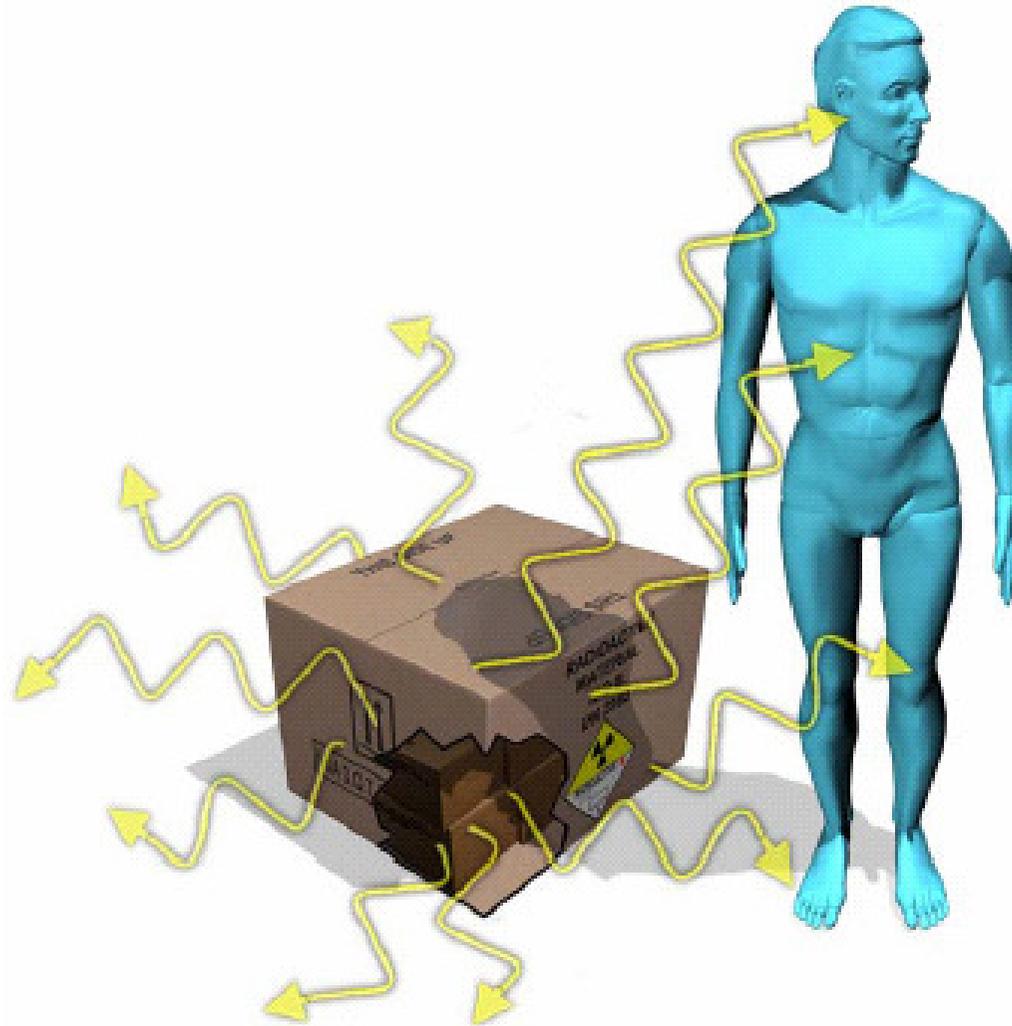
Normal GI Mucosa



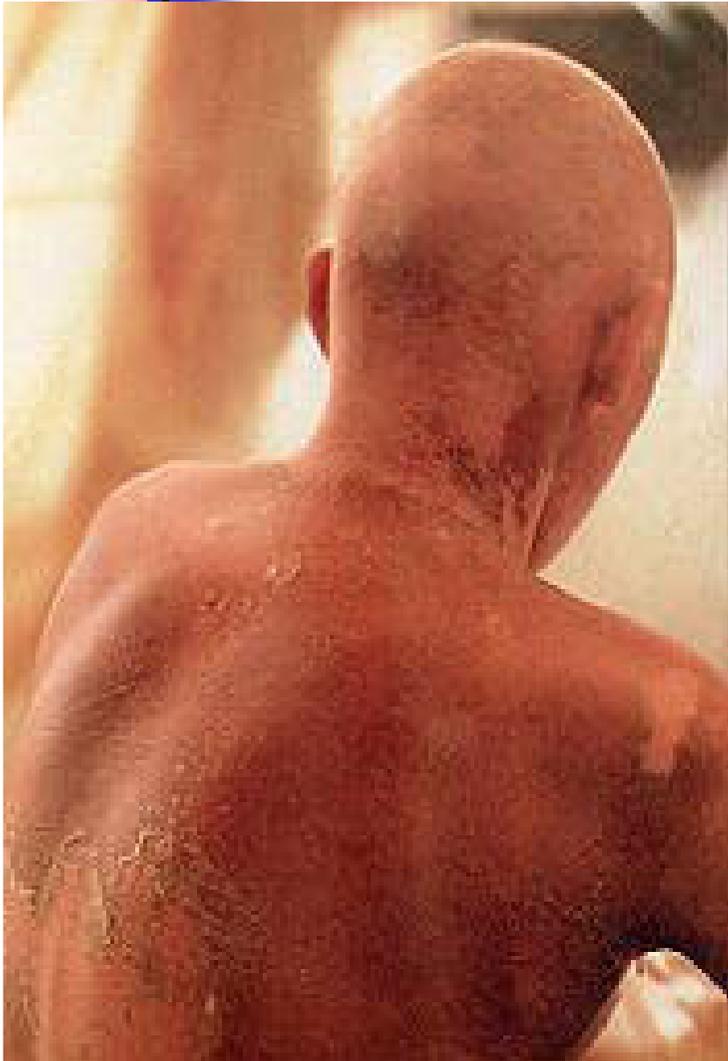
Irradiated GI Mucosa



Gestione della vittima di un'irradiazione esterna



Gestione della vittima di un'irradiazione esterna



- E' importante sottolineare come, in caso di irradiazione esterna - sia localizzata che al corpo intero - **la vittima dell'irradiazione non rappresenta** di per sé alcun **pericolo per i soccorritori**
- In particolare, la vittima **non diventa** assolutamente essa stessa "**sorgente**" di **radiazioni**

Gestione della vittima di un'irradiazione esterna



- Per le lesioni da irradiazione esterna **non vi è un'effettiva urgenza terapeutica**: la gestione del paziente deve iniziare con una valutazione globale delle sue condizioni cliniche secondo i canoni standard, provvedendo prima di tutto alla **stabilizzazione delle funzioni vitali**, al **controllo delle emorragie**, all'**immobilizzazione in caso di traumatismi**, ecc.

Gestione della vittima di un'irradiazione esterna



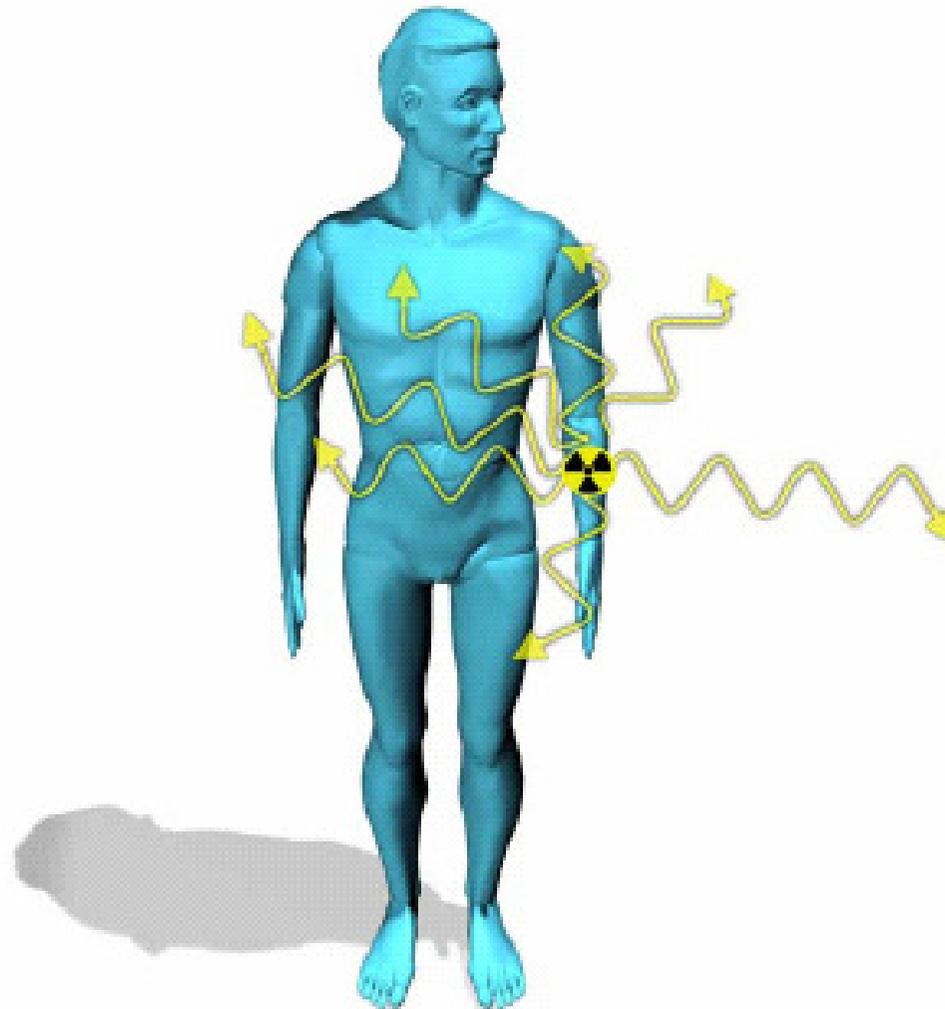
- Soprattutto negli incidenti che coinvolgano grandi gruppi di popolazione (**maxiemergenze**) è di grande importanza la funzione del **triage**
- Esiste la possibilità di effettuare un **primo triage** circa la possibilità e l'eventuale gravità di una **irradiazione esterna** al corpo intero attraverso la semplice osservazione clinica mirata ai **segni e sintomi del periodo prodromico** (c.d. ***Dosimetria clinica***)

Gestione della vittima di un'irradiazione esterna

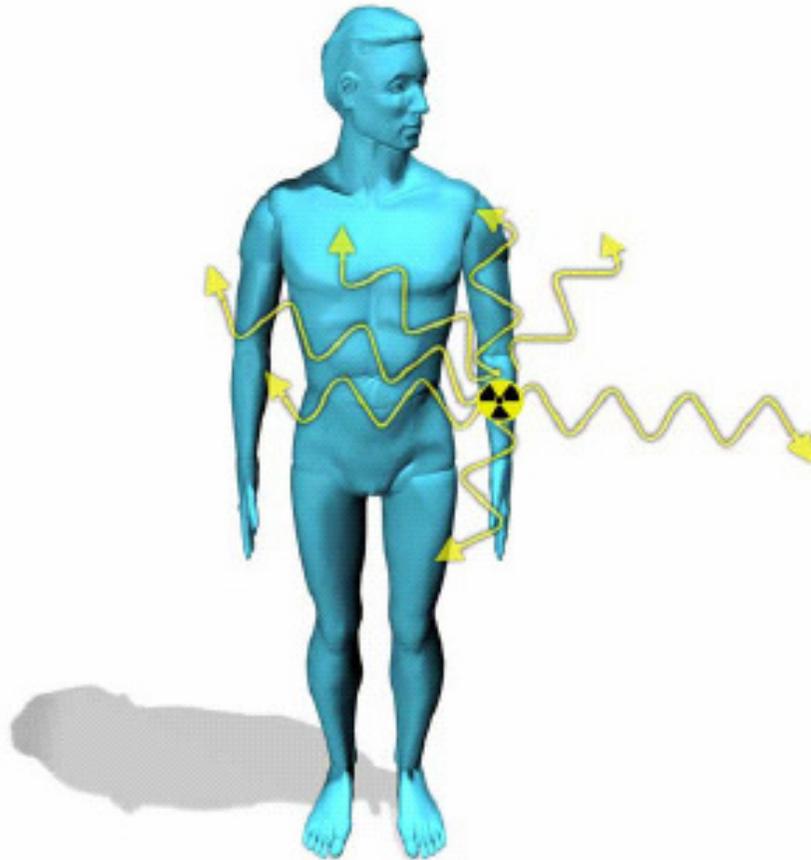


- Una **valutazione più approfondita** a fini diagnostici, prognostici e biodosimetrici, richiede l'effettuazione di **prelievi** ematici (emocromo ogni 6 - 12 ore per le prime 48 - 72 ore) per monitorare la cinetica della **deplezione delle varie popolazioni cellulari circolanti** (è importante soprattutto la *cinetica della deplezione linfocitaria*)
- E' inoltre di grande importanza, sempre a fini di **dosimetria biologica**, l'analisi e la valutazione di **aberrazioni cromosomiche in linfociti** di sangue periferico

Contaminazione radioattiva

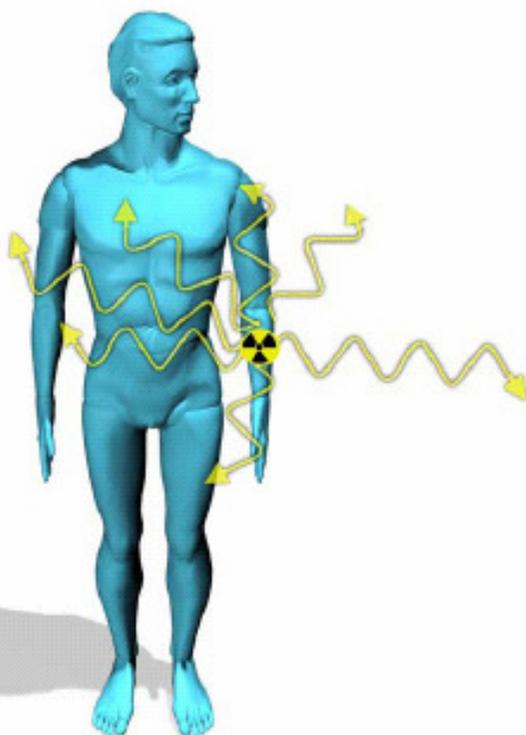
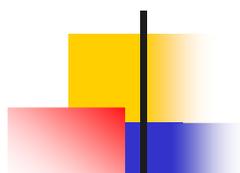


Contaminazione radioattiva



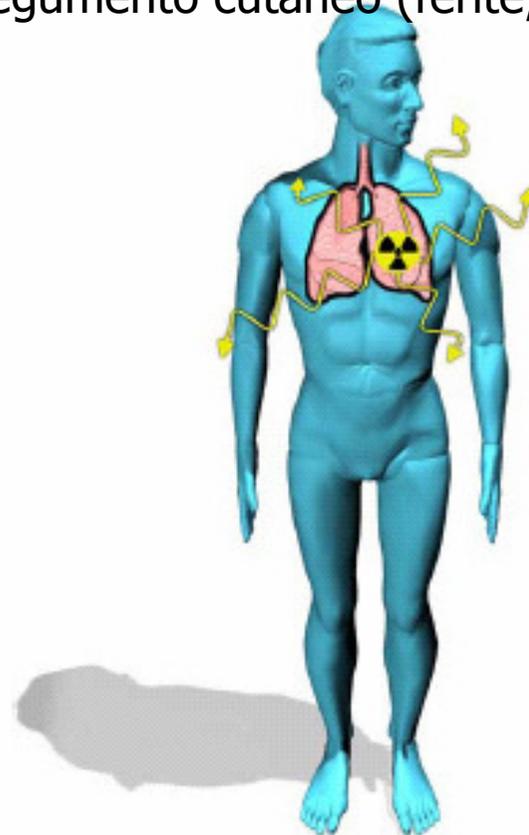
Una **contaminazione radioattiva** si verifica quando uno o più **radionuclidi in forma "non sigillata"** entrano in **intimo contatto con l'organismo** rilasciando così la loro energia direttamente nel tessuto o nell'organo "bersaglio"

Contaminazione radioattiva

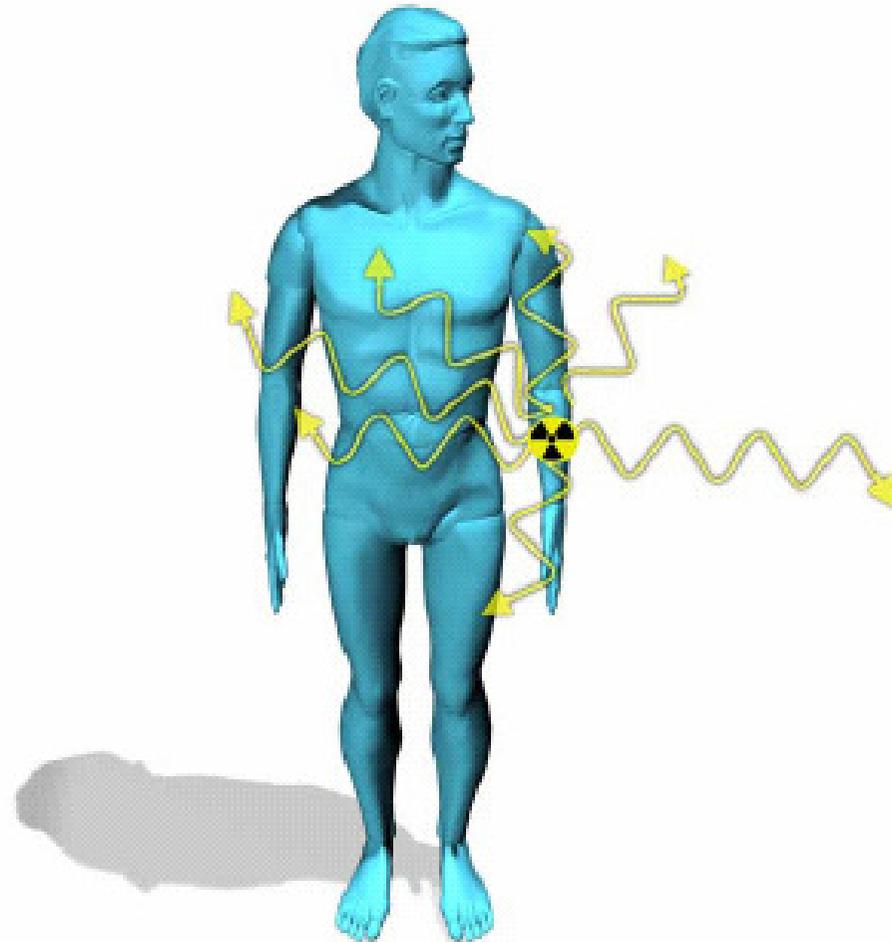
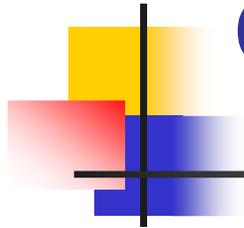


1. Contaminazione superficiale o esterna: materiale radioattivo (polvere, particolato, liquido, aerosol) viene a ***contatto diretto con gli indumenti e/o con la cute***

2. Contaminazione interna: il radionuclide ***penetra nell'organismo*** per inalazione, ingestione, soluzioni di continuo del tegumento cutaneo (ferite, ecc.)



Gestione della vittima di una contaminazione radioattiva



Gestione della vittima di una contaminazione radioattiva



- A differenza dell'irradiazione esterna, in caso di **contaminazione radioattiva** (specialmente superficiale) **il paziente diventa esso stesso "sorgente"** di radiazioni, si può infatti verificare un **trasferimento di radionuclidi** sia ai soccorritori, che nei mezzi utilizzati per il trasporto, che negli ambienti di soccorso

Gestione della vittima di una contaminazione radioattiva



- E' quindi necessario in caso di contaminazione radioattiva certa o sospetta **adottare tutte le possibili cautele** sia a **livello personale** (idonei **d.p.i.** a disposizione dei soccorritori e del personale sanitario), che **ambientale** (speciale allestimento di mezzi di trasporto e di locali di soccorso) **al fine di minimizzare lo spargimento dei radionuclidi**

Gestione della vittima di una contaminazione radioattiva

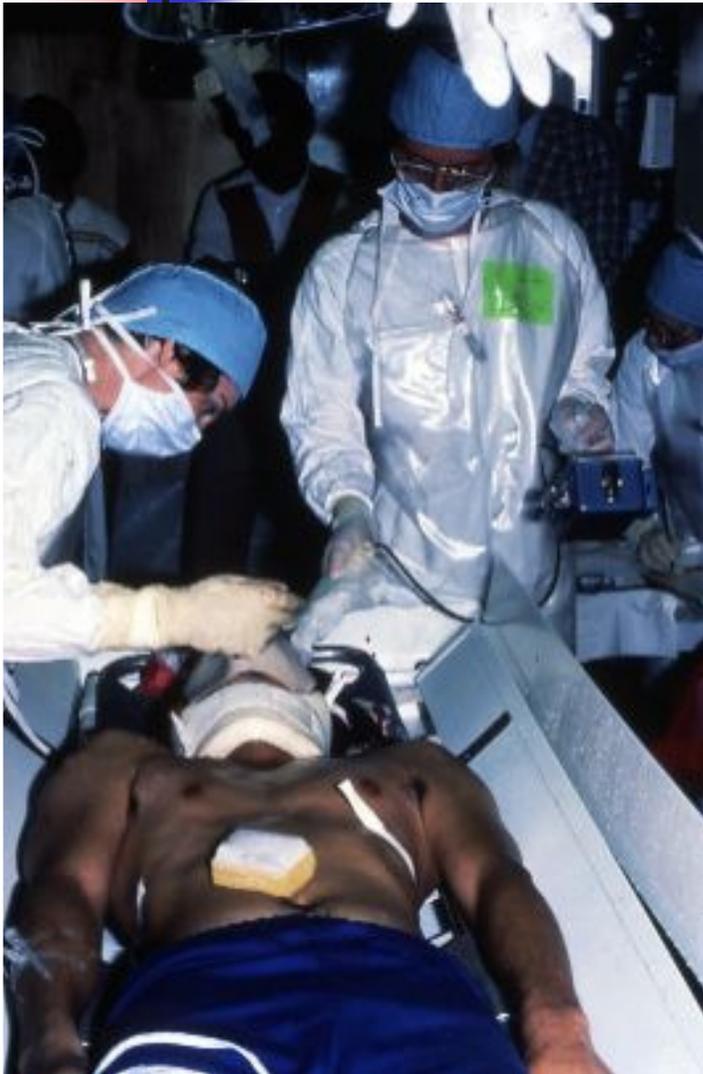


- L'obiettivo principale è quello di **evitare**, attraverso una tempestiva decontaminazione, **che una contaminazione superficiale si trasformi in contaminazione interna**
- A differenza dell'irradiazione esterna, la **contaminazione radioattiva** si può quindi considerare una vera e propria **urgenza terapeutica**, sempre comunque **da subordinare alle eventuali concomitanti urgenze cliniche "convenzionali"** che richiedano la stabilizzazione delle funzioni vitali del paziente

Principali criticità nella gestione delle conseguenze sanitarie delle emergenze radiologiche e nucleari



Principali criticità nella gestione delle conseguenze sanitarie delle emergenze radiologiche e nucleari



- Ridotta frequenza di accadimento (**eventi rari**)
- **Scarsa dimestichezza** del personale di soccorso e sanitario con la gestione di questi eventi
- Necessità di assicurare il possesso di un adeguato **background di conoscenze** sulle problematiche specifiche del soccorso da parte del personale coinvolto (**informazione e formazione**)
- Disponibilità di **strumentazione specifica** per misurazioni radiometriche
- Necessità di **accurata pianificazione** della **risposta** sanitaria in emergenza a tutti i livelli

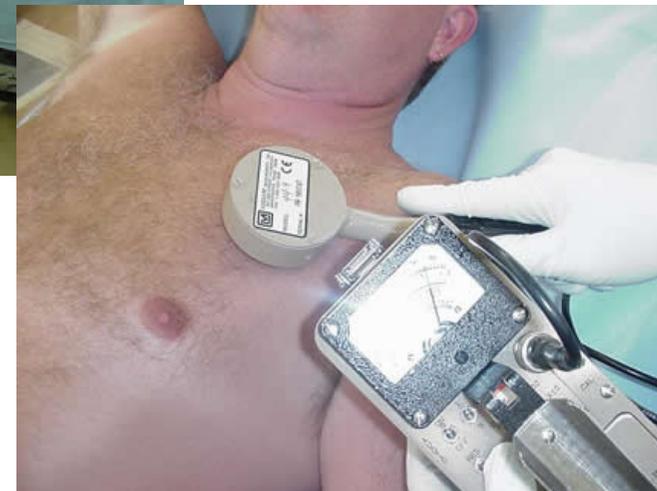
A. Primo soccorso sul luogo dell'incidente



- La **formazione di base** del personale 118 va **integrata con informazioni specifiche** circa la peculiarità del soccorso in caso di incidente nucleare o radiologico:
 - **Protezione del soccorritore** con idonei d.p.i.
 - **Trasporto delle vittime** evitando lo spargimento dell'eventuale contaminazione

B. Trattamento della vittima in pronto soccorso

- Predisposizione di un'area di accoglienza protetta
- Preparazione e vestizione di un team sanitario
- Predisposizione di idonea strumentazione per il monitoraggio radiometrico



B. Trattamento della vittima in pronto soccorso **Scala delle priorità**



- 1. Stabilizzazione delle funzioni vitali** (es.: trattamento di shock, emorragie, ustioni termiche, lesioni traumatiche, ecc.)
- 2. Valutazione** dell'eventuale **contaminazione radioattiva** e, se necessario, **decontaminazione**
- 3. Appropriati trattamenti antidotici** in caso di **contaminazione interna** certa o sospetta

C. Trattamento successivo

- Affidato agli **specialisti appropriati** per il particolare tipo di lesione o di sindrome da radiazioni (specialisti in **ematologia, gastroenterologia, infettivologia, dermatologia, chirurgia plastica, terapia delle ustioni, ecc.**)



Priorità nella pianificazione di un'efficiente risposta sanitaria



- **Informazione e formazione del personale sanitario** sugli effetti delle radiazioni ionizzanti, al fine di facilitare il riconoscimento corretto della natura delle lesioni ed il giusto trattamento delle stesse

Priorità nella pianificazione della risposta sanitaria



- Necessità, in considerazione del fatto che questo tipo di eventi possono accadere dovunque, di creare sul territorio una **rete di strutture sanitarie** in grado di affrontarne la peculiare natura radiologica

Priorità nella pianificazione della risposta sanitaria



- In un documento operativo della **Regione Lombardia** (Decreto Direzione Generale Sanità n. 11514 del 25.7.2005 "*Linee guida per la gestione ospedaliera di persone esposte a irradiazioni e/o contaminazioni acute in relazione ad eventuali emergenze radiologiche*") vengono tra l'altro identificati i **requisiti necessari per una struttura ospedaliera in grado di gestire adeguatamente vittime irradiate e/o contaminate (Struttura di I livello)**

Priorità nella pianificazione della risposta sanitaria



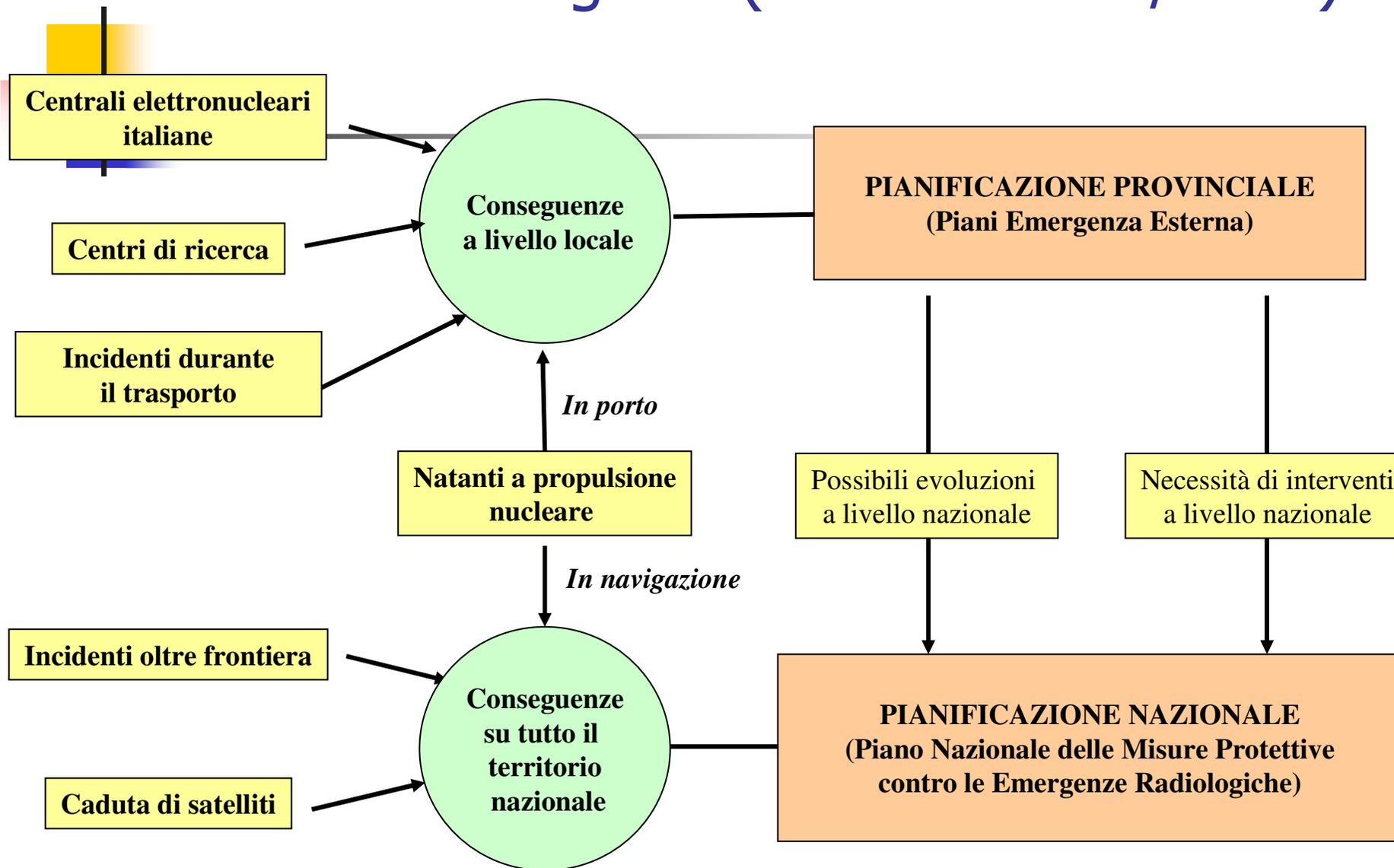
- Le aziende ospedaliere regionali ritenute in grado di gestire adeguatamente vittime irradiate e/o contaminate sono quelle dotate di **presidi con i seguenti requisiti:**
 - *Dipartimento di emergenza e accettazione (DEA)*
 - *Degenza protetta per pazienti portatori di radioattività nell'ambito della terapia radiometabolica e/o della brachiterapia interstiziale*
 - *Unità operativa di fisica sanitaria*

Priorità nella pianificazione della risposta sanitaria



- **Non** è invece **giustificata** la destinazione di risorse, alla **creazione di centri specializzati** per affrontare in maniera "***esclusiva***" le conseguenze di situazioni con probabilità di accadimento remota

Pianificazione degli interventi nelle emergenze nucleari e radiologiche (D.L.vo n. 230/1995)



Pianificazione degli interventi in emergenza (conseguenze a livello locale)

- Per gli **impianti nucleari**, l'**art. 116** del D. L.vo n. 230/1995 e smi dispone la predisposizione di un **piano di emergenza esterna** per *"assicurare la protezione, ai fini della pubblica incolumità, della popolazione e dei beni dagli effetti dannosi derivanti da emergenza nucleare"*



Pianificazione degli interventi in emergenza (conseguenze a livello locale)



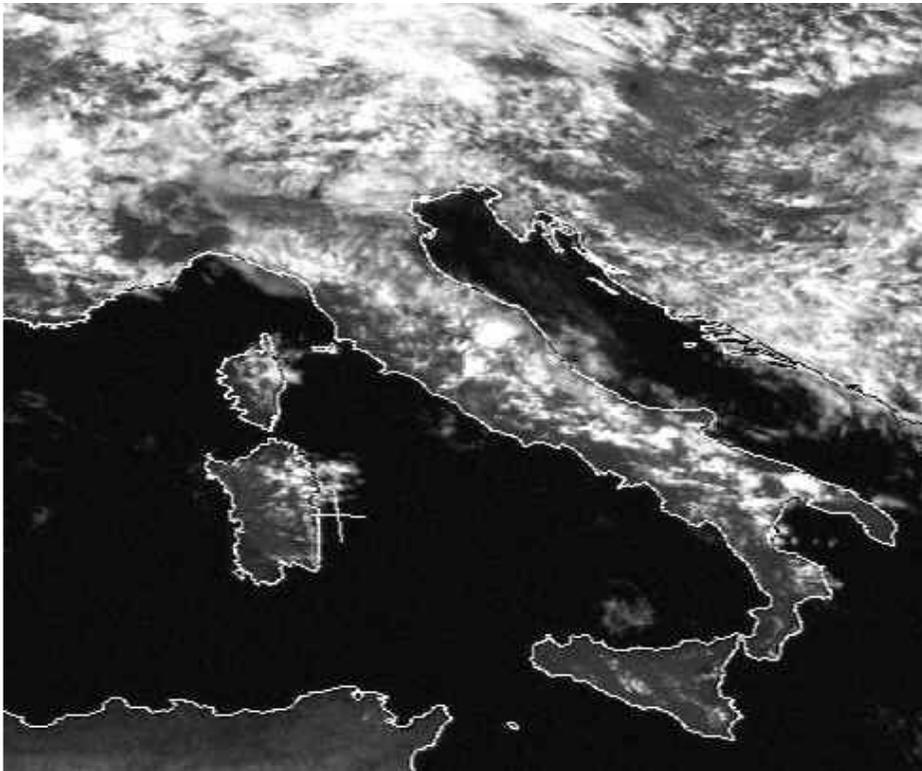
- Il **piano di emergenza esterna** è un documento operativo complesso ed articolato, predisposto dall'**autorità prefettizia** sulla base di un rapporto tecnico prodotto dall'esercente e sottoposto al vaglio della Commissione Tecnica
- Partecipano ed intervengono nel piano **numerosi componenti**, compresa naturalmente **quella sanitaria** (individuazione della o delle strutture di riferimento, definizione di procedure operative, verifica delle stesse in esercitazioni periodiche, ecc.)

Pianificazione degli interventi in emergenze nucleari e radiologiche a livello nazionale



- **Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche (art. 121 D.L.vo n. 230/1995)** predisposto a cura del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri.
- I **presupposti tecnici** della pianificazione dell'emergenza sono **proposti dall'APAT**
- Il piano con i relativi scenari di riferimento è stato elaborato nel 1996 ed è **attualmente in fase di revisione**

Pianificazione degli interventi in emergenze nucleari e radiologiche **a livello nazionale**



- Nel piano sono incluse le misure per fronteggiare
 - le eventuali conseguenze degli **incidenti non circoscrivibili nell'ambito provinciale o interprovinciale**
 - le conseguenze radiologiche di incidenti che avvengono in **impianti al di fuori del territorio nazionale**
 - gli **altri casi di emergenze radiologiche** non correlabili preventivamente con alcuna specifica area del territorio nazionale

Pianificazione degli interventi in emergenze nucleari e radiologiche a livello nazionale



- Lo **scenario più gravoso** riguarda la possibilità che si verifichi un **incidente in un impianto nucleare** posto in territorio estero, specialmente se l'impianto è **ubicato a meno di 200 km dal confine nazionale**



Entro tale distanza sono attive **13 centrali nucleari** di potenza site in Francia (6), Svizzera (4), Germania (2) e Slovenia (1)

Pianificazione degli interventi in emergenze nucleari e radiologiche a livello nazionale



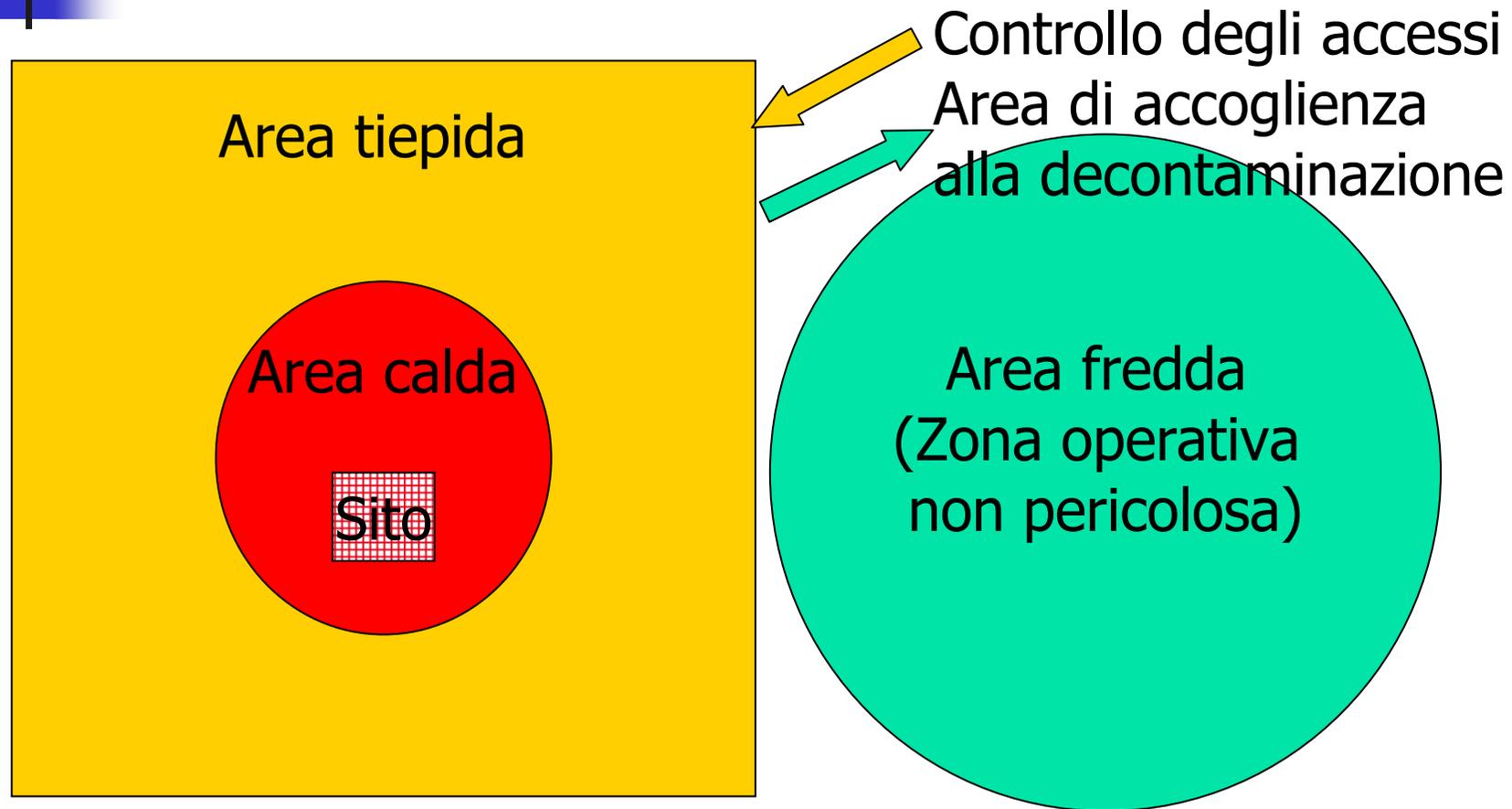
- Tra le altre eventualità di cui si tiene conto nel **piano nazionale** delle misure protettive contro le emergenze radiologiche vi sono:
 - **incidenti nel corso del trasporto** di sostanze radioattive
 - **incidenti a natanti**, ivi compresi i sottomarini, **a propulsione nucleare**, che incrociano in prossimità delle coste italiane
 - **cadute di satelliti** con sistemi nucleari a bordo

Pianificazione della **risposta ad azioni ostili** di carattere radiologico



- La **pianificazione di emergenza** già esistente in alcune aree del territorio nazionale **è stata integrata con pianificazioni locali** per far fronte alle conseguenze di possibili azioni ostili di carattere radiologico
- L'evento di riferimento è l'utilizzo di un **RDD** (Radiation Dispersal Device – bomba sporca)

Schema della ripartizione in aree operative per l'intervento di soccorso in sede locale



Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN di Trino Vercellese





*Esercitazione di emergenza
presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Il soccorso alla vittima in
zona controllata**



*Esercitazione di emergenza
presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**L'arrivo presso l'impianto
dell'autoambulanza del 118**



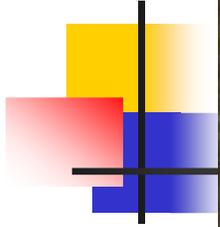
*Esercitazione di emergenza
presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

Protezione degli operatori
del 118 e del mezzo di
soccorso dalla
contaminazione radioattiva



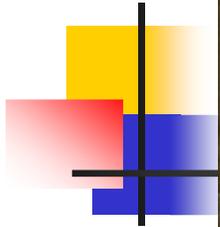
*Esercitazione di emergenza
presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Trasferimento della vittima
alla lettiga del mezzo di
soccorso**



*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Arrivo dell'autoambulanza
nell'area predisposta per l'accesso al pronto soccorso**



*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: La vittima viene scaricata dal
mezzo di soccorso**



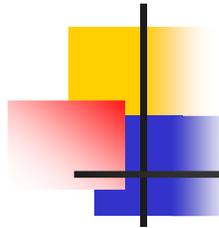
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

Ospedale S. Andrea di Vercelli: Clean team transfer



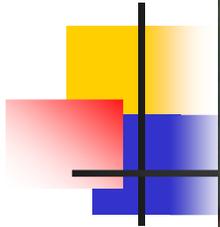
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Monitoraggio radiometrico dei
soccorritori**



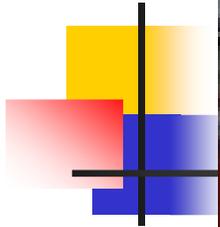
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Monitoraggio radiometrico del
mezzo di soccorso**



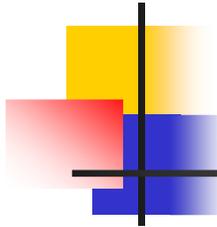
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Procedure di decontaminazione
della vittima presso la sezione di decontaminazione**



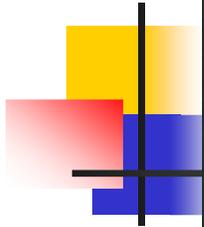
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Procedure di decontaminazione
della vittima presso la sezione di decontaminazione**



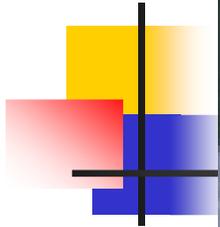
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Procedure di decontaminazione
della vittima presso la sezione di decontaminazione**



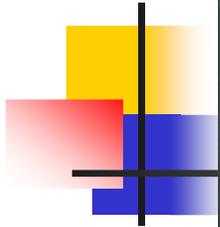
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Procedure di decontaminazione
della vittima presso la sezione di decontaminazione**



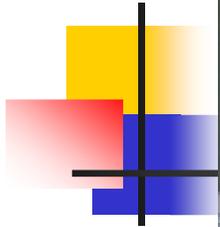
*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Procedure di decontaminazione
della vittima presso la sezione di decontaminazione**



*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Procedure di decontaminazione
della vittima presso la sezione di decontaminazione**



*Esercitazione di emergenza presso la Centrale SOGIN
di Trino Vercellese*

**Ospedale S. Andrea di Vercelli: Procedure di decontaminazione
della vittima presso la sezione di decontaminazione**