

**21° CONGRESSO NAZIONALE
ASSOCIAZIONE ITALIANA DI RADIOPROTEZIONE MEDICA
Genova, 18-20 giugno 2009**

Le nuove raccomandazioni dell'ICRP 103/2007: impianto dottrinario

Ottenga F., Guidi M. - Sezione di Medicina del Lavoro dell'Università di Pisa

1. Introduzione.

Lo scopo primario delle Raccomandazioni della Commissione è contribuire a raggiungere un adeguato livello di protezione della popolazione e dell'ambiente contro gli effetti dannosi della esposizione alle radiazioni, pur non limitando le auspiccate applicazioni umane che possono essere associate a tale situazione.

Le raccomandazioni sono basate sulla conoscenza scientifica e sul giudizio di esperti. I dati scientifici, come quelli riguardanti i rischi sanitari attribuibili all'esposizione alle radiazioni, sono un presupposto necessario, ma si debbono anche tenere in considerazione gli aspetti sociali ed economici della protezione.

La radioprotezione tratta di due tipi di effetti nocivi. Il primo è legato alle dosi elevate, che causano effetti deterministici (reazioni tissutali avverse), spesso di natura acuta, e che insorgono solo se la dose supera un valore soglia. Il secondo è rappresentato dagli effetti stocastici (tumori o effetti ereditari), provocati sia dalle dosi elevate che dalle dosi basse: essi possono essere osservati come un aumento statisticamente rilevabile nelle incidenze di questi effetti che insorgono molto tempo dopo l'esposizione.

Il sistema di protezione radiologica della Commissione tende principalmente a proteggere la salute dell'uomo. E' tuttavia probabile che altri modi di considerare gli effetti delle radiazioni, rispetto a quanto preso in considerazione per l'uomo, risultino anche utili per le specie non-umane, come le altre entità biologiche presenti nell'ambiente. Lo scopo della Commissione è oggi prevenire o ridurre la frequenza di effetti deleteri prodotti dalle radiazioni sul mantenimento della diversità biologica, sulla conservazione delle specie, sulla salute e lo stato degli habitat naturali, delle comunità e degli ecosistemi.

Il sistema di protezione degli esseri umani è basato sull'impiego di:

- a) Modelli anatomici e fisiologici di riferimento per la valutazione delle dosi di radiazione.
- b) Studi a livello molecolare e cellulare.
- c) Studi su animali da laboratorio
- d) Studi epidemiologici.

In considerazione delle incertezze legate ai valori di ponderazione tissutale e alla stima del detrimento, la Commissione ha ritenuto opportuno utilizzare fattori di ponderazione tissutale e valori di stima di rischio che siano mediati su età e sesso. Le stime di rischio sono chiamate "nominali" perché si riferiscono all'esposizione di una popolazione nominale di uomini e donne

con una tipica distribuzione di età e sono calcolate facendo la media sui gruppi di età e su entrambi i sessi. Anche la grandezza dosimetrica raccomandata per la protezione dalle radiazioni, la dose efficace, è calcolata facendo una media sull'età e su entrambi i sessi.

Le situazioni in cui esiste la probabilità di superare le soglie di dose per gli effetti deterministici negli organi interessati debbono essere sottoposte ad azioni protettive in tutte le circostanze (ICRP, 1999a). Dosi annuali che si avvicinano ai 100mSv giustificherebbero sempre l'adozione di misure protettive. Per dosi da radiazione inferiori ai 100 mSv all'anno è ritenuto che l'incremento nell'incidenza di effetti stocastici sia caratterizzato da una bassa probabilità e sia proporzionale all'aumento di dose della radiazione al di sopra della dose del fondo naturale. L'utilizzo del cosiddetto modello lineare senza soglia (linear-non-threshold, LNT) è considerato dalla Commissione il miglior approccio pratico per gestire il rischio derivante dall'esposizione a radiazioni e adeguato al "principio di precauzione" (UNESCO, 2005). Il modello rimane una base prudente di riferimento per la radioprotezione a basse dosi e a bassi tassi di dose (ICRP, 2005d). L'implicazione principale del modello LNT è che deve essere assunto un rischio finito, per quanto piccolo, e viene stabilito un livello di protezione sulla base di ciò che è considerato accettabile. Ciò porta al sistema di protezione formulato dalla Commissione con i suoi tre principi fondamentali di protezione: giustificazione, ottimizzazione della protezione e applicazione dei limiti di dose.

I principali componenti del sistema di protezione dalle radiazioni possono essere riassunti come segue:

- una caratterizzazione delle eventuali situazioni in cui potrebbe aver luogo l'esposizione (situazioni di esposizione programmata, di emergenza, ed esistente);
- una classificazione dei tipi di esposizione (certa o potenziale, lavorativa, medica dei pazienti, della popolazione);
- una valutazione riferita alle sorgenti e una riferita all'individuo;
- una descrizione dei livelli di dosi individuali (limiti di dose, vincoli di dose, livelli di riferimento);
- una indicazione sulla sicurezza complessiva (safety) delle sorgenti di radiazioni, inclusa la sicurezza fisica (security) e i requisiti per la risposta all'emergenza.

La Commissione ha in passato distinto tra *pratiche*, che aggiungono dosi, e *interventi*, che le riducono. Con il termine "pratica" possono intendersi attività quali l'imprenditoria, commercio, industria o qualsiasi altra attività produttiva. Il termine "intervento" è altrettanto diffuso nella radioprotezione ed è stato incluso negli standard nazionali e internazionali per descrivere situazioni in cui si adottano misure protettive per ridurre le esposizioni.

2. Il sistema di protezione radiologica per gli esseri umani.

1. *Definizione di sorgente.* La Commissione utilizza il termine "sorgente" per indicare qualsiasi attività fisica o procedura che genera una dose da radiazione potenzialmente quantificabile ad una persona o ad un gruppo di persone. Può trattarsi di una sorgente in senso fisico (es. un materiale radioattivo o una macchina a raggi X), una installazione (es. un ospedale o una centrale nucleare) o una procedura o un insieme di sorgenti fisiche

aventi caratteri simili (es. procedimenti di medicina nucleare o radiazione di fondo o radiazione ambientale).

2. *Tipologie di situazioni di esposizione.* Possono essere distinte tre tipi di situazioni:

- Situazione di esposizione *pianificata*, intesa come introduzione e gestione intenzionale di sorgenti.
- Situazione di esposizione *di emergenza*, intesa come situazione, prevista o inattesa, che richiede azione urgente per evitare o ridurre le esposizioni indesiderabili.
- Situazione di esposizione *esistente*, che già esiste quando si prende una decisione sul controllo (comprese le situazioni di esposizione prolungata dopo le emergenze).

Per le situazioni di esposizione programmata, la restrizione correlata alla sorgente in merito alla dose a cui gli individui possono essere esposti è il *vincolo di dose (dose constraint)*.

Per esposizioni potenziali il concetto corrispondente è il *vincolo di rischio (risk constraint)*.

Per le situazioni di emergenza e di esposizione esistente, la restrizione correlata alla sorgente è il *livello di riferimento (reference level)*. I concetti di vincolo di dose e di livello di riferimento sono utilizzati nel processo di ottimizzazione della protezione per contribuire ad assicurare che tutte le esposizioni siano tenute basse quanto ragionevolmente possibile, tenendo presente i fattori sociali ed economici.

3. *Categorie di esposizione.* La Commissione distingue tre categorie di esposizione:

- Esposizione *lavorativa*, ricevuta da operatori a seguito del loro lavoro. Il datore di lavoro e il responsabile della sorgente hanno la responsabilità nella protezione dei lavoratori dalle radiazioni. La richiesta che i luoghi di lavoro in cui si trovano le sorgenti siano formalmente individuate facilita il loro controllo. La commissione utilizza due designazioni: zone controllate e zone sorvegliate.

I metodi di protezione sul luogo di lavoro per le donne in stato di gravidanza dovrebbero fornire un livello di esposizione per l'embrione/feto in tutto simile a quello previsto per i membri del pubblico. Questo implica che il datore di lavoro debba attentamente esaminare le situazioni di esposizione delle donne gravide, mutando le condizioni di lavoro in modo che le probabilità di dosi accidentali e di contaminazione interna da radionuclidi sia estremamente bassa (come già espresso da ICRP Pubbl. 88, 2001a).

Le esposizioni in aviazione e nello spazio fanno parte dell'attività lavorativa in aviazione commerciale e nei voli spaziali: le sole misure regolatorie praticamente adottabili consistono nel controllare le esposizioni individuali con valutazione di durata del volo e scelta dell'itinerario. Non è necessario trattare l'esposizione di passeggeri che volano frequentemente come esposizione lavorativa. In analogia a quanto già espresso nella ICRP 60 (1991b) e 75 (1997a), la Commissione mantiene questo parere.

- Esposizione *del pubblico*, risultante di un insieme di sorgenti di radiazioni, prevalentemente naturali ma anche artificiali. Le esposizioni dell'embrione e del feto di lavoratrici in gravidanza sono considerate e regolate come esposizione del pubblico: un membro del pubblico è infatti definito come ogni individuo che riceve una esposizione che non è né lavorativa né medica. Per l'esposizione del pubblico, ogni sorgente darà luogo a una distribuzione di dosi su molti individui. Per la tutela del pubblico è stato utilizzato nel passato il concetto di "gruppo critico", e le limitazioni di dose sono state applicate alla dose

media del gruppo critico appropriato. La Commissione raccomanda ore l'utilizzo della "persona rappresentativa", caratterizzata da abitudini di vita (consumo di derrate alimentari, tasso di respirazione, luoghi frequentati, uso di risorse locali) tipiche di un piccolo numero di individui rappresentativi del pubblico, e non di quelli con abitudini estreme o insolite.

- Esposizione *medica di pazienti*, correlata alle procedure diagnostiche e terapeutiche. I limiti e i vincoli di dose non sono raccomandati per i singoli pazienti perché possono ridurre l'efficacia della diagnosi e del trattamento sul paziente stesso, arrecando quindi più danni che benefici.

4. *Principi di radioprotezione.* Confermando i principi già contenuti nella ICRP 60 (1991b), la Commissione continua a considerare questi principi come fondamentali per il sistema di radioprotezione, applicati a situazioni di esposizioni programmate, di emergenza ed esistenti.

Due principi sono relativi alla sorgente e si applicano a tutte le situazioni di esposizione:

- *Principio di giustificazione:* qualsiasi decisione che modifichi la situazione di esposizione alle radiazioni dovrebbe produrre più beneficio che danno, ottenendo un beneficio individuale o sociale sufficiente a controbilanciare il detrimento causato. Vi sono due approcci differenti nell'applicazione del principio di giustificazione a situazioni che comprendono esposizione lavorativa e del pubblico. Il primo metodo è utilizzato all'inizio di nuove attività dove la protezione radiologica è programmata in anticipo e i provvedimenti necessari debbono essere presi relativamente alla sorgente: non dovrebbe essere introdotta nessuna situazione di esposizione programmata a meno che non produca un beneficio netto agli individui esposti o alla società tale da controbilanciare il detrimento da radiazione causato. Il secondo metodo è utilizzato dove le esposizioni possono essere controllate soprattutto modificando le vie di esposizione piuttosto che agendo direttamente sulla sorgente; gli esempi principali sono le situazioni di esposizione esistenti e di esposizione di emergenza: il principio è applicato nel processo decisionale relativo alla scelta di prendere provvedimenti per evitare ulteriori esposizioni.

Certe esposizioni debbono essere considerate ingiustificate (aggiunta intenzionale di sostanze radioattive in alimenti, cosmetici, giocattoli; esami radiologici per motivi lavorativi per assicurazione contro malattie o per scopi legali senza riferimento ad indicazioni cliniche; indagini sanitarie con esposizioni a radiazioni effettuate su gruppi asintomatici della popolazione, a meno che i benefici previsti siano sufficienti a compensare i costi economici e sociali, compreso il detrimento).

- *Principio di ottimizzazione:* La probabilità di incorrere in esposizioni, il numero di persone esposte e l'entità delle loro dosi individuali dovrebbero essere tenute tanto basse quanto ragionevolmente ottenibile, in considerazione dei fattori economici e sociali, ampliando al massimo il beneficio rispetto al danno. L'ottimizzazione è sempre volta a raggiungere il livello migliore di protezione nelle condizioni esistenti attraverso un processo continuo che comprende la valutazione della situazione dell'esposizione, la scelta di un valore adatto per il vincolo o il livello di riferimento, l'identificazione delle eventuali opzioni di protezione, la scelta dell'opzione migliore e la sua esecuzione. La protezione ottimizzata è il risultato di

una valutazione, che accuratamente equilibra il detrimento con l'esposizione e le risorse disponibili per la tutela degli individui. Pertanto l'opzione migliore non è necessariamente quella che comporta la dose più bassa. Oltre alla riduzione delle entità delle esposizioni individuali, dovrebbe essere considerata la riduzione del numero degli individui esposti. La dose efficace collettiva è stata e rimane un parametro chiave per l'ottimizzazione della protezione dei lavoratori.

I concetti di vincolo di dose e di livello di riferimento sono utilizzati nell'ottimizzazione della protezione per limitare le dosi individuali. La differenza di terminologia tra le situazioni di esposizione programmata e le altre (di emergenza o esistenti) è stata mantenuta dalla Commissione per ribadire che, nelle situazioni programmate, la limitazione delle dosi individuali possa essere applicata già nella fase della progettazione, e si possa prevedere che le dosi siano tali da assicurare che il vincolo non sia superato.

La Commissione ritiene che una dose che si avvicina ai 100 mSv giustifichi sempre una azione protettiva. A dosi più elevate di 100 mSv vi è una probabilità considerevole di effetti deterministici e di un rischio significativo di cancro: tale livello di riferimento è ritenuto il valore massimo per esposizioni acute o durante un anno. Le esposizioni sopra i 100 mSv, acute o ricevute durante un anno, sarebbero giustificate soltanto in circostanze estreme, per esposizione inevitabile o in situazioni eccezionali come il salvataggio di una vita e la prevenzione di un disastro grave.

L'ultimo principio è riferito all'individuo e si applica alle situazioni di esposizione programmata:

- *Principio di applicazione dei limiti di dose.* La dose totale ad ogni individuo da sorgenti regolamentate in situazioni di esposizione programmata, all'infuori dell'esposizione medica dei pazienti, non dovrebbe superare gli appropriati limiti raccomandati dalla Commissione. Quest'ultima ha concluso che i limiti di dose esistenti, raccomandati nella Pubblicazione n. 60 (ICRP, 1991b), continuano a fornire un livello adeguato di protezione. Per l'esposizione professionale nelle situazioni di esposizione programmata la Commissione continua a raccomandare che il limite dovrebbe essere espresso con una dose efficace di 20 mSv all'anno, mediata di un periodo definito di 5 anni (100 mSv in 5 anni), con l'ulteriore indicazione che la dose efficace non dovrebbe superare 50 mSv in un singolo anno. Per l'esposizione del pubblico nelle situazioni di esposizione programmata il limite deve essere espresso con una dose efficace di 1 mSv in un anno. Valori più elevati sono ammessi, a patto che la media per periodi definiti di 5 anni non superi 1 mSv all'anno. Oltre ai limiti di dose efficace, sono stati confermati i limiti per i tessuti (cristallino, aree localizzate della pelle) stabiliti in termini di dose equivalente. Tuttavia, sono attesi nuovi dati sulla radiosensibilità dell'occhio umano per quanto riguarda il danno visivo. I limiti di dose assicurano almeno tanta protezione contro la radiazione al alto LET quanto quella assicurata contro la radiazione a basso LET.

I limiti di dose non si applicano nelle situazioni di emergenza ove un individuo esposto, informato, sia impegnato in azioni di salvataggio volontarie o nel tentativo di impedire una situazione catastrofica. Tali operatori debbono essere considerati esposti per motivi lavorativi, e protetti secondo i prescritti adempimenti di protezione collettiva e individuale.

3. Applicazione delle Raccomandazioni della Commissione.

Verrà ora approfondita l'applicazione del sistema di radioprotezione nelle già citate tre situazioni di esposizione: quelle programmate, quelle di emergenza e quelle esistenti.

1. Situazioni di esposizione programmata.

Sono quelle per le quali la protezione dalle radiazioni può essere pianificata in anticipo, prima che le esposizioni abbiano luogo, e per le quali l'entità e la distribuzione delle esposizioni può essere ragionevolmente prevista, in merito agli aspetti delle pratiche (necessità, progettazione, costruzione, esercizio, disattivazione, gestione dei rifiuti, bonifica di aree). Le situazioni di esposizione programmata comprendono inoltre le esposizioni mediche dei pazienti e delle persone che li assistono. Le raccomandazioni per le situazioni programmate sono rimaste sostanzialmente invariate rispetto a quelle fornite nella Pubblicazione 60 (ICRP, 1991b) e nelle pubblicazioni successive in merito al normale svolgimento di pratiche nella protezione in ambito medico. Vanno distinte in esposizioni lavorativa, esposizioni del pubblico e esposizioni potenziali.

- *Esposizioni lavorative.* L'esperienza acquisita nella gestione dei lavoratori esposti alle radiazioni fornirà informazioni sulla scelta dei valori per i vincoli relativi all'esposizione lavorativa. Tali vincoli di dose debbono essere definiti a livello operativo, specificando le sorgenti alle quali il vincolo è definito, in modo da evitare confusione con altre sorgenti alle quali gli operatori potrebbero essere simultaneamente esposti. La tutela dei lavoratori occasionali o itineranti richiede particolare attenzione, a causa della potenziale responsabilità condivisa di diversi datori di lavoro e detentori di autorizzazioni. Tali lavoratori includono gli operatori a contratto per le operazioni di manutenzione nelle centrali nucleari e gli addetti alla radiografia industriale: al fine di garantire la loro protezione, è necessaria una adeguata considerazione delle esposizioni precedenti, in modo da assicurare che i limiti di dose siano rispettati.
- *Esposizione del pubblico.* Nelle situazioni di esposizione programmata, la Commissione continua a raccomandare che l'esposizione della popolazione sia mantenuta sotto controllo con procedure di ottimizzazione, al di sotto del vincolo di dose relativo alla sorgente, e dell'utilizzo dei limiti di dose. Ogni sorgente produrrà una distribuzione di dose su molti individui, cosicché si dovrebbe utilizzare il concetto di "persona rappresentativa", caratterizzata da abitudini di vita tipiche di un piccolo numero di soggetti rappresentativi del pubblico. Per il controllo dell'esposizione della popolazione dalle procedure di smaltimento dei rifiuti, la commissione ha confermato come appropriato un valore non superiore a 0,3 mSv/anno per il vincolo di dose per i membri della popolazione, e un vincolo di dose di 0,1 mSv/anno per quanto riguarda la componente di dose prolungata nel tempo, attribuite ai radionuclidi artificiali a lungo tempo di dimezzamento.
- *Esposizioni potenziali.* Si intendono con tale termine quelle esposizioni che, nelle situazioni di esposizioni programmate, sono più elevate a seguito di deviazioni dalle procedure previste, di incidenti, compresa la perdita di controllo delle sorgenti, e di eventi malevoli. Il campo delle esposizioni potenziali riguarda tre ampie categorie di eventi:
 - a)

- a) Eventi nei quali le esposizioni potenziali coinvolgono gli stessi individui che sono soggetti alle esposizioni programmate, in genere in piccolo numero (es. l'accesso in condizioni potenzialmente non sicure entro un locale di irradiazione).
- b) Eventi ove le esposizioni potenziali potrebbero coinvolgere un numero più grande di persone, comportando non solo rischi per la salute, ma anche altri tipi di detrimento, come la contaminazione del suolo e la necessità di controllare il consumo di prodotti alimentari.
- c) Eventi nei quali le esposizioni potenziali potrebbero verificarsi in un futuro lontano, e le dosi vengono distribuite in lunghi periodi di tempo (es. la collocazione di rifiuti solidi in depositi profondi, con una considerevole incertezza in merito alle esposizioni in un lontano futuro).

Al fine della programmazione delle misure di radioprotezione la Commissione in diverse Pubblicazioni (ICRP 76, 1997b; ICRP 64, 1993a; ICRP 81, 1998b; ICRP 96, 2005a) ha fornito le valutazioni delle probabilità che si verificano questi eventi, le valutazioni delle dosi risultanti, le valutazioni dei detrimenti connessi con tali dosi, l'ottimizzazione della protezione: i principi relativi alla costruzione e alla analisi degli scenari sono ben noti e sono spesso utilizzati in ingegneria, con la definizione dei vincoli di rischio che corrispondono ai vincoli di dose per la stessa sorgente. La sicurezza delle sorgenti radioattive è una condizione necessaria, ma non sufficiente, al fine di assicurare la protezione: la Commissione ha pertanto incluso gli aspetti di sicurezza nel suo sistema di protezione (controlli generali necessari per impedire la perdita, l'accesso, il possesso, il trasferimento o l'impiego non autorizzati di materiali, dispositivi o installazioni).

Le Raccomandazioni del 1990 della Commissione non trattavano misure specifiche contro il terrorismo o altri atti dolosi: precedenti esperienze in merito a involontarie infrazioni della sicurezza delle sorgenti indica ciò che potrebbe verificarsi nel caso materiali radioattivi siano usati intenzionalmente per causare dei danni. Tali eventi possono potenzialmente portare alla irradiazione di persone e a causare una significativa contaminazione dell'ambiente, e sono state trattate nella ICRP 96 del 2005.

2. Situazioni di esposizione di emergenza.

Le esposizioni di emergenza sono situazioni inattese che possono richiedere l'applicazione di azioni di protezioni urgenti, e forse azioni protettive a più lunga scadenza, con esposizione di persone della popolazione o di lavoratori, come pure contaminazione dell'ambiente. Tali esposizioni possono essere complesse, nel senso che possono essere accompagnate da altri rischi (chimico, fisico, ecc.). Tuttavia, poiché le reali situazioni di emergenza sono per loro natura imprevedibili, l'esatta entità delle misure di protezione necessarie non può essere conosciuta in anticipo; queste devono essere flessibili ed evolversi, al fine di adattarsi alle circostanze reali.

La possibilità di vie di esposizione multiple, indipendenti, simultanee e variabili nel tempo, rende importante che, nella fase di sviluppo e realizzazione dei provvedimenti di protezione, si metta a fuoco il problema dell'esposizione globale che può originare da tutte le diverse vie. E' quindi necessaria una strategia globale della protezione che includa una valutazione della situazione radiologica e la realizzazione dei diversi provvedimenti di protezione.

Si definisce *dose proiettata* l'esposizione complessiva che si estrapola qualora dovesse verificarsi una situazione di esposizione di emergenza e non venisse adottata nessuna azione protettiva; *dose residua* la dose risultante quando si adotti una strategia di protezione; *dose evitata* la dose che si eviterà attuando congrui provvedimenti di protezione.

Nelle situazioni di esposizione di emergenza, particolare attenzione dovrebbe essere data alla prevenzione di effetti deterministici gravi, dato che le dosi potrebbero raggiungere livelli elevati in un limitato intervallo di tempo. Nel caso di emergenze gravi una valutazione basata solo sugli effetti sanitari sarebbe insufficiente, mentre si dovrebbero anche considerare le conseguenze di tipo sociale ed economico, che dovrebbero essere prontamente corrette.

Nella pianificazione delle situazioni di emergenza, durante il processo di ottimizzazione, si dovrebbero applicare i livelli di riferimento (le dosi residue più elevate previste nelle situazioni di emergenza sono in genere comprese nell'intervallo 20-100 mSv di dose proiettata; le dosi residue attese per le strategie complessive di protezione sono paragonate ai livelli di riferimento). La realizzazione delle azioni urgenti dovrebbe essere immediata. Al verificarsi di una situazione di esposizione di emergenza, il primo problema è di riconoscerne l'inizio; lo sviluppo di un piano di emergenza (nazionale, locale, o specifico per una installazione) è un processo iterativo a più stadi, che comprende la valutazione, la progettazione, l'assegnazione delle risorse, la formazione, le esercitazioni, le verifiche ispettive e le revisioni, così come accade per le emergenze per qualunque tipo di rischio.

Si riconoscono in un piano di emergenza una fase iniziale (che può essere divisa in una fase di preavviso e in una fase di possibile rilascio), una fase intermedia (che inizia con la cessazione di qualsiasi rilascio e con la ripresa del controllo della sorgente del rilascio) e una fase ulteriore, nella quale dovranno essere assunte le decisioni relative all'impatto futuro, e dovrà essere valutata l'efficacia delle misure protettive.

3. *Situazioni di esposizioni esistenti.*

Sono le situazioni di esposizione quelle già in corso nel momento in cui si deve prendere una decisione sul controllo. Il radon nelle abitazioni o nei luoghi di lavoro, ed i materiali radioattivi di origine naturale sono esempi ben noti.

Può anche risultare necessario prendere decisioni di radioprotezione in situazioni determinate dalle attività umane (residui ambientali derivanti da emissioni radioattive prodotte da operazioni non conformi a congrui sistemi di protezione; distribuzioni di esposizioni individuali in un territorio contaminato a lungo termine). Le esposizioni inferiori al livello di riferimento non dovrebbero essere comunque trascurate, e valutate secondo un procedimento di ottimizzazione.

I livelli di riferimento possono essere usati come parametri di confronto per una valutazione dell'efficacia delle strategie di protezione, e per le situazioni di esposizioni esistenti dovrebbero essere fissati in genere nell'intervallo 1-20 mSv della dose proiettata. La vita su di un territorio contaminato dopo un incidente nucleare o un evento radiologico è un tipico esempio di tale tipo di situazione.

L'esposizione a radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro può essere determinata da situazioni di esposizioni esistenti che da pratiche. Dagli studi epidemiologici è noto il rischio

connesso alla esposizione residenziale in Europa, Nord America e Cina al radon-222, anche a concentrazioni relativamente moderate (UNSCEAR, 2008) nella genesi del cancro polmonare. La Commissione raccomanda che la valutazione del rischio derivante dalla esposizione residenziale al radon dovrebbe comprendere i risultati degli studi caso-controllo, anche se gli studi epidemiologici sui minatori rivestono tuttora grande valore per quanto riguarda le relazioni fra dose e risposta e gli effetti di interferenza relativi al fumo e alla esposizione ad altri agenti. Il tema base delle Raccomandazioni sul radon è la controllabilità d'esposizione: per molti individui il radon-222 è un'importante sorgente di esposizione che deve essere controllata, come già espresso chiaramente nella ICRP 65, 1993b. Al momento attuale, per il controllo dell'esposizione al radon, la Commissione raccomanda di applicare i principi di protezione dalle radiazioni relativi alla sorgente, con livelli di riferimento nazionali da utilizzare per l'ottimizzazione della protezione (10 mSv quale limite superiore per il livello di riferimento della dose individuale). L'esposizione al radon nei luoghi di lavoro a livelli superiori al livello di riferimento nazionale dovrebbe essere considerata come parte della esposizione professionale.

Conclusioni.

Al fine di assicurare che siano mantenuti i necessari livelli di protezione, è necessaria una adeguata infrastruttura. Questa comprende almeno un quadro giuridico, una autorità competente, la direzione operativa di qualsiasi impresa che riguardi le radiazioni ionizzanti (comprendente la progettazione, l'esercizio, la attivazione e disattivazione di attrezzature e siti, l'incremento e decremento accessorio della esposizione alla radiazione naturale, compresi l'aviazione e i voli spaziali) ed i dipendenti di tali imprese.

Il quadro giuridico deve fornire le necessarie regole per le attività riguardanti le radiazioni ionizzanti e la chiara assegnazione delle responsabilità riguardanti la protezione e la sicurezza.

Un'autorità competente deve essere responsabile del controllo normativo delle imprese interessate dalle radiazioni e dell'applicazione delle norme.

La natura dei rischi radiologici necessita di una serie di dispositivi speciali nella struttura legale e la disponibilità di competenze entro l'autorità responsabile. I punti importanti sono che le questioni radiologiche siano affrontate correttamente, che le appropriate competenze siano disponibili e che le decisioni riguardo alla sicurezza delle radiazioni non siano indebitamente influenzate da considerazioni economiche o comunque non radiologiche.

La responsabilità primaria del conseguimento e mantenimento di un sufficiente controllo delle esposizioni alle radiazioni ricade sugli organismi direttivi delle istituzioni che conducono le attività che provocano le esposizioni.

I governi hanno il compito di istituire le autorità nazionali, le quali hanno a loro volta il dovere di fornire la struttura normativa, e spesso anche consultiva, per creare la responsabilità degli organismi gestionali che rendono applicabili le norme globali di protezione. I governi debbono inoltre assumere la responsabilità diretta quando, come nel caso delle esposizioni a molte sorgenti naturali, non ci sia un organismo gestionale responsabile.

L'impostazione organizzativa deve infine contemplare il coinvolgimento e la partecipazione di tutti i lavoratori. Questo approccio va sostenuto da comunicazioni efficaci e dalla promozione delle competenze, per permettere a tutti i soggetti coinvolti di dare un contributo responsabile ed informato allo sforzo per la salute e la sicurezza.

Bibliografia essenziale.

- IAEA: Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety. Safety Requirements; Safety Standards GS-R-1. STI/PUB/1093. International Atomic Energy Agency, Vienna Austria, 2000a
- IAEA: Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Safety Requirements, Safety Standards Series No. GS-R-2. STI/PUB/1133. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2002.
- IAEA: Code of conduct on the safety and security of radioactive sources. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2004.
- ICRP: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1-3), 1991b.
- ICRP: Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency. ICRP Publication 63. Ann. ICRP 22 (4), 1992.
- ICRP: Protection against Radon-222 at home and at work. ICRP Publication 65. Ann. ICRP 23 (2), 1993b.
- ICRP: General principles for the radiation protection of workers. ICRP Publication 75, Ann. ICRP 27(1), 1997a.
- ICRP: Protection from potential exposure : application to selected radiation sources. ICRP Publication 76, Ann. ICRP 27 (2), 1997b.
- ICRP: Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure. ICRP Publications 82. Ann. ICRP 29 (1-2), 1999a.
- ICRP: Doses to the embryo and embryo/fetus from intakes of radionuclides by the mother. ICRP Publication 88. Ann. ICRP 31(1-3). 2001a..
- ICRP: Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. ICRP Publication 96. Ann. ICRP 35 (1), 2005a.
- ICRP: Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-3), 2007a.
- ICRP: Scope of radiological protection control measures. ICRP Publication 104. Ann. ICRP 37 (5), 2007a.
- UNESCO: The Precautionary Principle. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France, 2005.
- UNSCEAR: Sources and effect of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Vol II: Effects. United Nations, New York, NY, 2000.
- UNSCEAR: Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations, New York, NY, 2008.