

Nucleare:

l'ambiente, l'uomo e le sue paure

Introduzione

Non esiste luogo al mondo dove le radiazioni ionizzanti non siano presenti, e da “sempre”, dalla formazione del pianeta terra avvenuta qualche miliardo di anni fa; da molto tempo prima che l’uomo facesse la sua “comparsa”, qualche milione di anni fa. Le prime forme di vita ne furono di certo influenzate, adattandovisi perfettamente. La luce e il calore stesso provenienti dal sole sono di origine nucleare. Persino il nostro corpo contiene materiali radioattivi naturali.

Protoni

U-238

Na-22

Neutroni

Th-232

C-14

Elettroni

U-235

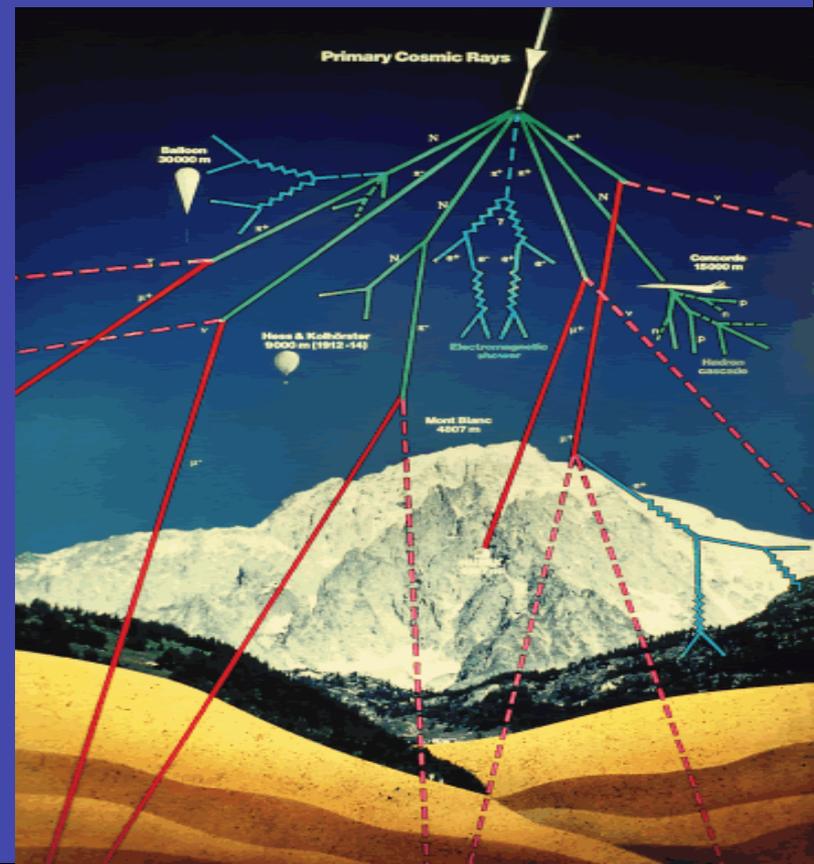
Be-7

Muoni

Rb-87

H-3

K-40



Alla fine del XIX secolo “la scoperta della radioattività” sia quella **naturale**, comunque **da sempre presente**, che quella **artificiale**, rivoluzionò non solo la scienza moderna, permettendo l’estensione della speculazione scientifica dal mondo macroscopico a quello microscopico, ma anche il vivere comune sotto molteplici aspetti.

Scopo principale di questa chiacchierata è di far avvicinare , in maniera semplice e razionale, “ l’ uomo della strada” alle problematiche poste dalla **presenza** e dall’ **uso** delle **radiazioni ionizzanti** in particolare e non ionizzanti, in modo tale che ciascuno possa formarsi una **opinione diretta** e liberarsi definitivamente dall’ **ignoranza**, dal **pregiudizio** e dalle **paure di ciò di cui non ha esperienza diretta**.

Soprattutto in riferimento a eventi come quello di Fukushima

Scoperta della radioattività

Alla fine del XIX secolo, poco più di cento anni fa, in un lasso di tempo di circa tre anni, avvennero alcune fra le più importanti scoperte scientifiche in assoluto, che avrebbero rivoluzionato la scienza moderna.

La storia della scienza e delle conoscenze scientifiche è segnata in genere da alcuni passi da gigante, comportanti nuove idee anche radicali e scoperte innovative, seguiti da piccoli passi successivi, necessari soprattutto allo sviluppo delle tecnologie ad esse connesse nonché alla loro applicazione per il bene comune.

La paura e l'apprensione per le nuove tecnologie è sempre esistita specialmente in mancanza una buona informazione e formazione.

È appena il caso di citare le fobie del XIX connesse con la costruzione delle ferrovie in Italia:

- il fumo poteva far ammalare le piante
- il vapore poteva causare problemi ai polmoni,
- l'apparato digerente poteva subire danni a seguito del traballare dei treni,
- la retina poteva essere danneggiata guardando il passare veloce dei treni molto più veloci delle diligence.

Scoperta della radioattività

Le maggiori scoperte scientifiche furono e sono in genere il risultato della presenza

- di un ambiente scientifico stimolante
- di osservatori acuti
- di menti investigative
- di molta curiosità

e non ultimo di quello che viene comunemente chiamata serendipità.

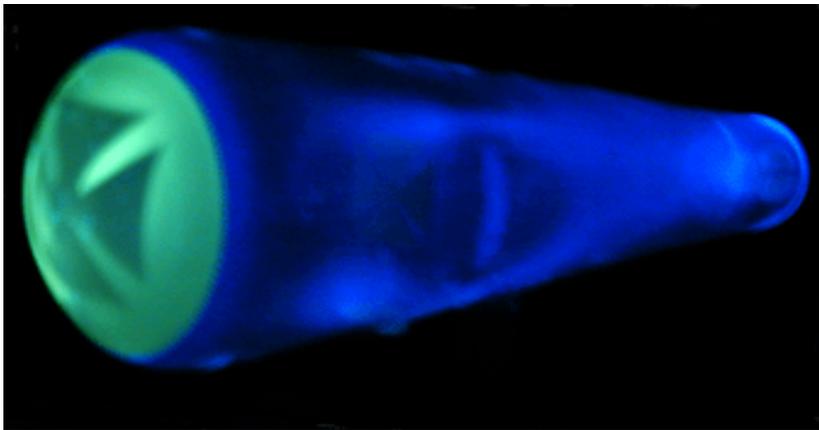
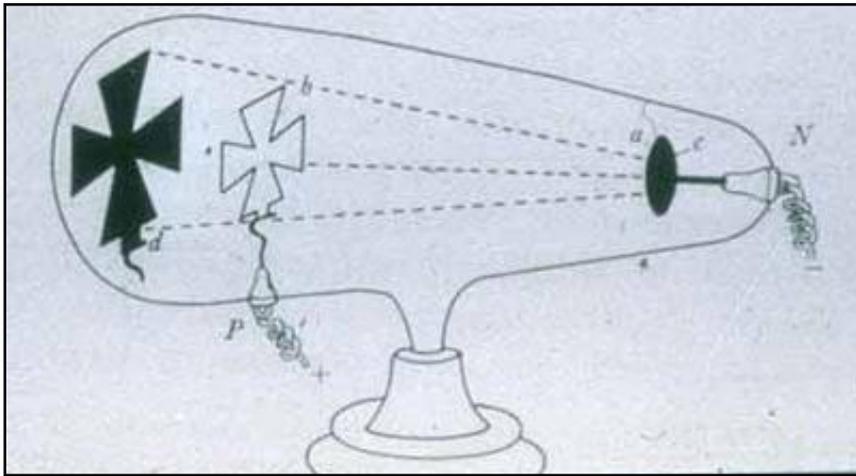
Che altro non è che la capacità di individuare nonché valutare correttamente dati e risultati imprevisti rispetto ai presupposti teorici.

E' quasi il trovare una cosa non cercata.

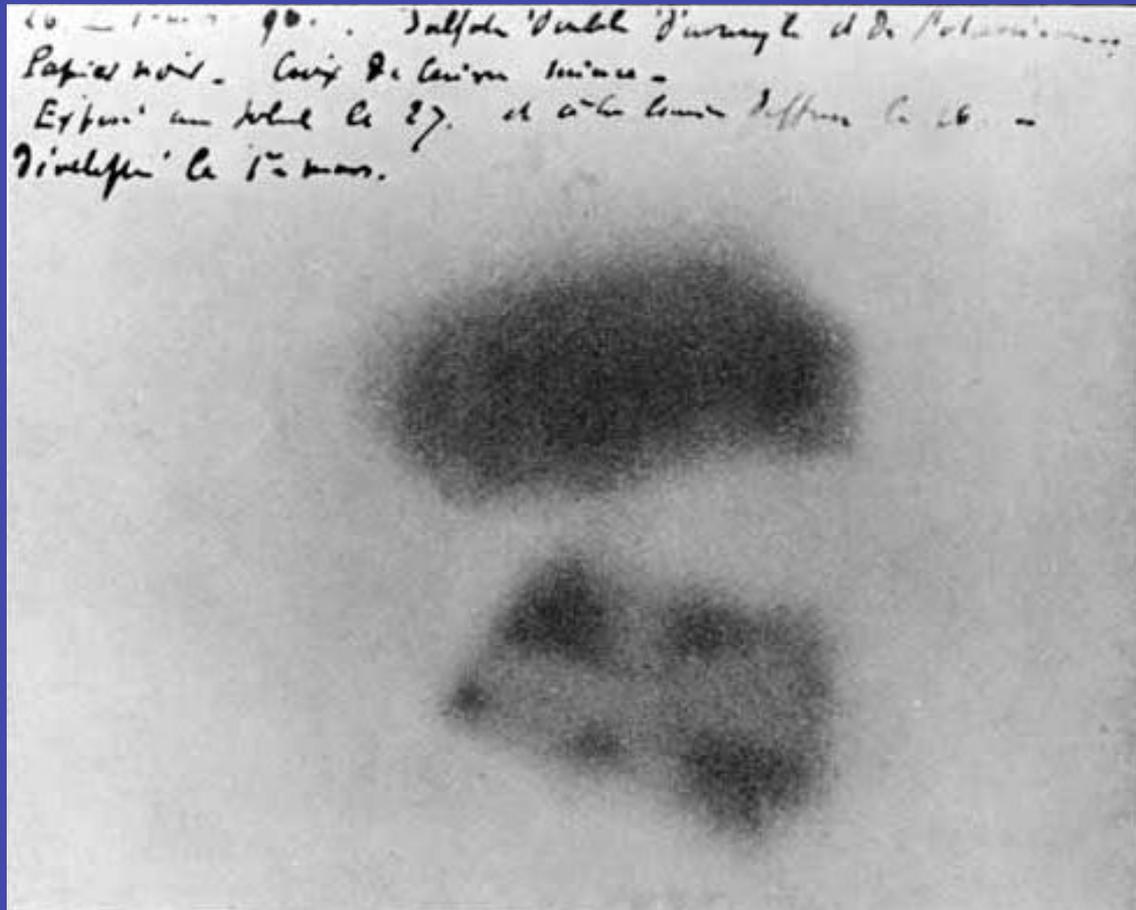
Qualcuno la potrebbe definire “fortuna”!!

1895	Scoperta dei raggi X	Wilhelm Conrad Roentgen
1896	Scoperta della radioattività	Henry Becquerel
1897	Scoperta dell'elettrone	Joseph John Thompson
1898	Scoperta del Polonio e del Radio	Marie Curie

Nel 1895 W. C. Roentgen (1845-1923) studiava i fenomeni luminosi associati alle scariche ad alta tensione in ampole di vetro a vuoto (tubi di Crookes). Si accorse, lavorando con uno schermo fluorescente attorno al tubo in funzione, che l'ombra delle ossa della sua mano era proiettata sullo schermo. Dedusse che il fenomeno era imputabile alla presenza di **raggi sconosciuti** appunto **i raggi X**.



Nel 1896 Henry Becquerel durante gli esperimenti effettuati allo scopo di investigare sotto tutti gli aspetti i fenomeni legati alla luminescenza e/o fosforescenza di alcuni materiali e come detti fenomeni fossero in relazione con l'emissione di raggi X di cui recentemente (inizio 1896) era venuto a conoscenza, scoprì il fenomeno della radioattività. Alcune lastre fotografiche non esposte si impressionarono a causa della presenza di **sali di uranio**.



Due anni più tardi Marie Curie, scoprì che anche altre sostanze godevano della stessa proprietà dell'uranio e fra queste il torio suggerendo nel contempo di chiamare tali sostanze

radio (radium = raggio)**attive**.

Nella prosecuzione dei suoi esperimenti scoprì **il polonio** e **il radio** la cui radioattività risultava rispettivamente 400 e 1.000.000 di volte superiore a quella dei sali di uranio puri.

Utilizzando il radio con un semplice esperimento riuscì a stabilire la natura dei raggi emessi scoprendo che trattava di 3 tipi di radiazioni:

- la prima elettricamente carica negativamente
- la seconda carica positivamente
- la terza neutra

Associò a tali raggi le prime tre lettere dell'alfabeto greco

α (alfa), β (beta), γ (gamma).

Il 22 dicembre del 1895 venne effettuata la prima radiografia.

Da quella data la medicina si è sempre di più avvantaggiata dell'uso delle radiazioni nella diagnostica e nella terapia. Da quel momento si cominciava a poter guardare all'interno dei corpi e dei materiali.

Risalgono al 1896

la prima immagine vascolare con mezzo di contrasto

la prima radiografia fatta su carta fotografica

le prime unità per fluoroscopia

il primo uso dei raggi x a scopo terapeutico



lo speciale



1. Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen.

Risalgono allo stesso anno 1896 i primi segni di danni da radiazioni negli addetti alla costruzione e all'utilizzo di questi nuovi, e in parte sconosciuti, impianti e/o materiali.

**eritema delle mani, del torace e della testa, epilazione
edema e desquamazione della pelle**

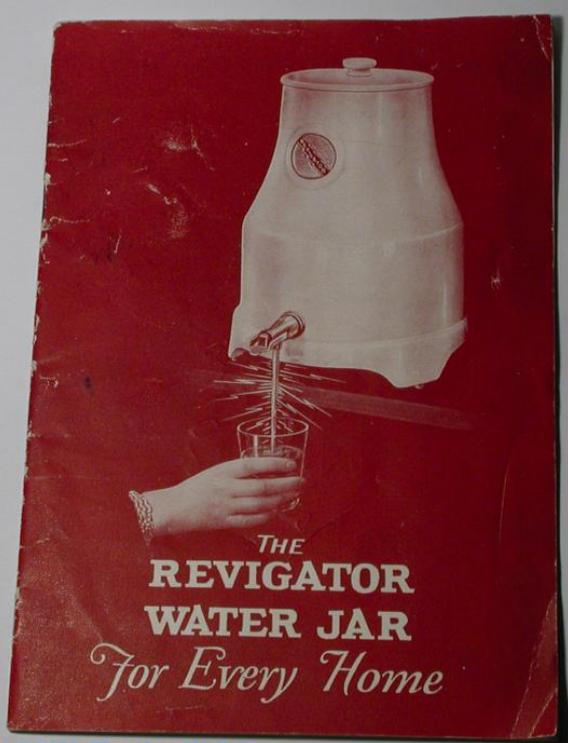
nonché la nascita della radioprotezione.

Già nel 1896 si iniziarono ad adottare

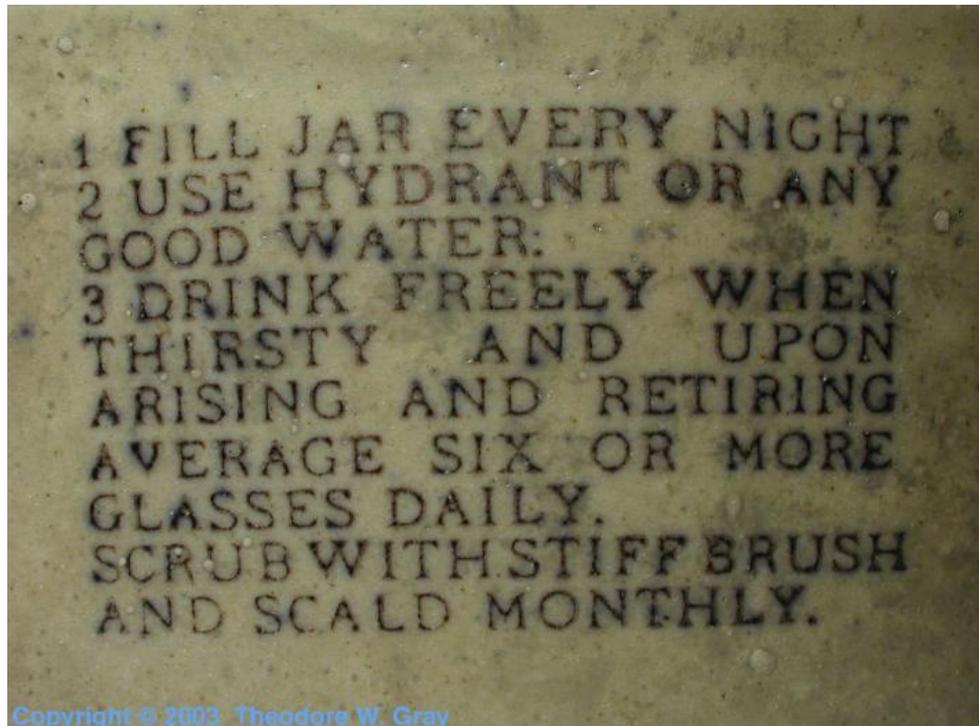
**schermature
limiti di dose**

allo scopo di eliminare gli effetti dannosi e non voluti delle radiazioni e utilizzarne solo e soltanto i benefici.

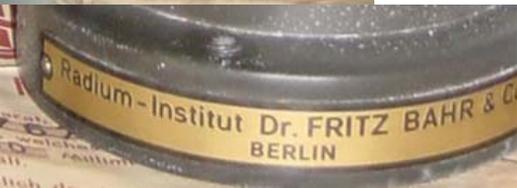
Nel corso degli anni la crescita dell'uso delle radiazioni ionizzanti ebbe un incremento notevole e i loro effetti benefici vennero notevolmente esagerati anzi in qualche caso l'uso delle radiazioni diventò quasi uno "status" sociale! Trasformandosi rapidamente in abuso.



Copyright © 2003 Theodore W. Gray



Copyright © 2003 Theodore W. Gray





GARANTIESCHEIN

Dieser Radium- Trinkapparat, dessen Radium- Zelle die Fabrikations- Nummer 7675 trägt, liefert in je 24 Stunden ein Trinkwasser, welches 18200 Millimikrocurie Radium-Emanation enthält.

Bezeichnet man wie üblich den Wert von 0,364 Millimikrocurie als 1 Mache-Einheit, so beträgt die Leistung des Apparates 50000 Mache-Einheiten in 24 Stunden.

Die so definierte Mache-Einheit ist gleichbedeutend mit 1 Milliliter.

Bei natürlichen Quellwässern pflegt man die Mache-Einheit auf das Liter zu beziehen. Der Wasserinhalt des Apparates beträgt ca. 80 ccm. Es ergibt sich demgemäß eine Aktivierungsstärke des Wasserinhalts von 62.5000 Mache-Einheiten in 24 Stunden auf das Liter bezogen.

Die Meßgenauigkeit beträgt $\pm 100\%$.

Innerhalb der Grenzen der Meßgenauigkeit wird für die angegebene Tagesleistung **garantiert.**

Berlin W 30, den 7. 11. 07

LABORATORIUM FÜR STRAHLENFORSCHUNG

Vertriebsleitung für die Schweiz
d. Radium- Institut Dr. Escher
C. HUBERGER, LUZERN 2
Postfach 662, - Tf. (041) 751498

RADIUM-INSTITUT
Dr. FRITZ BAHR & Co.
F. Bahr

Klausen

Gebrauchsanweisung für Trinkapparat Modell A:

1. Man fülle den Apparat mit frischem Wasser und lasse den Radiumträger **langsam** ins Wasser, so daß die Luft entweichen kann und zwischen Deckel und Gefäßinhalt **keine Luftschicht** bleibt. Nun lasse man den geschlossenen Radium-Trinkapparat 12 Stunden stehen. Nach dieser Zeit ist das Wasser radioaktiv und muß getrunken werden.
2. Es ist unbedingt notwendig, daß der Apparat nach der Entleerung wieder mit frischem Wasser gefüllt wird, damit der Radiumträger das frische Wasser neu aktivieren kann.
3. Das Radiumwasser kann bequem morgens und abends getrunken werden.
4. Das Trinken auf nüchternen Magen ist nicht zu empfehlen, da in diesem Falle ein großer Teil der Emanation in kurzer Zeit durch die Lungen entweichen würde. **Man trinke das Wasser nach den Mahlzeiten, langsam, schluckweise (Nippkur).**
5. Beim Trinken vermeide man unnötiges Schütteln des Wassers, da durch die Bewegung viel Radium-Emanation entweicht.
6. Will man einen großen Erfolg erzielen, wird eine mehrmonatliche Radiumkur empfohlen. Das Resultat zeigt sich langsam, aber sicher.



E nelle case i ragazzi giocavano al piccolo scienziato.



Radiazioni

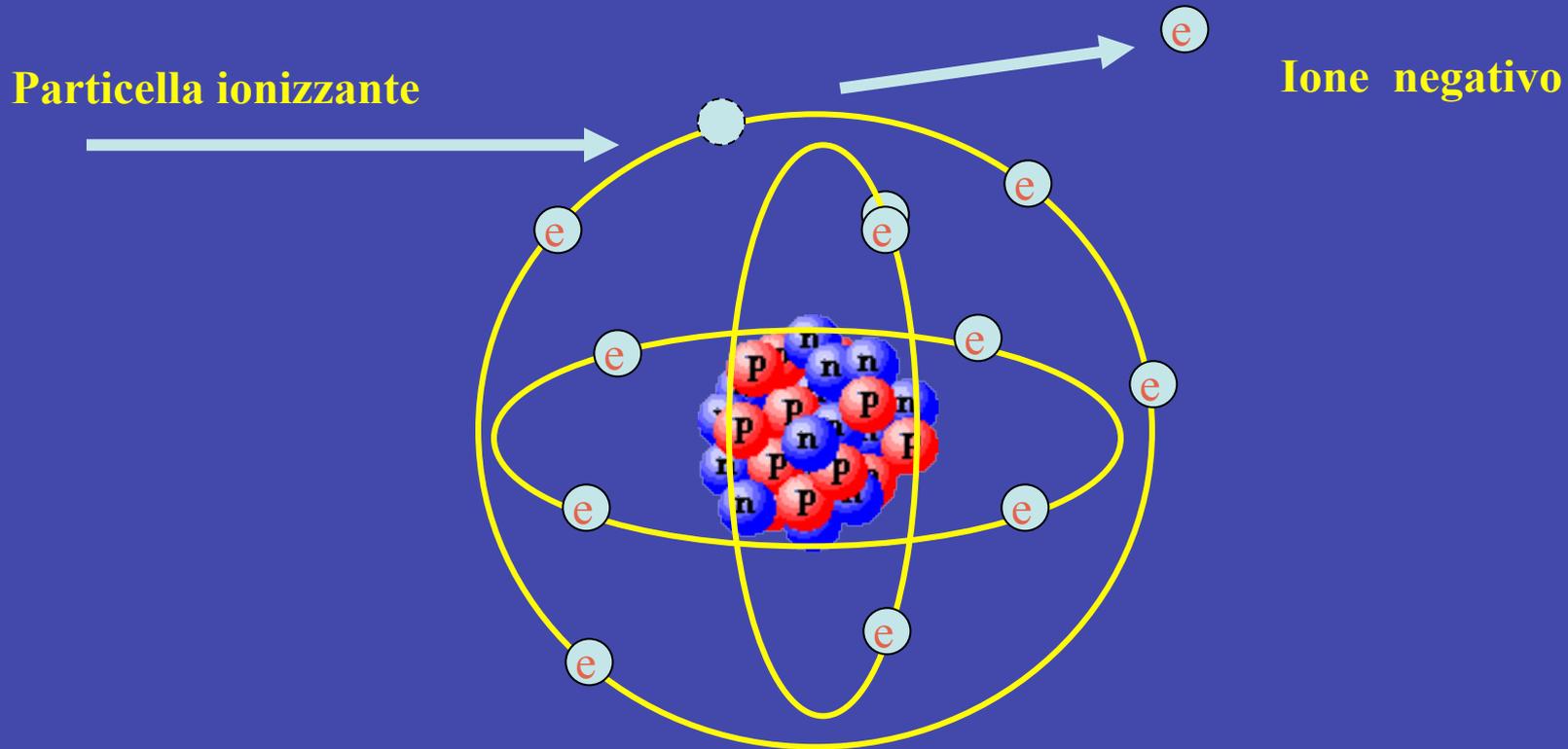


Caratteristica comune di tutti i tipi di radiazione è il trasporto di energia nello spazio.

L'assorbimento di energia si manifesta in genere con un aumento locale della temperatura.

L'assorbimento di energia, attraverso i processi fisici di **eccitazione** e **ionizzazione** delle molecole dei tessuti viventi, può interferire con i processi biologici e può pertanto danneggiare il corpo umano.

In che cosa consiste il fenomeno dell' eccitazione e della ionizzazione di un atomo?



Il processo con cui un atomo o molecola diventa carico è chiamato **ionizzazione** e il risultato è la formazione di ioni.

Una volta rimosso da un atomo un elettrone può ionizzare altri atomi o molecole.

Ciascuna radiazione che causa la ionizzazione, sia direttamente con alfa o beta sia indirettamente con X, gamma e neutroni, è chiamata radiazione ionizzante.

Le particelle cariche che passano attraverso gli atomi possono cedere energia agli elettroni atomici senza rimuoverli. Questo processo è chiamato **eccitazione**.

Sebbene in natura molti nuclidi siano stabili, alcuni di essi non lo sono.

La stabilità è determinata dal rapporto fra il numero di protoni e di neutroni all'interno del nucleo. I nuclidi con eccesso di **neutroni sono instabili** e il loro ritorno alla stabilità avviene con emissione di raggi α e/o β accompagnati alcune volte dall'emissione di raggi γ .

La trasformazione del nuclide instabile è detta **radioattività**.

La singola trasformazione è detta **decadimento**.

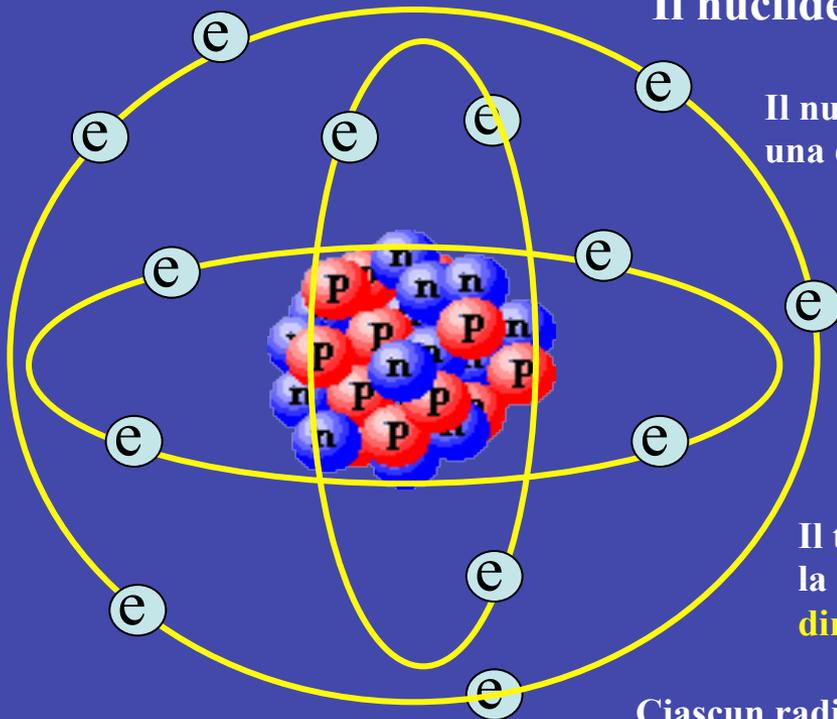
Il nuclide instabile è detto **radionuclide**

Il numero di trasformazioni spontanee che avvengono nel tempo in una determinata quantità di materiale è nota come la sua **attività**.

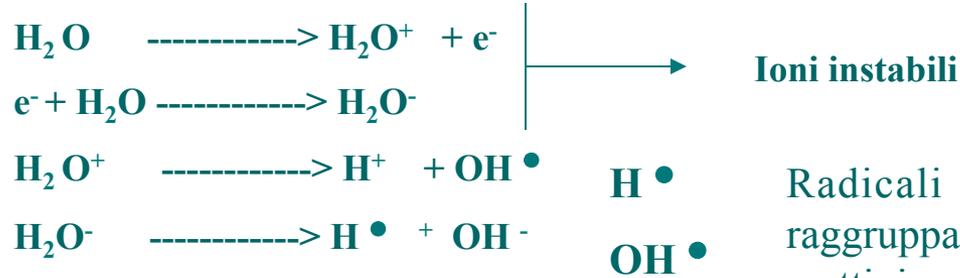
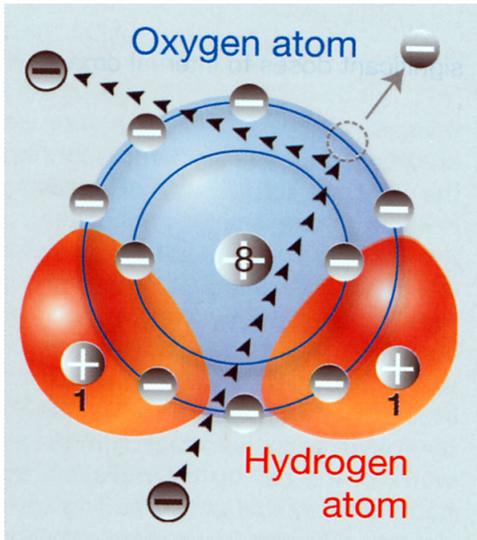
L'attività è espressa in una particolare unità chiamata **becquerel**, simbolo **Bq**, dove 1 Bq è uguale a una trasformazione al secondo.

Il tempo necessario per l'attività di un radionuclide a diventare la metà della sua quantità originale è chiamato **tempo di dimezzamento**.

Ciascun radionuclide ha un unico tempo di dimezzamento in un intervallo che va da **frazioni di secondo a miliardi di anni**.

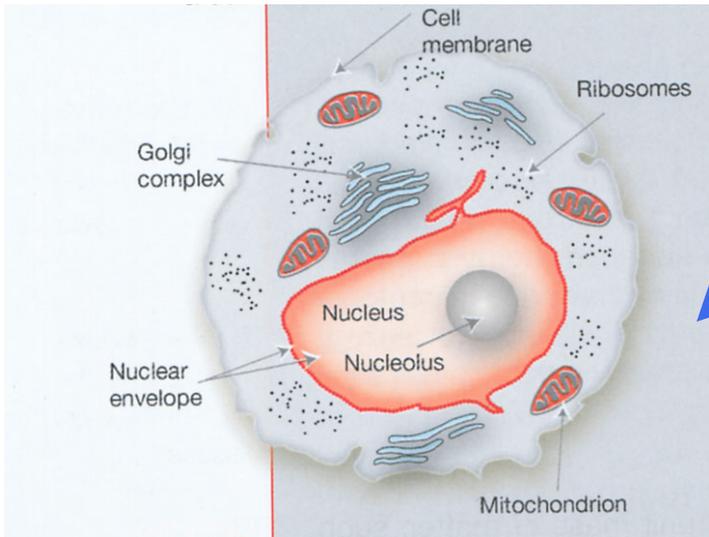


Come avviene il danno da radiazioni

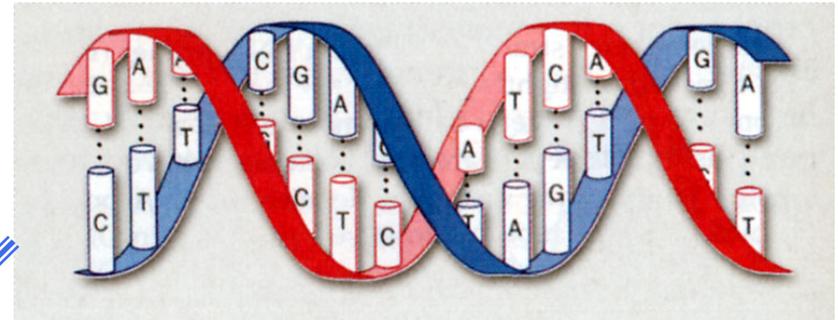


Radicali liberi = atomi o raggruppamenti di atomi molto reattivi perché contengono un elettrone dispari

Processo fisico



Danneggiamento cellule



Danneggiamento diretto

Lesioni DNA

Danneggiamento indiretto

Meccanismi di riparazione

Processi Fisici Primari
(Ionizzazioni, eccitazioni)

$10^{-17} \div 10^{-15}$ secondi

Lesioni chimiche di biomolecole

$10^{-14} \div 10^{-13}$ secondi



secondi÷ore

Variazioni cellulari stabili

ore/decenni

Morte cellulare

(perdita di capacita' clonogena)

Trasformazioni maligne

(mutazioni, aberrazioni cromosomiche)

Cellule staminali

Cellule germinali

EFFETTI SOMATICI NEI TESSUTI IRRADIATI

EFFETTI GENETICI NEI DISCENDENTI

Effetti acuti e tardivi
Dovuti a variazioni funzionali e morfologiche dei tessuti

Neoplasie maligne
- Leucemie
- Tumori solidi

Difetti ereditari di diversa gravita'
- malattie
- malformazioni
- difetti mentali

Effetti deterministici

Effetti stocastici

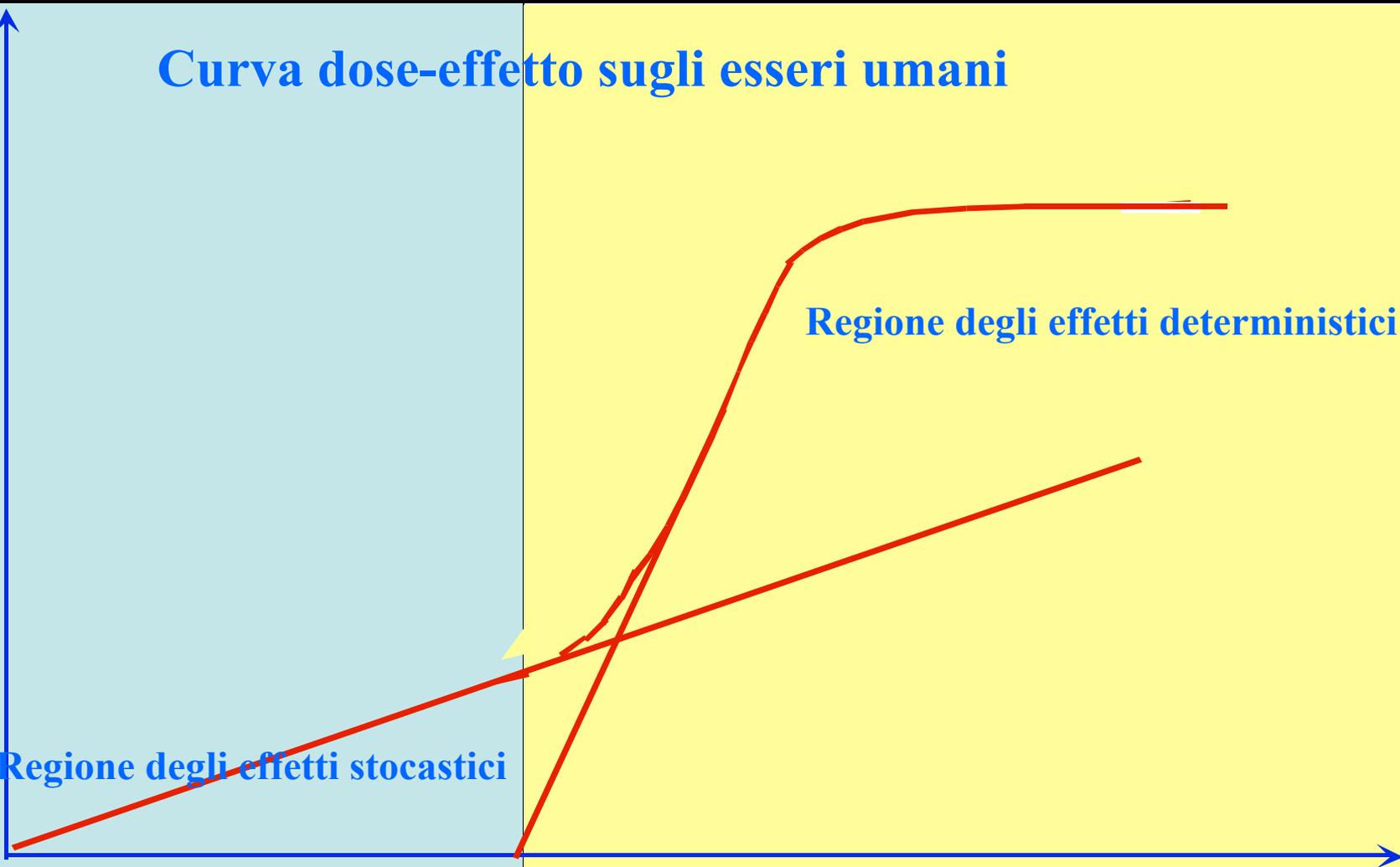
Curva dose-effetto sugli esseri umani

Effetto

Regione degli effetti stocastici

Regione degli effetti deterministici

Dose



Una caratteristica importante delle radiazioni è la loro **energia**.

Gli effetti delle radiazioni ionizzanti si manifestano soltanto allorché si verifica una **cessione di energia** al mezzo attraversato.

In particolare il danno subito dai tessuti biologici è in relazione alla

Dose assorbita, D

Energia impartita dalle radiazioni all'unità di massa del tessuto

Il grado di rischio derivante dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti non è soltanto proporzionale alla dose assorbita ma è anche **fortemente** legato al **tipo** di radiazione incidente e alla diversa **radiosensibilità** dei vari organi e tessuti irradiati.

Sievert (simbolo Sv) ($1\text{Sv} = 1\text{J.kg}^{-1}$)

L'ICRP, sulla base dello studio delle serie epidemiologiche e della stima della loro proiezione nel tempo, ai fini esclusivi della radioprotezione, utilizza per la stima del rischio la seguente relazione.

$$R = k D$$

D è la dose assorbita

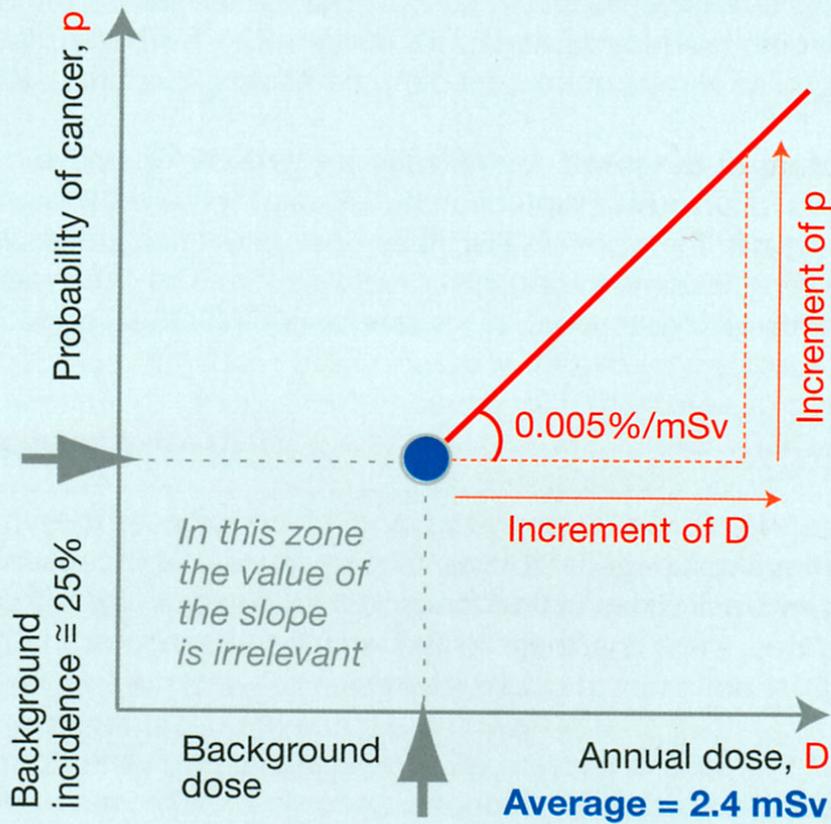
k è il fattore di rischio

Queste valutazioni sono **“a priori”** cioè prima dell'eventuale esposizione e sono necessarie principalmente nelle analisi previsionali di rischio per una nuova pratica nonché nelle operazioni di ottimizzazione di quelle in essere.

Fattori di rischio (Coefficienti nominali di probabilità per effetti stocastici)

Popolazione	Detrimento (10^{-2} Sv^{-1})			
	Tumori letali	Tumori non letali	Effetti ereditari gravi	Totale
Lavoratori adulti	4.0	0.8	0.8	5.6
Popolazione generale	5.0	1.0	1.3	7.3

Non sono da usarsi del tutto acriticamente “a posteriori”



Coefficienti di probabilita' ICRP per tumori letali per la popolazione nel suo insieme

<i>Tissue or organ</i>	<i>Risk factor ($\times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$)</i>
<i>Bladder</i>	0.30
<i>Bone marrow (red)</i>	0.50
<i>Bone surfaces</i>	0.05
<i>Breast</i>	0.20
<i>Colon</i>	0.85
<i>Liver</i>	0.15
<i>Lung</i>	0.85
<i>Oesophagus</i>	0.30
<i>Ovary</i>	0.10
<i>Skin</i>	0.02
<i>Stomach</i>	1.10
<i>Thyroid</i>	0.08
<i>Remainder</i>	0.50
Total (rounded)	5.00

$5 \times 10^{-2}/\text{Sv}$ cioe' la probabilita' di sviluppare un tumore letale per ogni sievert ricevuto da un membro della popolazione e' 0.05 cioe' 5%/Sv ovvero 0.005%/mSv. Ovvero se 100000 persone ricevessero 1 mSv statisticamente 5 di loro potrebbero sviluppare un tumore letale.

SORGENTI DI RADIAZIONE

Sorgenti naturali

```
graph TD; A[Sorgenti naturali] --> B[Raggi cosmici]; A --> C[Radiazione terrestre];
```

Raggi cosmici

Radiazione terrestre

Sorgenti naturali modificate

Case

Tufo

Viaggi in aereo

Locali sotterranei

Granito

Viaggi nello spazio

Miniere

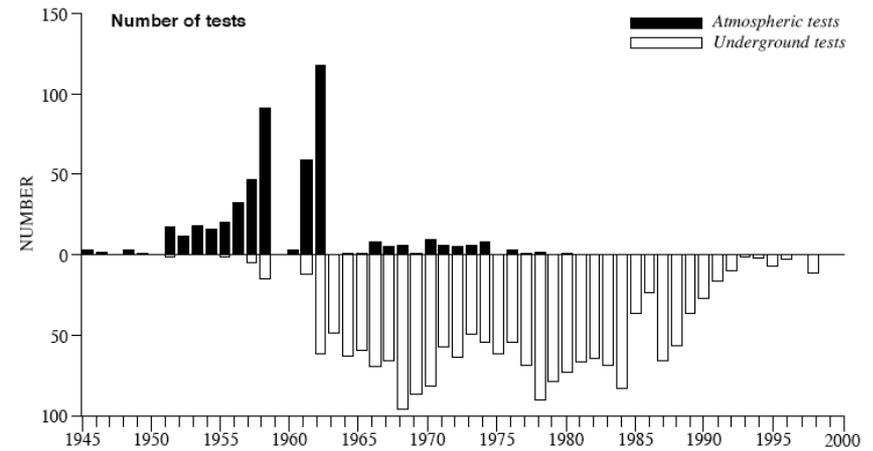
Gessi

Acqua

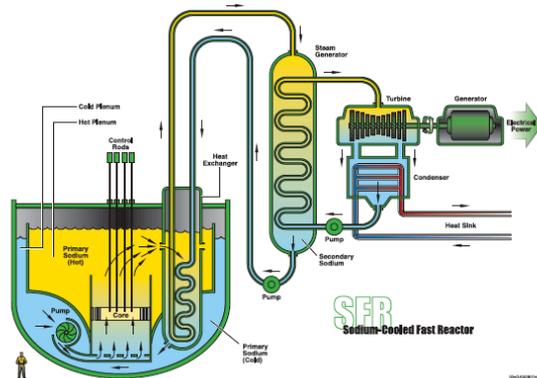
Carbone

Ceneri carbon fossile

Sorgenti da fall-out



Produzione di energia elettrica



A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems

Sorgenti sui luoghi di lavoro

Acceleratori di particelle

Impianti speciali

Sorgenti diagnostica e terapia



Sorgenti di radiazioni naturali ed artificiali in prodotti di consumo

Orologi

Prodotti dentali

Libri

Reticelle per lampade a gas,

Lenti

Vetri

Smalto su vetri

Ceramiche

Porcellane

Tabacco e prodotti del tabacco

Leghe magnesio-torio

Starter per lampade al Neon

Elettrodi per saldature

Apparecchi TV

Video terminali

Fertilizzanti

Rivelatori di fumo

Pacemakers alimentati da batterie al Pu-238

(attualmente non più usati)

Emergency tritium exit signs

EQUIVALENTE DI DOSE EFFICACE **ANNUALE** DOVUTO A SORGENTI NATURALI DI RADIAZIONI (mSv)

Sorgente	IRRADIAZIONE		
	ESTERNA	INTERNA	TOTALE
Raggi cosmici			
Componente direttamente ionizzante	0.30		0.30
Neutroni	0.055		0.055
Radionuclidi cosmogenici			
Radionuclidi primordiali			
K-40	0.15	0.18	0.33
Rb-87		0.006	0.006
U-238 (serie)	0.10	1.24	1.34
Th-232 (serie)	0.16	0.18	0.34
Totale	0.8	1.6	2.4

In Italia questo valore varia da 1.5 a oltre 10 mSv il valor medio stimato è 3.4 mSv.

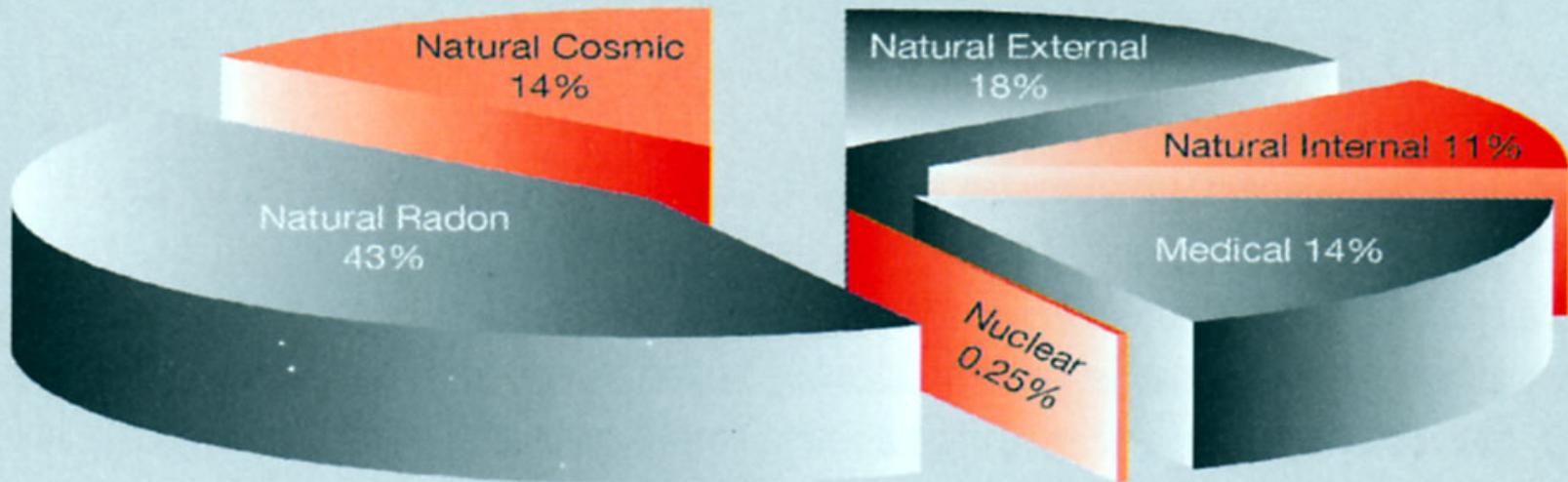
Aree italiane ad alto fondo naturale

Lazio

Sud della Toscana

Campania

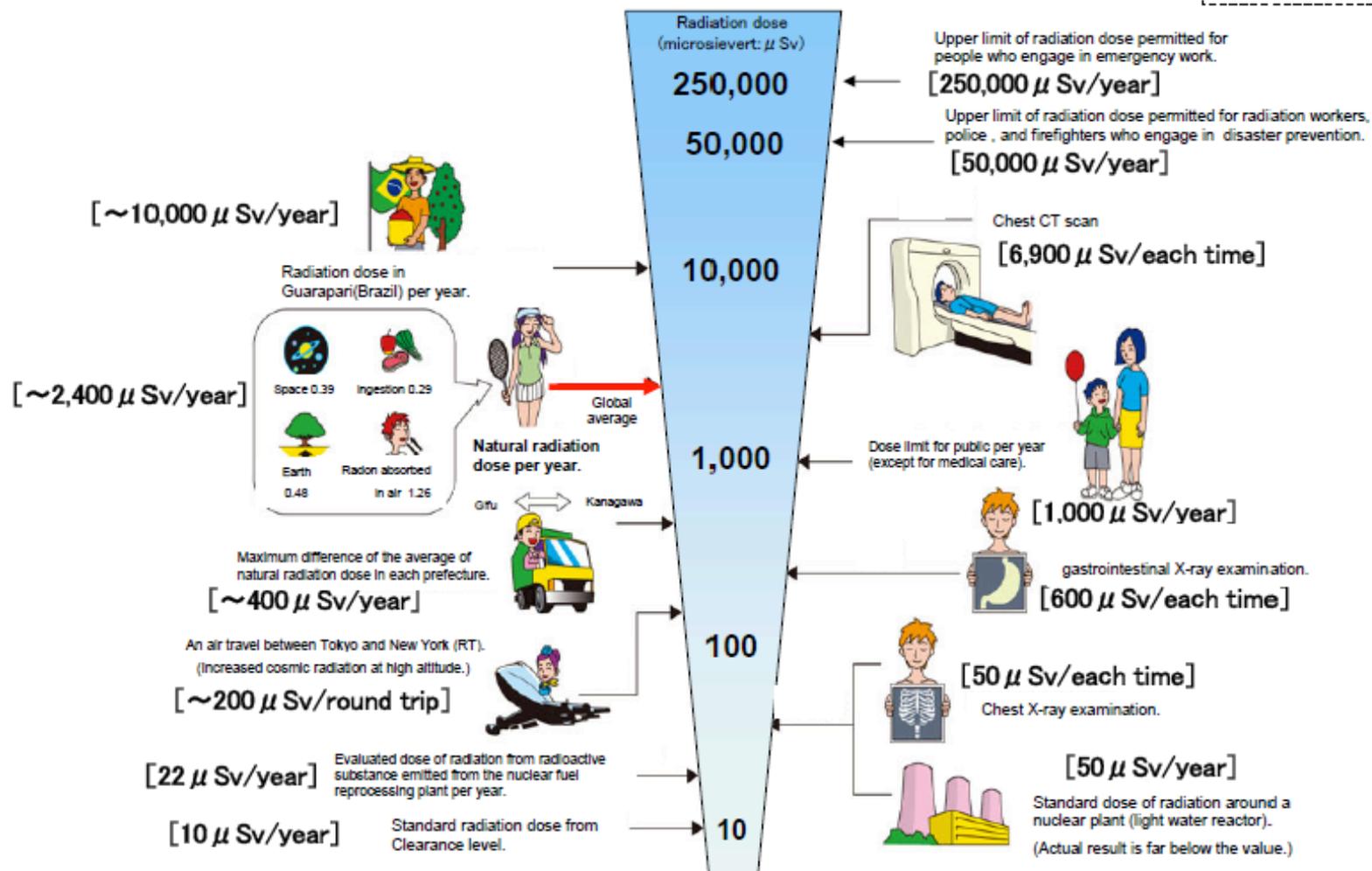
Orvieto



Source	Dose (mSv)
<i>Natural</i>	
Cosmic	0.4
Gamma rays	0.5
Internal	0.3
Radon	1.2
<i>Artificial</i>	
Medical	0.4
Atmospheric nuclear testing	0.005
Chernobyl	0.002
Nuclear Power	0.0002
Total (rounded) mSv	2.8

Radiation in Daily-life

※Unit : μSv



(Ref) Average dose rate at the monitoring post of Tokyo (3/17 9:00~3/18 9:00, March) : $0.050 \mu\text{Sv}/\text{h} = 438 \mu\text{Sv}/\text{y}$

L' utilizzo delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti in medicina in particolare è pratica ormai così diffusa e familiare da non destare alcuna preoccupazione o ansietà nei “pazienti”, da far dimenticare del tutto la loro natura di radiazioni ionizzanti.

Applicazioni mediche delle radiazioni

Diagnostica

Terapia

ionizzanti

non ionizzanti

ionizzanti

non ionizzanti

Radiografia
Fluoroscopia
Angiografia
Mammografia
TAC
PET
SPECT
Scintigrafie
Mineralometria ossea
Et Cetera...

Ultrasuoni (ecografie)
Risonanza magnetica

Sorgenti radioattive
Raggi X
**Acceleratori di
Particelle
Reattori nucleari
(BNCT)**

Ultrasuoni
Laser
Infrarosso
Ultravioletto
microonde

Applicazioni medico biologiche

Biologia molecolare e cellulare

Biocinetica di elementi essenziali, di elementi in tracce, di micronutrienti o di ogni altro elemento di interesse nella nutrizione, nella fisiologia e nelle tossicologia

Atteggimento completamente diverso è applicato in altre situazioni in cui le radiazioni ionizzanti vengono utilizzate.

Applicazioni industriali delle radiazioni

Misure di livello

Misure di densità

Tomografie e radiografie industriali

Prospezioni geologiche

Fluorescenza di raggi X

Microscopia elettronica

Ricerca esplosivi, armi

Analisi chimiche con metodi fisici

Rivelatori di fumo

Produzione di polimeri

Applicazioni dei radiotraccianti

Raffinerie, Oleodotti

Gasdotti, Cementifici

Metallurgia

Studio della dispersione di contaminanti

in atmosfera

Studio dei sedimenti

Studio delle erosioni

Datazioni

Produzione di energia elettrica

Sterilizzazione di prodotti medicali

Irraggiamento di alimenti

ritardo del deperimento

rallentamento della crescita delle muffe

riduzione di microorganismi

inibizione germinazione

controllo degli insetti dei vegetali

Ricerca fondamentale e tecnologica

Viene del tutto dimenticato il rapporto fra i benefici e i rischi derivanti da una qualsiasi pratica

Viene del tutto dimenticato che non esiste e non può esistere attività a rischio zero.

Si richiede la certezza assoluta dell'assenza di rischi attuali e futuri!

La certezza assoluta non esiste: la scienza è in grado di fornire conoscenze sulla base delle quali si può fare una valutazione appropriata ed esaustiva dei rischi e dei benefici delle nuove scoperte o nuove tecnologie.

Viene di continuo fatto ricorso al cosiddetto "principio di precauzione", specialmente nell'applicazione delle nuove tecnologie, senza che nessuno lo definisca esplicitamente.

Nei documenti della Commissione Europea il principio in oggetto è definito come "un approccio alla gestione dei rischi in una situazione di incertezza scientifica, che esprime l'esigenza di un'azione a fronte di un rischio potenzialmente grave senza attendere i risultati della ricerca scientifica".

Non si riflette a sufficienza che non si può applicare il principio di precauzione se un rischio non sia stato chiaramente identificato e valutato con metodologia scientifica.

Si dimentica che l'incertezza non è una caratteristica "passeggera" della conoscenza scientifica ma ne è l'essenza.

Si pensa addirittura che il non fare sia meglio del fare in assenza di certezze assolute che la scienza dovrebbe dare.

Attenzione l' applicazione più restrittiva di questo principio sempre invocato, anche a livello istituzionale, non avrebbe mai permesso alcuna nuova sperimentazione per esempio

di vaccini!

di antibiotici!

Non avrebbe mai permesso l' introduzione

di piante per uso agricolo dal Nuovo Mondo!

dell' elettricità!

delle ferrovie!

dell' automobile!

degli aerei!

con conseguenze più gravi del fare

Chi di voi invoca il principio di precauzione quando utilizza un antibiotico? O fa un viaggio in aereo?

Da dove viene la certezza assoluta in tali casi?

Si potrebbe concludere che la gestione e la valutazione del rischio di qualsivoglia tecnologia nuova o meno nuova diventa possibile solo se ciascuno di voi dispone di semplici strumenti per poter seguire consapevolmente tutti i processi decisionali.

La paura ancestrale di tutto ciò che non si vede e di cui non si ha esperienza diretta scomparirebbe del tutto per far posto di nuovo alla razionalità e al metodo scientifico, consentendo finalmente scelte corrette, condivise e condivisibili.

Vi ringrazio per avermi seguito fino ad ora con attenzione e pazienza!!

E ora che abbiamo il necessario “background” culturale possiamo entrare con piu’ cognizione di causa negli eventi che hanno riguardato e stanno riguardando il Giappone

E soprattutto possiamo riflettere piu’ consapevolmente in merito al nostro futuro energetico

I piu' significativi incidenti connessi con l'uso delle radiazioni avvennero

Nel 1957 a Windscale in Inghilterra

Nel 1957 a Kyshtim Russia (allora URSS)

Nel 1979 a Three Mile Island USA

Nel 1986 a Chernobyl in Ukraina (allora URSS)

E' ancora in corso l'incidente alle centrali nucleari di Fukushima in Giappone

Tale incidente e' stato classificato al livello 7 della scala INES (International nuclear scale event) anche se il rilascio di Iodio-131 equivalente e' stata fino ad oggi solo il 10% dell'emissione avutasi a Chernobyl

	Assumed amount of the discharge from Fukushima Dai-ichi NPS		(Reference) Amount of the discharge from the Chernobyl accident
	Estimated by NISA	Announced by NSC	
^{131}I ... (a)	1.3×10^{17} Bq	1.5×10^{17} Bq	1.8×10^{18} Bq
^{137}Cs	6.1×10^{15} Bq	1.2×10^{16} Bq	8.5×10^{16} Bq
(Converted value to ^{131}I) ... (b)	2.4×10^{17} Bq	4.8×10^{17} Bq	3.4×10^{18} Bq
(a) + (b)	3.7×10^{17} Bq	6.3×10^{17} Bq	5.2×10^{18} Bq

Fukushima Dai-ichi NPP



Source: www.tepco.co.jp



Epicenter

Fukushima Dai-ni NPP



Source: www.tepco.co.jp



Unit 5

Unit 6

Unit 3

Unit 2

Unit 1

Unit 4

- Occurred 14:46 March 11, 2011
- Magnitude: 9.0 Mw
- Epicenter location: 38° 6''N and 142° 51''E, and 24km in depth
- It is said that the height of tsunami attacked Fukushima NPP was more than 14m

Location of the Nuclear Installations



Onagawa

- Unit1: 524 MW, 1984-
- Unit2: 825 MW, 1995-
- Unit3: 825 MW, 2002-

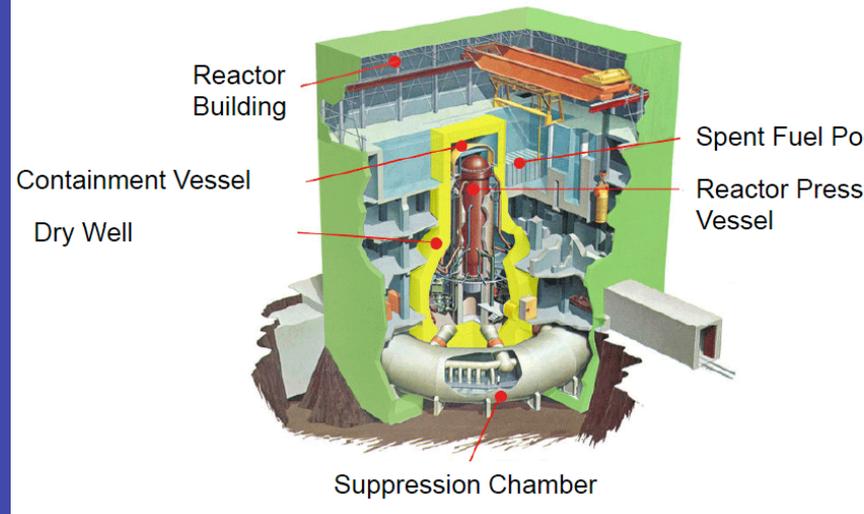
Fukushima I

- Unit1: 460 MW, 1971-
- Unit2: 784 MW, 1974-
- Unit3: 784 MW, 1976-
- Unit4: 784 MW, 1978-
- Unit5: 784 MW, 1978-
- Unit6: 1,100 MW, 1979-

Fukushima II

- Unit1: 1,100 MW, 1982-
- Unit2: 1,100 MW, 1984-
- Unit3: 1,100 MW, 1985-
- Unit4: 1,100 MW, 1987-

Tokai II (1,100 MW, 1978-)



Reactor Building

Spent Fuel Pool

Containment Vessel

Reactor Press Vessel

Dry Well

Vessel

Suppression Chamber

BOILING WATER REACTOR BWR

- Un' onda di 14 m raggiunge il sito
- L' impianto è difeso contro un' onda di progetto di 6,5 m.
- Perdita dei generatori di emergenza

Note:

- All operating units when earthquake occurred were automatically shut down.
- Emergency D/Gs have worked properly until the Tsunami attack.

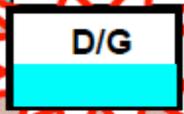
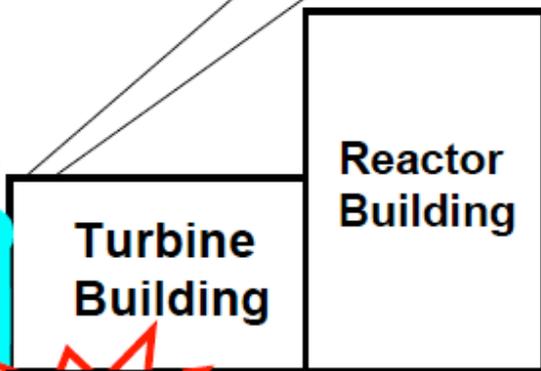


Grid Line

① Loss of offsite power due to the earthquake



Tsunami (estimated more than 10m)



② D/G Inoperable due to Tsunami flood

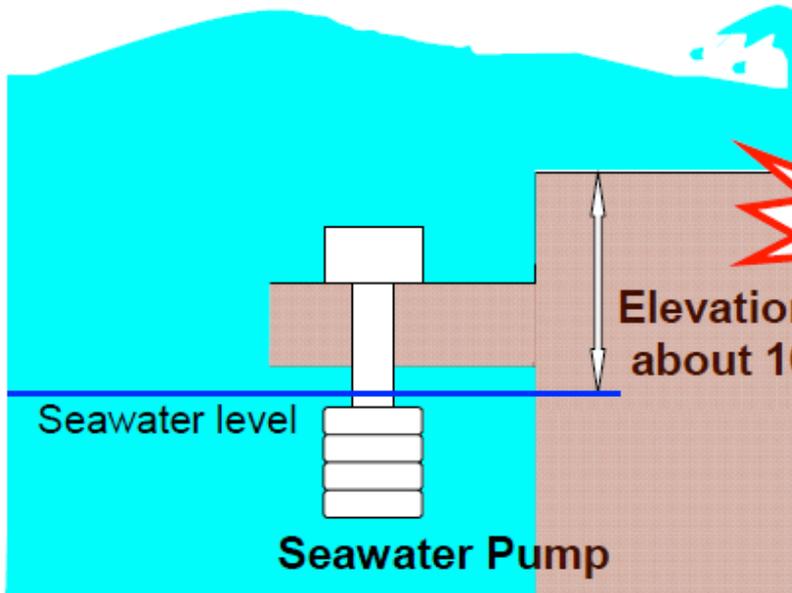
①+② ⇒ Station Black Out

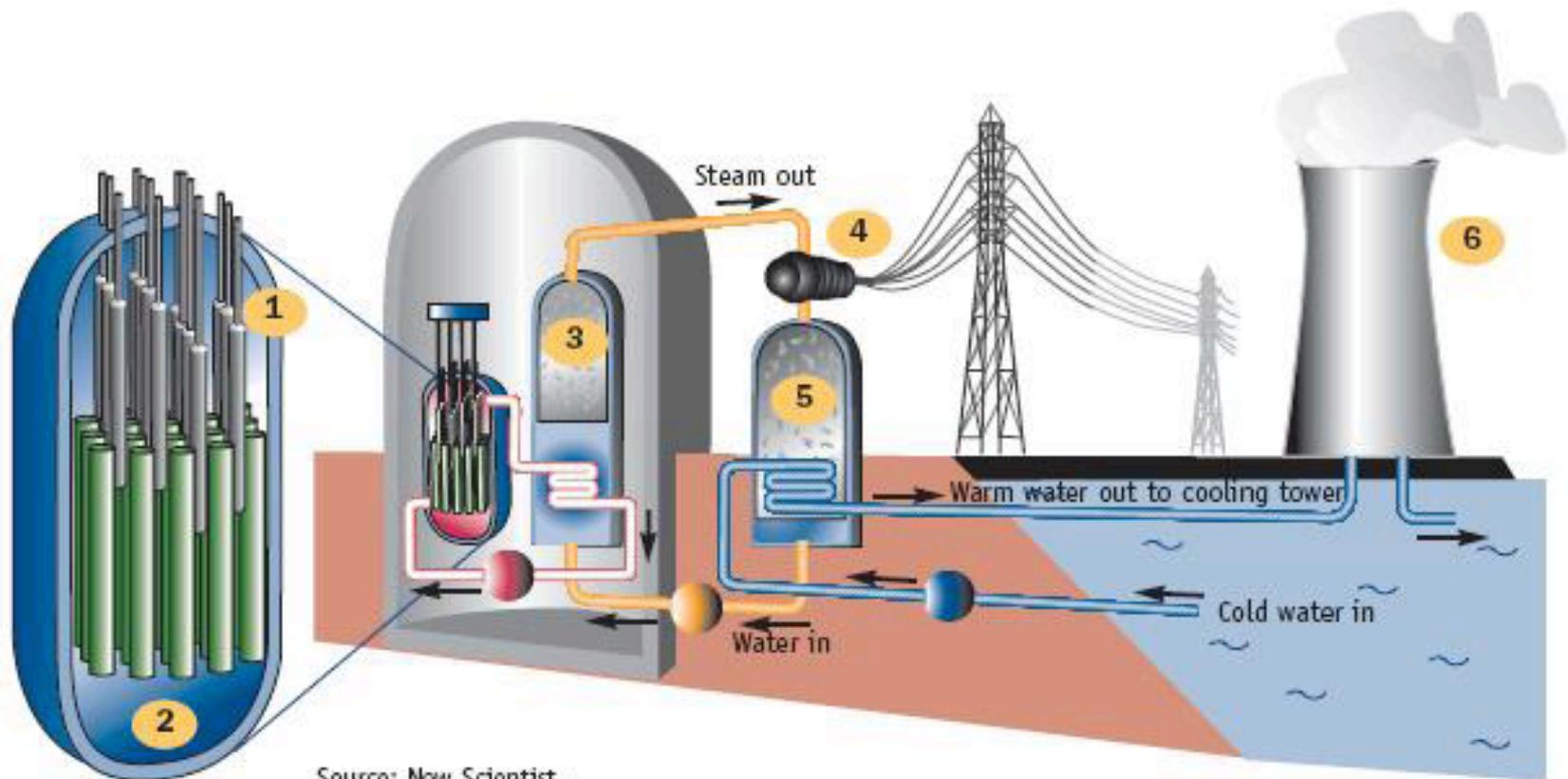
All Motor Operated pumps (including ECCS pumps) became inoperable

Elevation:
about 10m

Seawater level

Seawater Pump





Source: New Scientist.

- 1 - Reactor: fuel (green) heats pressurised water. Control rods (grey) absorb neutrons to control or terminate fission.
- 2 - Coolant and moderator: fuel and control rods are surrounded by water that serves as coolant and moderator.
- 3 - Steam generator: hot water from the reactor is pumped through a heat exchanger to generate high-pressure steam.
- 4 - Turbine generator: steam drives electricity generator to produce electricity.
- 5 - Condenser: removes heat to convert steam back to water.
- 6 - Cooling tower: removes heat to return cooling water to near-ambient temperature.

Rischi radiologici

tre deceduti a causa terremoto e tsunami, più circa 15 persone ferite a causa delle esplosioni di idrogeno,

tre operatori contaminati ai piedi con dosi locali (β) di 2-3 Sv

21 operatori con esposizione fino ad una dose massima di 170 mSv dose entro l'intervallo della soglia "epidemiologica" dei cosiddetti effetti stocastici,

Una lavoratrice ha ricevuto una dose pari a 7.43 mSv superiore al limite di 5 mSv in tre mesi

Al 24 aprile erano state sottoposte a monitoraggio per contaminazione 170000 persone solo 102 persone hanno mostrato segni di contaminazione $>$ a 100000cpm, che rappresenta il livello di intervento. Dopo la rimozione degli indumenti i valori scendevano tutti al di sotto dei livelli di intervento

Misure effettuate su un campione di di effettuate su 947 bambini hanno evidenziato valori inferiori ai livelli di intervento stabiliti in 0.2 μ Sv/h

Picchi di intensita' di dose misurati il 19 marzo



0.4 $\mu\text{Sv/h}$ nei LNF dovuto solo al fondo ambientale

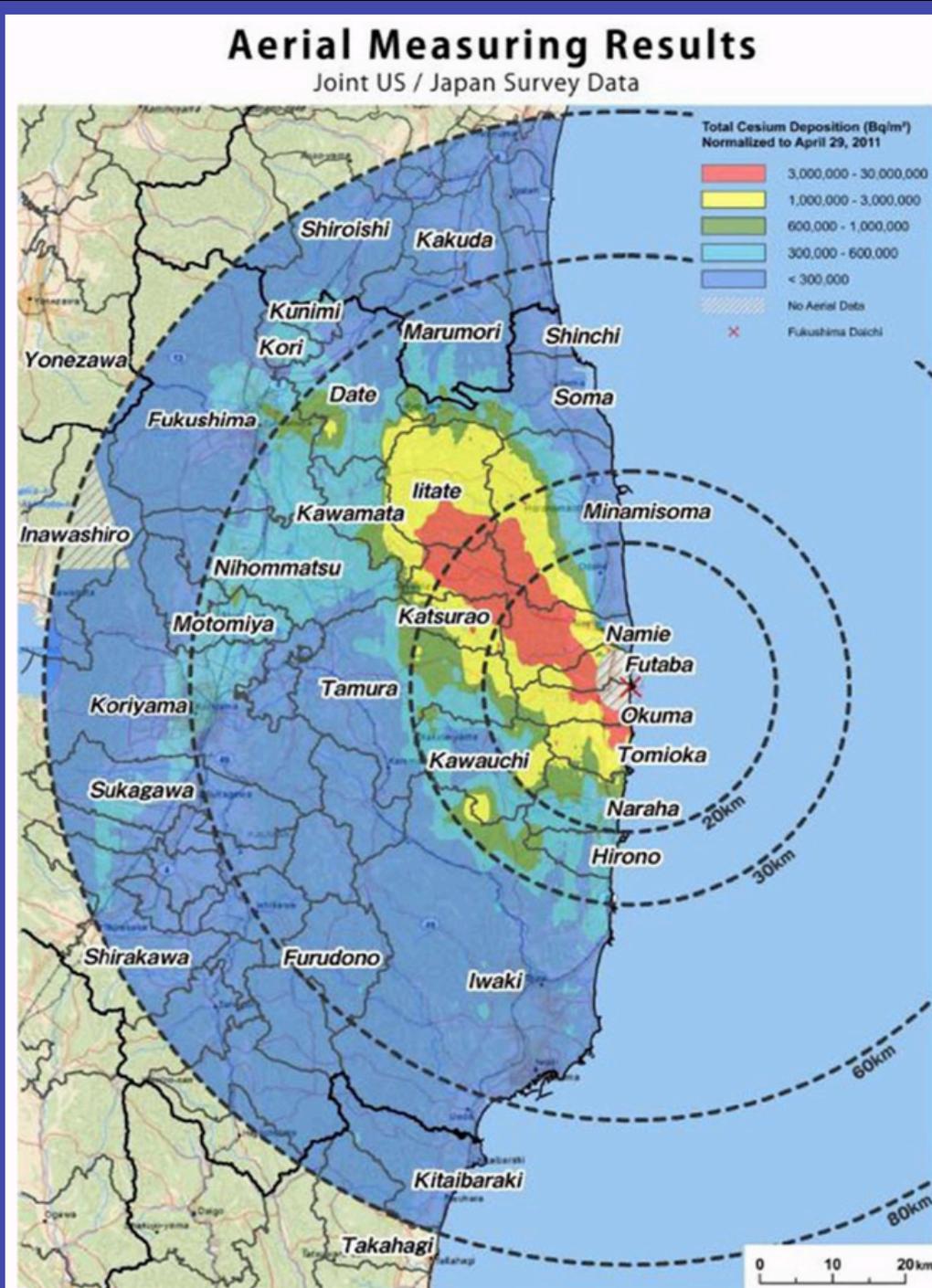
In Italia valori da 0.17 $\mu\text{Sv/h}$ fino a 1.1 $\mu\text{Sv/h}$ dovuto solo al fondo ambientale

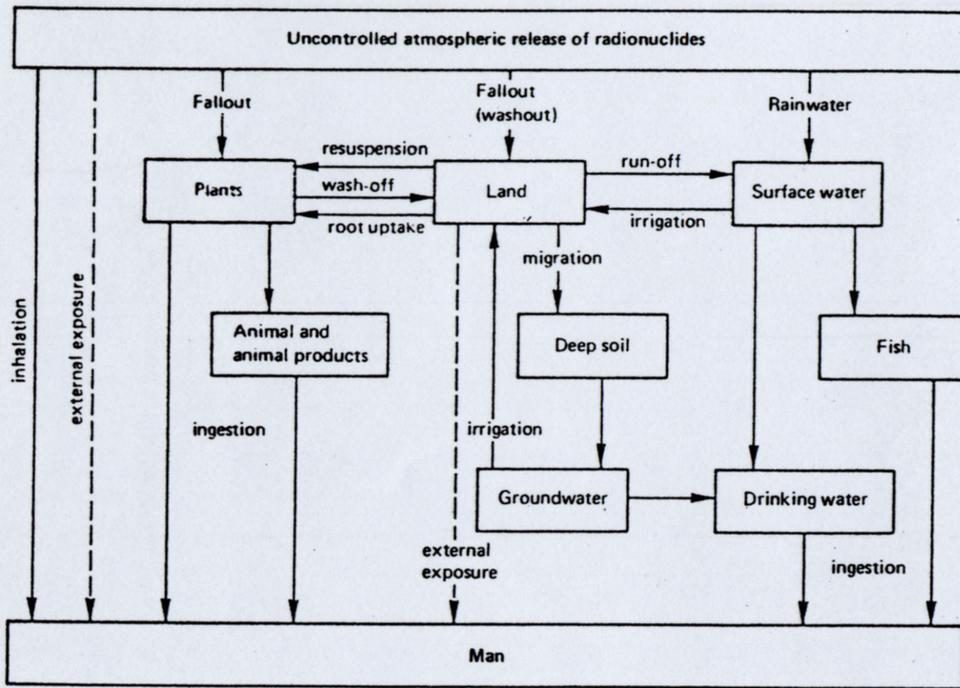
Mappa del cesio totale
rilasciato al 29 aprile

Dose efficace totale=
Dose efficace esterna+Dose efficace
impegnata per Inalazione+ Dose
efficace impegnata per ingestione

La dose efficace impegnata viene calcolata
su una integrazione di 50 anni per gli
adulti e 70 per i bambini

Esistono coefficienti di conversione
per ottenere la dose efficace a partire
dai livelli di contaminazione misurati
nell' ambiente





Major pathways of radionuclides to man in the event of an uncontrolled release of radioactivity

GLI ALIMENTI

- LATTE
- GRANO / RISO
- CARNE
- ORGANISMI ACQUATICI
- VEGETALI
- ALTRI ALIMENTI

L'AMBIENTE

- ARIA
- ACQUA
- SUOLO
- ERBA
- SEDIMENTI

Devono essere campionati solo quegli alimenti e misurati quei radionuclidi il cui consumo è significativo per l'esposizione della popolazione.

Air	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs
Water	^3H , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs
Milk	^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs
Meat	^{134}Cs , ^{137}Cs
Other foods	^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs
Vegetation	^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{141}Ce , ^{144}Ce
Soil	^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{242}Cm

Le conseguenze sanitarie a Fukushima non saranno peggiori di quelle di Chernobyl sia per la modalita' diversa dell'incidente che per la quantita' di materiale radioattivo rilasciato nell'ambiente.

LIVELLI MASSIMI AMMISSIBILI PER I PRODOTTI ALIMENTARI (Bq/kg)

	Prodotti alimentari ⁽¹⁾			
	Alimenti per lattanti ⁽²⁾	Prodotti lattiero-caseari ⁽³⁾	Altri prodotti alimentari esclusi quelli secondari ⁽⁴⁾	Alimenti liquidi ⁽⁵⁾
Isotopi dello stronzio, in particolare Sr-90	75	125	750	125
Isotopi dello iodio, in particolare I-131	150	500	2 000	500
Isotopi del plutonio e di elementi transplutonici che emettono radiazioni alfa, in particolare Pu-239 e Am-241	1	20	80	20
Tutti gli altri nuclidi il cui tempo di dimezzamento supera i 10 giorni, in particolare Cs-134 e Cs-137 ⁽⁶⁾	400	1 000	1 250	1 000

- (1) Il livello applicabile ai prodotti concentrati o essiccati è calcolato sulla base del prodotto ricostituito pronto al consumo. Gli Stati membri possono formulare raccomandazioni in materia di condizioni di diluizione per garantire il rispetto dei livelli massimi ammissibili fissati dal presente regolamento.
- (2) Per alimenti per lattanti si intendono *le formule per lattanti, compreso il latte di formula, le formule di proseguimento* e i prodotti alimentari *equivalenti* destinati a lattanti *di età inferiore ai dodici mesi*, che corrispondono alle esigenze nutritive di tale categoria di persone e che vengono posti in vendita al minuto in confezioni chiaramente identificabili ed etichettate come «alimenti per lattanti». [Emendamento 31]
- (3) Per prodotti lattiero-caseari si intendono i prodotti di cui ai seguenti codici NC, ivi compresi eventualmente gli adeguamenti che potrebbero esservi apportati ulteriormente: 0401, 0402 (salvo 0402 29 11).
- (4) I prodotti alimentari secondari e i corrispondenti livelli applicabili sono stabiliti all'allegato II.
- (5) Gli alimenti liquidi sono quelli definiti al codice NC 2009 e al capitolo 22. I valori sono calcolati tenendo conto del consumo di acqua di rubinetto; gli stessi valori sono applicabili all'acqua potabile a discrezione delle competenti autorità degli Stati membri.
- (6) Il carbonio 14, il trizio e il potassio 40 non sono compresi in questo gruppo.

Emergency exposure situations

ICRP 103 Recommendations

Occupational exposure

- life-saving (informed volunteers)
- other urgent rescue operations
- other rescue operations

No dose restrictions if benefit to others outweighs rescuer's risk

1000 or 500 mSv

≤ 100 mSv

Public exposure

- foodstuffs
 - sheltering
 - temporary evacuation
 - permanent relocation
- all countermeasures combined in an overall protection strategy

In planning, typically between 20 and 100 mSv/year according to the situation



14.000 morti e 14.000 dispersi

come appariva l'area circostante
l'impianto



Riflessioni

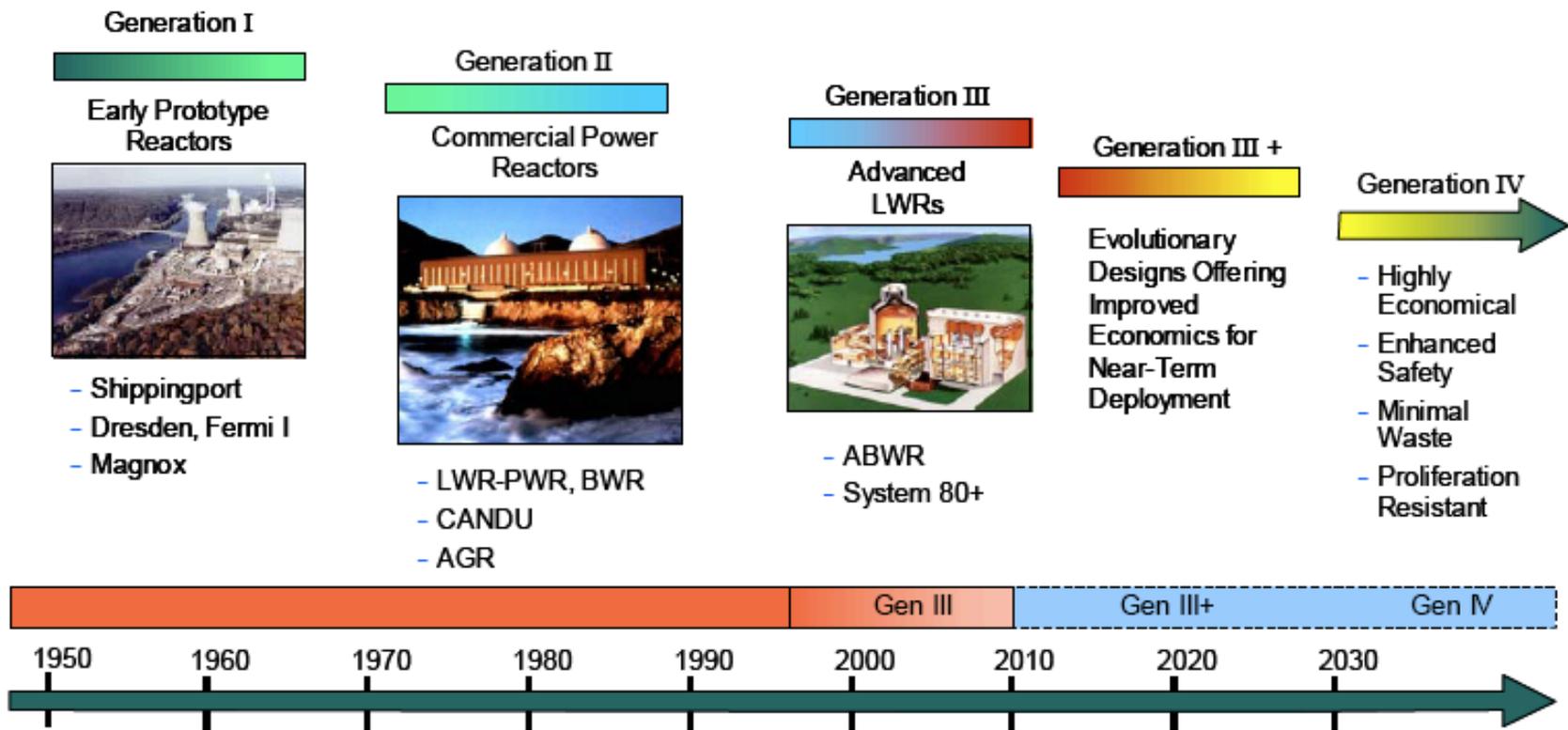
Ogni incidente avvenuto ha permesso un sempre maggior miglioramento della sicurezza di questi impianti mettendo però nello stesso tempo in evidenza smagliature nei sistemi di sicurezza, seppur in centrali di vecchia concezione e generazione e nel contesto di un evento naturale che tutti abbiamo potuto vedere

Il nucleare di III e III+ generazione non può basarsi solo sui sistemi passivi di protezione ma deve essere anche in grado di gestire e controllare gli incidenti severi seppur così improbabili come quelli avvenuti a Fukushima

Quello di IV generazione è di là da venire

E' necessario che la gestione di tali impianti sia fatta dallo Stato in prima persona sviluppando un sistema di gestione che dia ampia affidabilità di essere in grado di fronteggiare anche eventi "*inverosimili*" ovvero con probabilità remota di accadimento, sia negli impianti nucleari sia negli altri impianti industriali ad alto rischio, minimizzando le conseguenze degli incidenti alla popolazione

Non esiste un problema di gestione delle scorie radioattive semmai potrebbe esistere un problema di un sito di stoccaggio geologicamente stabile ma questo vale anche per quelle sostanze chimiche prodotte a scopi bellici e impossibili a degradare



A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems

Sostenibilità

Sicurezza

Non utile alla proliferazione

Rifiuti al minimo

Affidabilità

Economicità

Protezione dal terrorismo

L'energia e' la capacita' di fare lavoro



Un cavallo per un ora =
745 wattora



Un uomo per un ora = 200 wattora
= 1/4 di cavallo

Attenzione :
per comodità di di discussione potremmo
assumere che un cavallo per un ora sia pari a
1 kwatt (1000 watt)
Il lavoro fatto da un cavallo in un ora e' 1
kwattora

Densità di Energia nei combustibili

Energia Nucleare

Deuterio	83000 cavalli ora / kg
Uranio	6700 cavalli ora / kg

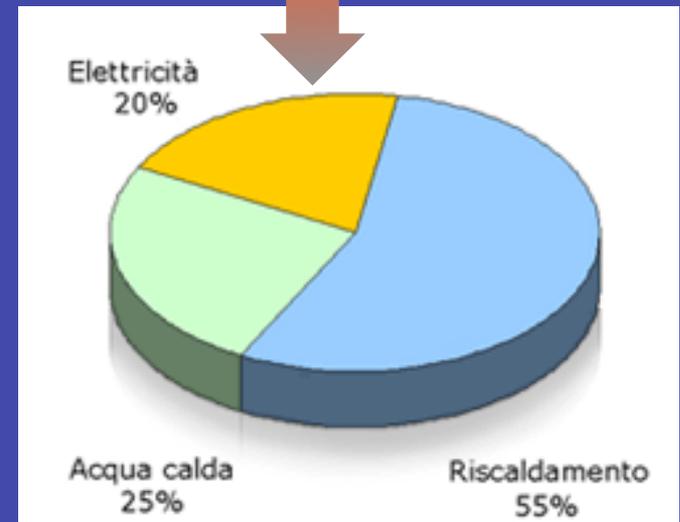
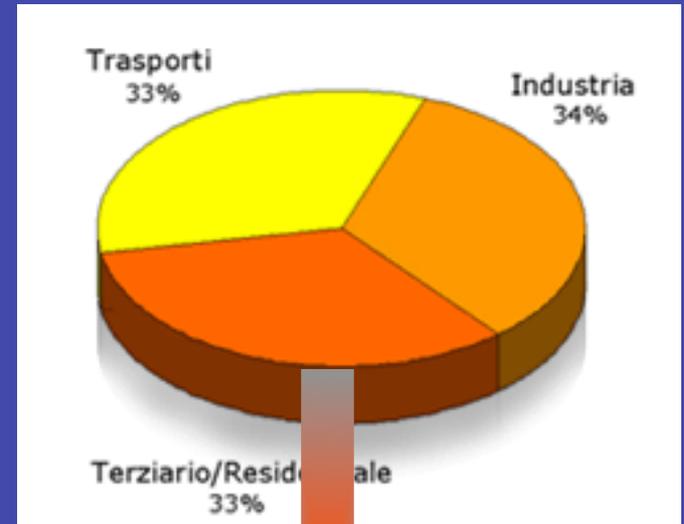
Energia Chimica

Idrogeno	38 cavalli ora / kg
Metano	15 cavalli ora / kg
Petrolio	12 cavalli ora / kg
Carbone	6 cavalli ora / kg
Legno	5 cavalli ora / kg
Carta	5 cavalli ora / kg
Rifiuti	3 cavalli ora / kg

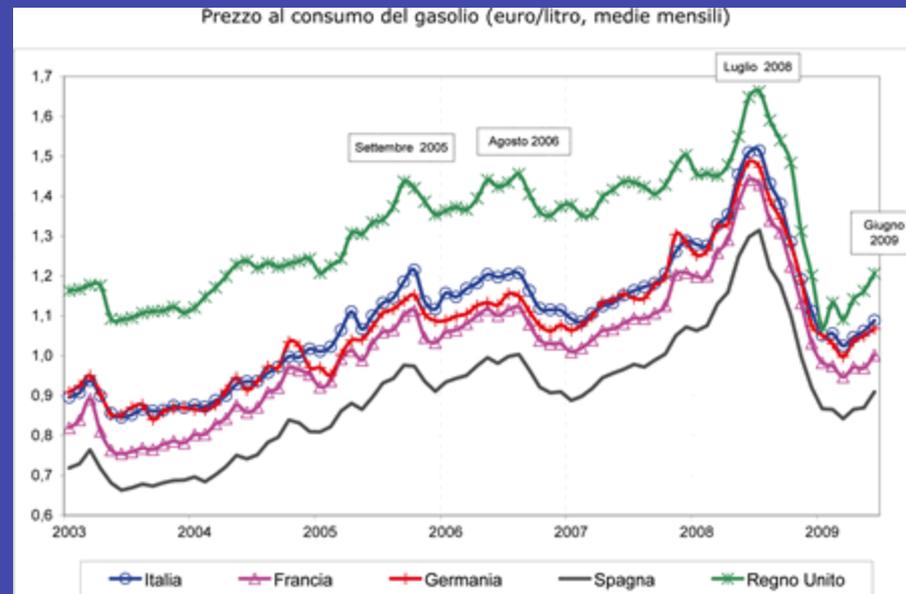
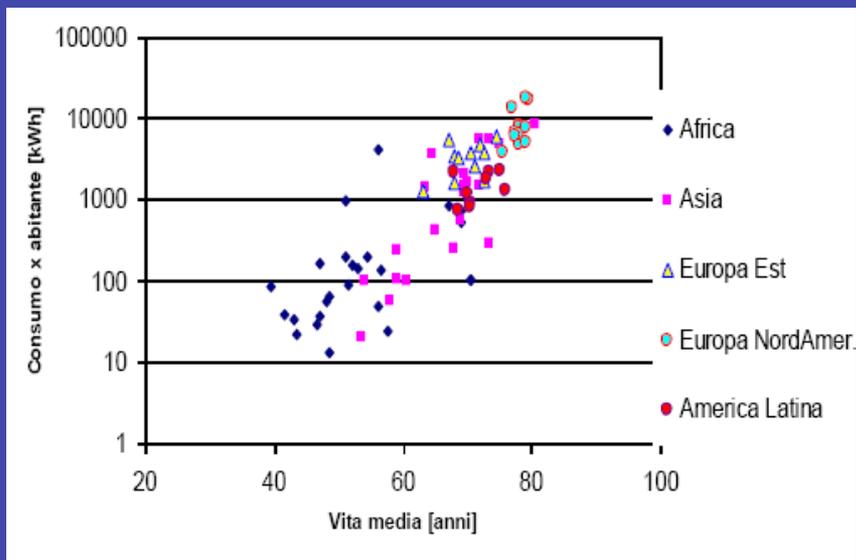
Fabbisogno energetico mondiale

Fonte	Milioni di GWh	percent.
Petrolio	50	37%
Gas	31	23%
Carbone	36	26%
Idroelettrico	8	6%
Nucleare	8	6%
Solare, Eolico	1	1%
Biomasse	1	1%
Totale	135	100%

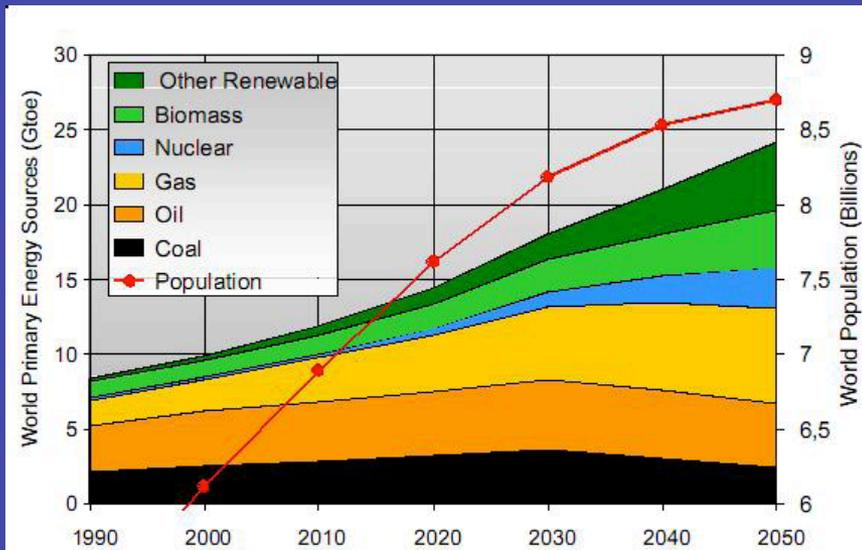
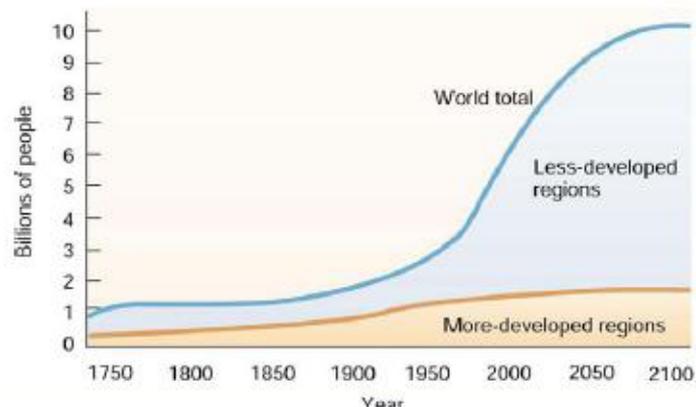
Energia Solare Riscaldamento
Energia Nucleare Elettricità
Combustibili liquidi Trasporto



Vita media, crescita della popolazione, fabbisogno energetico e costi



Estimated Human Population Growth



È forse arrivato il momento di prendere finalmente delle decisioni consapevoli in merito al fabbisogno energetico del nostro paese ovvero del mondo intero e alle sue modalità di approvvigionamento.

E' appena il caso di evidenziare l' inopportunita' di utilizzare i combustibili fossili

a causa della principalmente della produzione di gas serra per l' esaurimento delle disponibilita' per i possibili disastri ecologici/energetici

Carboniferi :

1952 (5-9 Dicembre) Londra il grande Smog **12000 morti**

Gassiferi :

1984: San Juanito (Messico) **550 morti**, 7000 feriti

2009: Viareggio **24 morti**, 31 feriti ustionati

Idroelettrici :

1963: Vajont (Italia), **1909 morti**

1975: Banqiao (Cina), **171000 morti**

Petroliferi :

1984: Cubatão (Brasile) esplosione oleodotto **600 morti**

1994: Seul (Corea del Sud) incendio serbatoi **500 morti**

Effetto serra

CO₂ (g) prodotto per kWh

• Idrico	4
• Nuclea re	30
• Eolico	50
• Fotovoltaico	200
• Gas	500
• Petrolio	900
• Carbone	1100
• Legno	1400

Senza parlare dei problemi legati al trasporto degli oli combustibili

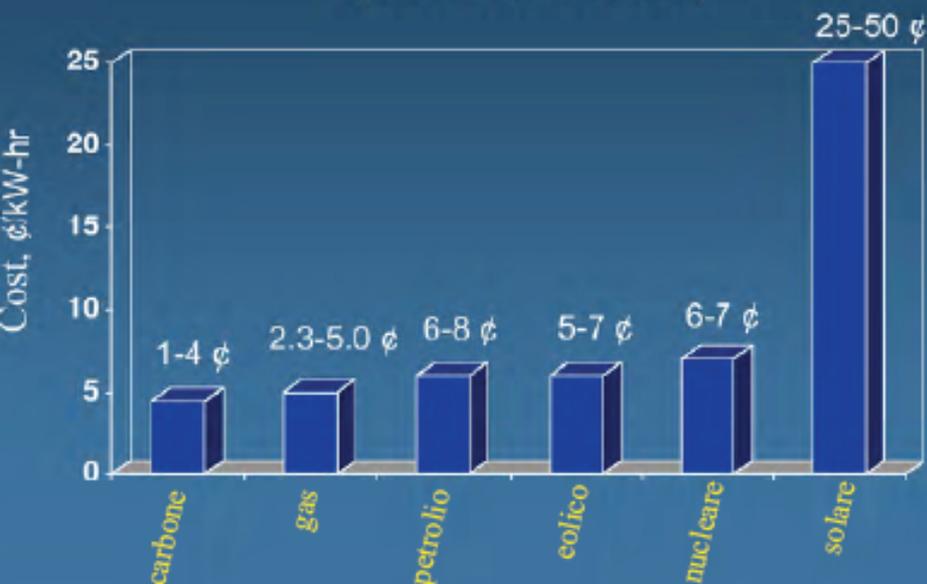
Allora accanto a un uso razionale delle risorse energetiche e delle risorse naturali, evitando gli sprechi, non restano che

le fonti rinnovabili tradizionali (idroelettrica e geotermia), anche se già ampiamente sfruttate

le rinnovabili non tradizionali (fotovoltaico e vento), purtroppo intrinsecamente poco competitive per bassa potenza specifica, elevati costi degli impianti per unità di potenza, per problemi di manutenzione e gestione nonché per la necessità di avere impianti tradizionali **per i periodi di indisponibilità**

il nucleare di III+ o meglio di IV generazione meglio se fatto con reattori veloci che utilizzano il Th-232

(in the U.S. in 2002)



Confronto tra nucleare, eolico e solare fotovoltaico e CCP

	Produzione elettricità / anno	Costo capitale	Vita presunta	Costi capitale a parità di potenza efficiente	Superficie occupata (ettari) a parità di energia prodotta
Nucleare EPR 1.600 MW	12,6 miliardi kWh (disponibilità 90% = 7.884 ore)	4 miliardi di euro	Oltre 50 anni (60 anni di progetto)	1.440 MW 4 miliardi €	Circa 20 ha (metri 1.000 x 200)
Eolico 1.200 MW	1,8 miliardi kWh (disponibilità 17% = 1.500 ore)	1,2 miliardi di euro	25 anni	8.400 MW 10,1 miliardi €	Circa 84.000 ha (km 52 x 16) di cui il 5% (4.200 ha = km 10 x 4,2) di occupazione diretta
Fotovoltaico 1.200 MW	1,4 miliardi kWh (disponibilità 14% = 1.200 ore)	3,8 miliardi di euro	25 anni	10.500 MW 33,6 miliardi €	7.800 ha (km 10 x 7,8)
Solare CCP 1.200 MW	2,8 miliardi kWh (disponibilità 26% = 2.292 ore)	4,5 miliardi di euro	25 anni	5.400 MW 20,3 miliardi €	12.643 ha (km 15,8 x 8)

Fonti: EDF per il nucleare, GSE e dati di esercizio di centrali in servizio per le fonti rinnovabili

In April 2011 439 nuclear power reactors, with an installed electric net capacity of about 375 GW, were in operation in 31 countries.

Table 1. Nuclear share in electricity production, 2009 (per cent)

> 70	> 50	> 40	> 30	> 20	> 10	< 10
Lithuania 76.2	Slovakia 53.5	Ukraine 48.6	Switzerland 39.5	Japan 28.9	United Kingdom 17.9	Argentina 7.0
France 75.2	Belgium 51.7	Armenia 45.0	Slovenia 37.9	Germany 26.1	Russian Federation 17.8	Mexico 4.8
		Hungary 43.0	Bulgaria 35.9	Romania 20.6	Spain 17.5	South Africa 4.8
			Korea, Rep. of 34.8	United States 20.2	Canada 14.8	Netherlands 3.7
			Sweden 34.7			Brazil 3.0
			Czech Rep. 33.8			Pakistan 2.7
			Finland 32.9			India 2.2
						China 1.9

Source: <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

At present 60 nuclear power reactors, with an installed capacity of 64 GW, are under construction in 14 countries, as follows: 27 in China, ten in the Russian Federation, five each in the Republic of Korea and India, two each in Canada, Japan and Slovakia, and one each in Argentina, Brazil, Finland, France, the Islamic Republic of Iran, Pakistan and the United States.

Il problema delle fonti energetiche e del loro approvvigionamento non e' semplice da risolvere ne' tantomeno semplice da gestire.

Le soluzioni possono solo venire dalla ricerca scientifica in generale , nella quale non siamo secondi a nessuno, e da forti investimenti in particolare in ricerca e sviluppo nei seguenti campi.

- Nel solare fotovoltaico e per riscaldamento con l' utilizzo di nanotecnologie
- Nello sviluppo di tecnologie per il mare aperto
- Nel nucleare a fissione con l' utilizzo del ciclo del Torio
- Nel nucleare a fusione con la costruzione del primo reattore a fusione
- Nello studio di combustibili liquidi meno inquinanti (idrogeno)

Deve essere altrettanto chiaro che deve cessare lo spreco di energia instillando in ciascuno di noi il concetto di risparmio energetico, di recupero energetico e di riciclo

Va da se' che il tifo applicato a problematiche cosi' complesse che coinvolgono la societa' in toto va nella direzione di una paralisi nel prendere decisioni

Grazie per l' attenzione

Forse ora

a più di 20 anni di distanza dall' incidente

e

a 1 anno dalla pubblicazione da parte dell' OMS e dell' IAEA

degli effetti sanitari, finora evidenziati, dell' incidente alla centrale nucleare di Chernobyl,

una più serena e scientifica valutazione di questo grave incidente, certamente il più grave finora registrato nella storia del nucleare, andrebbe

fatta, anche alla luce delle sempre maggiori necessità di energia SENZA emissioni di inquinanti da effetto serra.

Dosi ricevute dalla popolazione e dai liquidatori

Categoria di di persone	Numero	dose media (mSv)
Liquidatori (1986–1989)	600 000	~100
Evacuati dalle zone ad alta contaminazione (1986)	116 000	33
Residenti of “strict-control” zone (1986–2005)	270 000	>50
Residenti in aree contaminate (1986–2005)	5 000 000	10–20

134 persone sono morte per sindrome acuta da radiazioni

4000 casi di tumore alla tiroide trattati con esito positivo al 99%

Qualche evidenza di cataratta a partire da 250mSv

Nessuna evidenza di infertilità

Nessun evidenza di incremento di leucemie, tumori solidi e malattie cardiovascolari

Anche se uno studio recentissimo cita un aumento nella leucemia non-CLL

Qualche evidenza di aumento di malformazioni neonatali sia in aree contaminate che non contaminate

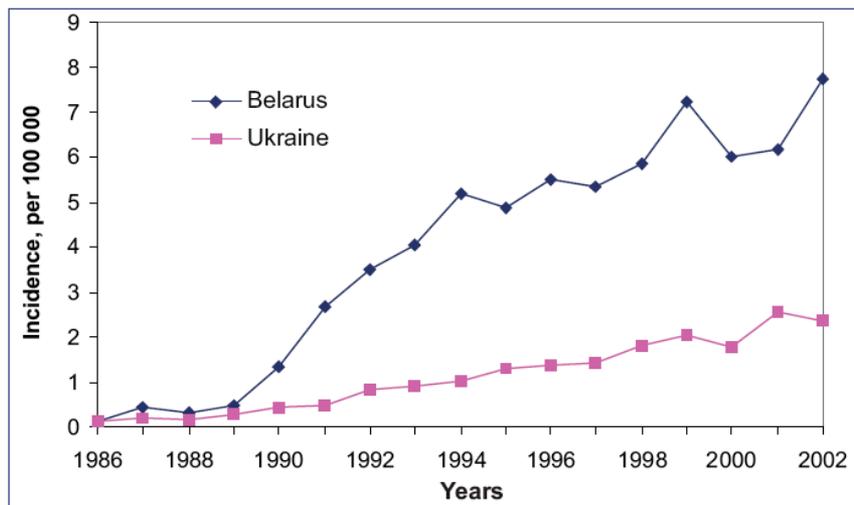


FIG. 3. Incidence rate of thyroid cancer in children and adolescents exposed to ^{131}I as a result of the Chernobyl accident (after Jacob et al., 2005).



Periodo di latenza

