

Limiti e livelli di riferimento per la concentrazione dei radionuclidi negli alimenti: dalle normative nazionali e internazionali a possibili criteri operativi

Rosella Rusconi[§], Maurizio Forte

ARPA Lombardia, via Juvara 22, 20129 Milano (MI), [§] r.rusconi@arpalombardia.it

Silvia Bucci

ARPA Toscana, via Ponte alle Mosse 211, 50144 Firenze, s.bucci@arpat.toscana.it

Alessandro Magliano

Ministero della Salute, via e Giorgio Ribotta 5, 00144 Roma, a.magliano@sanita.it

Francesco Bochicchio

Istituto Superiore di Sanità, via le Regina Elena 299, 0061 Roma, francesco.bochicchio@iss.it

1. INTRODUZIONE

La ricerca della contaminazione da sostanze radioattive negli alimenti è oggetto di programmi nazionali e regionali di monitoraggio per la valutazione dello stato dell'ambiente e dell'impatto di incidenti in installazioni che impiegano materiali radioattivi o impianti nucleari, oltre che di controllo per l'importazione da paesi terzi e per l'esportazione.

Gli obiettivi delle misure effettuate in ciascuno dei suddetti contesti sono facilmente comprensibili, mentre non è altrettanto immediato individuare i livelli di riferimento di volta in volta adeguati con cui confrontare le concentrazioni misurate dei radionuclidi nelle diverse derrate alimentari.

Nelle situazioni di emergenza conseguenti ad incidenti nucleari è possibile fare riferimento ai regolamenti adottati ad hoc dall'Unione Europea e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, che introducono livelli di concentrazione derivati per classi o singoli radionuclidi in categorie di alimenti destinati ad adulti e lattanti, sulla base di criteri di dose e scenari di esposizione diversi.

Anche per l'importazione nei Paesi dell'Unione Europea di alimenti provenienti da Paesi terzi sono stati emanati regolamenti che stabiliscono limiti di concentrazione per la somma del Cs-134 e del Cs-137, i quali consentono di esprimere la conformità della partita esaminata alla normativa comunitaria per le autorità sanitarie competenti (Uffici della Dogana).

Il corpo dei regolamenti comunitari non si applica però in situazioni lontane dall'emergenza o fuori dal caso dell'importazione da Paesi terzi (extra-europei); la valutazione dei risultati delle misure di concentrazione dei radionuclidi negli alimenti prelevati nell'ambito di piani di monitoraggio della radioattività ambientale e/o finalizzati alla valutazione della dose ai sensi dell'art. 104 del DLgs 230/95 e s.m.i. non è pertanto regolamentata, salvo per alcuni prodotti di raccolta spontanei che possono presentare tuttora livelli elevati di contaminazione da Cs-137 di Chernobyl che la Commissione raccomanda di trattare come gli alimenti di importazione.

Oltre a ciò, la necessità di valutare i risultati delle misure di radioattività negli alimenti e di esprimere, se richiesto, un parere di conformità alle normative vigenti può emergere anche nei casi in cui si verificano incidenti a livello locale, ad esempio durante un trasporto di materiali radioattivi o più in genere in seguito al rilascio accidentale nell'ambiente di radionuclidi da installazioni dove si utilizzano sostanze radioattive.

La mancanza di livelli di riferimento per le situazioni di non emergenza e che non rientrano nell'importazione da paesi terzi (limitatamente agli isotopi del cesio), ovvero la valutazione della idoneità sanitaria degli alimenti prodotti e raccolti sul territorio europeo, ha indotto gli autori a cogliere l'occasione per una rassegna dei regolamenti in vigore e ad una riflessione sui criteri di dose e sugli scenari che sottostanno alla scelta dei livelli derivati per la contaminazione da radionuclidi degli alimenti, al fine di proporre una modalità di valutazione per le misure effettuate in situazioni non attualmente normate. Questa esigenza è comune nell'ambito del sistema delle

Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente, che effettuano la maggior parte dell'attività analitica su prodotti alimentari prodotti e/o commercializzati in Italia.

2. I LIVELLI DI RIFERIMENTO IN CASO DI EMERGENZA

La regolamentazione più completa disponibile sulla contaminazione degli alimenti riguarda le conseguenze su vasta scala di incidenti nucleari ed emergenze radiologiche ed è stata sviluppata e formulata successivamente all'incidente di Chernobyl. Si tratta di documenti, sviluppati in più fasi, che stabiliscono livelli di riferimento derivati per la contaminazione delle derrate alimentari che, in caso di nuovo incidente, possono essere recepiti come valori limite all'interno di regolamenti ad hoc di immediata applicazione. Questo processo di normazione, che è stato portato avanti sia dall'Unione Europea (UE) che dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), ha avuto come obiettivo principale la definizione di valori utili a garantire il controllo delle dosi individuali ed a regolamentare il commercio e la libera circolazione delle merci; come si comprenderà meglio nel seguito e come esplicitato negli stessi regolamenti, i livelli derivati ivi contenuti non sono applicabili nelle immediate vicinanze dell'incidente né in condizioni normali.

I paragrafi che seguono riprendono brevemente i contenuti e le principali fasi di sviluppo della normativa sopra richiamata (ricostruite sulla base di una ricerca bibliografica) allo scopo soprattutto di evidenziare i criteri adottati per redigerla.

LA NORMATIVA COMUNITARIA

Dopo l'incidente di Chernobyl, il 12 maggio 1986, l'Unione Europea emana un primo regolamento di sospensione dell'importazione di alcuni prodotti agricoli originari da paesi terzi dell'Est Europa contaminati dal fallout di Chernobyl (CEE, 1986a).

Poco dopo, il 30 maggio, la sospensione dell'importazione viene revocata e sostituita dal Regolamento 1707/86 (CEE, 1986b) che stabilisce, sempre ai fini dell'importazione di prodotti agricoli da paesi terzi, valori ad interim (in attesa di ulteriori approfondimenti) per i livelli massimi ammissibili di contaminazione da cesio 134 e cesio 137: 370 Bq/kg per il latte ed i prodotti destinati all'infanzia nei primi 4–6 mesi di vita¹, 600 Bq/kg per tutti gli altri prodotti². Non sono regolamentati altri isotopi radioattivi.

A seguito degli approfondimenti previsti dal Regolamento 1707/86 viene definita nell'estate 1987 una bozza di testo, sottoposta al Consiglio il 16 giugno 1987 (COM, 1987), che contiene i nuovi valori massimi ammissibili di contaminazione delle derrate alimentari in caso di incidente nucleare; i criteri utilizzati per calcolare i valori proposti sono di seguito brevemente richiamati:

- i valori massimi ammissibili per la contaminazione degli alimenti sono stati valutati a partire da un livello di riferimento per la dose efficace impegnata nel primo anno dopo l'incidente pari a 5 mSv; fanno eccezione gli isotopi dello iodio, per i quali è stato adottato un livello di riferimento in termini di dose equivalente alla tiroide pari a 50 mSv (ICRP, 1984);
- la relazione tra dose impegnata e contaminazione degli alimenti è complessa e dipende da molti fattori (valutazione puntuale dei radiocontaminanti nelle diverse derrate alimentari, modalità di contaminazione, pratiche agricole, catena di distribuzione, abitudini alimentari per classe d'età e località, etc.): poiché l'esecuzione di valutazioni puntuali, caso per caso, non può costituire la base di un'azione efficace si è reso necessario il calcolo di livelli di riferimento derivati (LRD) per la contaminazione degli alimenti sotto ipotesi semplificate;
- queste ipotesi semplificate hanno implicato la suddivisione dei radionuclidi in 4 gruppi principali (che si ritiene però inverosimile siano tutti presenti contemporaneamente) e dei componenti della dieta in 5 classi; per ciascun gruppo di radionuclidi si è considerato il radionuclide più "radiotossico"; per i consumi si è assunta una dieta media europea; si è ipotizzato che solo il 10% delle derrate alimentari sia contaminato al livello massimo ammissibile, considerando così sia la variabilità nell'approvvigionamento degli alimenti che la naturale diminuzione nel tempo

¹ Si intendono prodotti chiaramente etichettati come prodotti per l'infanzia; nel caso di prodotti concentrati o essiccati la concentrazione si riferisce al prodotto ricostituito e pronto per l'uso.

² Vale a dire, sostanzialmente, per tutti i prodotti agricoli (del suolo, dell'allevamento e della pesca).

della contaminazione; per gli “altri alimenti” si è considerato un ulteriore fattore di cautela (pari a 5) che rendesse conto della presenza in questa classe di più componenti importanti della dieta (tra cui cereali, frutta e verdura, carne).

Ulteriori aggiustamenti successivi hanno portato alla definizione dei valori definitivi, recepiti dal Regolamento 3954/1987 e successive integrazioni (CCE, 1987a; CCE, 1989b; CCE, 1989a) (Tabella 1). Quest’ultimo regolamento è tuttora in vigore.

Tabella 1 – Livelli massimi ammissibili di contaminazione per prodotti alimentari e gli alimenti per animali in caso di incidente nucleare o altra emergenza radiologica (Bq/kg) (a)

	Alimenti per lattanti (b)	Prodotti lattiero caseari (c)	Altri alimenti con l’eccezione degli alimenti secondari	Alimenti liquidi (d)	Alimenti secondari (e)
Isotopi dello stronzio, in particolare Sr-90	75	125	750	125	7500
Isotopi dello iodio, in particolare I-131	150	500	2000	500	20000
Isotopi alfa emettitori del plutonio e di elementi con numero atomico superiore, in particolare Pu-239 e Am-241	1	20	80	20	800
Tutti gli altri nuclidi con tempo di dimezzamento maggiore di 10 giorni, in particolare Cs-134 e Cs-137 (f)	400	1000	1250	1000	12500

- (a) Entro ogni gruppo di nuclidi i valori si riferiscono all’attività totale di tutti i nuclidi nel gruppo; ogni gruppo di nuclidi deve essere trattato in modo completamente indipendente dagli altri gruppi. Nel caso di prodotti concentrati o essiccati i livelli riportati in tabella sono da riferirsi al prodotto ricostituito e pronto per il consumo.
- (b) Si intendono gli alimenti destinati agli infanti nei primi 4-6 mesi di vita e che sono commercializzati in confezioni che recano chiaramente l’indicazione “cibo per lattanti”.
- (c) Si intendono i prodotti identificati dai codici NC (Nomenclatura Combinata) n. 04.01 e 04.02 (con l’esclusione del codice 04.02.29.11: latte per l’alimentazione dei lattanti), così come definiti nel Regolamento 2658/87 (CCE 1987b) e riconfermati anche dalle successive revisioni, in particolare dal Regolamento 1006/2011 (UE 2011): codice 04.01: latte e crema di latte, non concentrati e senza aggiunta di zuccheri o di altri dolcificanti; codice 04.02: latte e crema di latte, concentrati o con aggiunta di zuccheri o di altri dolcificanti.
Non rientrano nelle due classi appena menzionate yogurt (codice NC 04.03.10), burro (codice NC 04.05), formaggi e latticini (codice NC 04.06).
- (d) Con il termine “alimenti liquidi” si intendono i prodotti riportati nei capitoli NC 20.09 (Succhi di frutta, di ortaggi o legumi) e 22 (Bevande, liquidi alcolici ed aceti) del Regolamento 2658/87. In questo caso i livelli massimi ammissibili sono calcolati considerando anche il consumo di acqua di rubinetto.
- (e) L’elenco completo degli “alimenti secondari” è riportato nel Regolamento 944/89 (CCE, 1989a) e comprende, tra gli altri, aglio, tartufi, capperi, cannella, chiodi di garofano, caviale e lieviti.
- (f) Tra i nuclidi con tempo di dimezzamento maggiore di 10 giorni non sono inclusi C-14, trizio e K-40.

Maggiori approfondimenti sui problemi collegati alla definizione di livelli derivati per la concentrazione di radioattività negli alimenti sono contenuti in altri documenti europei (COM, 1991; EC, 1998). In particolare, il documento RP105 (EC, 1998) valuta il valore di dose efficace individuale che risulterebbe dal consumo, per un anno, del 10% di alimenti contaminati ai livelli massimi ammissibili (o della totalità degli alimenti contaminata al 10% del livello massimo ammissibile). I risultati relativi alla classe d’età degli adulti sono ripresi nelle Tabelle 2 e 3; i valori minimi (min) e massimi (Max) sono stati calcolati adottando rispettivamente i valori min e Max per i consumi a livello europeo dei diversi alimenti; la dieta media italiana (Leclercq, 2009) si colloca, in termini di consumi, verso l’estremo inferiore.

Tabella 2 – Dieta media europea (EC, 1998)

	min	Max
Consumi EU:		
Prodotti lattiero caseari	49 kg	206 kg
Altri alimenti	271 kg	675 kg
Alimenti liquidi (acqua inclusa)	600 L	600 L

Tabella 3 – Dosi efficaci annue (EC,1998) nelle ipotesi sottostanti la definizione dei livelli Max UE

	Sr-90		I-131 (a)		Cs-137		Pu-239	
	min	Max	min	Max	min	Max	min	Max
Dose annua (mSv)	0,61	1,48	1,31	3,21	0,58	1,36	0,61	1,52

Dose annua complessiva (somma di tutti i contributi) – Ipotesi per i consumi “min” = 3,11 mSv (b)

Dose annua complessiva (somma di tutti i contributi) – Ipotesi per i consumi “Max” = 7,57 mSv (b)

(a) Questa valutazione è considerata poco realistica considerato che a causa del breve tempo di dimezzamento dello I-131 è inverosimile che la contaminazione permanga per un anno ai livelli massimi ammissibili.

(b) Anche queste valutazioni sono considerate poco realistiche, sia per il sovradimensionamento del contributo dello iodio che per l’assunzione della presenza contemporanea di tutti i radionuclidi considerati ai livelli massimi ammissibili.

IL CODEX ALIMENTARIUS DELL’ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITA’

Parallelamente all’Unione Europea anche l’Organizzazione Mondiale della Sanità definisce, attraverso il Codex Alimentarius, valori di riferimento (“*Guideline Levels*”) per la contaminazione degli alimenti a seguito di un’emergenza nucleare o radiologica (WHO, 1995 (aggiornato al 2010)) ai fini della regolamentazione del commercio internazionale (Tabella 4).

Tabella 4 – Guideline Levels stabiliti dall’OMS nel Codex Alimentarius e stima delle dosi annue.

	Guideline Level (Bq/kg)		Dose efficace (mSv)	
	Alimenti per lattanti	Altri alimenti	Lattanti	Adulti
Sr-90	100	100	0,5	0,2
I-131	100	100	0,4	0,1
Cs-137	1000	1000	0,4	0,7
Pu-239	1	10	0,08	0,1
Dose annua complessiva (somma di tutti i contributi):			1,38	1,1

In questo caso, le valutazioni sono effettuate per due sole classi di alimenti, alimenti per lattanti ed altri alimenti; sulla scorta delle più recenti raccomandazioni ICRP (ICRP, 1999) il calcolo dei livelli derivati è basato su un criterio di dose di 1 mSv/anno (a differenza dei 5 adottati dalla UE) ma non si adotta il fattore di cautela pari a 5 per la classe “altri alimenti” per tenere conto della contaminazione di più componenti importanti della dieta (tutti inclusi nella classe altri alimenti); la metodo di derivazione è per il resto del tutto simile a quello adottato a livello europeo; il consumo medio annuo di cibo è stimato pari a 550 kg/anno (da confrontare con l’intervallo di valori minimo massimo per la dieta europea pari a 320–881 kg/anno, valori dati dalla somma dei consumi di prodotti lattiero caseari e altri alimenti in Tabella 2).

Nella Tabella 4 sono riportati sia i valori dei Guideline Levels per alcuni isotopi selezionati, che la stima delle dosi effettuata secondo gli stessi criteri utilizzati più sopra a livello europeo.

Il Codex è nel complesso un po' più restrittivo della normativa europea, tranne che per lo stronzio 90 e gli isotopi del cesio negli alimenti per lattanti, dove la normativa europea è al contrario più cautelativa.

REGOLAMENTI COMUNITARI A SEGUITO DELL'INCIDENTE DI FUKUSHIMA

Nel 2011, in seguito all'incidente avvenuto nell'impianto nucleare di Fukushima in Giappone, sono stati emanati nuovi regolamenti europei che stabiliscono i livelli massimi di concentrazione dei radionuclidi di interesse negli alimenti importati dal Giappone. I livelli massimi ammissibili inizialmente adottati sono stati quelli dei regolamenti in vigore per le emergenze (CCE, 1987a; UE, 2011a), mentre poche settimane dopo i livelli per lo iodio 131 e gli isotopi del cesio sono stati ridotti provvisoriamente per garantire la coerenza con quelli in vigore in Giappone (UE, 2011b; UE, 2011c; UE 2011d; UE, 2011e; UE, 2012a). In particolare il livello massimo per lo iodio 131 nel latte e nei prodotti lattiero caseari e nei prodotti alimentari liquidi è passato quindi da 500 Bq/kg a 300 Bq/kg, mentre negli alimenti per bambini da 150 Bq/kg a 100 Bq/kg.

Nel marzo 2012, inoltre, l'Unione Europea ha nuovamente aggiornato le condizioni per l'importazione di prodotti dal Giappone per garantire la coerenza con le nuove misure transitorie previste dalla legislazione giapponese (UE, 2012b); con l'emanazione del Regolamento UE n. 284/2012 il livello massimo ammissibile di cesio 134 e cesio 137 negli alimenti per lattanti e prodotti lattiero-caseari è diventato 50 Bq/kg, 1/20 di quanto stabilito dal Codex.

3. I LIVELLI DI RIFERIMENTO IN SITUAZIONI NORMALI

LA NORMATIVA IN VIGORE

A livello europeo è in vigore una regolamentazione specifica (Regolamento 733/2008 (CE, 2008), modificato dal Regolamento 1409/2009 (CE, 2009)) relativa alle condizioni d'importazione da paesi terzi di prodotti agricoli e trasformati destinati all'alimentazione umana. Questo regolamento – il quale, pur riferendosi in modo esplicito alla contaminazione prodotta dall'incidente di Chernobyl, si applica in situazioni diverse dall'emergenza, a differenza dei regolamenti citati nella precedente sezione – stabilisce che l'immissione in libera pratica di prodotti originari di paesi terzi è subordinata all'osservanza dei livelli massimi specificati in Tabella 5.

Tabella 5 – Livelli massimi di contaminazione per importazione di prodotti agricoli da paesi terzi.

Prodotto	Cs134+Cs137 (a)
Prodotti lattiero caseari (latte, crema di latte, yogurt e siero di latte) (b) e prodotti per l'alimentazione dei lattanti nei primi 4–6 mesi di vita	370 Bq/kg
Tutti gli altri prodotti (c)	600 Bq/kg

(a) Il livello applicabile ai prodotti concentrati o disidratati è calcolato sulla base del prodotto ricostituito pronto per il consumo

(b) L'elenco completo e la descrizione dei Codici CN riportati nel Regolamento 733/2008 sono riportati nel Regolamento 1006/2011 (UE, 2011)

(c) Tutti i prodotti agricoli di cui all'Allegato I del Trattato istitutivo dell'Unione Europea (UE, 2006)

Le modalità di applicazione del Regolamento 733/2008, che sostituisce il precedente 737/1990, sono specificate dai due seguenti regolamenti:

- il regolamento 1609/2000 (CE, 2000) che fissa l'elenco dei prodotti soggetti al controllo della contaminazione da cesio all'atto dell'importazione: si tratta in sintesi di animali vivi; carne e frattaglie, salsicce, carne conservata ed estratti di carne; latte e derivati del latte (yogurt, burro, formaggi e latticini), uova di volatili, miele naturale; funghi diversi dai funghi coltivati; mirtili. Tutti gli altri prodotti sono esclusi;
- il regolamento 1635/2006 (CE, 2006) che prevede, in generale, che i controlli siano condotti nello Stato Membro in cui ha luogo l'immissione in libera pratica dei prodotti. La scelta sulla

frequenza dei controlli, da eseguire mediante campionamento, è delegata agli Stati Membri tranne che per alcuni prodotti specifici, vale a dire i funghi freschi, secchi o conservati ma comunque diversi dai funghi coltivati che siano originari di una lista definita di paesi terzi³ per i quali si prevede la verifica puntuale dei certificati d'esportazione ed il prelievo ed analisi per ciascuna partita di peso superiore a 10 kg di prodotto fresco o equivalente.

Sempre a livello europeo, e sempre con riferimento alle conseguenze dell'incidente di Chernobyl, è stata inoltre emanata il 14 aprile 2003 una Raccomandazione (COM, 2003) volta a mantenere sotto controllo i livelli di contaminazione da cesio in alcuni prodotti di raccolta spontanei, prodotti entro il territorio dell'Unione e destinati al mercato interno anche attraverso canali differenti da quelli della catena alimentare agro-industriale; la Raccomandazione prevede quindi per l'immissione sul mercato di selvaggina, bacche selvatiche, funghi selvatici e pesci carnivori di lago il rispetto del livello di 600 Bq/kg per la somma di cesio 134 e cesio 137. A titolo esemplificativo, si può prendere in considerazione l'insieme dei dati disponibili nella banca nazionale RADIA, nella quale dal 2004 risultano 184 campioni di selvaggina analizzati dai Laboratori delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente, dei quali 5 hanno concentrazione di cesio 137 superiore a 100 Bq/kg, in 2 casi compresa fra 400 e 550 Bq/kg, questi ultimi registrati in Piemonte (nessun superamento). Nello stesso periodo risultano quasi 300 campioni di funghi selvatici (edibili) nei quali la concentrazione cumulata degli isotopi del cesio supera 600 Bq/kg (su un totale di oltre 1300), la maggior parte dei quali è stata raccolta in Trentino Alto Adige.

Non esistono invece normative internazionali o nazionali che stabiliscano livelli di riferimento per la concentrazione di radionuclidi negli alimenti in situazioni diverse dalle emergenze e dall'importazione da paesi terzi, con l'eccezione delle acque potabili per le quali esiste una normativa specifica come parte della direttiva generale sulle acque per il consumo umano (CE, 1998), recepita dal D.Lgs. 31/2011 e s.m.i., e come proposta di direttiva specifica sulla radioattività in tali acque (EC, 2012). Si osserva in particolare che nel caso delle acque potabili sono presi in considerazione i radionuclidi di origine sia artificiale che naturale, e che sono definiti sia l'"indicatore parametrico" per la dose totale indicativa, pari a 0,1 mSv/anno, che le concentrazioni di riferimento (corrispondenti a 0,1 mSv/anno sotto ipotesi di consumo definite) ed i limiti di rivelazione richiesti.

Un'eventuale definizione di livelli derivati di radiocontaminazione degli alimenti nelle situazioni "normali" non già regolamentate è in effetti materia complessa e difficilmente generalizzabile: alla valutazione degli argomenti più tipici della radioprotezione si affianca quella di tutti gli aspetti propri del mondo della produzione agro-alimentare e dell'alimentazione, quali modalità di produzione e flussi commerciali, comportamento ambientale dei radionuclidi e loro andamenti temporali, abitudini di consumo della popolazione generale e di gruppi particolari, e via dicendo. In questa situazione riteniamo si possano comunque fornire alcuni elementi utili per una valutazione dei risultati di misure di concentrazione di radionuclidi negli alimenti effettuate nell'ambito dei programmi di monitoraggio della radioattività.

CALCOLO DI VALORI GUIDA PER LA CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ NEGLI ALIMENTI RIFERITI AD UNA DOSE EFFICACE ANNUA DI 1 μ Sv

La dose efficace connessa all'ingestione di alimenti dipende dalla concentrazione negli alimenti dei radionuclidi presi in esame, dalla quantità ingerita e dal coefficiente di dose. Assumendo che tutto il consumo annuo di un certo alimento abbia la concentrazione di radionuclidi uguale a quella del campione preso in esame, si ottiene una stima della dose massima impegnata in un anno. Tale dose dipende dalla classe di età, in quanto sia i consumi annui (la dieta) che i coefficienti di dose dipendono dall'età.

I paragrafi che seguono presentano il metodo ed alcuni risultati del calcolo, per i principali componenti della dieta e per le principali classi d'età, dei valori di concentrazione dei diversi

³ Albania, Bielorussia, Bosnia-Erzegovina, Bulgaria, Croazia, Liechtenstein, ex Repubblica iugoslava di Macedonia, Moldova, Montenegro, Norvegia, Romania, Russia, Serbia, Svizzera, Turchia, Ucraina

radionuclidi che corrispondono, sotto l'ipotesi di consumo sopra descritta, ad una dose annua prefissata di 1 μSv , presa arbitrariamente come valore guida. Lo scopo di questi calcoli non è quello di proporre livelli di riferimento per la dose e livelli derivati di concentrazione negli alimenti, bensì di fornire uno strumento operativo d'uso immediato per valutare l'adeguatezza delle determinazioni analitiche (in termini di sensibilità) e per una prima valutazione delle dosi massime associate al consumo dell'alimento in questione, almeno come ordine di grandezza.

La "Concentrazione Guida riferita a 1 $\mu\text{Sv/a}$ " (nel seguito indicata con $\text{CG}_{1\mu\text{Sv}}$, ed espressa in Bq/kg) è stata quindi calcolata utilizzando la seguente formula:

$$\text{CG}_{1\mu\text{Sv}} [\text{Bq/kg}] = E^* / (h(g) \times I)$$

dove E^* (espresso in Sv/anno) è il valore di dose efficace annua a cui riferire la concentrazione guida, scelto arbitrariamente pari a 1 $\mu\text{Sv/a}$; $h(g)$ (espresso in Sv/Bq) è il coefficiente di dose da ingestione; I (espresso in kg/anno) è il consumo annuo dell'alimento.

Per ciascun radionuclide, il calcolo è stato ripetuto per tre diverse classi d'età: bambini, adolescenti ed adulti utilizzando sia i coefficienti di dose da ingestione (CCE, 1996) che la tabella dei consumi dell'Istituto Nazionale della Nutrizione (Leclercq, 2009) propri del gruppo considerato⁴.

La Tabella 6 riporta sia la composizione media della dieta nazionale (popolazione totale), che quella delle tre classi d'età considerate. Gli alimenti sono elencati per consumo, in ordine decrescente. Ulteriori valutazioni hanno evidenziato che le diete medie sovra-regionali (Nord Italia, Centro e Sud) differiscono da quella nazionale al massimo del 20%.

Tabella 6 – Consumi medi annuali delle principali derrate alimentari (kg/anno)

Alimento	Media nazionale sull'intera popolazione	Bambini (3–9,9 a)	Adolescenti (10–17,9 a)	Adulti (> 18 a)
Cereali e derivati	94	87	107	95
Vegetali non a foglia	84	64	80	87
Frutta	76	50	59	80
Latte	43	72	56	39
Vino e altre bevande alcoliche	33	0,2	1,0	39
Derivati del latte	29	23	28	29
Pesce	16	15	18	16
Carni bovine	16	14	18	16
Vegetali a foglia	16	5,9	10	17
Carni suine	15	13	18	15
Olio e grassi	15	12	15	15
Pollame	7,7	8,5	7,8	7,5
Uova	7,7	7,3	7,6	7,7
Carni ovine	1,8	1,1	1,4	2,1

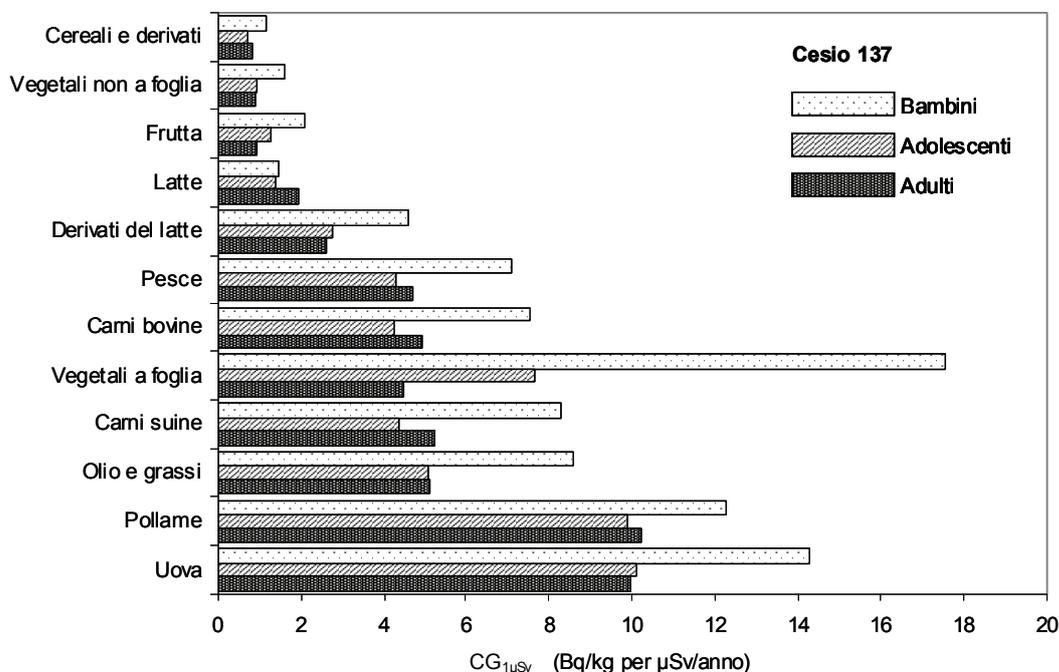
A titolo di esempio, la Figura 1 riporta il risultato delle valutazioni della concentrazione guida $\text{CG}_{1\mu\text{Sv}}$ per il Cs-137, per i diversi gruppi di alimenti e classi d'età.

Si osserva che il valore di $\text{CG}_{1\mu\text{Sv}}$ per classi d'età diverse a parità di alimento, o per alimenti diversi a parità di classi d'età, varia in modo anche significativo. Nel caso del Cs-137 la fascia d'età per la quale il valore di $\text{CG}_{1\mu\text{Sv}}$ è più piccolo e a cui corrisponde quindi la potenziale dose maggiore, che potremmo definire come il "gruppo critico" della popolazione, varia, in funzione dell'alimento,

⁴ Esiste qualche sfasamento tra la definizione delle classi d'età per i coefficienti di dose (bambini: 2–7 anni, adolescenti: 12–17 anni; adulti: maggiore di 17 anni) e quella per i consumi alimentari (bambini: 3–9,9 anni, adolescenti: 10–17,9 anni; adulti: maggiore di 18 anni). Si è assunto, ai fini di questo lavoro, che tali differenze fossero trascurabili.

tra adolescenti ed adulti. E' quindi possibile individuare, per ciascun alimento, il gruppo della popolazione critico ed assumere il corrispondente valore di $CG_{1\mu Sv}$ come "guida" per la valutazione dell'adeguatezza della sensibilità analitica.

Figura 1 – Cesio 137 - Concentrazione guida riferita ad $1 \mu Sv/a$ per alimento e classe d'età⁵ (più corta è la barra, maggiore è la dose a parità di concentrazione)



Il calcolo di $CG_{1\mu Sv}$ è stato ripetuto per tutti i radionuclidi per i quali la Direttiva 29/96 (CCE, 1996) definisce i coefficienti di dose da ingestione; per ciascun radionuclide è stato poi individuato, per ogni alimento, il gruppo critico della popolazione nel senso definito sopra.

Ad esempio la Figura 2 mostra, per il plutonio 239, lo stronzio 90, lo iodio 131 ed il cesio 137, la fascia d'età critica della popolazione per le diverse classi di alimenti.

Per alimenti di minore importanza, per i quali si assuma un consumo pari circa a 1 kg/anno (selvaggina, funghi), il valore di $CG_{1\mu Sv}$ per il cesio 137 risulterebbe pari circa a 80 Bq/kg; per la stessa classe di alimenti i risultati delle misure presenti nella banca dati nazionale RADIA, più sopra richiamati, evidenziano valori ampiamente superiori.

Più nel dettaglio, per gli stessi isotopi la Tabella 7 riporta i risultati delle valutazioni di $CG_{1\mu Sv}$ per le diverse classi d'età. E' interessante notare che la classe d'età critica varia al variare sia degli alimenti che degli isotopi, e di particolare che non è sempre quella dei bambini; rimane da considerare il problema dell'esposizione dei lattanti, che non è stata valutata in questo lavoro e che potrebbe essere l'oggetto di ulteriori approfondimenti.

⁵ Per motivi di leggibilità nel grafico sono stati omessi il vino (i cui consumi sono rilevanti solo per gli adulti) e le carni ovine (i cui consumi sono molto bassi – e di conseguenza $CG_{1\mu Sv}$ è molto alto – per tutte le classi d'età)

Figura 2 – Identificazione del gruppo critico della popolazione per alcuni radionuclidi (più corta è la barra, maggiore è la dose a parità di concentrazione).

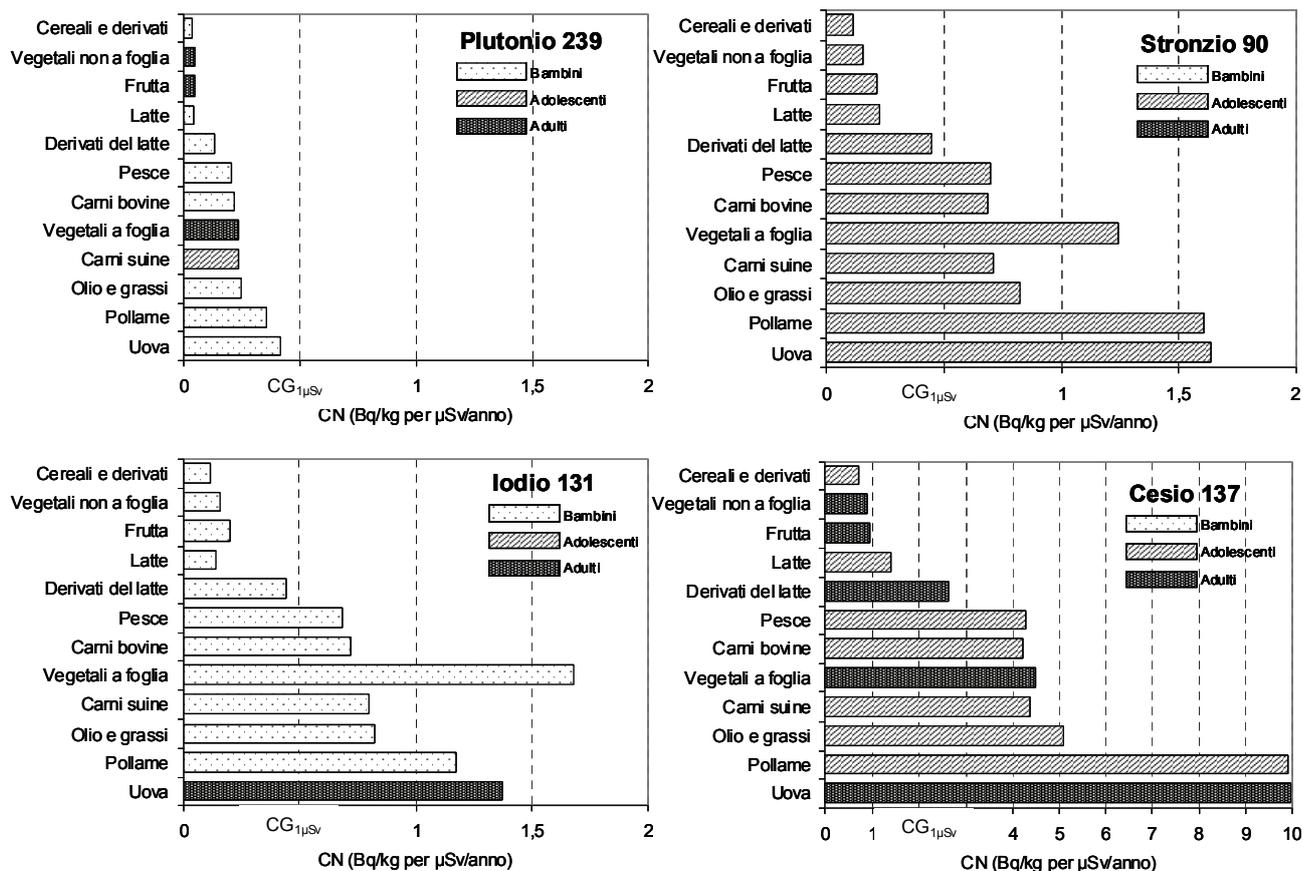


Tabella 7 – Concentrazione guida riferita ad 1 μSv/a per alimento e classe d'età (Bq/kg). Il gruppo critico è identificato in **grassetto**.

	Sr-90			I-131			Cs-137			Pu-239		
	Bambini	Adolescenti	Adulti	Bambini	Adolescenti	Adulti	Bambini	Adolescenti	Adulti	Bambini	Adolescenti	Adulti
Cereali e derivati	0,25	0,12	0,38	0,12	0,27	0,48	1,2	0,72	0,81	0,035	0,039	0,042
Vegetali non a foglia	0,33	0,16	0,41	0,16	0,37	0,52	1,6	0,96	0,89	0,047	0,052	0,046
Frutta	0,43	0,21	0,43	0,20	0,50	0,57	2,1	1,3	0,96	0,061	0,071	0,050
Latte	0,30	0,22	0,91	0,14	0,53	1,2	1,5	1,4	2,0	0,042	0,075	0,10
Vino e altri alcolici	117	12	0,92	55	29	1,2	571	76	2,0	17	4,1	0,10
Derivati del latte	0,94	0,45	1,2	0,44	1,1	1,6	4,6	2,7	2,6	0,13	0,15	0,14
Pesce	1,5	0,70	2,2	0,68	1,7	2,8	7,1	4,3	4,7	0,21	0,23	0,24
Carni bovine	1,5	0,69	2,3	0,72	1,6	2,9	7,5	4,2	4,9	0,22	0,23	0,26
Vegetali a foglia	3,6	1,2	2,1	1,7	2,9	2,6	17	7,6	4,5	0,51	0,41	0,23
Carni suine	1,7	0,71	2,4	0,79	1,7	3,1	8,3	4,4	5,3	0,24	0,24	0,27
Olio e grassi	1,8	0,83	2,4	0,83	1,9	3,0	8,6	5,1	5,1	0,25	0,28	0,27
Pollame	2,5	1,6	4,7	1,2	3,8	6,0	12	9,9	10	0,36	0,54	0,53
Uova	2,9	1,6	4,6	1,4	3,9	5,9	14	10	10	0,42	0,55	0,52
Carni ovine	19	8,6	17	9,1	20	22	95	53	37	2,8	2,8	1,9

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'approfondimento del quadro normativo internazionale per le situazioni di emergenza ha permesso di evidenziare i criteri sottostanti alla definizione dei livelli di contaminazione degli alimenti, definiti a partire da 1987 e tuttora vigenti.

La situazione normativa sintetizzata in questo articolo evidenzia la mancanza di norme a cui potersi riferire per la valutazione dei risultati di misure di concentrazione di radionuclidi artificiali presenti negli alimenti effettuate nell'ambito di programmi di monitoraggio della radioattività condotti dalle Regioni.

Sulla base di quanto discusso è emersa la complessità delle valutazioni necessarie per giungere alla definizione di eventuali livelli massimi ammissibili o livelli di riferimento. Tale materia ha risvolti molteplici ed è stata affrontata dopo l'incidente di Chernobyl, ed in parte dopo quello di Fukushima, dando origine ai regolamenti tuttora vigenti. Le trasformazioni socio economiche nonché gli approfondimenti e aggiornamenti scientifici (anche nel campo della radioprotezione) degli ultimi 30 anni renderebbero forse utile una revisione critica dei modelli e delle ipotesi sino ad oggi adottate. L'ultima revisione del Manuale CEVaD (ISPRA, 2010) contiene già valutazioni aggiornate sul comportamento dei radionuclidi in ambiente; potrebbe essere interessante un ulteriore sviluppo che fornisca elementi utili alla determinazione dell'impatto ambientale e sanitario di emissioni incidentali, anche su scala locale.

Al fine di fornire un contributo a questa discussione abbiamo calcolato per le tre principali classi d'età i valori di concentrazione cui corrisponde una dose efficace di $1 \mu\text{Sv/a}$ nell'ipotesi di consumo annuo al 100% di quell'alimento a quella concentrazione, valori che abbiamo chiamato "Concentrazione Guida riferita a $1 \mu\text{Sv/a}$ " ($\text{CG}_{1\mu\text{Sv}}$). Si tratta di valori puramente indicativi che permettono una prima valutazione degli ordini di grandezza in gioco e l'identificazione del gruppo critico della popolazione. Si osserva anche che le sensibilità analitiche tipiche delle misure, nelle condizioni di lavoro in cui operano normalmente i laboratori della ARPA, appaiono ampiamente cautelative e sufficienti a identificare situazioni comunque di interesse dal punto di vista della radioprotezione.

La situazione normativa attuale non permette di esprimere, per le analisi di routine svolte anche nel contesto della Rete Nazionale di Monitoraggio della Radioattività Ambientale, eventuali pareri di conformità richiesti da enti terzi (ad esempio dalle Aziende Sanitarie Locali); una prima valutazione dei livelli di radioattività misurati negli alimenti potrebbe essere fatta per confronto con i livelli misurati in precedenza nella stessa Regione (o in altre Regioni) in altri campioni dello stesso alimento, sia nell'ipotesi più cautelativa di consumo al 100%, sia in un'ipotesi arbitraria di consumo "medio" (ad es. al 10%). I valori sopra riportati per la $\text{CG}_{1\mu\text{Sv}}$ potrebbero essere utili anche per una valutazione puntuale delle dosi coinvolte, a condizione che siano adeguatamente definite tutte le ipotesi al contorno che concorrono alla valutazione delle dosi.

Bibliografia

CCE, 1987a. *Regolamento (EURATOM) n. 3954/87 del Consiglio del 22 dicembre 1987 che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali in caso di livelli anormali di radioattività a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L371 pag. 11-13 del 30 dicembre 1987.

CCE, 1987b. *Regolamento (CEE) n. 2658/87 del Consiglio del 23 luglio 1987 relativo alla nomenclatura tariffaria e statistica ed alla tariffa doganale comune.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L256 pag. 1-675 del 7 settembre 1987.

CCE, 1989a. *Regolamento (Euratom) n. 944/89 della Commissione del 12 aprile 1989 che fissa i livelli massimi ammissibili di contaminazione radioattiva per i prodotti alimentari secondari a seguito di un incidente nucleare o di qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L101 pag. 17-18 del 13 aprile 1989.

CCE, 1989b. *Regolamento (Euratom) n. 2218/89 del Consiglio del 18 luglio 1989 recante modifica del regolamento (Euratom) n. 3954/87 che fissa i livelli massimi ammissibili di radioattività per i prodotti alimentari e per gli alimenti per animali in caso di livelli anormali di radioattività a seguito di un incidente nucleare o in qualsiasi altro caso di emergenza radioattiva.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L211

pag. 1-3 del 22 luglio 1989.

CCE, 1996. *Direttiva 96/29/Euratom del Consiglio, del 13 maggio 1996, che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L159 pag. 1-114 del 29 giugno 1996.

CE, 1998. *Direttiva 98/83/CE del Consiglio del 3 novembre 1998 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L330 pag. 32-54 del 5 dicembre 1998.

CE, 2000. *Regolamento (CE) N. 1609/2000 della Commissione del 24 luglio 2000 che fissa un elenco dei prodotti esclusi dal campo di applicazione del regolamento (CEE) n. 737/90 del Consiglio relativo alle condizioni d'importazione di prodotti agricoli originari dei paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L185 pag. 27-29 del 25 luglio 2000.

CE, 2006. *Regolamento (CE) N. 1635/2006 della Commissione del 6 novembre 2006 che determina le modalità di applicazione del regolamento (CEE) n. 737/90 del Consiglio relativo alle condizioni d'importazione di prodotti agricoli originari dei paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L306 pag. 3-9 del 7 novembre 2006.

CE, 2008. *Regolamento (CE) N. 733/2008 del Consiglio del 15 luglio 2008 relativo alle condizioni d'importazione di prodotti agricoli originari dei paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L201 pag. 1-7 del 30 luglio 2008.

CE, 2009. *Regolamento (CE) N. 1408/2009 del Consiglio del 23 ottobre 2009 che modifica il regolamento (CE) n. 733/2008 relativo alle condizioni d'importazione di prodotti agricoli originari dei paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L290 pag. 4 del 6 novembre 2009.

CEE, 1986a. *Regolamento (CEE) N. 1388/86 del Consiglio del 12 maggio 1986 relativo alla sospensione delle importazioni di taluni prodotti agricoli originari di alcuni paesi terzi.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L127 pag. 1-3 del 13 maggio 1986.

CEE, 1986b. *Regolamento (CEE) N. 1707/86 del Consiglio del 30 maggio 1986 relativo alle condizioni d'importazione di prodotti agricoli originari dei paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl.* Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L146 pag. 88-90 del 31 maggio 1986.

COM, 1987. *Proposta di regolamento del Consiglio (Euratom) che fissa i livelli massimi consentiti di radioattività nei prodotti alimentari, nei mangimi e nell'acqua potabile nel caso di livelli anormali di radioattività o di incidente nucleare.* COM(87) 281 def. (Presentata dalla Commissione al Consiglio il 16 giugno 1987) (87/C 174/09). Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee C174 pag. 6-13 del 2 luglio 1987.

COM, 1991. *Commission of the European Communities. Underlying data for derived emergency reference levels. Post-Chernobyl action.* Directorate General Science, Research and Development. EUR 12553, 1991.

COM, 2003. *Raccomandazione della Commissione del 14 aprile 2003 sulla protezione e l'informazione del pubblico per quanto riguarda l'esposizione risultante dalla continua contaminazione radioattiva da cesio di taluni prodotti di raccolta spontanei a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale nucleare di Chernobyl (2003/274/Euratom).* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L99 pag. 55-56 del 17 aprile 2003.

EC, 1998. *European Commission, Radiation Protection 105. EU food restriction criteria for application after an accident.* 1998, Directorate-General Environment, Nuclear Safety.

EC, 2012. *Proposal for a Council Directive laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption.* COM(2012)147 final, 28 marzo 2012.

D.Lgs. 230, 1995. *Attuazione delle Direttive Euratom 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti.* Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 136 del 13 giugno 1995.

ICRP, 1984. *International Commission on Radiological Protection. Publication 40. Protection of the public in the event of major radiation accidents: principles for planning.* Annals of the ICRP Vol.14 No. 2, 1984

ICRP, 1999. *International Commission on Radiological Protection. Publication 82. Principles for the protection of the public in situations of prolonged exposure.* Annals of the ICRP Vol.29 No. 1-2, 1999

ISPRA, 2010. *Emergenze nucleari e radiologiche. Manuale per le valutazioni dosimetriche e le misure ambientali.* 2010, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Leclercq, 2009. *Leclercq C., Arcella D., Piccinelli R., Sette S., Le Donne C., Turrini A. (2009). The Italian National Food Consumption Survey INRAN-SCAI 2005-06: main results in terms of food consumption.* Public Health Nutrition: 12(12), 2504-2532

UE, 2006. *Versioni consolidate del Trattato sull'Unione Europea e del Trattato che istituisce la Comunità Europea.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea C321 pag. 1-331 del 29 dicembre 2006.

UE, 2011. *Regolamento (UE) n. 1006/2011 della Commissione del 27 settembre 2011 che modifica l'allegato I del regolamento (CEE) n. 2658/87 del Consiglio relativo alla nomenclatura tariffaria e statistica ed alla tariffa doganale comune.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L282 pag. 1-912 del 28 ottobre 2011.

UE, 2011a. *Regolamento di esecuzione (UE) n. 297/2011 della Commissione del 25 marzo 2011 che impone condizioni speciali per l'importazione di alimenti per animali e prodotti alimentari originari del Giappone o da esso provenienti, a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L80 pag. 5-8 del 26 marzo 2011.

UE, 2011b. *Regolamento di esecuzione (UE) n. 351/2011 dell'11 aprile 2011 che modifica il regolamento (UE) n. 297/2011 che impone condizioni speciali per l'importazione di alimenti per animali e prodotti alimentari originari del Giappone o da esso provenienti, a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L97 pag. 20-23 del 12 aprile 2011.

UE, 2011c. *Regolamento di esecuzione (UE) n. 506/2011 della Commissione del 23 maggio 2011 che modifica il regolamento (UE) n. 297/2011 che impone condizioni speciali per l'importazione di alimenti per animali e prodotti alimentari originari del Giappone o da esso provenienti, a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L136 pag. 52-55 del 24 maggio 2011.

UE, 2011d. *Regolamento di esecuzione (UE) n. 657/2011 della Commissione del 7 luglio 2011 che modifica il regolamento (UE) n. 297/2011 che impone condizioni speciali per l'importazione di alimenti per animali e prodotti alimentari originari del Giappone o da esso provenienti, a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L180 pag. 39-42 dell'8 luglio 2011.

UE, 2011e. *Regolamento di esecuzione (UE) N. 961/2011 della Commissione del 27 settembre 2011 che impone condizioni speciali per l'importazione di alimenti per animali e prodotti alimentari originari del Giappone o da esso provenienti, a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima e che abroga il regolamento (UE) n. 297/2011.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L252 pag. 10-15 del 28 settembre 2011.

UE, 2012a. *Regolamento di esecuzione (UE) n. 250/2012 della Commissione del 21 marzo 2012 che modifica il regolamento di esecuzione (UE) n. 961/2011 che impone condizioni speciali per l'importazione di alimenti per animali e prodotti alimentari originari del Giappone o da esso provenienti, a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L82 pag. 3-4 del 22 marzo 2012.

UE, 2012b. *Regolamento di esecuzione (UE) n. 284/2012 della Commissione del 29 marzo 2012 che impone condizioni speciali per l'importazione di alimenti per animali e prodotti alimentari originari del Giappone o da esso provenienti, a seguito dell'incidente alla centrale nucleare di Fukushima e che abroga il regolamento di esecuzione (UE) n. 961/2011.* Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L92 pag. 16-23 del 30 marzo 2012.

WHO, 1995 (2010). *Guideline levels for radionuclides in foods contaminated following a nuclear or radiological emergency for use in international trade.* Extract (page 33-37) from the *Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed – GSCTFF (CODEX STAN 193-1995).* Adopted 1995; Revised 1997, 2006, 2008, 2009; Amended 2009, 2010.

http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193e.pdf