

Le conseguenze della catastrofe di Chernobyl sulla scala globale

Contenuto

1. La Palestra
2. La contaminazione radioattiva del globo dopo la catastrofe di Chernobyl
3. Stima dell'emissione primaria del fallout radioattivo
4. Le conseguenze ecologiche della contaminazione in Europa
5. Le conseguenze sulla salute umana in Europa:
morbilità, peggioramento di salute, disabilità, accelerazione di invecchiamento, aberrazioni del DNA,
mutazioni genetiche, sindrome di Down, problemi al sistema nervoso, malattie e morbilità oncologiche, cancro della tiroide, leucemia e mortalità infantile, aumento degli aborti spontanei dopo Chernobyl
6. Le conseguenze della catastrofe sull'ambiente in Europa:
l'aria, i bacini acquatici, il suolo
 - 6.1. L'impatto sulla FLORA: radiomorfosi, cambiamenti genetici
 - 6.2. L'impatto sulla FAUNA:
 - 6.2.1. Gli ungulati e i roditori
 - 6.2.2. Gli uccelli
 - 6.2.3. Le mucche
 - 6.2.4. I pesci
 - 6.2.5. Il miele e il plankton
 - 6.2.6. Le anomalie di riproduzione
 - 6.2.7. Cambiamenti genetici, morfologici ed ematologici
7. L'impatto della radioattività sulla biota di microorganismi
8. La contaminazione delle derrate alimentari in Europa dopo il fallout
9. Il monitoraggio dei radionuclidi incorporati nel corpo
10. La rimozione dei radionuclidi assorbiti dal corpo
11. Radioprotezione. Misure per ogni giorno
12. Le conseguenze della catastrofe su scala globale
13. Il ri-fallout radioattivo a causa degli incendi nella zona di Chernobyl
14. La densità di popolazione intorno alle centrali nucleari in Europa
15. L'Atlante della contaminazione in Europa da fallout di Chernobyl:
le rilevazioni in Francia e in Italia
16. La contaminazione residua da radionuclidi delle derrate alimentari in Europa

1. La Palestra

Spesso passano mesi senza voler scrivere...

Ma il pensiero va e il cervello elabora, paragona, analizza...

Così possono passare settimane, mesi finché un giorno preciso arriva un "trigger", si trovano le associazioni, si costruisce il tessuto letterario e, non si sa il perché, arrivano anche le memorie dal passato.

Passato, presente, futuro.

In queste tre dimensioni il pensiero viaggia sempre, finché un giorno si costruisce un racconto. Ma sempre sullo stesso argomento. Solo in un'ottica diversa...

Sono sdraiata sul lettino in una palestra. Roberta prende la mia mano e comincia ad accarezzarla per scaldare le sue mani fredde.

È gennaio, da un paio di giorni è caduta la neve e la temperatura al mattino scende a meno 5 gradi. I suoi movimenti sono piacevoli, anche perché la mia mano è un fuoco – dentro tutti i tessuti, i legamenti, le ossa sono andati in "collisione".

Una volta scaldate le mani, Roberta comincia le sue "torture".

Schiaccia il polso, poi' cerca di girarlo, allunga le dita, cerca di piegare il braccio – sento un male che non riesco più a sopportare, urlo, poi piango dal dolore ...

Roberta lascia il mio disastrosato braccio per un attimo. Prendo fiato.

Poi comincia fare metodologicamente gli stessi esercizi. Ho voglia di svenire...

Ogni tanto parliamo, così mi distraigo dal dolore.

Cerco di immaginare quello che dice, per staccarmi dal dolore.

Chiudo gli occhi. Ha le mani forti, decise. Mani che sanno cosa devono "torturare" per recuperare i movimenti persi dopo la rottura delle ossa.

Apro gli occhi. Guardo le mani che lavorano. Belle dita. Guardo il viso e cerco di capire che persona è. Dall'aspetto mi ricorda un po' Mick Jagger, in una versione molto carina, femminile.

Roberta ha il fisico magro e asciutto, sportivo. Ha circa 40 anni.

Capelli liberi con il taglio alla "garçon" che non crea problemi al mattino per "sistamarli" – una pettinata veloce basta. Occhi grandi azzurri. Ha un aspetto un po' da maschiaccio.

Roberta ha 2 figlie, fa sport. Parliamo di sport. Cerco di scherzare: dico che ho definito quel dolore "come partorire un braccio".

Sono di nuovo in palestra. Ma questa volta la palestra è in ospedale.

Roberta è una specialista in terapia manuale. Il mio braccio destro tutto incurvato che non si piega e non si estende più, con le dita gonfie e il polso che non si muove più – è il risultato di una caduta accidentale sulla pista di pattinaggio.

Pronto soccorso. Diagnosi: polso destro rotto, rottura multipla scomposta – significa le ossa a pezzi.

1 mese di gesso. Poi' – palestra presso l'ospedale per recuperare i movimenti del braccio.

Quindi, Roberta è il mio istruttore di recupero del braccio.

Quindi, il "trigger" è la parola "Palestra".

Forse per questa parola che la mia mente durante le "torture" con il mio braccio è tornata nel passato... a 28 anni fa...

Chi può sapere perché adesso, 28 anni fa, la mia mente si è riempita del passato?

*Quali forze cosmiche guidano il nostro pensiero per creare questo racconto?
Possibile che in certe situazioni basti una sola parola, situazione simile per fare
scattare il “trigger” dei ricordi?*

*Quando conosci una nuova persona, gli guardi negli occhi e, automaticamente e
inconsciamente, cerchi di fare lo psicoanalista, cercando di capire dallo sguardo,
dall’aspetto, dal modo di fare e muoversi – com’è questa persona. È importante per
i rapporti di lavoro, per business, per trovare un nuovo vero amico, non parliamo
della sfera familiare....*

*Il mondo, infangato nel caos etico e morale, cinismo, incultura e inciviltà, offre pochi
esempi dei caratteri forti, sicuri, fedeli. Quante persone passano lungo la nostra
vita, senza fermarsi troppo o fermarsi solo per motivi mercantili per un attimo per
poi sparire per sempre. Stiamo dimenticando di relazionarci, di passare insieme ore
semplici, magari bevendo un tè o cenando con degli amici, - quelli che sono per
Sempre.*

*Il braccio è ancora storto. Il polso si muove poco. Brutta caduta.
Oggi sono quasi 2 mesi dalla caduta. Il periodo di recupero è lungo.
Quando non hai gli arti sani, valuti di più quello che prima si faceva come routine.
Il mio obiettivo è poter usare la vanga in primavera nel giardino per fare un’aiuola.
L’altro obiettivo è prendere il pennello per finire il quadro abbozzato a matita la
primavera scorsa. Roberta ride e dice che il pennello è più facile della vanga.
Roberta è il mio Angelo che recupera il mio braccio destro rotto.*

*Venerdì scorso non c’era. Ha preso un giorno libero ed è andata a sciare. Parliamo
ancora di sport. Roberta scia e fa palestra. Racconto in 2 parole le mie esperienze –
alpinismo, rafting, bodybuilding... Appunto, la palestra... E’ la parola “Palestra”
che mi ha buttato a 28 anni fa.... Mi sembra una che ha passato la guerra e torna
sempre nei pensieri in questi tempi terribili...*

28 anni fa andavo in un’altra palestra, per fare bodybuilding....

*2 aprile 1986... E’ nato mio figlio. Pesa 3 chili e mezzo e lungo 51 cm.
La creatura più bella del mondo. Guardo le sue piccole dita e ho paura di toccarli –
sono così piccoli. Lo chiamo semplicemente “Malcik” (ragazzo) perché non so
ancora che nome dargli.*

*1 settimana dopo ci dimettono dall’ospedale. Torniamo a casa e comincia il
percorso di crescita. Mangiare, lavare, dormire, pulire. Tranquillo.
E’ un bel bambino.*

*2 settimane dopo esplose Chernobyl. Eravamo distanti circa 400 km dalla centrale.
Avevo 30 anni. Mio figlio – 3 settimane. Dopo il parto ero debole – ho cominciato a
perdere capelli e denti.*

*Poi è arrivato il Dr. Gail dagli Stati Uniti e ha dato delle raccomandazioni di cosa
fare dopo Chernobyl. Visto che non c’era da sperare di mangiare cibo pulito, ho
intuito di puntare su sport e sauna. Dovevo rafforzare la salute.*

*A 2 minuti a piedi da casa mia è stata appena aperta una palestra e sono andata a
parlare. Mi ha ricevuto un uomo sportivo, di nome Grigory, campione di lotta
classica. Gli ho detto che devo fare bodybuilding, senza spiegare il motivo
principale. Mi ha detto secco: “non prendo donne. Perché tanto dopo 2 settimane
smettono di allenarsi”. Per 1 mese andavo da lui a pregare.*

Finalmente, Grigory ha detto: “Va bene. Vieni alle ore 21. Facciamo il piano di allenamento”.

L’orario per me andava bene. Dopo 6 mesi di allattamento ho ripreso il lavoro, dovevo finire il Ph.D. Per fortuna i miei genitori mi aiutavano con il bambino durante il giorno. Alle 20:30 cominciavo a mettere a letto il figlio, raccontandogli una favola fresca e cantando qualche canzone dei bardi di montagna. Alle 20:55 lui si è addormentava. Il mio Malcik era bravo: tranquillo, sorridente, mangiava bene e ogni mese aumentava di peso.

3 minuti di corsa ed ero in palestra.

Grigory mi ha fatto un piano di allenamento duro: 3 volte la settimana dalle 21 alle 23 e ha detto: “Questo piano per 3 mesi. Se riesci a mantenerlo, ti prendo. Se no, ciao. Io ne ho viste tante di voi donne che non sono capaci di sudare” ...

E così che è cominciata la maratona: lavoro – casa – figlio – palestra dalle 21 alle 23.

Ho resistito per 3 mesi e Grigory mi ha preso nel suo club.

All’inizio degli allenamenti il mio metabolismo è cambiato molto – mangiavo tanto, avevo bisogno di proteine per “caricarmi” di esercizi e sudavo tanto.

Dopo 3 mesi ho cominciato ad “asciugare” i muscoli e sono dimagrita velocemente.

All’arrivo dell’estate prendevo 1 mese di vacanza e portavo il figlio al mare, per disintossicarlo.

Poi ho “rispolverato” la mia bici da corsa. Dovevo muovermi – palestra, sauna, bici. La bici è diventata il mio mezzo: andavo in città a trovare gli amici, in dacia e appena cresciuto il mio Malcik, ho messo in bici anche lui.

Il mio Malcik è cresciuto e ha cominciato a venire con me in palestra, solo per curiosare, anche se aveva tanta voglia di sollevare tutti quei grandi pesi, per ora poteva alzare non più di mezzo chilo.

Grigory aveva 2 figli – il figlio maggiore era già adolescente e veniva anche lui ad allenarsi. Così sono passati 4 anni. Lo sport e la palestra di Grigory mi hanno aiutato a rinforzare l’organismo e combattere il fallout di Chernobyl.

Grigory è diventato nostro amico.

Una sera come sempre apro la porta della palestra per fare allenamento.

Vedo Grigory seduto sul tavolo con una faccia nera. Chiedo cosa è successo.

Dice che di notte in palestra sono entrati vandali e hanno distrutto tutto: attrezzi, mura, specchi. Tutto il suo lavoro è stato distrutto.

Grigory ha superato questo dolore e ha ricostruito la palestra di nuovo.

La palestra ha funzionato ancora per 1 anno.

Una sera come sempre apro la porta della palestra per fare allenamento.

Vedo Grigory seduto sul tavolo: tutto incendiato, distrutto di nuovo.

Questa volta il mio allenatore di bodybuilding non ha superato il dolore.

Ha chiuso tutto ed è diventato un orefice.

Ma l’amicizia l’abbiamo mantenuta lo stesso.

Roberta continua a “schiacciare” la mia mano. Dal dolore mordo le labbra, faccio smorfie terribili e continuo ricordare quello terribile periodo subito dopo la catastrofe di Chernobyl. Di come Grigory, la sua palestra di bodybuilding e lo sport mi hanno

aiutato a superare quel periodo di distruzione del sistema sovietico e la distruzione dell'organismo. Sia io che il mio Malcik abbiamo avuto seri problemi di salute in quel periodo. Ho capito che sport, sauna ed alimentazione equilibrata, prevalentemente con poca carne, pochi grassi, tanta frutta e verdura, possono fare molto per combattere l'inquinamento radioattivo.

Roberta lavora bene, continua le sue "torture". E una professionista. Parliamo come sempre di sport. Va in montagna, fa la scalatrice, va in moto. Sportiva, come me.

Ha poche ferie e quando prende qualche giorno, va in montagna.

Anche questo weekend prende il venerdì e va a sciare nelle Dolomiti.

Chiedo dove va. "Il paese si chiama il Pozzo della Fossa", - risponde. "L'hotel si chiama 'El Geiger'".

Mi stupisce questa coincidenza con i miei pensieri.

Comincio a pensare in un'altra direzione.

Ma sempre nella stessa ottica.

2. La contaminazione radioattiva del Globo dopo la catastrofe di Chernobyl

La contaminazione radioattiva di Chernobyl è stata depositata sul **40 %** del **continente europeo** (Austria, Finlandia, Italia, Francia, Grecia, Islanda, Slovenia, Ungheria, Germania, Svezia, Norvegia, Svizzera, Romania, Inghilterra), sul vasto territorio dell'Asia (Turchia, Georgia, Armenia, Emirati Arabi, Cina), nel nord dell'Africa, nell'America del Nord.

Circa **400 milioni di persone** sono stati contaminati da radionuclidi con la concentrazione oltre **4 KBq/m² (0.11 Ci/km²)** da aprile a luglio 1986.

Circa **5 milioni di persone**, incluso più di **1 milione di bambini**, vivono sul territorio inquinato in Bielorussia, Ucraina, Russia europea.

Non c'è una spiegazione ragionevole perché **l'IAEA (International Atomic Energy Agency) e WHO (World Health Organization)** hanno completamente negato le conseguenze della contaminazione radioattiva in altri paesi, i quali hanno ricevuto **oltre 50 % dei radionuclidi di Chernobyl**, svelando le conseguenze solo in Bielorussia, Ucraina e Russia europea.

La nube radioattiva è salita fino a **1,5-10 km in altezza**.

Secondo le stime, l'**Europa** ha ricevuto da **68 a 89 % dei radionuclidi gassosi/aerosol** dalle nuvole di Chernobyl, distribuite in modo non uniforme. Dal 26.04. al 05.05.1986 il vento attorno alla NPP di Chernobyl era variabile a 360°, così il mix radioattivo ha coperto vastissimi territori.

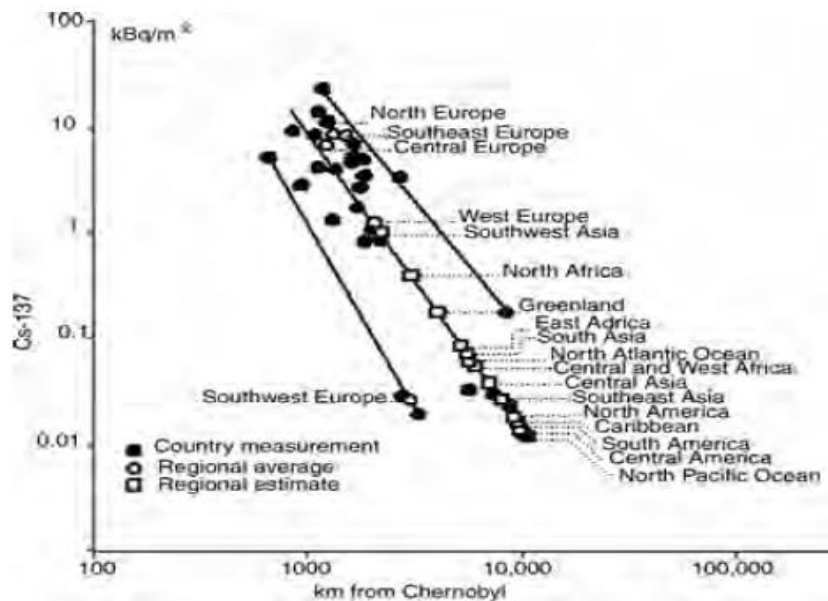


Figura 1. La distribuzione geografica dei radionuclidi di Chernobyl (UNSCEAR, 1988)

Il Grafico 1 riferisce alla distribuzione del Cs-137 a dipendenza della distanza dal NPP di Chernobyl fino a 10'000 km, ma sono stati dispersi tanti altri nuclidi come Cs-134, I-131, I-132, Sr-90, Te-132 etc. Per esempio, a maggio 1986 in Wales e in Cumbria in Inghilterra l'acqua di pioggia conteneva 345 Bq/lit di I-132 e 150 Bq/lit di Cs-134.

La dose effettiva a maggio 1986 in Inghilterra era: Cs-134 e Cs-137 – 27 mSv, I-131 – 6 mSv, Sr-90 – 0,9 mSv.

La distribuzione dei radionuclidi di Chernobyl in Europa era intorno a **137 PBq**:

Cs-137	51 %	70 PBq
Cs-134	28.6 %	39 PBq
I-131	17,7 %	24 PBq
Sr-90	2,7 %	3,7 PBq
Totale:	100 %	136,7 PBq

Quasi 30 anni dopo Chernobyl tante aree in Europa rimangono contaminate.

Bielorussia

Praticamente tutto il territorio era coperto dalla nube che conteneva I-131, I-132, Te-132. Il livello massimale di **I-131 (600 Ci/km²)** è stato misurato nel **villaggio Svetilovitchi in provincia di Gomel** a maggio 1986.

Il 23 % (47'000 km²) del territorio della Bielorussia è stato contaminato da Cs-137 a livello **oltre 1 Ci/km²**.

Nel 2004 la concentrazione di Cs-137 superiore a 37 KBq/m² si osservava sul territorio di 41'000 km².

Secondo UNSCEAR, 1988, la contaminazione geografica nel mondo era così distribuita:

Bielorussia, Ucraina, Russia	< 50 %
Altri paesi europei	39 %
Asia	8 %
Africa	6 %

America	0,6 %
Totale:	100 %

Il livello massimale di **Cs-137** era **475 Ci/km²** nel **villaggio Zalesie**, regione di Bragin, **500 Ci/km²** in **villaggio Dovliady** e nella regione **Narovlia** in provincia di Gomel. La contaminazione massimale è stata rilevata nel 1993 nel **villaggio Tchudyany**, regione di Mogilev – **5'402 KBq/m²=145 Ci/km²**, che superava il livello pre-catastrofe di **3'500 volte**.

La contaminazione da **Sr-90** aveva più carattere locale.

Circa il **10 % del territorio** di Bielorussia aveva livelli di Sr-90 nel suolo > di 5,5 KBq/m² (**21'100 km²**).

Il suolo contaminato da **Pu-238, Pu-240** al livello > di **0,37 KBq/m²** è stato rilevato sulla superficie di 4'000 km² (**2 % del territorio del paese**).

Il 22 % (18'00 km²) del territorio è stato pesantemente contaminato di cui 2'640 km² non possono essere usati per l'agricoltura.

Polessky State Radioactive Reserve (1'300 km²) è stato chiuso per sempre per ogni attività.

Ucraina

¼ del territorio dell'Ucraina è stato contaminato con il livello di **Cs-137 > di 1 Ci/km²** (**4,8 % del territorio**).

Inghilterra

Le deposizioni di Cs-137 in **Cumbria** erano 40 volte superiori ai livelli precedentemente dichiarati dal Ministero di Agricoltura (**1, RADNET, 2008, cit. pag.14**). Il suolo di **Western Giorgia** era pesantemente contaminato da Cs-137 (530 Bq/kg), Cs-137 e Sr-90 raggiungevano 1'500 Bq/kg.

Nel 2006, secondo **Ministero di Salute di Inghilterra**, 355 aziende agricole in Wales, 11 in Scozia, 9 in Inghilterra erano contaminate con Cs-137 (**1, cit. p.7**).

America del Nord

Con la nube radioattiva alzata per 10 km, circa l'1 % dei radionuclidi di Chernobyl (alcuni PBq) è caduto sul suolo dell'America del Nord.

Canada

Il fallout del 06.05.1986 è arrivato via Artico, via bassa troposfera, e il 25-26.05.1986 via Pacifico, via media troposfera, portando sul suolo del Canada Be-7, Fe-59, Nb-95, Zr-95, Ru-103, Ru-106, I-131, La-140, Ce-141, Ce-141, Ce-144, Mn-54, Co-60, Zn-65, Ba-140, Cs-137. Secondo **Environmental Radioactivity Report** del 1986, in Canada elementi come Ru-103, Ru-106, Cs-134, Cs-137 erano bene misurabili fino a metà di giugno 1986.

USA

Il fallout è arrivato via Artico e Pacifico: isotopi di Chernobyl Ru-103, Ru-106, Ba-140, La-140, Zr-95, Mo-95, Ce-141, Ce-144, Cs-134, Cs-137, I-132 sono stati misurati in Alaska, Oregon, Idaho, New Jersey, New York, Florida, Hawaii ed altri stati.

Artico

Terra di Franz Josef, i campioni di **lichene Racomitrium** contenevano 630 Bq/kg (peso secco) del Cs-137 e 548 Bq/kg (87%) erano del fallout di Chernobyl.

Africa del Nord

Sul suo suolo è caduto circa il 5 % del fallout di Chernobyl (c.a. 20 PBq).

Egitto

Nei sedimenti del fiume Nilo si sono accumulati Cs-137 e Pu-129/Pu-240 in una concentrazione significativa (1, cit. pag.16).

Emisfero Sud

Il Cs-137 e Cs -134 di provenienza di Chernobyl sono stati trovati nelle isole Reunion nell'Oceano Indiano e Tahiti nel Pacifico. Negli anni 1987-1988 in **Antartide** vicino al Polo Sud sulla neve è stata trovata una concentrazione significativa di Cs-137.

3. Stima dell'emissione primaria del fallout radioattivo

Secondo **National Report of Ucraina**, 2006, al 06.05.1986, quando erano già decaduti radionuclidi di vita breve, si stima l'emissione primaria in 50×10^6 Ci o $1,85 \times 10^{18}$ Bq (1, cit. pag. 17).

Si stima che il 3-4 % del totale del combustibile (190,3 tons), al momento del meltdown volato in atmosfera, è seriamente sottostimato.

UNSCEAR (2000) ha valutato l'attività totale dei radionuclidi emessi in atmosfera in $1,2 \times 10^{19}$ Bq, incluso $1,2 - 1,7 \times 10^{18}$ Bq di I-131 e $3,7 \times 10^{16}$ Bq di Cs-137.

UNSCEAR Report (1998, 2000) contiene dati di enorme emissione di Te-132 (emivita 78 ore, decade in Iodio radioattivo), Zr-95 e $0,5 \times 10^6$ Ci di Ag-110 (emivita 250 giorni).

Solo il 3 % del totale combustibile (5 tons) è uscito fuori durante la catastrofe, di cui **20 kg di Plutonio**, una quantità sufficiente a contaminare territorio di 20'000 km² per sempre.

Se fossero usciti 30-40 % (3×10^9 Ci) o 80-90 % ($7-8 \times 10^9$ Ci), tutto l'Emisfero Nord sarebbe stato contaminato per sempre.

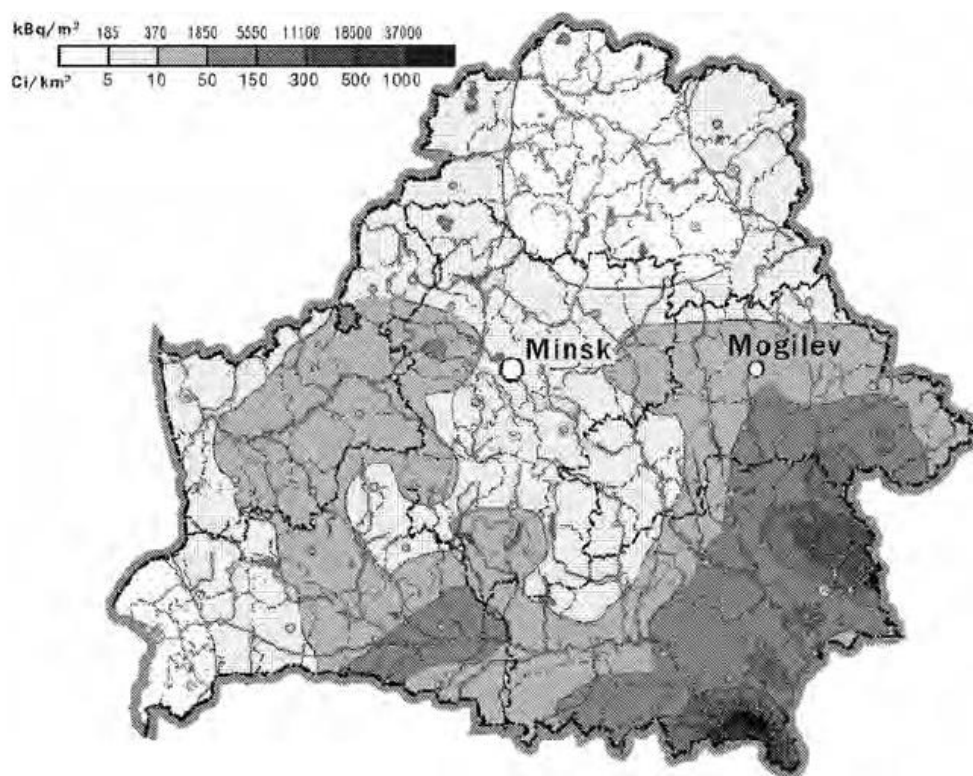


Figura 2. Ricostruzione della contaminazione da I-131 in Bielorussia, 10.05.1986 (National Belarussian Report, 2006).

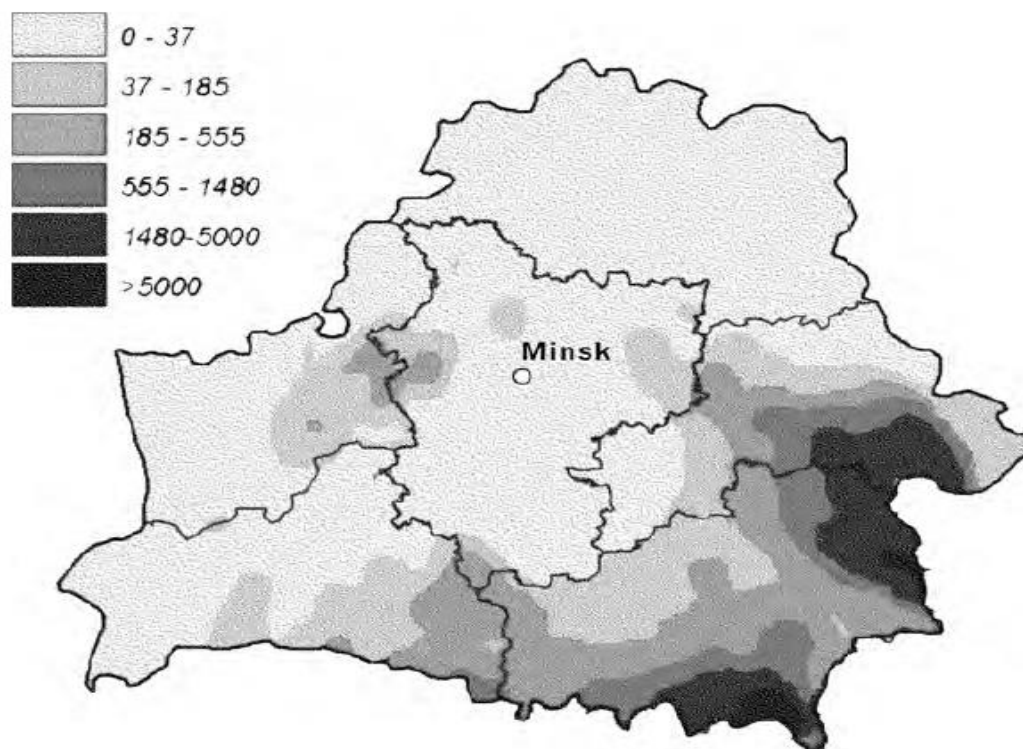


Figura 3. Ricostruzione della contaminazione da Te-132 e I-131 in Bielorussia, aprile-maggio 1986 (Zhuravkov and Mironov, 2005).

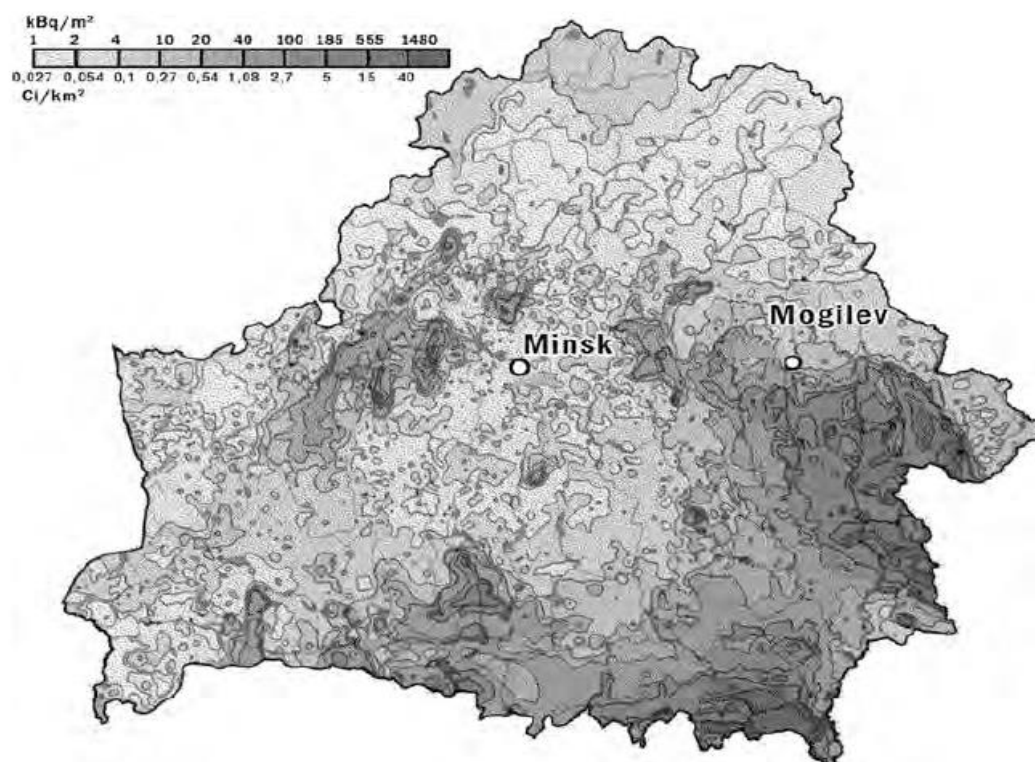
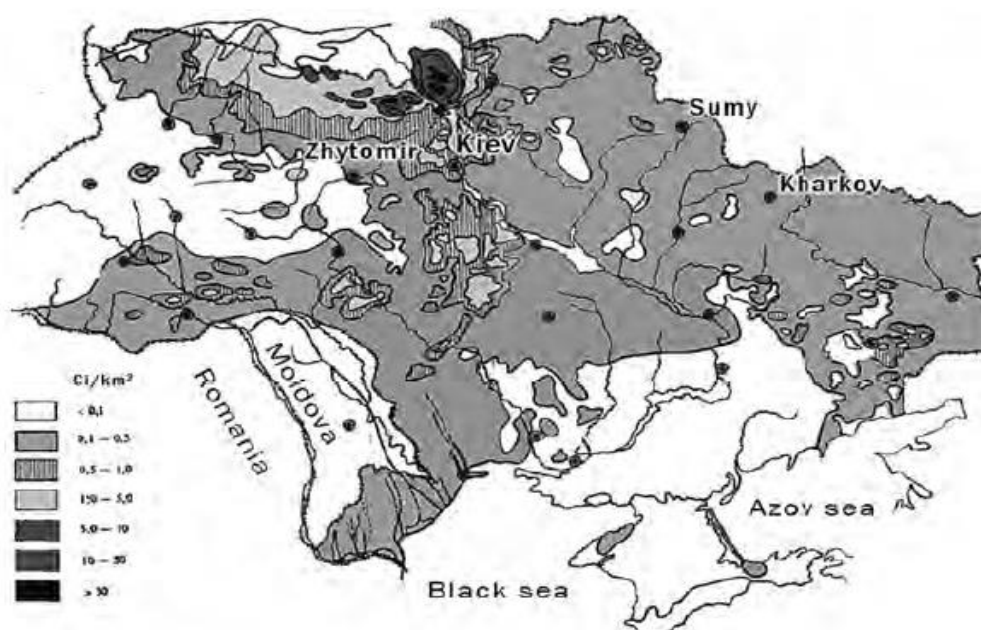


Figura 4. Ricostruzione della contaminazione da Cs-137 in Bielorussia, 10.05.1986
(National Belarussian Report, 2006).



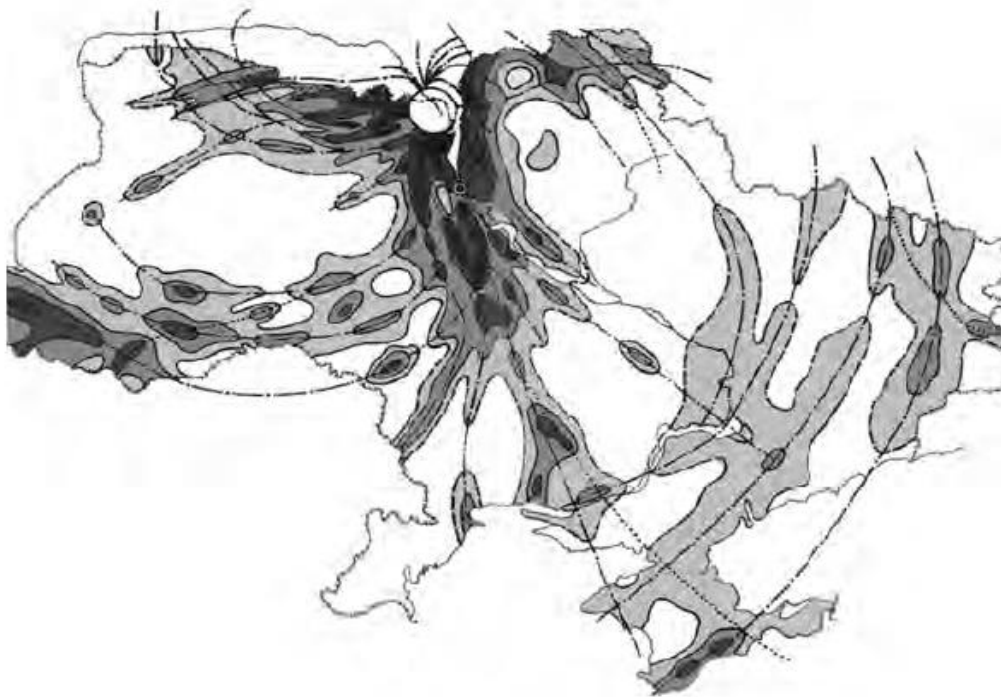


Figura 5. La contaminazione del territorio dell'Ucraina da Cs-137 (sopra) e da Plutonio (Pu) (sotto) dopo la catastrofe sulla centrale nucleare di Chernobyl (National Report of Ucraina, 2006).

4. Le conseguenze ecologiche della contaminazione in Europa

Durante l'esplosione sono volati anche **"hot particles"** di circa **15 μm** , presenti in tutto il territorio europeo:

Zr-95 (emivita 35,1 giorni), Lu-140 (emivita 1,68 giorni), Ce-144 (284 giorni), Ru-103 e Ru-106 (39,3 e 368 giorni), Ba-140 (12,7 giorni), particelle volatili come I-131, Te-132, Cs-137, Sb-126 (12,4 giorni). La loro attività è stata stimata in **10 KBq**. Quando queste particelle vengono assorbite, creano un'alta dose di radiazione. Particelle fini (**< di 1 μm**) penetrano nei **polmoni**, se **> di 20-40 μm** , si concentrano nel **sistema respiratorio**.

Il fallout di Chernobyl ha superato il livello di fondo in circa 10'000 volte.

Gruppo tedesco "Physians of the World for the prevention of Nuclear War" hanno testato 6'000 bambini e hanno trovato che i bambini nati subito dopo la catastrofe di Chernobyl avevano una concentrazione **di Sr-90 nei denti 10 volte** più alto rispetto ai denti di bambini nati nel 1983.

Problemi con Amerizio-241

Am-241 è un prodotto della disintegrazione di Pu-241 ed è un elemento che aumenta tanto l'inquinamento in tante aree localizzate anche fino a 1'000 km dalla centrale disastrosa. Le terre con la concentrazione di Pu relativamente bassa non saranno utilizzabili per alcuni decenni, a causa dell'**Am-241, altamente solubile e mobile negli ecosistemi**, rispetto Pu-241.

Contaminazione da Piombo (Pb)

Durante le operazioni di spegnimento del fuoco sono stati usati circa 6'720 tons di **Pb**. La parte significativa del Pb è stata emessa in atmosfera.

Il piombo è pericoloso già per sé: causa per esempio il **ritardo mentale** nei bambini. In Bielorussia il livello di **piombo nel sangue dei bambini ed adulti** è notevolmente salito negli ultimi anni.

Nella provincia di Brest tra 213 bambini analizzati il **50 % dei bambini** avevano il livello di piombo **0,188±0,003 mg/lt**, mentre il **limite WHO per bambini è < di 0,001 mg/lt (188 volte di più'!)**

In Ucraina, nella provincia di Kiev, il livello di piombo in aria che respiravano gli operai delle macchine agricole, era **10 volte superiore** il limite ammissibile.

Alti livelli di piombo sono stati trovati nel **suolo, atmosfera, urina e capelli dei bambini ed adulti a Kiev**, subito dopo l'esplosione (1, cit. pag.24).

I Bambini bielorussi contaminati da Pb e Cs-137 hanno alta incidenza di gastrite atrofica.

Circa il **40 % dell'Europa** è stato esposto al Cs-137 di Chernobyl al livello **4-40 KBq/m² (0,11-1,08 Ci/km²)**.

Ipotizzando che circa il 35 % della popolazione europea abita in questo territorio (**la maggior parte sono state contaminate le zone di montagna**), si presume che circa 500 milioni di persone europee sono state contaminate.

Circa 190 milioni di persone vivono nelle zone contaminate e circa 15 milioni vivono nelle zone dove il Cs-137 **> di 40 KBq/m² (1,08 Ci/km²)**.

Il fallout di Chernobyl ha contaminato circa l'8 % dell'Asia, il 6 % dell'Africa, il 0,6 % del Nord America.

In totale, nel 1986 circa 400 milioni di persone (250 milioni in Europa e 200 milioni fuori Europa) sono stati esposti alla contaminazione radioattiva di **4 KBq/m² (0,1 Ci/km²)**.

Group	Number of individuals	Average individual dose, mSv
USSR liquidators ^a	240,000	100
Evacuees	116,000	33
USSR heavily contaminated areas	270,000	50
USSR less contaminated areas	5,000,000	10
Other areas in Europe	600,000,000	≥0.4
Outside Europe	4,000,000,000	≥2.5 × 10 ⁻²

^aPresumably 1986–1987 (A.Y.).

Tabella 6. La popolazione che soffre dalla contaminazione radioattiva di Chernobyl in correlazione ai diversi livelli di radiazione (dose media individuale, mSv) (Fairlie, 2007)

Dichiarare che l'avaria di Chernobyl ha aggiunto solo il 2 % alla radioattività naturale del fondo significa oscurare i fatti, perché dal 1986 600 milioni di persone solo in Europa vivono nei territori contaminati da radionuclidi con concentrazione > di 0,1 Ci/km².

La contaminazione in queste zone esisterà per circa 300 anni per il Cs-137, per 200'000 anni per il Pu, millenni per l'Am-241.

5. Le conseguenze sulla salute umana in Europa

I primi 3,5 anni dopo la catastrofe, i problemi delle conseguenze erano complicati dalla **segretezza ufficiale** e da **falsificazione dei dati medici in l'URSS** (fino al 23.05.1989).

Circa il 15 % della popolazione bielorrussa (1,5 milioni, 1986-2000) ha lasciato il paese.

La segretezza era una norma anche in Francia, Inghilterra, USA.

Nei territori inquinati in Bielorussia, Ucraina e Russia la catastrofe ha avuto un forte impatto su tutti i sistemi dell'uomo: riproduttivo, endocrino, respiratorio, gastro-intestinale, immunitario (*vedi articolo pubblicato sul mio sito <http://www.plumatella.it/wp/?p=701>, The nuclear Gin. La catastrofe di Fukushima*).

I liquidatori, **800'000 kamikaze** che hanno salvato anche l'Europa dalla catastrofe ancora più grande, hanno avuto le conseguenze di salute più gravi. Secondo i dati citati nella *Tabella 7*, 7 anni dopo la catastrofe, rispetto ai dati del 1986, l'incidenza delle malattie per **10'000 liquidatori** è aumentata di

14,5 volte per le malattie del sangue

23,2 volte per le malattie del sistema circolatorio

45 volte per i problemi del sistema endocrino

11 volte per il sistema respiratorio

41,4 volte per il sistema urogenitale

42,6 volte per il sistema nervoso ed organi dei sensi

7,9 volte per i disordini mentali

74,4 volte per il sistema digestivo

15,8 volte per i problemi della pelle

11,5 volte per le infezioni e le malattie parassitarie

31 volte per i tumori (*vedi Tabella 7*)

(PS: da notare che i dati sono per 10'000 persone, in caso di casistica per 100'000 sarebbero stati moltiplicati per 10)

Illness/organ group	1986	1988	1990	1992	1993	Increase
Blood and blood-forming organs	15	96	191	226	218	14.5-fold
Circulation	183	1,150	2,450	3,770	4,250	23.2-fold
Endocrine sytem	96	764	2,020	3,740	4,300	45.1-fold
Respiratory system	645	3,730	6,390	7,010	7,110	11.0-fold
Urogenital tract	34	253	646	1,180	1,410	41.4-fold
Nervous system and sense organs	232	1,810	4,100	8,110	9,890	42.6-fold
Psychological changes	621	1,580	3,380	4,540	4,930	7.9-fold
Digestive System	82	1,270	3,210	5,290	6,100	74.4-fold
Skin and subcutaneous tissue	46	365	686	756	726	15.8-fold
Infections and parasites	36	197	325	388	414	11.5-fold
Tumors	20	180	393	564	621	31.1-fold
Malignant growths	13	40	85	159	184	14.2-fold

Tabella 7. L'incidenza (per 10'000 persone) di 12 gruppi delle malattie riscontrate tra i Liquidatori (Pflugbeil et al., 2006)

In Russia è stato osservato l'aumento per **30-88 % dei casi di osteoporosi tra i liquidatori**, rispetto al gruppo di controllo. Il 3,5 % dei casi sono stati accompagnati da **fratture delle ossa, compressione dei nervi, osteoalgie ed algie degli arti**.

La **densità minerale delle ossa** in tanti liquidatori era di **16-37 % in meno** rispetto al gruppo di controllo.

La perdita della densità minerale dello scheletro tra i liquidatori che lavoravano nel 1986 sulla NPP, raggiungeva il 42 %.

Il **37,3 %** di loro aveva anche l'**osteoporosi delle vertebre**.

Dal 1988 a 2003 la **disabilità tra i liquidatori** è aumentata di **76 volte** (da 2,7 a 206 casi per 1'000).

Morbilità, peggioramento della salute, disabilità

Bielorussia

Secondo i dati del **Centro ufficiale di salute di Gomel** del 2006, a 11 anni dalla catastrofe, rispetto ai dati del 1985, l'incidenza di morbidità dei **bambini per 100'000 persone** nella provincia di Gomel è aumentata di

21,2 volte per le malattie del sangue

13,3 volte per le malattie del sistema circolatorio

300 volte per i problemi dei sistemi endocrino, immunitario, metabolici

108,8 volte per il sistema respiratorio

48 volte per il sistema urogenitale

79,7 volte per i problemi con i muscoli, ossa, tessuti connettivi

9,1 volte per i disordini mentali

10,9 volte per il sistema nervoso ed organi dei sensi

213,4 volte per il sistema digestivo

44,7 volte per i problemi della pelle

1,8 volte per le infezioni e le malattie parassitarie

6,7 volte per le malattie congenite

95,7 volte per i neoplasmi maligni (vedi Tabella 8)

Morbidity group/Organ	1985	1990	1995	1997	Increase
Total primary diagnoses	9,771	73,754	127,768	124,440	12.7-fold
Blood and blood-forming organs	54	502	859	1,146	21.2-fold
Circulatory diseases	32	158	358	425	13.3-fold
Endocrinological, metabolic, and immune systems	3.7	116	3,549	1,111	300.0-fold
Respiratory system	760	49,895	81,282	82,689	108.8-fold
Urogenital tract	25	555	961	1,199	48.0-fold
Muscle and bones/connective tissue	13	266	847	1,036	79.7-fold
Mental disorders	95	664	908	867	9.1-fold
Neural and sense organs	645	2,359	7,649	7,040	10.9-fold
Digestive system	26	3,108	5,879	5,548	213.4-fold
Skin and subcutaneous tissue	159	4,529	7,013	7,100	44.7-fold
Infectious and parasitic illnesses	4,761	6,567	11,923	8,694	1.8-fold
Congenital malformations*	51	122	210	340	6.7-fold
Neoplasm**	1.4	323	144	134	95.7-fold

*High estimation of unreported cases through abortions; **1985 only malignant neoplasms.

Tabella 8. L'incidenza (per 100'000 bambini) di morbidità nella provincia di Gomel (Pflugbeil et al., 2006, dati basati su Official Gomel Health Center Data)

Ucraina

Negli ultimi 15 anni la morbidità generale tra i bambini (0-14 anni) è aumentata di 2,9 volte, rispetto al 1986. Dal 1987 al 2005 nelle zone pesantemente contaminate il numero dei **bambini sani** è sceso da **3,2 % a 0,5 %**.

Finlandia

Aumento delle nascite premature subito dopo la catastrofe.

Inghilterra

In Wales, negli anni 1986-1987 è stato osservato l'aumento dell'anormale basso peso dei nati (meno di 1'500 kg).

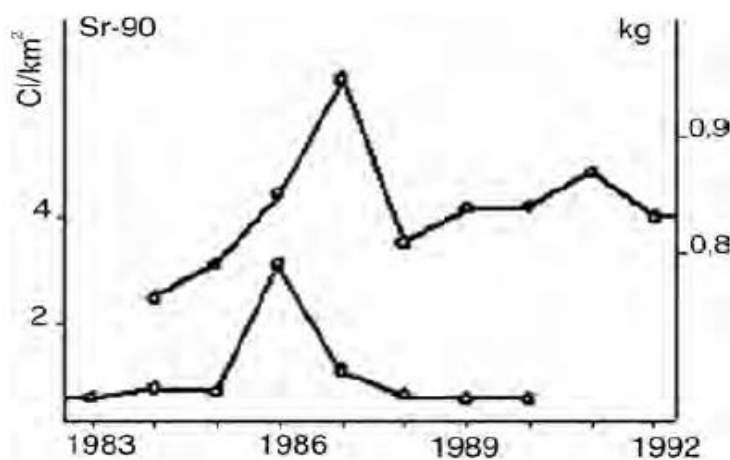


Figura 9. La percentuale dei neonati con il peso meno di 1'500 g dal 1983 al 1992 (curva in alto) e il livello di Sr-90 nel suolo (curva in basso) in Wales (Busby, 1995)

Ungheria e Svezia

Si segnalava per i nati a luglio 1986 un peso più ridotto.

Accelerazione dell'invecchiamento

L'**età biologica** degli abitanti delle zone inquinate in Ucraina supera la loro età solare di **7-9 anni**.

I **cambiamenti degenerativi** dei vari organi e tessuti come osteoporosi, colecisti cronica, pancreatite, fegato grasso, distrofia renale, arteriosclerosi, cambiamenti della vista, declino della funzione mentale, diabete del tipo II, disturbi dell'udito etc. accelerano l'invecchiamento.

Aberrazioni del DNA

Iugoslavia

I neonati concepiti nei primi mesi dopo la catastrofe hanno avuto un aumento dell'incidenza delle aberrazioni cromosomiche, da 4,5 % (1976-1985) a **7,1 %**.

Austria

Nel 1987 in 17 adulti esaminati hanno trovato un **aumento delle aberrazioni cromosomiche di 4-6 volte**, in 2 persone esaminate dopo 1 anno dalla catastrofe hanno trovato un aumento di 11 volte (1, cit. pag.70).

Germania

Per 29 adulti e bambini esaminati nel 1987-1991 è stato riscontrato un aumento di 2-6 volte del numero di aberrazioni cromosomiche.

Norvegia

Nel 1991 il numero di aberrazioni cromosomiche era maggiore di 10 volte per 56 persone esaminate, rispetto al gruppo di controllo.

Mutazioni genetiche

Trisomia 21 (sindrome di Down)

Bielorussia

Dal 1981 al 1999 sono stati registrati 2'786 casi. Si è osservato un aumento del 17 % nei distretti più contaminati negli anni 1987-1988 e un aumento del 17 %

nel paese dal 1987 al 1994. E' stato osservato un aumento dei casi di sindrome a dicembre 1986 e il picco a gennaio 1987.

Germania

A Berlino Est tra i bambini concepiti a maggio 1986 il numero dei nati con sindrome di Down **è salito di 2,5 volte**. E' stato osservato un aumento dei casi di sindrome a dicembre 1986 e il picco a gennaio 1987.

Svezia

E' stato registrato un aumento del 30 % dei casi di neonati con la sindrome nel nord del paese nei territori inquinati dai radionuclidi di Chernobyl.

L'analisi delle 562'637 nascite nel paese dal 1983 al 1988 ha rivelato che i feti esposti alla radioattività **dall'8^a alla 25^a settimana da concepimento**, nei 8 municipi più esposti alla contaminazione, in seguito avevano un **IQ ridotto**. Questi dati corrispondono ai dati conosciuti per gli **hibakusha** irradiati dall'8^a alla 25^a settimana dopo il concepimento (1, cit. pag.112).

Inghilterra

È stato registrato un **raddoppio** delle nascite con la sindrome di Down in

Lothian, Scozia, sui territori inquinati dai radionuclidi di Chernobyl.

I dati dei Registri Ufficiali (*E-ROCAT REGISTRY*, 1988) coprono solo il 10 % della popolazione europea (1, cit. pag. 130).

Per le malformazioni minori la sottostima può arrivare anche a 30 % e a 15-20 % per la sindrome Down. La maggior parte dei paesi UE non registra le diagnosi prenatali delle malformazioni che inducono all'aborto.

Problemi del sistema nervoso

Austria

Molti casi dei difetti del sistema nervoso centrale nei neonati sono stati osservati dopo l'esplosione di Chernobyl (1, cit. pag.130, articolo del 2001).

Danimarca

Situazione identica (dati 2002).

Bulgaria

In provincia di Pleven è stato osservato un aumento significativo delle **malformazioni congenite (CMs)** del cuore e del sistema nervoso centrale dopo Chernobyl (1, articolo del 2001).

Croazia

Analisi delle autopsie all'Università di Zagreb tra il 1980 e il 1993 hanno rivelato l'aumento significativo delle anomalie del sistema nervoso centrale durante il periodo post-Chernobyl (1, articolo del 2002).

Repubblica Ceca

Per 3 anni pre-Chernobyl (1983-1986) i dati registrati sull'incidenza CMs erano il 16,3 per 1'000 nascite e il 18,3 per 1'000 nascite 3 anni post-Chernobyl (1986-1989). Dal 1986 al 1987 la percentuale delle CMs è cresciuta al 26 %.

Finlandia

Tra il febbraio 1987 e il dicembre 1987 il numero dei casi **CMs** (*malformazioni del sistema nervoso centrale e la riduzione degli arti*) era, rispettivamente, il 10 % e il 6 % sopra la media, nelle zone contaminate (1, articoli 1989, 1991).

Giorgia

Il numero delle **CMs** (*labbro leporino, gola di lupo o palatoscisi*) è aumentato dopo Chernobyl, in particolare, nella zona contaminata Ajaria e nella provincia Racha (1, articolo 1998).

Germania

Jena National Malformation Registry ha registrato l'aumento dei casi **CMs** nel 1986 e 1987, rispetto al 1985 (*sistema nervoso centrale, anomalie delle pareti addominali*). In **Bavaria**, nei 7 mesi dopo la catastrofe è stato registrato l'aumento dei casi CMs del 4 %.

DDR Malformation Registry: aumento per il 9,4 % del *labbro leporino* nel 1987, rispetto dati medi del 1980 e 1986, molto pronunciate nelle 3 provincie, le più inquinate dopo la catastrofe di Chernobyl.

Ungheria

Gli articoli degli anni 2001 e 2002 segnalano l'aumento dei casi dei difetti del sistema nervoso centrale tra i neonati (**CMs**).

Moldova

Tra 8'509 casi registrati di **CMs** dal 1989 al 1996 si osserva un'alta frequenza di *sindrome di Down, deformazione degli arti strutturali, ernia embrionale*, in particolare, nelle zone più inquinate al sud del paese.

Norvegia

Si osserva la correlazione positiva tra maggio 1983 e aprile 1989 tra totale irradiazione calcolata dopo Chernobyl e **CMs**.

Turchia

Si osserva l'aumento di **CMs** all'inizio del 1987 in Turchia dell'Est, più inquinata, - *spina bifida occulta e aperta, encephalocele, anencephaly*, a **Burza, Izmir**, costa del **Mar Nero**.

Malattie e morbidità oncologiche

Gli alti livelli di Te-132, Ru-103, Ru-106, Cs-134 durante l'esplosione e la continua irradiazione da Cs-137, Sr-90, Pu e Am genereranno neoplasie per centinaia di anni in avanti.

Bielorussia

Negli anni 1999-2000 la morbidità oncologica è cresciuta al **40 %**.

Nelle zone più contaminate come la provincia di Gomel al 52 %, nella provincia di Brest al 33 %, nella provincia di Mogilev al 32 % (*articolo del 2004*).

Il livello di morbidità è correlato con la contaminazione dell'area.

1999 – 2004 – i casi di cancro sono aumentati da 0,26 a 0,38 % (**più 46 %**), nella provincia di Gomel da 0,25 a 0,42 % (**più 68 %**).

Cancro della tiroide

Bielorussia

L'incidenza dei casi è cresciuta di **43 volte dal 1989 al 1994**, da 0,03 a 0,13 casi per 1'000 persone (*1, articolo 1996, cit. pag. 165*).

A 18 anni dalla catastrofe il cancro della tiroide tra individui che avevano al momento dell'avaria **meno di 18 anni è cresciuto di 200 volte**.

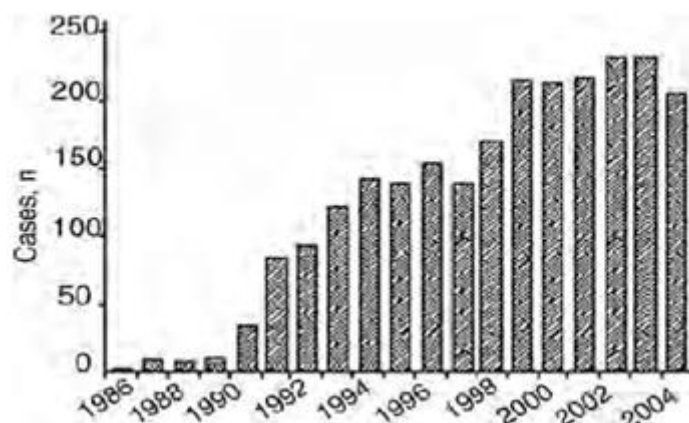


Figura 10. La morbilità del cancro della tiroide tra i bambini da 0 a 18 anni nel 1986 (National Belarussian Report, 2006)

Ucraina

L'incidenza è cresciuta di 5,8 volte tra il 1990 e il 1995, di 13,8 volte nel periodo 1996-2001, di 19 volte nel periodo 2002-2004. Prima di Chernobyl era 0,09 per 1'000, nel 1990 – 0,57 – 0,63 per 1'000 persone.

Francia

Provincia Marne-Ardenne – la percentuale del cancro della tiroide di dimensioni meno di 5 mm è salita del 20 % (da 7 a 27 %) dal 1975 al 2005. L'incidenza di cancro è aumentata tra le donne al 360 % e tra gli uomini al 500 %.
1975-1990 - aumento di 5,2 volte per gli uomini e 2,7 % per le donne.



Figura 11. Contaminazione in Francia da I-131 proveniente dalla catastrofe di Chernobyl (Cherie-Challine et al., 2006)

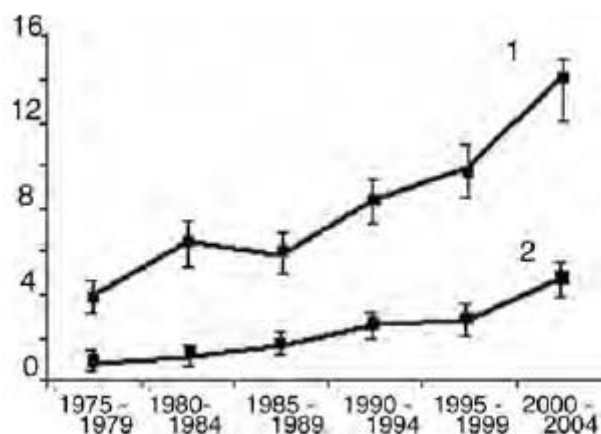


Figura 12. L'incidenza del cancro della tiroide (per 100'000) nelle province Marne-Ardenne, Francia, 1975-1994 (Cherie-Challine et al., 2006).
Curva in alto – uomini, curva in basso – donne.

Il cancro della tiroide è causato non solo da I-131, ma anche da altri radionuclidi, come Te-132, Ru-103, Ru-106, Cs-134, Cs-137.

Repubblica Ceca

Dal 1976 al 1990 si osserva un aumento del 2 % all'anno.

Dal 1990 per donne e uomini un aumento del 4,6 %/anno.

Inghilterra

In Cumbria aumento del 12,2 %.

Grecia

Il Grafico No 13 mostra il picco dei casi nel 1990, con l'incidenza del cancro della tiroide tra le donne 4 volte di più rispetto gli uomini.

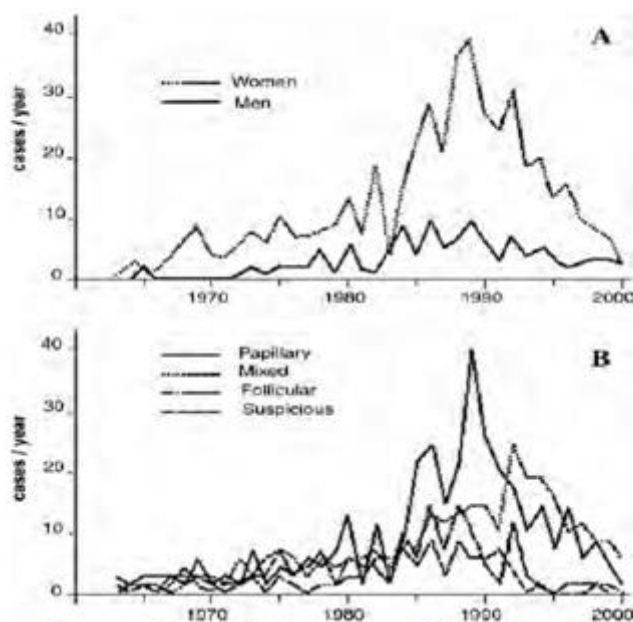


Figura 13. L'incidenza dei tipi istologicamente diversi del cancro della tiroide tra le donne (A, linea sopra) e gli uomini (A, linea sotto) in Grecia nel 1963-2000 (Ilias et al., 2002)

Italia

1988-2002: aumento di 2 volte. È probabile che i dati siano sottostimati.

Romania

Come si vede dal Grafico No 14, il picco è nel 1997, 11 anni dopo la catastrofe.

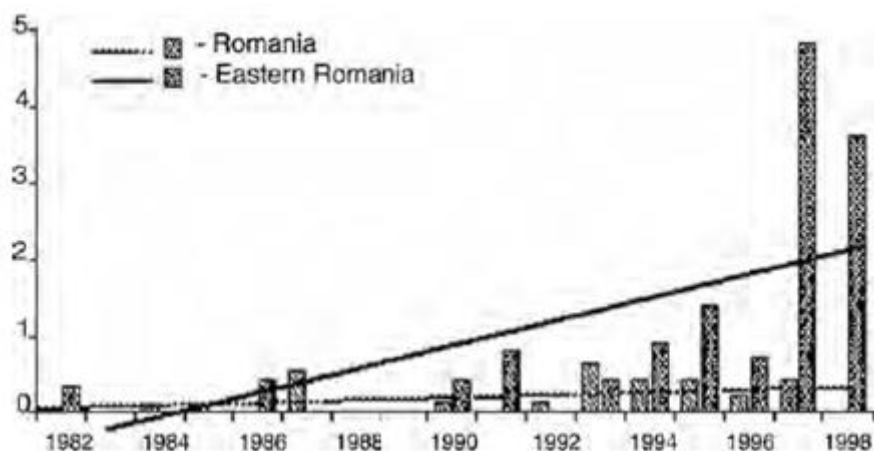


Figura 14. La morbilità del cancro della tiroide (casi per 10'000) nelle zone contaminate dopo la catastrofe in Romania dal 1982 al 1998 (Davydescu, 2004)

Svizzera

Secondo **Swiss Cancer Registries Network**, si registra un aumento di carcinoma papillifero della tiroide.

USA

In Connecticut sono arrivate 2 nubi separate: a metà maggio e a metà giugno 1986 – la concentrazione di I-131 risultava superiore al limite di **7-28 volte**.

Il cancro della tiroide è salito tra gli adolescenti con meno di 15 anni da **0,16 a 0,31** per 1'000'000 dal 1985-1989 al 1990-1990.

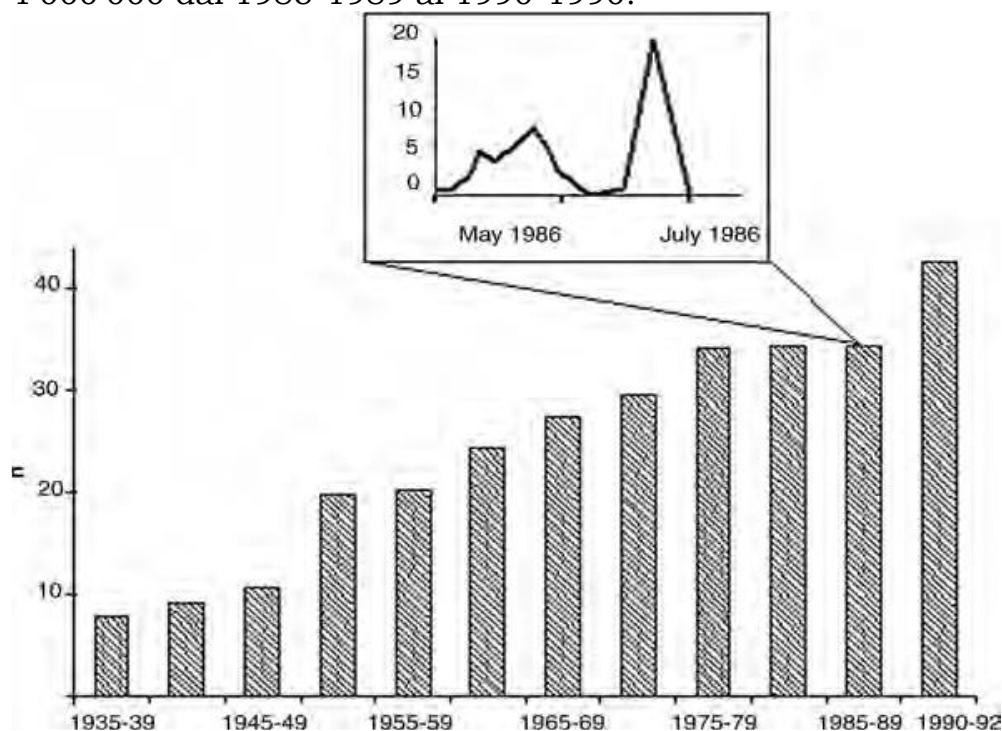


Figura 15. L'incidenza del cancro della tiroide nei bambini (per 1'000'000) dal 1935 al 1992 e la concentrazione del I-131 nel latte in Connecticut (Reid and Mangano, 1995)

Leucemia e mortalità infantile

Germania dell'Est

Per i bambini nati tra il 01.07.1986 e il 31.12.1987 è stato registrato l'aumento dei casi di leucemia di 1,5 volte.

Grecia

L'aumento dei casi di leucemia di 2,6 volte per i nati tra il 01.07.1986 e il 31.12.1987, esposti nell'utero all'irradiazione, rispetto al periodo pre-Chernobyl.

Prima di Chernobyl le nascite dei bambini morti sono aumentate dopo il fallout nucleare proveniente dai test in atmosfera (1, cit. pag.192), come anche dopo Chernobyl sono aumentati gli aborti spontanei (prima della 27^a settimana) e le nascite di bambini morti in **Bielorussia, Ucraina e Russia**, in particolare, nelle zone più inquinate. In Ucraina la disfunzione delle ovaie è aumentata di circa 3 volte dopo il 1986.

Finlandia

La mortalità infantile è aumentata subito dopo l'incidente fino al 1993.

Germania e Polonia

Sono stati registrati picchi di mortalità infantile all'inizio e alla fine del 1987.

Svezia

La mortalità infantile è aumentata subito dopo l'incidente e poi nel 1989-1992.

Svizzera

La mortalità infantile è aumentata nel 1988 e poi nel 1989-1990.

A giugno 1986 è stata registrata la diminuzione di 50 % delle nascite in Canton Ticino.

Croazia

Le nascite di bambini morti dal 1985 al 1990 hanno avuto il picco nel 1986, all'inizio del 1987 e a settembre del 1988.

Repubblica Ceca

A novembre 1986 è stato registrato **il calo del 50 % delle nascite**.

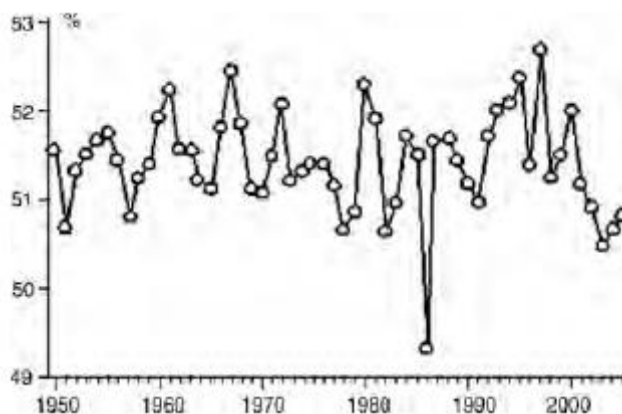


Figura 16. La percentuale dei maschi nati nella Repubblica Ceca a novembre dal 1950 al 2005. Solo a novembre 1986 le nascite risultano il 50 % in meno (Peterka et al., 2007)

Germania

Nel 1987 nelle 10 regioni della Bavaria più inquinate da Cs-137 (37,2 KBq/m² nel suolo) è stato osservato l'aumento per il **45 % delle nascite morti**. Nei distretti di Bavaria *Augsburg city*, *Berchtesgaden* e *Garmish Partenkirchen* le nascite dei bambini morti nel 1987 erano doppie, rispetto ai dati medi.

Inghilterra

A marzo 1987, 10 mesi dopo la catastrofe, è stato osservato l'aumento di mortalità perinatale nelle 3 contee più inquinate, *Cumbria, Clwyd e Gwynedd*.

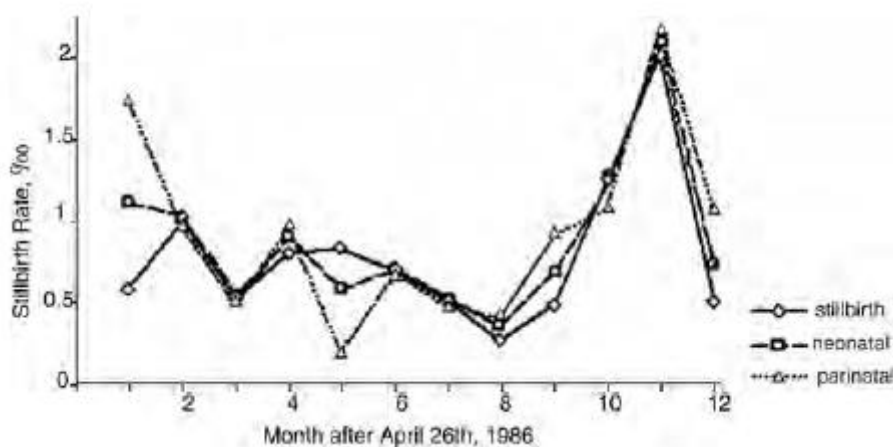


Figura 17. L'incidenza delle nascite di bambini morti, della mortalità neonatale e perinatale in Inghilterra e Wales (Busby, 1995)

Grecia

Tra il gennaio e il marzo 1987 nel paese è stata registrata la riduzione del 10 % delle nascite.

Finlandia

Tra il dicembre 1986 e il gennaio 1987 è stato osservato l'aumento dei parti prematuri tra le donne i cui **primi 3 mesi della gravidanza** cadevano al momento della esplosione.

Ungheria

E' stata registrata la riduzione delle nascite da febbraio a marzo 1987.

L'aumento degli aborti spontanei dopo Chernobyl

Finlandia

Luglio-agosto 1986 – l'aumento degli aborti nelle zone contaminate da Cs-137, dopo il 1986 – l'incidenza è salita al 20 %.

Norvegia

1986 – l'aumento di incidenza da 7,2 % a 8,3 % nelle 6 contee più contaminate.

Svezia

L'aumento degli aborti spontanei tra le donne che avevano una gravidanza di **meno di 17 settimane al momento della catastrofe**.

Italia

In Lombardia nel 1986 è stato registrato l'aumento per il **20 % degli aborti spontanei** tra le donne nei **primi 3 mesi di gravidanza al momento della catastrofe**.

Norvegia

È stato registrato l'aumento degli aborti spontanei tra le donne **che al momento della catastrofe erano nei primi 3 mesi di gravidanza**.

Subito dopo l'incidente è stato registrato l'aumento dell'incidenza delle nascite di bambini morti, della morte dei neonati e il peso basso dei neonati associati all'esposizione in utero:

in Svezia e Grecia per il 10 % su alcuni territori,

in Polonia – per il 5 %,

in Norvegia, Ungheria, Finlandia – più 20 %,
 Inghilterra e Wales – raddoppio a febbraio 1987,
 Danimarca – più 20 %,
 Islanda e Ungheria – più 30 % per paese (1, art. 2006, cit. pag. 199).

6. Le conseguenze della catastrofe sull'ambiente in Europa:

l'aria, i bacini acquatici, il suolo

1 anno dopo l'incidente nel raggio di 7 km dalla NPP elettroconduttività nell'aria e nel suolo era **250-570 volte più alta**, rispetto a territori distanti alcune centinaia di km. Nella zona di esclusione di 30 km la **radiolisi** dell'aria ha depresso gli ecosistemi. La concentrazione dell'aria ionizzata nelle zone vicino a NPP superava tale nella regione di Kaluga in Russia e Zhitomir in Ucraina di **130-200 volte**.

Da aprile a maggio 1986 la radioattività nell'aria in Bielorussia è aumentata di 1 milione di volte.

Radionuclide	Minsk City, April 28–29	Baryshevka, Kiev Province, April 30–May 1
Te-132	74	3,300
I-131	320	300
Ba-140	27	230
Cs-137	93	78
Cs-134	48	52
Se-141	–	26
Se-144	–	26
Zr-95	3	24
Ru-103	16	24

Tabella 18. La concentrazione (Bq/m³) di alcuni radionuclidi 29.04-01.05.1986 in Bielorussia e Ucraina (Kryshev and Ryazantsev, 2000).

In **Berezinsk Riserva Naturale** (400 km da NPP) il 27-28.04.1986 la concentrazione di I-131 e di Cs-137 nell'aria era 150-200 Bq/m³ e 9,9 Bq/m³. A **Khoiniki** nel 1986 la concentrazione di **Cs-137** media durante l'anno era 3,2 x 10⁻² Bq/m³, a Minsk – 3,8 x 10⁻³ Bq/m³, - **livelli che superavano di 10'000 e 1'000 volte la concentrazione pre-catastrofe (meno di 10⁻⁶ Bq/m³!).**

A Khoiniki la concentrazione media annuale nel 1986 del Pu-239 e Pu-240 nell'aria era 8,3 x 10⁻⁶ Bq/m³ e a Minsk – 1,1 x 10⁻⁶ Bq/m³ – 1'000 volte di più rispetto alla concentrazione pre-catastrofe (meno di 10⁻⁹ Bq/m³!).

Il semi-periodo di pulizia dell'aria dal **Pu** era 14,2 mesi, dal Cs-137 – 40 mesi. Alti livelli di questi radionuclidi sono stati determinati tanti anni dopo la catastrofe.

Il livello di contaminazione radioattiva dell'aria in Bielorussia ha avuto 3 componenti dinamici:

1. La situazione radiologica generale
2. La dinamica ciclica connessa con cambi stagionali (attività agricola)
3. La dinamica accidentale (fattori antropogenici naturali, come **incendi**).

Nel 1992 l'impatto dell'incendio attorno alla centrale di Chernobyl era così grande che il livello medio di radionuclidi è salito sostanzialmente in aria, aumentando la contaminazione umana per inalazione dell'aria.

Nei territori con alta concentrazione di radionuclidi nel suolo l'aria calda degli incendi si è alzata fino a 3 km ed è stata trasportata a centinaia di km.

In Russia una radioattività fino a 10'000 volte più alta rispetto ai livelli pre-catastrofe è stata registrata anche a Vladivostok.

Anni dopo la catastrofe la contaminazione radioattiva secondaria da polvere ed aerosol si trasportava via aria varie volte.

A settembre 1992 l'aerosol alzato e portato con vento dalla zona di esclusione di 30 km intorno alla NPP, è stato registrato a **Vilnius in Lithuania** (oltre 400 km) entro 5-7 ore. **La concentrazione del Cs-137 dell'aerosol superava il limite di 100 volte.**

Canada

3 nubi radioattive entrano in Canada: il 06.05.1986, il 14.05.1986 e il 25-26.05.1986. Il fallout include: Be-7, Fe-59, Nb-95, Zr-95, Ru-103, Ru-106, Cs-137, I-131, La-141, Ce-141, Ce-144, Mn-54, Co-60, Zn-65, Ba-140.

Danimarca

Il 27-28.04.1986 la concentrazione di Cs-137 era 0,24 Bq/m³, Sr-90 – 5,7, Pu-239/Pu-240 – 51 Bq/m³, Am-241 – 5,2 µBq/m³.

Finlandia

Nuclide	Activity	Nuclide	Activity
I-131	223,000	Te-131m	1,700
I-133	48,000	Sb-127	1,650
Te-132	33,000	Ru-106	630
Cs-137	11,900	Ce-141	570
Cs-134	7,200	Cd-115	400
Ba-140	7,000	Zr-95	380
Te-129m	4,000	Sb-125	253
Ru-103	2,880	Ce-143	240
Mo-99	2,440	Nd-147	150
Cs-136	2,740	Ag-110m	130
Np-239	1,900		

Tabella 19. Radioattività nell'aria (mBq/m³) dei 19 radionuclidi in Finlandia, Nurmijarvi, 28.04.1986 (Sinkko et al., 1987).

Come si vede dalla *Tabella 19*, già 2 giorni dopo la catastrofe nell'aria della Finlandia si misuravano 19 radionuclidi in altissima concentrazione.

Giappone

Sono state registrate 2 nubi radioattive: in altezza di 1'500 m il 01.05.1986 e oltre 6'000 m di altezza a fine maggio. Sono stati identificati 20 radionuclidi che includevano Cs-137, I-131 e Ru-103. La concentrazione di Cs-134/137 nell'aria del nord-ovest del Giappone è aumentata di 1'000 volte.

Un'alta concentrazione di Cs-137 è stata registrata in Giappone fino alla fine del 1988.

Iugoslavia

È stato registrato l'aumento della concentrazione di Pu-238/239/240 nell'aria a Belgrado.

Scozia

La sera del 03.05.1986 il fallout includeva Te-132, I-132, I-131, Ru-103, Cs-137, Cs-134, Ba-140/La-140.

USA

La nube di Chernobyl è stata notificata nel mare di Bering, attraversando l'Artico nella bassa troposfera e l'Oceano Pacifico nella troposfera di media altezza. La prima nube è arrivata il 10.05.1986, la seconda – il 20-23.05.1986.

I bacini acquatici

La contaminazione è stata depositata via pioggia/neve nel suolo e nei bacini acquatici, nei fiumi Dnepr, Pripyat, Neman, Volga, Don, Zapadnaya Dvina/Daugava.

Nei primi giorni dopo la catastrofe l'attività totale nel fiume Pripyat vicino a NPP era > di 3'000 Bq/l, alla fine di maggio è scesa fino a 200 Bq/l.

La concentrazione massimale di **Pu-239** nel fiume Pripyat era **0,37 Bq/l**.

A maggio-giugno 1986 il livello di radioattività nei bacini idrici di Kiev superava di 100'000 volte il livello pre-catastrofe.

La concentrazione di I-131 nei bacini idrici nella provincia di Leningrado (Sosnovy Bor) il 02.05.1986 era 1'300 Bq/l, il 04.05.1986 – 740 Bq/l.

A luglio 1986 il fango nei bacini idrici vicino alla NPP conteneva:

Ni-98 – 27 KBq/kg, Ce-144 – 20,1 KBq/kg, Zr-96 – 19,3 KBq/kg.

I **molluschi Bivalvia** nel **fiume Dnepr** hanno assorbito una sostanziale quantità di **Sr-90**, le piante acquatiche – il 10-40 %, i pesci – il 2 %, i molluschi Gastropoda – da 1 a 10 %, il plankton c.a. l'1 %.

Le piante acquatiche del **fiume Dnepr** hanno assorbito il **85-87 % del Cs-137**, lo zoobentos – 1-8 %, i pesci – 1-8 %, i molluschi Gastropoda – c.a. l'1 %.

Come si vede dalla *Tabella 20*, il bioaccumulo nei molluschi, nelle piante acquatiche e nei pesci può superare la concentrazione dei radionuclidi in acqua migliaia di volte.

Radionuclide	Mollusks	Water plants	Fishes (bream, sander, roach, silver bream)
Ce-141, Ce-144	3,000–4,600	20,000–24,000	500–900
Ru-103, Ru-106	750–1,000	11,000–17,000	120–130
Cs-134, Cs-137	178–500	2,700–3,000	100–1,100
Zr-95	2,900	20,000	190
Ni-95	3,700	22,000	220
Sr-90	440–3,000	240	50–3,000
Pu	—	4,175	98
Am	—	7,458	1,667
I-131	120	60	2–40

*Concentration in aquatic flora and fauna as compared with concentration in water.

Tabella 20. Il coefficiente di accumulo di alcuni radionuclidi negli organismi acquatici, rispetto al contenuto nell'acqua, nel fiume Dnepr e nel bacino idrico di Kiev, 1986-1989 (Kryshev and Ryazantsev, 2000).

Più del 90 % del Pu/Am nei bacini acquatici si è concentrato nei sedimenti. Più del 99 % dello Sr-90 è migrato nello stato dissolto.

Le concentrazioni di Cs-137 e Sr-90 nei sistemi acquatici erano correlati con la concentrazione del suolo. La concentrazione del Cs-137 nel fiume Pripyat nei territori dove il suolo aveva la contaminazione 1,480 KBq/km², raggiungeva 3 Bq/l, lo Sr-90 – 0,7 Bq/l.

In Bielorussia nel **distretto Vetka**, territorio molto inquinato, nel lago Svjetsko la concentrazione di radionuclidi nell'acqua era 8,7 Bq/lt, nelle piante acquatiche – 3'700 Bq/lt, nei **pesci – 39'000 Bq/lt**.

In altri paesi, come Finlandia, Polonia, Canada (Tabella 21), i dati mostrano la concentrazione **1'000 volte più alta rispetto il livello pre-catastrofe e 80 volte di più rispetto ai test nucleari degli anni '60**.

Radionuclide	Maximum concentration	Location	Date	Reference
Cs-137	5,300 Bq/m ³ *	Finland	1986	Saxen and Aaltonen, 1987
	325 mBq/liter	Canada, Ontario	May 1986	Joshi, 1988
	700 Bq/liter	France, Paris	Apr. 29–30, 1986	Thomas and Martin, 1986
Sr-89	11,000 Bq/m ³	Finland	1986	Saxen and Aaltonen, 1987
Te-132	7,400 Bq/liter	France, Paris	Apr. 29–30, 1986	Thomas and Martin, 1986

*About 1,000 times higher than the precatastrophe concentration, and up to 80 times higher than the highest values after the nuclear weapons test period in the 1960s.

Tabella 21. La concentrazione di radionuclidi nell'acqua piovana e nell'acqua in alcuni paesi, 1986-1987.

In Scozia subito dopo la catastrofe la concentrazione nel mare di Te-132, I-132, I-131, Ru-103, Cs-137, Cs-134, Ba-140, La-140 era di **7'000 Bq/lt**.

Grecia

La vastità del fallout radioattivo di Chernobyl il 05-06.05.1986 mostrano i dati della Tabella 22 in Grecia:

Radionuclide	Maximum concentration
I-131	117,278
Te-132	70,700
I-132	64,686
Ru-103	48,256
Ba-140	35,580
Cs-137	23,900
La-140	15,470
Cs-134	12,276

Tabella 22. Attività di alcuni radionuclidi dopo il fallout di Chernobyl in Thessaloniki, Grecia (Bq/m²), 5-6 maggio 1986 (Papastefanou et al., 1988).

Mare del Nord

Nei sedimenti la concentrazione di Ru-103 era 670 Bq/lt (era isotopo prevalente).

La schiuma del mare conteneva una concentrazione di alcune migliaia di volte di più rispetto alla concentrazione nell'acqua del mare. Il Cs-137 e Cs-134 migravano nei sedimenti più velocemente, Ru-106 e Ag-110 si accumulavano nella schiuma.

Olanda

L'attività dei I-131, Te-132, I-132, La-140, Cs-134, Cs-137 e Ru-103 nell'acqua piovana in area di Nijmegen il 01-21.05.1986 era 9 KBq/lt. L'attività totale caduta in questo periodo è stata stimata in 55 GBq.

Polonia

Nel mare baltico la concentrazione di Pu-239 e Pu-240 era 30-98 Bq/m² in 3 zone di campionamento. Il **fiume Vistula** ha ricevuto 192 MBq di Pu-239/240,

portando isotopi nel mare Baltico. La concentrazione del Cs-137 nel lago Sniardwy era 6'100 Bq/m².

Svezia

La concentrazione annuale del Cs-137 nelle acque superficiali del mare durante 1986-2004 è scesa da 150 a 50 Bq/lt, rimanendo sempre circa 5 volte più alta, rispetto il livello pre-catastrofe (linea tracciata).

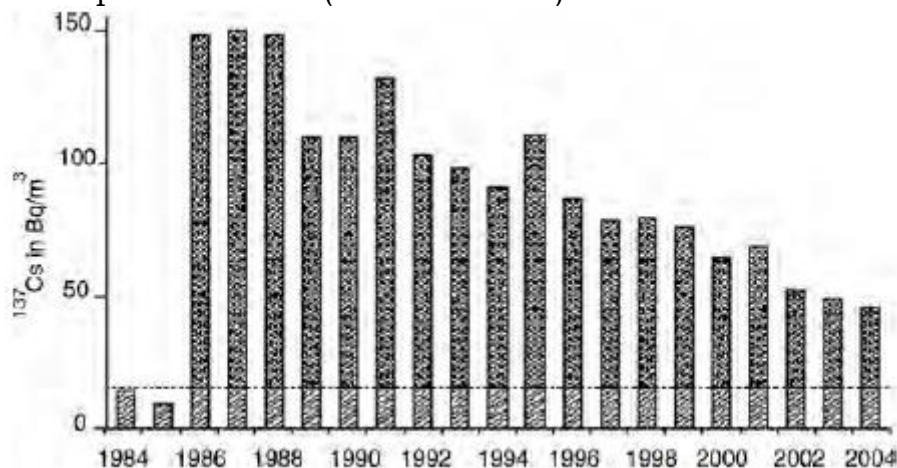


Figura 23. La concentrazione media annuale del Cs-137 (Bq/lt) nell'acqua superficiale del Gotland, Svezia (campionamento fino a 10 m) nel 1984-2004. Linea tracciata – il livello pre-Chernobyl (1984-1985) (HELCOM, 2006).

Mar Tirreno

Il monitoraggio pluriennale dimostra la dinamica del contenuto del Cs-137 nell'acqua del Mar Tirreno che varia da 5-50 mBq/lt durante gli anni 1963-1985 e raggiunge il picco di c.a. **700 mBq/lt nel 1986** (Figura 24).

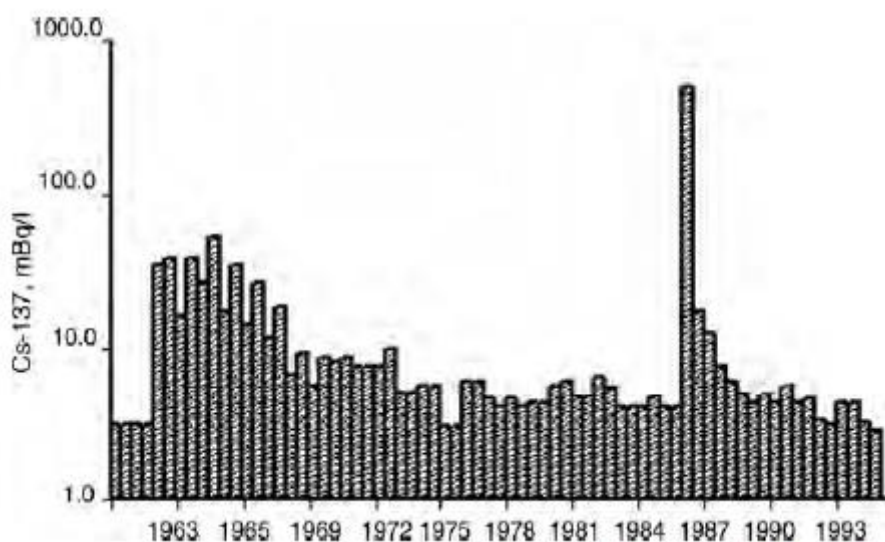


Fig.24. *La concentrazione del Cs-137 (mBq/lt) nell'acqua superficiale del Mar Tirreno, 1960-1995 (Europe Environmental Agency, 1999).*

Suolo

Campi arati e pascoli nel raggio da 50 a 650 km intorno alla NPP contenevano da 25 a 1'000 KBq/m² di Cs-137 (spessore fino a 5 cm), Sr-90 – da 1,4 a 40 KBq/m².

Austria

A maggio 1986 nella provincia di Salzburg la concentrazione del Cs-137 nel suolo era 31 KBq/m² (max misurato 90 KBq/m² e 200 KBq/m²).

10 anni dopo la catastrofe il 54 % del Cs-137 si è depositato a 2 cm in profondità del suolo in una foresta di pini.

Bulgaria

Nelle zone contaminate è stato misurato un livello di Cs-137 di 81,8 KBq/m²,
8 volte più alto rispetto ai livelli depositati durante test nucleari.

Croazia

Nelle zone contaminate nel 1986 è stato misurato un livello di Cs-137 di 6,3 KBq/m².

Danimarca

Nelle zone contaminate è stato misurato un livello di Cs-137 e Sr-90, rispettivamente, di 1,3 e 38 Bq/m².

Isole Faeroe – Cs-137 = 2 KBq/m², Greenland = 188 Bq/m².

Estonia

Nelle zone contaminate è stato misurato un livello di Cs-137 = 40 KBq/m².

Francia

Secondo il Laboratorio indipendente **CRIIRAD** (1988), nelle zone contaminate è stato misurato un livello di **Cs-137 = 545 KBq/m², nelle alpi francesi = 400 KBq/m².**

Germania

A giugno 1986 nelle zone contaminate sul suolo è stato misurato un livello di Cs-137=6 KBq/m², CS-137 nella Swabia alta = 43 KBq/m², a Bonn 1,38 KBq/m², Cs-134/137 in Germania del sud 60 KBq/m², Te-132 a Monaco – 120 KBq/m².

Irlanda

Subito dopo il fallout il livello di Cs-134/137 era 14'200 Bq/m², - **20 volte più alto rispetto il livello pre-catastrofe.**

Italia

Sulle montagne del Friuli Venezia Giulia è stato riscontrato un livello del Cs-137 di 20-40 KBq/m² e la concentrazione sul suolo (0-5 cm) nei primi 5 anni è diminuita solo per il 20 %.

Giappone

Subito dopo la catastrofe, nel suolo sono stati rilevati 20 radionuclidi (Cs-137, I-131, Ru-103, rispettivamente, 414, 19 e 1 Bq/m²).

Norvegia

Nel 1986 nei sedimenti sono stati rilevati 500 KBq/m² di Cs-134/137, 22 KBq/m² nel ghiacciaio Swalbard, 54 nel sud del paese, 200 nel suolo.

Polonia

Il 05.05.1986 il suolo (0-5 cm) conteneva una miscela di 13 radionuclidi per un totale di 360 KBq/m² (Tabella 25):

Radionuclide	Activity	Radionuclide	Activity
Te-132	29.3	Ba-140	2.5
I-132	25.7	La-140	2.4
I-131	23.6	Mo-99	1.7
Te-129m	8.0	Ru-106	1.3
Ru-103	6.1	Sb-127	0.8
Cs-137	5.2	Cs-136	0.7
Cs-134	2.7	Total	Up to 360

Tabella 25. Attività di alcuni radionuclidi dopo il fallout di Chernobyl nel suolo (KBq/m², 0-5 cm), zona Cracovia, 1° maggio 1986 (Broda, 1987).

Svezia

Le foreste contenevano 50 KBq/m² di Cs 137, fino a 200 KBq/m².

Inghilterra

Il 1-06.05.1986 a Lerwick, Shetland – 26 KBq/m² di I-131, a Holmrook, Cumbria – 41, in Scozia – 100 del Cs 134/137).

USA

L'08.05-20.06.1986 nelle isole Solomon – 4'250 Bq/m² del Cs-137, 22'000 Bq/m² del Ru-103, Portland, Oregon – l'11.05.1986 – 9'157 Bq/m² del I-131.

I depositi di radionuclidi dovuti all'esplosione di Chernobyl hanno superato quelli accumulatisi dopo i test nucleari degli anni 60.

Di conseguenza, solo la ***concentrazione di Pu è cresciuta di migliaia di volte a distanza di migliaia di km dalla NPP.*** È stata constatata la migrazione verticale dei radionuclidi e l' ***accumulo nelle radici, la migrazione attraverso la catena alimentare.***

Questo meccanismo ha aumentato il livello di contaminazione INDOOR da radionuclidi della popolazione in tutti territori contaminati da fallout.

6.1. L'impatto sulla FLORA: radiomorfosi, cambiamenti genetici

La Tabella 26 dimostra i livelli di contaminazione nel 1986 in diversi paesi di ***erba, muschio, tè ed aghi di pino*** da vari radionuclidi (Bq/kg), evidenziando che i livelli di contaminazione del muschio erano per il ***139 più alti***, rispetto il 1985 (asterischi).

Nuclide	Subject	Activity	Country	Reference
Cs-137	Moss	40,180*	Norway	Staaland <i>et al.</i> , 1995
	Hair moss	28,000	Finland	Ilus <i>et al.</i> , 1987
	Moss	20,290**	Norway	Staaland <i>et al.</i> , 1995
	Moss	12,370***	Germany	Elstner <i>et al.</i> , 1987
	Tea, <i>Thea sinensis</i>	44,000	Turkey	Gedikoglu and Sipahi, 1989
	Moss, <i>Hylocomium splendens</i>	40,000	Norway	Steinnes and Njastad, 1993
	Moss	30,000	Germany	Heinzl <i>et al.</i> , 1988
I-131	Plants	2,100	Japan	Ishida <i>et al.</i> , 1988
	Edible seaweed	1,300	Japan	Hisamatsu <i>et al.</i> , 1987
	Grass	15,000 Bq/m ²	UK	Clark, 1986
Ce-141	Pine needles	40,000	Finland	Lang <i>et al.</i> , 1988
Ru-103	Pine needles	35,000	Finland	Lang <i>et al.</i> , 1988
	Hair moss	18,000	Finland	Ilus <i>et al.</i> , 1987
Te-132	Herbs	730	Finland	Rantavaara, 1987
Sr-89	Hair moss	3,500	Finland	Ilus <i>et al.</i> , 1987

* 1987; ** 1988; *** up to 139 times higher than in 1985.

Tabella 26. La contaminazione delle piante dopo il fallout di Chernobyl, 1986.

Le **radici delle piante accumulavano 7 volte più radionuclidi** rispetto alle foglie, e i fiori accumulavano meno rispetto le foglie.

Nelle foglie della pianta **lupino** (*Lupinus*) la concentrazione di Cs-137 era 5 volte più alta, rispetto a **mais** (*Zea mays*), erba *Trifolium* ed **erba leguminosa** *Vicia* (piante che fanno parte del foraggio delle mucche e dei cavalli).

Diversi tipi di suolo accumulavano i radionuclidi diversamente. Per la **torba** si osservava il transfer veloce dal suolo alla pianta.

Il livello di accumulo di radionuclidi aveva correlazione diretta in correlazione alla concentrazione del suolo contaminato. (Figura 27)

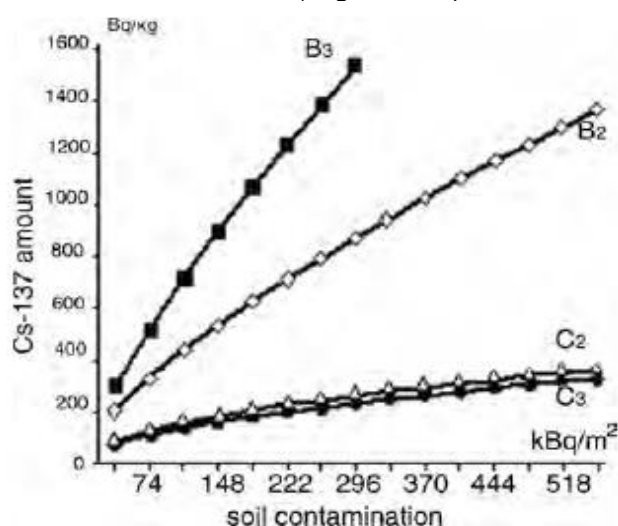


Figura 27. Contenuto del Cs-137 (Bq/kg) nei mirtilli *Vaccinum myrtillus* e nel suolo, KBq/m², in Ucraina).

È da notare che se la concentrazione dei radionuclidi nei **lamponi e nelle fragole** selvatici entro 13 anni è scesa, nei **mirtilli è rimasto un valore alto**.

Alti valori di accumulo del Cs-137 sono stati riscontrati per la **famiglia delle Ericaceae e delle Fabaceae**; **valori bassi** sono stati rilevati nelle piante della **famiglia Lamiaceae e nelle piante officinali** (*Origanum volgare*, *Salvia officinalis*, *Thymus sp.*); **valori minimi** nelle piante della **famiglia Asteraceae** (*Achillea millefolium*, *Calendula officinalis*) e nella **famiglia delle Hypericaceae** (*Hypericum perforatum*).

È stato riscontrato che il coefficiente di transizione per **Sr-90 dal suolo alle piante** è maggiore di 10-20 volte, rispetto il Cs-137, nelle stesse condizioni e per le stesse piante.

Le leguminosi tendono di accumulare Pu e Am (1, cit. pag. 265, art.2002).

Licheni e funghi accumulavano radionuclidi nelle concentrazioni alte, a seconda della concentrazione del suolo (Tabella 28).

Nella Tabella 28 sono riportati i dati di accumulo dei radionuclidi nei **licheni/funghi** nei vari paesi nel 1986, l'attività totale dei quali raggiunge **400'000 Bq/m², superando da 75 a 100 volte le concentrazioni nel periodo pre-catastrofe**.

Nuclide	Subject	Activity	Country	Reference
Cs-137	Lichen	40,040*	Norway	Staaland <i>et al.</i> , 1995
	Lichen	36,630	Poland	Seaward <i>et al.</i> , 1988
	Reindeer lichen	25,000**	Norway	Solem and Gaare, 1992
	Mushrooms	16,300	Japan	Yoshida <i>et al.</i> , 1994
	Lichen	14,560	Greece	Papastefanou <i>et al.</i> , 1988
	Mushrooms	8,300***	Germany	Elstner <i>et al.</i> , 1987
	Mushrooms	6,680	Finland	Rantavaara, 1987
Cs-135/Cs-137	Lichen, <i>Cladonia stellaris</i>	60,000	Norway	Brittain <i>et al.</i> , 1991; Steinnes <i>et al.</i> , 1993
	Mushrooms	24,000	France	Coles, 1987
Ce-144	Lichen	18,500	Poland	Seaward <i>et al.</i> , 1988
Nb-95	Lichen	8,114	Poland	Seaward <i>et al.</i> , 1988
Ru-106/Rh-106	Lichen	16,570	Poland	Seaward <i>et al.</i> , 1988
Total activity	Lichen, <i>Cladonia silvatica</i>	400,000	Ukraine	Grodzinsky, 1995b

*1987: **up to 75-fold higher than in 1985: ***up to 93-fold more than in 1985.

Tabella 28. La contaminazione dei funghi/licheni in alcuni paesi nel 1986 (Bq/kg).

Radiomorfosi

Il cambiamento della normale struttura morfologica delle piante sotto l'impatto dell'irradiazione è tipica manifestazione del territorio pesantemente contaminato. La crescita anormale di foglie, steli, radici, gemme, fiori è stata osservata entro la zona di 30 km di esclusione di Chernobyl.

Nel 1986-1987 e negli anni seguenti il numero delle **anomalie morfologiche** è cresciuto ed era maggiore sul suolo più contaminato.

La maggior parte di quelle è stata osservata nelle **conifere**.

Come si evince dai dati presentati nella Tabella 29 sulla lunghezza e sul peso degli **aghi** del **Pino selvatico** (*Pinus silvestris*) e dell'**Abete** (*Picea abies*), sul suolo più contaminato gli aghi avevano parametri morfometrici ridotti per il Pino, e più grossi per l'Abete.

Characters		Low contamination	Heavy contamination
Pine	Length of needles, mm	60 ± 4	19 ± 3
	Weight of needles, mg	80 ± 3	14 ± 2
Spruce	Length of needles, mm	116 ± 2	40 ± 3
	Weight of needles, mg	5 ± 1	95 ± 5

Tabella 29. L'impatto di irradiazione dopo la catastrofe di Chernobyl sui parametri morfometrici del Pino (*Pinus silvestris*) e dell'Abete (*Picea abies*) (Sorochinsky, 1998).

Il **frumento** (*Triticum aestivum*) ha avuto morfologie anomale, spighe troncate, gigantismo, sterilità ecc. La tendenza di normalizzazione delle anomalie è stata osservata nelle 4-6 generazioni dopo la catastrofe, ma è stato constatato l'**accumulo delle mutazioni**.

Cambiamenti genetici

Subito dopo l'esplosione sono aumentate le mutazioni e questo livello è rimasto alto per anni. Dalla Tabella 30 si evince che la frequenza (in %) delle mutazioni di clorofilla nella **segale** (*Secale seriale*) e nell'**orzo** (*Hordeum vulgare*) è aumentata sul territorio di 30 km della zona di esclusione, rispettivamente, **di 57-70 volte e di 2 volte**, rispetto al controllo. La frequenza delle mutazioni nel **frumento** (*Triticum aestivum*) era **6 volte più alta** sul territorio più contaminato.

	Control	Contamination Years				
		1986	1987	1988	1989	
Rye, var. "Kiev-80"	0.01	0.14	0.40	0.91	0.71	
Rye, var. "Kharkov-03"	0.02	0.80	0.99	1.20	1.14	
Barley, var. # 2	0.35	0.81	0.63	0.70	0.71	

Tabella 30. La frequenza (%) delle mutazioni della clorofilla nell'orzo (*Hordeum vulgare*) e nella segale (*Secale seriale*) nella zona di 30 km sul suolo contaminato da Cs-134/137, Ce-144, Ru-106 (Grodzinsky et al., 1991)

Come si vede dalla Tabella 31, la % delle **aberrazioni cromosomiche** sul territorio contaminato nel meristema delle radici di **lupino, pisello, segale, frumento ed orzo** è aumentata, rispettivamente, di 17.6, 39.5, 24.8, 17.8 e 12 volte, rispetto al controllo.

	Control	Years				
		1986	1987	1988	1989	
<i>Lupinus alba</i>	0.9	19.4	20.9	14.0	15.9	
<i>Pisum sativum</i>	0.2	12.9	14.1	9.1	7.9	
<i>Secale cereale</i>	0.7	14.9	18.7	17.1	17.4	
<i>Triticum aestivum</i>	0.9	16.7	19.3	17.7	14.2	
<i>Hordeum vulgare</i>	0.8	9.9	11.7	14.5	9.8	

Tabella 31. La frequenza delle aberrazioni cromosomiche nelle radici di alcune piante coltivate sul territorio contaminato dopo il fallout di Chernobyl, 1986-1989 (Grodzinsky, 2006).

A dipendenza della contaminazione del suolo da **37 a 370 KBq/kg** è salito anche l'**indice mitotico (da 4.4 a 117)**.

Le aberrazioni cromosomiche della radice apicale della **cipolla** (*Allium cepa*) erano in diretta correlazione con la concentrazione del suolo, il numero delle cellule degenerative è salito da **100 a 900**, in correlazione della contaminazione del suolo (Tabella 32).

Soil activity, kBq/kg	Number of cells, n	Mitotic index, %	Percent of control		
			Aberrant cells	Cells with micronucleus	Degenerate cells
Control	15,005	4.1	100	100	100
37	33,275	4.4	240	171	250
185	29,290	4.4	216	129	500
370	23,325	117	150	229	900

Tabella 32. Le aberrazioni cromosomiche della radice apicale della cipolla (*Allium cepa*) a seconda del livello di contaminazione del suolo (Grodzinsky, 2006).

La frequenza media delle **mutazioni** nel **Pino** (*Pinus silvestris*) in correlazione alla densità di contaminazione era **10 volte più alta nel raggio di 30 km**, rispetto al controllo, e persisteva anche 8 anni dopo l'avaria.

Secondo il linguaggio dei botanici, nella zona di esclusione di 30 km è stata osservata **“la catastrofe geobotanica”: il disordine cromosomico** che persisterà per tanti anni – inversione, traslocazione, cambio di quantità dei cromosomi, alta percentuale di pollini non sviluppati, di ultra-piccole dimensioni. Le **conifere** hanno sofferto di più (**“Foresta rossa”**), - sofferenza dovuta all'alta concentrazione di **Anthocyanin (colore viola)**.

L'accumulo di *anthocyanina* è stato osservato nel **mais, nel fagiolo** e nella pianta *arabidopsis*, sempre a seconda del livello di contaminazione (Tabella 33).

	Levels of irradiation	Anthocyanin (% of control)
Corn (<i>Zea mays</i>), sprouts	Soil 975 Bq/kg	119
Mung (<i>Phaseolus aureus</i>)	Chronic irradiation, 0.5 Gy	157
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Chronic irradiation, 0.5 Gy	173

Tabella 33. I cambiamenti di anthocyanina nelle piante irradiate (Grodzinsky, 2006).

La radiosensibilità di alcune specie di piante è aumentata sotto l'influenza cronica delle irradiazioni a dosi basse, nella zona di 30 km, **con una graduale perdita di riparazione del DNA**.

6.2. L'impatto sulla FAUNA

Lo shock radioattivo del 1986, combinato con basse dosi di radioattività, ha avuto impatto sul **disordine morfologico, fisiologico e genetico** di ogni specie di animali studiati – **mammiferi, uccelli, anfibi, pesci, invertebrati**.

Reports che riguardano le **“popolazioni fiorenti”** in prossimità della NPP per alcune specie di uccelli e mammiferi presenti nella natura selvatica concernono solo le popolazioni migranti e non riguardano le popolazioni locali.

Quasi 3 decenni dopo la catastrofe il livello di radionuclidi incorporati rimane pesantemente alto negli animali vicino a NPP e in alcune aree europee.

Il livello delle mutazioni nelle popolazioni degli animali nei territori contaminati è significativamente alto, esiste l'instabilità genomica transgenica nelle popolazioni. Le osservazioni di lungo termine delle popolazioni selvatiche ed sperimentali nei territori pesantemente contaminati mostrano un significativo **aumento di morbidità e mortalità**, simili ai cambiamenti della salute umana - aumento dell'incidenza dei tumori, immunodeficienza, riduzione di vita, l'invecchiamento precoce, cambiamenti della formula del sangue, disordini del sistema circolatorio, riproduttivo, genetici, malformazioni ecc.

È bene ricordare che l'*homo sapiens* fa parte del mondo animale e soffre le stesse conseguenze di salute che si osservano tra gli animali.

Ci sono centinaia di articoli pubblicati dei veterinari in Ucraina, Bielorussia e Russia che mostrano il **deterioramento di salute di mucche, maiali, pecore, galline nelle aree contaminate da radionuclidi**.

6.2.1. Gli ungulati e i roditori

Nuclide	Bq/kg	Species	Country	Reference
Sr-90	1,870	Bank vole (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	Belarus	Ryabokon' <i>et al.</i> , 2005*
Cs-137	400,000	Bank vole (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	Belarus	Ryabokon' <i>et al.</i> , 2005*
	187,000	Wild swine (<i>Sus scrofa</i>)	Russia	Pel'gunov <i>et al.</i> , 2006
	74,750	Roe deer (<i>Capreolus capreolus</i>)	Russia	Pel'gunov <i>et al.</i> , 2006
	48,355	Common shrew (<i>Sorex araneus</i>)	Russia	Ushakov <i>et al.</i> , 1996
	42,000	Little shrew (<i>Sorex minutus</i>)	Russia	Ushakov <i>et al.</i> , 1996
	24,630	Yellow neck mouse (<i>Apodemus flavicollis</i>)	Russia	Ushakov <i>et al.</i> , 1996
	7,500	Brown hare (<i>Lepus europaeus</i>)	Russia	Pel'gunov <i>et al.</i> , 2006
	3,320	Moose (<i>Alces alces</i>)	Russia	Pel'gunov <i>et al.</i> , 2006
	1,954	White tailed deer	Finland	Rantavaara, 1987
	1,888	Arctic hare (<i>Lepus timidus</i>)	Finland	Rantavaara <i>et al.</i> , 1987
	1,610	Moose (<i>Alces alces</i>)	Finland	Rantavaara <i>et al.</i> , 1987
	760 ¹	Moose (<i>Alces alces</i>)	Sweden	Johanson and Bergström, 1989
	720	Reindeer (<i>Rangifer tarandus</i>)	Finland	Rissanen <i>et al.</i> , 1987
Cs-134	60,000	Bank vole (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	Belarus	Ryabokon' <i>et al.</i> , 2005*
Cs134/Cs-137	100,000	Reindeer (<i>Rangifer tarandus</i>)	Norway	Strand, 1987
	15,000	Sheep (<i>Ovis ammon</i>)	Norway	Strand, 1987
	3,898	Sheep (<i>Ovis ammon</i>)	Great Britain (Cumbria)	Sherlock <i>et al.</i> , 1988
	3,200	Roe deer (<i>Capreolus capreolus</i>)	Germany	Heinzl <i>et al.</i> , 1988
Pu-239 + Pu-240	1.3	Bank vole (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	Belarus	Ryabokon' <i>et al.</i> , 2005*
Pu-238	0.6	Bank vole (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	Belarus	Ryabokon' <i>et al.</i> , 2005*
Am-241	12	Bank vole (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	Belarus	Ryabokon' <i>et al.</i> , 2005*
	<0.01	Wild boar (<i>Sus scrofa</i>)	Belarus	Borysevich and Poplyko, 2002
Ag-110m	74	Cow (<i>Bos taurus</i>)	Great Britain, 1986	Jones <i>et al.</i> , 1986
Total gamma	58,000	Roe deer (<i>Capreolus capreolus</i>)	Western Europe	Eriksson <i>et al.</i> , 1996
	113,000	Wild boar (<i>Sus scrofa</i>)	France	Tchynkin, 1997
	79,500 d.w. ²	Otter scats	Scotland, July 1986	Mason and MacDonald, 1988

*Calculation from figure (A.Y).

¹Up to 33 times higher than pre-Chernobyl level (Danell *et al.*, 1989).

²10.7 times higher than the pre-Chernobyl peak concentration.

Tabella 34. Il contenuto di radionuclidi nei muscoli di alcuni animali (Bq/kg, peso umido) dopo la catastrofe.

Nella Tabella 34 sono riportati i parametri dei radionuclidi nei muscoli di alcuni animali:

Cs-137: roditore *Clethrionomys glareolus* – **400'000** Bq/kg (Bielorussia), **cinghiale** *Sus scrofa* – **187'000** (Russia), **capriolo** *Capriolous capriolus* – **74'750** (Russia), **toporagno** *Sorex araneus* - **48'355** (Russia), **lepre** *Lepus europeus* – **7'500** (Russia), **lepre bianca** *Lepus timidus* – **1'888** (Finlandia), **alce** *Alces alces* – **1'610** (Finlandia) e **760** (Svezia);

Cs-134/Cs-137: renna *Rangifus tarandus* - **720** Bq/kg (Finlandia), **pecora selvatica** *Ovis ammon* – **15'000** (Norvegia), **3'898** (Inghilterra, Cumbria);

Pu-239/240: roditore *Clethrionomys glareolus* – **1.3** Bq/kg (Bielorussia);

Am-241: roditore *Clethrionomys glareolus* – **12** (Bielorussia);

Ag-110: bovino *Bos taurus* – **74** (Inghilterra, Cumbria).

5 anni dopo il meltdown un'elevata concentrazione di **Am-241** è stata rilevata nei **roditori** *Clethrionomys glareolus* nelle aree con alta contaminazione.

10 anni dopo il livello è salito ancora e in futuro si prevede un ulteriore aumento.

Il livello di **bioaccumulo** per il **capriolo** *Capriolous capriolus* varia da 10 a 30 volte, a seconda della stagione.

In Ucraina il livello di **Cs-137** nei **topi** (*Muridae*) e negli organi interni dei giovani **cervi** è salito di 11 volte. La maggiore concentrazione è stata osservata nei cervi che si nutrivano di **quercia, mirtilli, Calluna vulgaris** (*Ericaceae*).

10 anni dopo la catastrofe nelle aree contaminate d'Europa occidentale la radioattività della carne di **capriolo** *Capriolous capriolus* raggiungeva **58'000 Bq/kg**, del **cinghiale** *Sus scrofa* – **113'000 Bq/kg** (1, cit. art. 1995, p.278).

La *Tabella 35* indica l'accumulo del Cs-137 (Bq/kg del peso umido) nei muscoli di alcuni mammiferi provenienti dal territorio contaminato a livello di **8-28 Ci/km²** nella provincia di Bryansk:

cinghiale (*Sus scrofa*) – 250-**187'900** Bq/kg;

capriolo (*Capreolus capreolus*) – 800 – **74'750** Bq/kg;

alce (*Alces alces*) – 240 – **3'320** Bq/kg;

lepre (*Lepus europeus*) – 504 – **7'500** Bq/kg.

Il **limite ammissibile secondo le norme russe – 320 Bq/kg**.

Species	$M \pm m$	Min-max
Wild boar (<i>Sus scrofa</i>), $n = 59$	13,120 $\pm$ 3,410	250–187,900*
Roe deer (<i>Capreolus capreolus</i>), $n = 97$	12,660 $\pm$ 1,340	800–74,750
Moose (<i>Alces alces</i>), $n = 30$	1,860 $\pm$ 160	240–3,320
Brown hare (<i>Lepus europaeus</i>), $n = 8$	2,560	504–7,500

*Russian permissible level = 320 Bq/kg.

Tabella 35. Accumulo del Cs-137 (Bq/kg del peso umido) nei muscoli di alcuni mammiferi nella provincia di Bryansk, contaminazione del suolo – 8-28 Ci/km, 1992-2006 (Pel'gunov et al., 2006)

Il *Grafico 36* dimostra come la concentrazione di Cs-137 negli **alci** (Bq/kg, peso umido) a 6 anni dopo la catastrofe era c.a. **1500 Bq**, 10 anni dopo catastrofe è diventata c.a. **3'500 Bq** e dopo 20 anni è diminuita di poco (**2'500 Bq/kg**), **confermando la teoria di bioaccumulo dei metalli radioattivi sul territorio contaminato**.

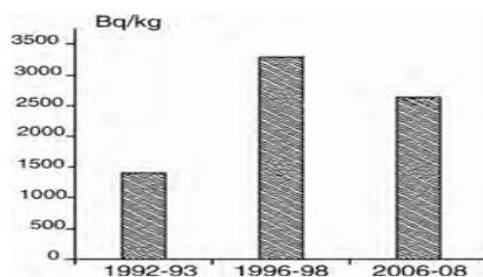


Figura 36. La concentrazione media del Cs-137 (Bq/kg del peso umido) nei muscoli di alce (Alces alces) sul suolo contaminato della provincia di Bryansk, Russia (Pel'gunov et al., 2006)

6.2.2. Gli uccelli

Lo studio di 44 uccelli nella zona di 5 km attorno alla NPP durante gli anni 2003-2005 ha rilevato che la maggiore contaminazione si osservava durante la **nidificazione** e **uscita dalle uova**. Le femmine accumulavano più Sr-90, rispetto ai maschi, pulcini e giovani esemplari accumulavano di più rispetto alle femmine.

L'accumulo di Cs-137 non dipendeva dall'età e dal sesso degli uccelli (Tabella 37).

Radionuclide	Bq/kg	Species	Country	Reference
Sr-90	1,635,000	Great tit (<i>Parus major</i>)	Ukraine	Gaschak <i>et al.</i> , 2008
	556,000	Long-tailed tit (<i>Aegithalos caudatus</i>)	Ukraine	Gaschak <i>et al.</i> , 2008
	226,000	Nightingale (<i>Luscinia luscinia</i>)	Ukraine	Gaschak <i>et al.</i> , 2008
Cs-137	367,000	Great tit (<i>Parus major</i>)	Ukraine	Gaschak <i>et al.</i> , 2008
	305,000	Blackbird (<i>Turdus merula</i>)	Ukraine	Gaschak <i>et al.</i> , 2008
	85,000	Song thrush (<i>Turdus philomelos</i>)	Ukraine	Gaschak <i>et al.</i> , 2008
	1,930	Mallard duck (<i>Anas platyrhynchos</i>)	Russia	Pel'gunov <i>et al.</i> , 2006
	450	Gray partridge (<i>Perdix perdix</i>)	Russia	Pel'gunov <i>et al.</i> , 2006
	470	Woodcock (<i>Scopolas rusticola</i>)	Russia	Pel'gunov <i>et al.</i> , 2006
	350	Robin (<i>Erithacus rubecola</i>)	Netherlands	De Knijff and Van Swelm, 2008
Cs-134	112	Robin (<i>Erithacus rubecola</i>)	Netherlands	De Knijff and Van Swelm, 2008
Cs-134, Cs-137	10,469	Waterfowl (<i>Anas</i> sp.)	Finland	Rantavaara <i>et al.</i> , 1987
	6,666	Goldeneye (<i>Bucephala clangula</i>)	Finland	Rantavaara <i>et al.</i> , 1987
Zr-95	467	Robin (<i>Erithacus rubecola</i>)	Netherlands	De Knijff and Van Swelm, 2008
Nb-95	1,292	Robin (<i>Erithacus rubecola</i>)	Netherlands	De Knijff and Van Swelm, 2008
Total gamma	>13,000	Teal (<i>Querquedula querquedula</i> and <i>Q. crecca</i>)	Belarus	Sutchenya <i>et al.</i> , 1995
	10,000	Mallard ducks (<i>Anas platyrhynchos</i>)	Belarus	Sutchenya <i>et al.</i> , 1995
	>4,000	Coots (<i>Fulica atra</i>)	Belarus	Sutchenya <i>et al.</i> , 1995

Tabella 37. La concentrazione di alcuni radionuclidi (Bq/kg, peso umido) in alcune specie di uccelli dopo la catastrofe di Chernobyl.

Nella Tabella 37 sono citati alcuni dati di alto livello di incorporazione dei radionuclidi nelle diverse specie degli uccelli selvatici in Bielorussia, Ucraina, Olanda e Finlandia:

- Sr-90:** **1'635'000 Bq/kg** – nella **cincialleggra** *Parus major* (Ucraina);
556'000 Bq/kg – nel **codibugnolo** *Aegithalos caudatus* (Ucraina);
226'000 Bq/kg – nell'**usignolo** *Luscinia luscinia* (Ucraina);
- Cs-137:** **367'000 Bq/kg** – nella **cincialleggra** *Parus major* (Ucraina);
305'000 Bq/kg – nel **merlo** *Turdus merula* (Ucraina);
85'000 Bq/kg – nel **tordo bottaccio** *Turdus philomelos* (Ucraina);
1'930 Bq/kg – nel **germano reale** *Anas platyrhynchos* ecc.
350 Bq/kg – nel **pettirosso** *Erithacus rubecola* (Olanda);
- Cs-134/137:** **10'469 Bq/kg** – nell'**anatra** *Anatra* sp. (Finlandia);
6'666 Bq/kg – nell'**anatra il quattrocchi** *Bucephala clangula* (Finlandia) ecc.

Valori che nel peggior scenario superano fino a **5 milioni di volte il limite ammissibile secondo le norme russe (320 Bq/kg)**.

6.2.3. Le mucche

Dalle analisi del Cs-137 incorporato risultava che la **membrana amniotica**, la **placenta** e il **latte** delle **mucche** accumulavano di più sul territorio con il livello di contaminazione più alto in 2 fattorie di allevamento nella provincia di Zhytomir

in Ucraina, in particolare la **placenta** accumulava più cesio, svolgendo il ruolo di una **barriera** (**Tabella 38**).

	Level of contamination	
	5–15 Ci/km ²	< 0.1 Ci/km ²
Afterbirth and amniotic membranes	24.3 ± 2.1*	3.1 ± 0.1
Placentas (cotyledons)	36.3 ± 4.2*	4.9 ± 0.4
Colostrum milk	17.3 ± 1.4*	4.4 ± 0.5

¹Data for Ci/km² – summarized for two farms by A. Y.

**p* < 0.001.

Tabella 38. Incorporazione del Cs-137 (Bq/kg, Bq/l) nella membrana amniotica, nella placenta e nel latte delle mucche sul suolo con la contaminazione diversa nella provincia di Zhytomir, Ucraina, 1997-1999 (Karpuk, 2001).

6.2.4. I pesci

Fino al 1996 il livello di Cs-137 nei muscoli del **pesce persico** *Perca fluviatilis* nei laghi di Svezia e Finlandia superava i limiti ufficiali (1, art.2000, cit. p.280).

Dal 1987 al 2002 la concentrazione di Cs-137 nei muscoli del **siluro** *Silurus glanis* nel bacino refrigerante della NPP di Chernobyl è salito da 1'140 a **6'500 Bq/kg (quasi 6 volte)** (1, art.2004, cit. p.280). Nei bacini idrici situati sul territorio contaminato la concentrazione dei radionuclidi nei muscoli dei pesci predatori raggiungeva **300'000 Bq/kg**.

Nuclide	Concentration	Species	Country	Reference
Cs-137	16,000	Perch (<i>Perca fluviatilis</i>)	Finland	Saxen and Rantavaara, 1987
	10,000	Pike (<i>Esox lucius</i>)	Finland	Saxen and Rantavaara, 1987
	7,100	Whitefish (<i>Coregonus</i> sp.)	Finland	Saxen and Rantavaara, 1987
	6,500	Catfish (<i>Silurus glanis</i>)	Ukraine	Zarubin, 2006
	4,500	Bream (<i>Abramis brama</i>)	Finland	Saxen and Rantavaara, 1987
	2,000	Vendace (<i>Coregonus albula</i>)	Finland	Saxen and Rantavaara, 1987
	708	Crucian carp (<i>Carassius carassius</i>)	Russia	Ushakov <i>et al.</i> , 1996
	493	Bream (<i>Abramis brama</i>)*	Poland	Robbins and Jasinski, 1995
	190	"Fish"	Baltic	Ilus <i>et al.</i> , 1987
	15–30	"Pike and cod"***	Baltic	Ikaheimonen <i>et al.</i> , 1988
Cs-134/137	55,000	"Freshwater fish"	Norway	Strand, 1987
	12,500	Brown trout (<i>Salmo trutta</i>)	Norway	Brittain <i>et al.</i> , 1991
Sr-90	157	Crucian carp (<i>Carassius carassius</i>)	Russia	Ushakov <i>et al.</i> , 1996
Total gamma	300,000	Raptorial fish	Ukraine	Gudkov <i>et al.</i> , 2004

*120 times that of pre-Chernobyl level.

**About five times the pre-Chernobyl level.

Tabella 39. La concentrazione di radionuclidi (Bq/kg) in alcuni pesci dopo Chernobyl.

Nella *Tabella 39* sono presentati alcuni dati del livello di accumulo di alcuni radionuclidi nei muscoli dei pesci, dopo la catastrofe, nei bacini idrici in Finlandia, Ucraina, Russia, Polonia, Norvegia e nei Paesi Baltici:

Cs-137: **16'000 Bq/kg** – nel **pesce persico** *Perca fluviatilis* (Finlandia);
10'000 Bq/kg – nel **luccio** *Esox lucius* (Finlandia);
12'500 Bq/kg – nella **trota** *Salmo trutta* (Norvegia);
7'100 Bq/kg – nel **lavarello** *Coregonus sp.* (Finlandia);
6'500 Bq/kg – nel **siluro** *Silurus glanis* (Ucraina);
4'500 Bq/kg – nell'**abramide** *Abramis brama* (Finlandia);
2'000 Bq/kg – nel **coregone bianco** *Coregonus albula* (Finlandia);
708 Bq/kg – nel **carassio comune** *Carassio carassio* (Russia);
493 Bq/kg – nell'**abramide** *Abramis brama* (Polonia, **supera il livello pre-catastrofe di 120 volte**);

6.2.5. Il miele e il plankton

Alcune ore dopo la catastrofe il miele in Germania era già contaminato da I-131 (**14'000 Bq/kg**) e da Ru-193 (più di **750 Bq/kg**).

Nel 1986 la radioattività del plankton nel mare Baltico raggiungeva **2'600 Bq/kg** e **3'900 Bq/kg** del Np-239.

6.2.6. Le anomalie di riproduzione

A settembre 1986 la popolazione dei **topi** (*Muridae*) sui territori inquinati in Ucraina **è diminuita di 5 volte**.

È stato osservato l'aumento dei casi di morte degli embrioni oltre 22 generazioni nella popolazione del **roditore** *Clethrionomys glareolus* sui territori contaminati. Malgrado la diminuzione della contaminazione del suolo, alta mortalità persisteva.

Nel raggio della zona di esclusione di 30 km per 1,5 mesi l'attività sessuale dei maschi dei **ratti** (*Rattus norvegicus*) era soppressa, i maschi non mostravano né motivazione sessuale né erezione, e come risultato il numero delle femmine inseminate è calato, riducendo la fertilità della specie.

Le osservazioni svolte sulla popolazione del **cinghiale** *Sus scrofa* nei territori contaminati da **Cs-137** al livello **1-5 Ci/km²** e da **Sr-90** al livello di **0,04-0,08 Ci/km²**, hanno dimostrato una significativa diminuzione del cordone spermatico, allargamento, necrosi, posizioni inusuali delle cellule sessuali, in particolare, tra i maschi suini di 2-4 anni.

È stata osservata la diminuzione dell'inseminazione, e tra l'1,8 e il 2,5 % dei porcellini sono nati morti o con malformazioni congenite di bocca, anus, gambe, teste giganti etc.

Per il **bovino** *Bos taurus* è stato osservato l'aumento dei casi di interruzione di gravidanza, problemi di placenta e di membrana amniotica, diminuzione del peso, morbidità e mortalità anormali tra i vitelli sui territori inquinati (*Korosten e distretto Narodninsky, provincia di Zhitomir, Cs-137 - 5-15 Ci/km²*) e *Baranovka distretto, <0,1 Ci/km²*). Il peso dei tessuti amniotici e dei lobuli della placenta erano minori nei vitelli dal territorio inquinato.

La popolazione del **topo domestico** (*Mus musculus*) ha avuto la riduzione sul territorio inquinato a causa di sterilità e spermatozoi anormali.

Alta mortalità antenatale è stata osservata nei **topi** *Clethrionomys* e *Microtus sp.* durante i primi anni dopo la catastrofe nei territori molto inquinati, a causa dei cambiamenti patologici del tratto urogenitale e riassorbimento delle prime fasi di sviluppo.

Irradiazione ha causato la mortalità pre- e postnatale, tra le popolazioni dei **roditori** nelle zone contaminate, la maturazione precoce e ha intensificato la fase riproduttiva, - entrambe sono associate all'invecchiamento precoce e alla riduzione del ciclo di vita.

La velocità di riproduzione (numero di prole) durante il periodo riproduttivo e il numero dei nati in ogni generazione dei topi di laboratorio (*Mus musculus*) nella popolazione sperimentale di Chernobyl si sono ridotti in modo continuo durante 7 generazioni.

Le dimensioni dei cuccioli di **lupo** (*Lupus lupus*) sul territorio contaminato della Russia era in correlazione con il livello di contaminazione da Cs-137 nel **pelo di lupo**.

Le osservazioni svolte dal 1978 al 1999 su **5'427 cavalli** (*Equus caballus*) hanno rilevato la correlazione con il livello di contaminazione negli allevamenti: un numero maggiore di aborti, nascite di individui morti, puledri malati sono stati registrati in un centro nella provincia di Gomel (1993-1999, contaminazione **40 Ci/km²**), il livello intermedio è stato riscontrato in un centro nella provincia di Bryansk in Russia (contaminazione **1-5 Ci/km²**), problemi minori sono stati osservati nella provincia di Smolensk in Russia (contaminazione **<1 Ci/km²**).

Riduzioni delle dimensioni della **nidiata** di alcune specie degli uccelli sono state riscontrate in USA in California, Washington ed Oregon a giugno-luglio 1986, probabilmente causate da fallout.

La sopravvivenza della rondine (*Hirundo rustica*) sui territori maggiormente inquinati, vicino alla NPP, è quasi "0".

Nelle zone con contaminazione moderata la sopravvivenza annuale **è meno di 25 %** (c.a. 40 % nelle popolazioni di controllo in Ucraina, Spagna, Italia, Danimarca). La popolazione delle **rondini di Chernobyl** mostra la riduzione drammatica della riproduzione e bassa sopravvivenza dei pulcini (1, art.2005).

Nella popolazione della rondine sono stati osservati anormali spermatozoi (2 teste, deviazione della testa, 2 code etc) nei territori con alto livello di contaminazione. La popolazione di *Hirundo rustica* di Chernobyl è sostenuta soltanto da esemplari **immigrati** dai territori adiacenti meno inquinati. L'analisi isotopica delle specie attuali e del passato (dai musei) ha confermato che la popolazione corrente della **rondine di Chernobyl** è composta da diversi gruppi di individui (immigranti) rispetto al controllo e dalle popolazioni campionati nella zona di NPP prima della catastrofe.

L'analisi dettagliata delle specie degli **uccelli** indica che tante specie sono assenti o presenti in quantità minore nella zona di esclusione.

Le specie migratorie o colorate sono particolarmente sensibili alla contaminazione radioattiva. (1, Muller & Mousseau, 2007)

La concentrazione dei **carotenoidi totali e delle vitamine A e E** nel **tuoio di cinciallegra** *Parus major* era bassa nella zona di 10 km nel raggio della NPP, rispetto alla concentrazione nei territori meno inquinati in Ucraina e in Francia. La nidiata delle uova era anticipata, la schiusa delle uova era ridotta sul suolo con alto livello di contaminazione. L'**ornitologo Mousseau** ha ipotizzato che la contaminazione radioattiva ha ridotto il livello di antiossidanti del tuoio portando a conseguenze negative di riproduzione.

Le specie di uccelli che prima erano abbondanti nelle foreste si sono ridotte del **50 %** in relazione all'aumento del livello di contaminazione (1, Muller & Mousseau, 2007).

La **cincialleggra** *Parus major* e **balia nera** *Ficedula hypoleuca* evitavano di fare nidi nei territori con una pesante contaminazione.

Nel bacino refrigerante vicino alla NPP in più generazioni della popolazione di **carpa** (*Hypophthalmichthys molitrix*) è stata osservata la riduzione sostanziale del volume e della concentrazione del **liquido riproduttivo** e i cambiamenti distruttivi nel seme.

La crescita anormale del tessuto dei testicoli, la decrescita della concentrazione di sperma, la crescita di spermatozoi anomali sono stati osservati nelle popolazioni della **carpa** (*Aristichthys nobilis*) irradiate nel 1986 all'età di 1-2 anni che poi dopo vivevano in condizioni di basse dosi di radioattività (1, art. 1996).

Le caratteristiche riproduttive della **carpa** (*Cyprinus carpio*) erano correlate con il livello di radionuclidi incorporati nello **sperma** e nelle **uova**.

Cambiamenti dei normali oociti e delle dimensioni del nucleo, ispessimento dei follicoli, decomposizione del nucleo, - questi cambiamenti sono stati trovati nel **pesce abramide** *Abramis brama* e in **rutilo** *Rutilus rutilus* nel **fiume Pripyat** (875 Bq/kg, 1998) e nel **lago Smerzhov** (provincia di Gomel, Cs-134/137 – 5'800 Bq/kg) (Petukhov e Kokhnenko Olga, 1998).

Nella popolazione di **lombrichi** *Lumbricus* dominavano gli adulti nel suolo contaminato durante il primo periodo dopo la catastrofe, mentre nel controllo adulti e giovani avevano rapporto il 50 % e il 50 %.

9 anni dopo la catastrofe nei boschi con pesante contaminazione da radionuclidi il 20 % dei **vermi Oligochaeta** (*Stylaria lacustris*) avevano **cellule sessuali** di riproduzione, mentre normalmente queste specie si riproducono per **via asessuale**.

6.2.7. Cambiamenti genetici, morfologici ed ematologici

Nel 1989 è stato osservato il significativo aumento dei **disordini citogenetici** nelle cellule germinali e somatici (aberrazioni dei cromosomi e delle cellule del **midollo osseo**) nei **roditori** (*Clethrionomys glareolus*) e nei **topi** (*Apodemus flavicollis*) nei territori con il livello di contaminazione del **Cs-137 8-1,526 KBq/m²** e nei **topi del laboratorio** (*Mus musculus*). Il livello di questi disordini è rimasto alto fino alla **22esima generazione**, aumentando dal 1986 fino a 1992 in tutte le popolazioni studiate, malgrado la diminuzione della contaminazione (1, art.1997, cit.pag.265).

La frequenza di **poliploidia** (nell'essere umano è incompatibile con la vita) in tutte le popolazioni del roditore studiato era di **3 ordini più alta**, rispetto il livello pre-catastrofico.

Il numero dei poliploidi era correlato con il livello di suolo contaminato.

Il numero delle mutazioni genetiche nelle popolazioni del roditore è cresciuto fino a 12^{ma} generazione (1986-1991), malgrado la diminuzione del livello di radioattività.

Le cucciolate delle femmine dei **roditori** *Cl.glareolus* catturate sul territorio contaminato e cresciute sul territorio non contaminato, mostravano lo stesso livello di **aberrazioni cromosomiche** delle madri contaminate.

Le popolazioni del **topo domestico selvatico** (*Mus musculus*) che vivevano nei territori inquinati hanno avuto un aumento significativo delle mutazioni letali dominanti e la traslocazione dei cromosomi. La frequenza delle traslocazioni negli spermatozoi era più alta nelle zone con la contaminazione più alta (1986-1994).

La frequenza delle mutazioni nel **topo** (*Mus musculus*) dopo l'irradiazione è rimasta alta in tante generazioni, sia delle cellule somatiche che germinali, rispetto ai discendenti non irradiati (1, cit. Dubrova et al., 2000).

Il **topo da laboratorio** (*Mus musculus*) tenuto entro la zona di 30 km ed altri roditori cacciati nel 1995 nella zona di 10 km, avevano vasto spettro delle anomalie citogenetiche.

La frequenza delle mutazioni del **DNA mitocondriale** nei roditori nella 30 km zona è significativamente cresciuta durante 5 anni dopo la catastrofe.

La frequenza del numero dei micronuclei negli eritrociti nel **midollo osseo** del **topo da laboratorio** (*Mus musculus*) è cresciuta di circa **13 volte** dopo 10 giorni di permanenza nella **"Foresta Rossa"** (10 km zona) (Tabella 40).

	Sex	Studied cells, n	Cells with micronucleus
Controls	♂	5,000	0.34 ± 0.11
	♀	5,000	0.29 ± 0.09
30-km zone	♂	5,000	4.1 ± 0.45
	♀	5,000	4.06 ± 0.53

*All significantly different from controls.

Tabella 40. Il numero di micronuclei negli eritrociti policromatici del midollo osseo del topo *Mus musculus* dopo 10 giorni di permanenza nella 10 km zona di Chernobyl. (Sushko et al., 2006).

Il numero delle aberrazioni cromosomiche e delle letalità di embrioni sono cresciuti notevolmente nelle **22 generazioni** del **roditore** *Cl. glareolus*, malgrado la dose assorbita dal corpo sia diminuita in modo esponenziale dopo il **1986** (1, art.2005, cit.pag.266). I **roditori** *Clethrionomys* sp. e **topi** *Microtus* nei territori contaminati mostravano difetti di sviluppo del cervello ed arti deformati.

Il livello delle mutazioni somatiche e genomiche nella popolazione della **rondine** *Hirundo rustica* nella zona di Chernobyl era **2-10 volte più alto**, rispetto alle popolazioni in Ucraina e in Italia. Le popolazioni della rondine provenienti dalla zona di Chernobyl contenevano il 15 % in più delle mutazioni albino, e un alto numero di difetti morfologici rispetto alle popolazioni in Ucraina, Italia, Spagna e Danimarca (1, Muller and Mousseau, 2001, 2007).

E' stata osservata la correlazione positiva tra il numero delle anomalie nel **codirosso spazzacamino** (*Phoenicurus phoenicurus*) e nel **passero domestico** (*Passer domesticus*) e il livello di radiazione in Ucraina (1, Muller et al., 2007).

Dal 2005 al 2006 è stata osservata una differenza significativa in **movibilità e morfologia dello sperma** nelle **rondini** (*Hirundo rustica*) che nidificavano nella zona pesantemente contaminata (**390 mR/h**) attorno alla NPP, rispetto lo sperma delle rondini dalle 2 zone meno inquinate (**0,25 e 0,006 mR/h**) in Ucraina.

Muller (2008) ha individuato l'aumento di **movibilità** e dei **difetti di morfologia dello sperma** con l'aumento della concentrazione di radionuclidi.

Le popolazioni delle **rane** (*Rana temporaria*, *R. arvalis*) nel territorio con alta contaminazione mostravano un alto numero di **aberrazioni** delle cellule del **midollo** e delle cellule **intestinali** e un aumento del numero dei micronuclei nel sangue periferico.

L'incidenza di eritrociti con micronuclei aumentava di **7 volte** nella **rana Hybrid Complex** (*Rana esculenta*) in relazione alla contaminazione del territorio nella provincia di Bryansk (Tabella 41).

Contamination, dose		
15 μ R/h	60 μ R/h	220 μ R/h
0.22%	1.33%	1.55*

* $p < 0.05$.

Tabella 41. La frequenza di micronuclei negli eritrociti nelle 3 popolazioni di *Rana esculenta* nella provincia di Bryansk, 1993 (Chubanishvili, 1996).

La frequenza di **anomalie morfologiche** (malformazioni congenite) negli embrioni, larve e giovani pesci nella popolazione di **carpa** (*Cyprinus carpio*) era molto alta in Bielorussia nei bacini idrici contaminati.

Le caratteristiche ematologiche dei **vitelli** sul territorio con un diverso livello di contaminazione mostravano la depressione delle cellule del sangue sul territorio più contaminato (**5-15 Ci/km²**). (Tabella 42).

	5–15 Ci/km ²	<0.1 Ci/km ²
Erythrocytes (thousands/liter)	4.8 $\pm$ 0.1	5.8 $\pm$ 0.2*
Leucocytes (g/liter)	6.2 $\pm$ 0.4	6.9 $\pm$ 0.3
Hemoglobin (g/liter)	78.6 $\pm$ 2.0	91.4 $\pm$ 2.8*
Basophiles, %	0.3 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.2*
Eosinophils, %	10.0 $\pm$ 1.0	4.6 $\pm$ 0.3
Segmented neutrophils, %	24.7 $\pm$ 1.5	32 $\pm$ 0.9*
Lymphocytes, %	57.7 $\pm$ 1.5	60.9 $\pm$ 0.8*
Monocytes, %	3.8 $\pm$ 0.3	4.5 $\pm$ 0.3

¹Data for Ci/km²—summarized for two farms by A. Y.

* $p < 0.01$.

Tabella 42. Le caratteristiche ematologiche dei vitelli sul territorio con il diverso livello di contaminazione, provincia Zhytomir, Ucraina, 1997-1999 (Karpuk, 2001).

Index	Contamination, $\mu\text{R/h}$	
	60	220
Leukocytes, $10^6/\text{liter}$	15.32 ± 0.99	21.7 ± 1.83
Lymphocytes, $10^6/\text{liter}$	6.16 ± 0.41	11.08 ± 1.0
Neutrophils, %	47.2 ± 1.11	28.9 ± 1.55
T lymphocytes, %	47.1 ± 1.45	26.6 ± 1.03
B lymphocytes, %	20.9 ± 0.56	12.5 ± 0.67
Zero-cells, %	32.0 ± 1.59	61.9 ± 1.38
Rosette-forming neutrophils, %	22.8 ± 1.22	17.7 ± 0.49

Tabella 43. Stato del sistema immunitario di rana Hybrid Complex (*Rana esculenta*) nelle 2 popolazioni con il livello di contaminazione diverso, provincia di Bryansk, 1994 (Isaeva and Vyazov, 1996)

La depressione del sistema immunitario conferma anche i dati della formula del sangue delle 2 popolazioni di **rana** (*Rana esculenta*) nei territori con il livello di contaminazione differente.

Le **mucche** (*Bos taurus*) nel territorio inquinato (**15-40 Ci/km²**) 4 anni dopo la catastrofe sviluppavano cambiamenti atrofici del tessuto linfatico, decrescita dell'attività dei T-linfociti, crescita anomala del tessuto connettivo.

Nelle mucche rimaste nel raggio di 12 km per 2 mesi è stato osservato basso numero di eritrociti, emoglobina bassa, diminuzione del numero di neutrofili e di monociti.

Le mucche rimaste a 3-6 km vicino alla NPP avevano alto numero di eosinofili e bassi linfociti, cellule rotte, **anemia ipercronica**.

Ipoplasia e cambiamenti distrofici, che portavano al disordine del sistema immunitario, delle ghiandole del **timo** nei **ratti albino** di 20 giorni (*Rattus norvegicus*) le cui madri hanno vissuto la gravidanza per 25 giorni nella zona con il livello del Cs-137 11,6 Ci/km² e Sr-90 26 Ci/km².

Dopo 40 giorni di permanenza nella zona di Chernobyl sul territorio contaminato con il livello di 100-200 mR/h, l'attività endogena del nervo spinale e del cervello dei **topi da laboratorio** (*Mus musculus*) è cambiata notevolmente.

I **topi** *Apodemus flavicollis* avevano l'asimmetria della scatola cranica nelle zone più inquinate.

Le neoplasie dei polmoni del **topo da laboratorio** sono aumentate di circa **300 volte**, la densità di endotelociti del cervello è diminuita dopo la permanenza di c.a. 1 mese nella zona di 30 km. **Topi** *Mus musculus* tenuti per 1 mese nella zona di 30 km hanno avuto l'aumento del numero di leucociti e di linfociti.

Le **mucche** nella zona contaminata avevano una bassa attività lisosomica del plasma e una bassa resistenza alle infezioni della pelle – indicatore di **immunodeficienza**.

Una bassa resistenza alle infezioni della pelle è stata osservata anche nei **roditori**. Sono aumentate le infezioni virali tra i **topi** (*Mus musculus*), dopo aver vissuto nella zona di 10 km attorno alla NPP.

Gli esemplari di *Rattus norvegicus* tenuti nella 10 km zona dal 1986 al 1993 hanno avuto la diminuzione delle cellule del midollo, anemia ipocromatica, leucocitopenia, granulocitopenia con numero molto alto di eosinofili, eosinofilia, aumento delle cellule anormali ecc.

I **maiali** (*Sus scrofa*) nei distretti Mlinivsk e Sarnensk della provincia Rivno in Ucraina vissuti dal 1997 al 2001 sul territorio inquinato da Cs-137 a 1-5 Ci/km² e da Sr-90 a 004-008 Ci/km² hanno avuto la diminuzione per il 15 % del numero di eritrociti e di **emoglobina al 45 %**, la % di leucociti è salita di 2,8 volte, alfa e gamma- globulina del sangue è diminuita fino a 44,4 % (*1, art.2005, cit.pag.291*).

Le cause comuni della morte del *Rattus norvegicus* nella città di Chernobyl e a Kiev erano i processi infiammatori dei **polmoni** e dell'intestino (Tabella 44). Nella città di Chernobyl i **ratti** morivano 3,5 volte di più per la pneumonia rispetto a Kiev, e 1,6 volte di più per problemi all'intestino.

Cause of death	Kiev	Chernobyl City
Pneumonia, lung hemorrhage	10.3	35.5
Pulmonitis	8.4	11.1
Colitis	19.1	31.1
Lymph node hyperplasia	10.3	13.2
Thymus gland/spleen hyperplasia	2.4	4.4

Tabella 44. Le cause del decesso (%) dei ratti di laboratorio (*Rattus norvegicus*) a Kiev (contaminazione minore) e a Chernobyl (contaminazione pesante), ottobre 1986-dicembre 1989 (Serkiz, 1995).

Come si vede dalle Tabelle 44 e 45, il tumore è stato sviluppato in 74 % dei casi nei topi del laboratorio dalla città di Chernobyl.

	Chernobyl City	Kiev
Thymus gland tumor*	15.9	2.7
Adrenal cortex adenoma	43.2	6.8
Thyroid gland tumor	43.2	15.7
Cellular adenoma of islet of Langerhans	34.1	1

Tabella 45. Incidenza dei tumori (%) nei ratti di laboratorio (*Rattus norvegicus*) a Kiev e a Chernobyl, 1986-1992 (Pinchuk, 1995).

	Chernobyl City	Kiev
Breast adenofibroma with malignancy, %*	14.7	9.5
Animals with multiple mammary tumors, %**	29	27
Animals with a breast tumors combined with other tumors**	58.8	20.3

*From the total number of animals.

**From number of animals with mammary gland tumors.

Tabella 46. Incidenza dei tumori delle ghiandole mammarie (%) nei ratti di laboratorio (*Rattus norvegicus*) a Kiev e a Chernobyl, 1989-1992 (Pinchuk, 1995). Nelle popolazioni di alcuni **uccelli** della zona di Chernobyl sono state riscontrate **anomalie del metabolismo di carboidrati e del bilancio dei lipidi**, nonché la depressione del **sistema endocrino**.

Muller (1993) indicava asimmetria dei parametri morfologici nelle **rondini** *Hirundo rustica*.

Asimmetria e fenodeviations nelle popolazioni del **carassio comune** (*Carassius carassius*) e del *Carassius auratus* erano più alti nei bacini con alto livello di contaminazione.

Dopo la catastrofe sono stati osservati tanti **insetti malformati** (*Heteroptera*) nella parte est della Svezia, al sud della Svizzera (Melano vicino Ticino).

Nel 1990 il **22 % degli insetti** raccolti nel raggio di 30 km del distretto Polessky erano malformati (*Hesse-Honegger, 2001 e Hesse-Honegger and Wallimann, 2008, cit. pag. 293*).

Specie **Oribatida** (*Acari*) che di solito abitano nella corteccia dei **pini** e i **licheni** *Hypogymnia physodes* hanno subito forte declino nella zona 2-3 km vicino alla NPP. Prima della catastrofe si contavano 16 specie, nel 1986 – 0, nel 1987 – 2, nel 1988 – 2, nel 1991 – 4, nel 1996 – 6, nel 2002 – 8.

5-6 anni dopo catastrofe la diversità degli **invertebrati** era ancora in forte declino. L'intensità di invasione dei topi da **nematodi e cestodi** era più alta nella zona contaminata (Tabella 47).

	60 μ R/h	180 μ R/h	220 μ R/h
Nematodes*			
Intensity, %	3.5	5.0	48.1
Index of abundance	3.0	3.9	40.0
Cestodes**			
Intensity, %	1.6	1.1	3.4
Index of abundance	0.53	0.71	2.1

*Predominant species: *Helignosomum mixtum*, *Helignosomoides glareoli*, and *Syphacia obvelata*.
 **Predominant species: *Catenotaenia cricetorum* and *Paranoplocephala omphalodes*.

Tabella 47. Intensità di invasione del topo (*Clethrionomys glareolus*) da parassiti Nematodi e Cestodi, provincia di Bryoanks, Russia, 1992-1995 (Pel'gunov, 1996)

10 anni dopo la catastrofe la biodiversità dei protozoi nel suolo non superava il 50 % del livello pre-catastrofe.

Dopo quasi 30 anni dalla catastrofe, il livello dei radionuclidi incorporati rimane alto in alcune aree dell'Europa ed è pericoloso per i mammiferi, uccelli, anfibi, pesce.

Lo shock radioattivo e la contaminazione cronica di basse dosi ha influito sui cambiamenti di morfologia, fisiologia, disordine genetico di tutti tipi di animali. Alcune specie di uccelli si trovano nella 30 km zona solo per via dell'immigrazione dalle aree non contaminate.

Nelle popolazioni si osserva un alto livello delle mutazioni, transgenerazionale accumulo dell'instabilità genomica. L'effetto a lungo termine può essere ancora più dannoso per il genoma degli animali e per le loro generazioni a causa delle basse dosi delle radiazioni.

Le osservazioni a lungo termine sulle popolazioni degli animali selvatici e sperimentali nei territori inquinati mostrano un serio aumento di morbidità e di mortalità che possono avere la similitudine con la salute pubblica umana – aumento dei tumori tra i ratti, immunodeficienza, diminuzione della durata della vita, invecchiamento precoce, cambiamento della formula del sangue, malformazioni ed altre conseguenze che compromettono la salute.

7. L'impatto della radioattività sulla biota di microorganismi

Dopo la catastrofe organismi come ***bacilli di tubercolosi, epatite, virus del mosaico del tabacco, citomegalovirus, micromiceti e batteri del suolo*** si sono attivati con le vie diverse.

Ci sono scarsi dati sulle conseguenze microbiche dopo la catastrofe.

Subito dopo la catastrofe gli studi hanno osservato attivazione di **retrovirus** e hanno indicato aumento di virulenza delle popolazioni microbiche.

Nei bambini con il sistema immunitario soppresso nelle zone contaminate (*Novozybkov District, provincia di Bryansk*) è cresciuta la suscettibilità verso *Pneumocystis carinii* (causa la **pneumonia**) e citomegalovirus (causa **herpes**), virus della tubercolosi.

Dal 1993 al 1997 il **virus dell'epatite B, C, D e G** si è attivato in modo significativo nelle zone contaminate.

6-7 anni dopo la catastrofe si è attivato il virus dell'**herpes**.

Malattia di Gruby (**dermatofitosi**) causata da fungo *Microsporium sp.* o da *Trichophyton sp.*, si è manifestata nella provincia di Bryansk.

Il numero dei **batteri saprofiti** era massimo nel suolo con il livello di contaminazione 15 Ci/km² e **minimo sul suolo con il livello di contaminazione di più di 40 Ci/km². (1)**

Nelle zone di esclusione si sta assistendo ad una mancata decomposizione della materia organica: nelle foreste "normali" gli alberi caduti al suolo si riducono in segatura nel giro di **10 anni**, mentre nella zona di esclusione il tempo è raddoppiato. **Mousseau, biologo** presso il **Dipartimento di Scienze Biologiche dell'Università della Carolina del Sud (Columbia)**, ha rilevato che nelle foreste della zona di Chernobyl con forte contaminazione si osserva la diminuzione degli **organismi decompositori**. Il biologo ha lasciato nel corso del 2007 600 sacchi pieni di foglie nei territori con livelli di contaminazione diversi. L'anno seguente ha raccolto i campioni scoprendo che i sacchi posti in una zona **senza radioattività** contenevano foglie decomposte per il **70 %-90 %**, mentre quelli posizionati in un ambiente **contaminato** lo erano solo per circa il **40 %**. (2).

È stato osservato il bioaccumulo di radionuclidi nei micromiceti del suolo.

Nei campioni del suolo nel raggio di 10 km l'abbondanza dei batteri (nitrificanti, solfato riduttori, azotofissatori, batteri fermentatori di cellulosa, ferrobatteri) **si è ridotta di 2 ordini di grandezza**, rispetto al controllo.

Forte riduzione dell'abbondanza dei batteri *Bifidus* e prevalenza dei microbi della classe *Escherichia sp.*, in particolare, *E.coli*, è stata osservata negli **intestini dei bambini evacuati in Ucraina**.

Negli studi a lungo termine (1954-1994, prima e dopo Chernobyl) in Bielorussia, Ucraina e Russia, è stato rilevato che nei territori con alta contaminazione (740-1'480 KBq/m² e oltre) non c'erano casi di **rabbia** tra gli animali selvatici.

Questo virus è diventato inattivo.

Nei territori inquinati i **roditori** sono stati invasi dai *parassiti protozoa* del phylum *Apicomplexa*.

I cambiamenti patologici indotti da irradiazione hanno cambiato la microflora umana, aumentando la suscettibilità verso le infezioni, infiammazioni di origine virale e batterica (influenza, malattie croniche intestinali, pielonefrite, cistite, vaginite, endocolite, asma, dermatite, ischemia) e delle varie patologie di gravidanza.

Chernobyl è diventato il “buco nero” dentro il quale è in corso la degenerazione genetica accelerata del mondo animale e vegetale.

8. La contaminazione delle derrate alimentari in Europa dopo il fallout

Mentre 5 milioni di persone in Bielorussia, Ucraina e Russia vivono nei territori contaminati e migliaia di persone vivono nei territori europei inquinati da radionuclidi di Chernobyl, è necessario sapere utilizzare i metodi di protezione radiologica. La contaminazione radioattiva comporta le restrizioni del consumo del suolo, cambiamenti in agricoltura, pesca, turismo.

Nel 1987 il fisico e umanista **Andrei Sakharov**, lo scrittore bielorusso **Ales' Adamovitch** e il campione di scacchi **Anatoly Karpov** hanno fondato **BELRAD, Belarussian Institute of Radiation Safety**, come ente pubblico indipendente destinato ad aiutare ai bambini bielorusi.

Nel 1993 BELRAD ha creato 370 centri pubblici per monitorare le radiazioni nel cibo e nei territori inquinati.

Secondo data base della BELRAD (**340'000 misurazioni incluse 111'000 test del latte**), circa il 15 % del latte proveniente da piccole fattorie e l'**80 % del cibo prodotto in 3 provincie di Bielorussia erano contaminate da CS-137 oltre limite consentito**. (Tabella 48).

Foodstuff	Number of samples	Above official permissible level for 1992	Official permissible level (1992), Bq/kg
Mushrooms (starry agaric)	133	80.5	370
Cranberry	429	62.7	185
Blackberry	1,383	61.0	185
Meat (game)	125	58.4	600
Mushrooms (dried)	459	57.7	3,700
Rough boletus	160	57.5	370
Edible boletus	561	54.4	370
Mushrooms (boiled)	87	52.9	370
Chanterelle	125	52.8	370
Blackberry (preserves)	150	42.0	185
Kefir	71	25.4	111
Honey fungus	57	22.8	370
Milk	19,111	14.9	111
Lard	234	14.1	185
Sour cream	242	12.8	111
Raspberry	154	11.7	185
Pot cheese	344	11.6	111
Carp	152	11.2	370
Strawberry	73	9.6	185
Water	2,141	8.8	185
Beetroot	1,628	8.2	185
Cream	51	7.8	111
Garden strawberries	389	6.4	185
Carrots	1,439	5.8	185
Cabbage	590	4.4	185
Meat (beef)	297	3.7	600
Cucumber	433	3.2	185
Tomatoes	141	2.8	185
Pears	208	2.4	185
Apples	1,547	2.3	185
Onion	435	2.1	185
Cherry	196	2.0	185
Meat (pork)	969	2.0	600
Butter	51	2.0	185
Potatoes	4,996	1.6	370

Tabella 48. La concentrazione del Cs-137 in alcuni prodotti nelle provincie di Brest, Gomel e Mogilev, Belarus, 1993 (BELRAD data base). (Colonna a destra – valori dei limiti ufficiali ammessi, Bq/kg, 1992, 2da colonna da sinistra – valore oltre il limite, colonna a sinistra – numero dei campioni analizzati).

La percentuale dei prodotti contaminati oltre il limite ufficiale consentito non è diminuita 14 anni dopo la catastrofe, ma, al contrario, è aumentata (Tabella 49) (si stima che i dati per la provincia di Gomel possono essere sottostimati).

Province	Years							
	1993–1994	1995–1996	1997–1998	1999–2000	2001–2002	2003–2004	2005–2006	2007
Gomel	12.1	9.6	12.0*	12.7	14.8	19.9	14.8	16.3
Mogilev	9.2	4.0	4.2	5.3	4.8	5.4	15.2	n/a
Brest	15.5	16.6	14.2	17.8	18.0	19.2	13.0	12.5

*Data on the Gomel Province since 1995 may be underestimated (24 LCRC from the heavily contaminated Lel'chitsy District were withdrawn from BELRAD and transferred to the official Institute of Radiology—Comchernobyl).

Tabella 49. La percentuale dei prodotti contaminati da Cs-137 oltre il limite consentito nelle provincie di Gomel, Mogilev e Brest, Belarus, 1993-2007 (BELRAD data base).

In alcuni posti la percentuale del Cs-137 era molto più alta:
Nel 2006 nel villaggio Luga del distretto di Luninetz nella provincia di Gomel il 90,7 % dei test il livello ammissibile superava **16 volte** la media della provincia.

Ucraina

Ancora nel 2000 l'**80 %** delle bacche del bosco e dei funghi conteneva i valori del Cs-137 in eccesso nelle provincie di Rovno, il 90 % nella provincia di Zhitomir, il 24 % nelle provincie di Vinnitza e Cherkassk, il 15 % nella provincia di Volyn. Secondo i dati del **Ministero di Salute dell'Ucraina**, nel 2000 da 1 % fino a 70,8 % del latte e della carne nel settore privato nelle provincie Volyn, Zhytomir, Kiev, Rovno e Chernigov avevano i livelli del Cs-137 oltre i limiti.

Finlandia

La concentrazione del Cs-137 nel latte, carne di maiale e manzo è salita molto subito dopo la catastrofe (Tabella 50).

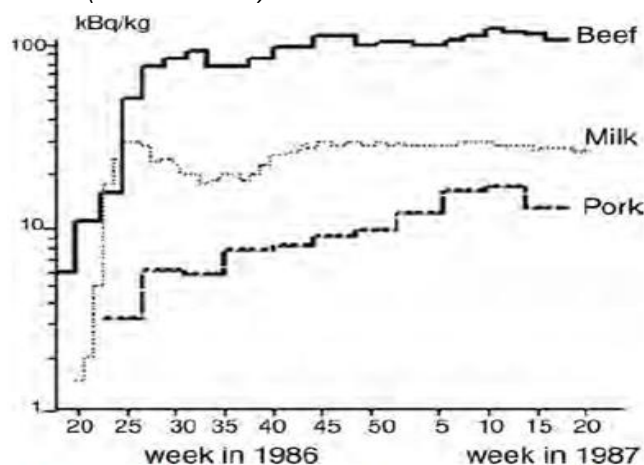


Figura 50. La concentrazione del Cs-137 nella carne e nel latte in Finlandia, KBq/kg. (UNSCEAR, 1988, da sopra – manzo, latte, maiale).

Species	Concentration, Bq/kg*
Perch	16,000
Pike	10,000
Whitefish	7,100
Bream	4,500
Vendace	2,000

*EU limit of Cs-137 for consumption of wild freshwater fish is 3,000 Bq/kg.

Tabella 51. La concentrazione del Cs-137 nel pesce in Finlandia, 1986 (Saxen and Rantavaara, 1987)

La concentrazione del Cs-137 nel pesce d'acqua dolce nei bacini idrici in Finlandia nel 1986 superava il limite UE consentito per più di 5 volte per il pesce **persico** e più di 3 volte per il pesce **luccio** (Tabella 51).

Area Baltica

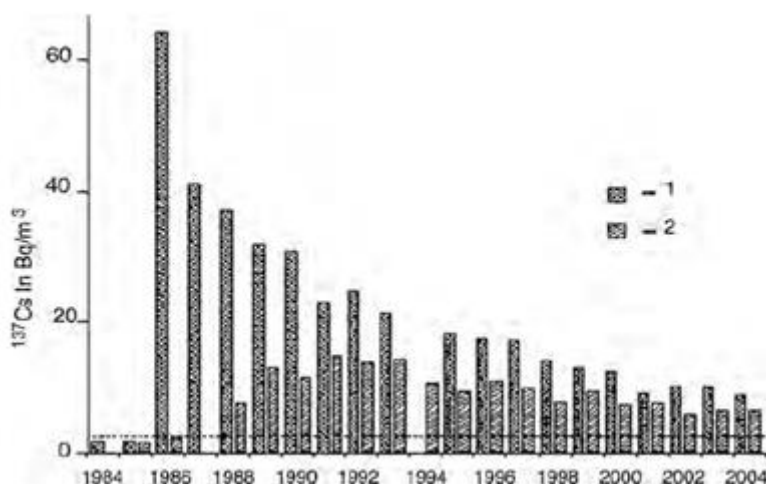


Figura 52. La concentrazione media annuale del Cs-137 (Bq/kg) nel pesce **passera pianuzza** (*Platichthys flesus*) e **platessa** (*Pleuronectes platessa*) dal 1984 al 2004 dall'isola Bornholm e dal Mare Baltico, parte sud. Il valore pre-Chernobyl per entrambe le specie era 2,9 (HELCOM Indicator Fact Sheets. 2006. Online 22.04.2008; // www.helcom.fi/environment2/ifs/en_GB/cover/)

Croazia

Dopo la catastrofe la concentrazione del Cs-137 nel **frumento** è salita di circa **100 volte** (Fig.53)

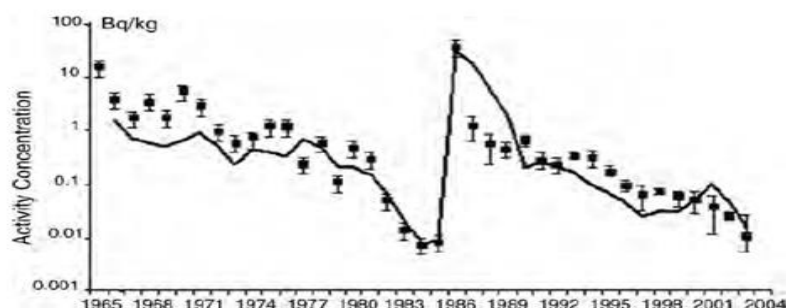


Figura.53. La concentrazione del Cs-137 nel frumento (Bq/kg) in Croazia dal 1965 al 2004 (Franic et al., 2006).

Francia

1997 – la concentrazione del Cs-137 nella carne dei cinghiali selvatici e nei funghi superava il limite per **40 volte** (1, cit. pag. 291).

Inghilterra

Il picco della contaminazione del latte è stato osservato a maggio 1986 quando il livello dell'I-131 e del Cs-137 superava per **1'000 volte** i livelli del 1985 e per Sr-90 – per **4 volte**. 23 anni dopo, secondo dati del **Ministero Britannico di Salute**, 369 fattorie che contavano 190'000 pecore, erano ancora contaminate con il Cs-137 (1, art.2000, cit.p.291).

Italia

Secondo i dati del **Direttorato della Sicurezza Nucleare** e protezione della Salute, a giugno 1988 carne, pasta, pane, latte, formaggio erano ancora contaminati da radionuclidi di Chernobyl (WISE, 1988).

Messico

Nel 1988 Messico ha rispedito indietro 3'000 tons di **latte in polvere** nell'Irlanda del Nord a causa della radioattività.

Polonia

A giugno 1987 1'600 tons di latte in polvere destinato a Bangladesh avevano valori alti di radioattività.

Svezia

Il livello del Cs-137 nella carne di **alce** (*Alces alces*) superava per 9-14 volte (470 Bq/kg per giovani animali e 300 Bq/kg per vecchi animali) il **valore pre-catastrofe (33 Bq/kg)**.

Turchia

45'000 tons del tè nel 1986-87 erano contaminati e circa 1/3 del lotto del 1986 non è stato utilizzato a causa dei valori alti di radioattività.

USA

Il picco del cibo importato contaminato da I-131 cade su maggio-giugno 1986, da Cs-134/137 – 10-16 settimane dopo catastrofe.

Tra il 05.1986 e il 22.12.1988 la FDA ha testato **1'749 campioni del cibo** importato per la presenza dello iodio I-131 e del Cesio Cs-134/137: risultava pesce radioattivo con il Cs-137 importato da Norvegia, funghi e formaggio – dall'Italia, formaggio – dalla Germania e Danimarca avevano i valori oltre il limite per I-131 (**1'000 pCi/kg**).

Il **44 %** di questi campioni, da febbraio a ottobre 1987, avevano il Cs-137 oltre **100 pCi/kg**, il 5 % superava **5'000 pCi/kg**.

Più del **50 %** dei campioni dal 05.02.1986 al 25.01.1987 avevano il Cs-137 oltre 1'000 pCi/kg, il 7 % dei campioni – **oltre 5'000 pCi/kg**.

Secondo i dati di *Cunningham e Andersen, 1994*, il **24 % del cibo importato nel 1989 era contaminato**.

Nel 1990 il 25 % dei campioni era contaminato, nel 1991 – l'8%, nel 1992 – 2 %. Secondo U.S. regole federali, il cibo contaminato che conteneva più del **10'000 pCi del Cs-134/137**, è stato distrutto (*negli anni 1986-1988 sono stati 12 casi, U.S. FDA Guidelines, 16.05.1986, RADNET, 2008*).

Il cibo contaminato da radionuclidi di Chernobyl ed importato negli USA da Turchia, Italia, Austria, Germania dell'Est, Grecia, Jugoslavia, Ungheria, Svezia, Danimarca, Egitto, Francia, Olanda, Spagna, Svizzera in ordine di prevalenza erano:

succo dei mela, formaggio, pasta, origano, funghi, noccioline, salvia, fichi, foglie di alloro, tè, timo, lenticchie rosse, ginepro, cicoria, albicocche, cioccolato svizzero.

Come si vede dalla *Tabella 54*, negli anni 1986-1987 nei diversi paesi europei erano contaminati diversi tipi del cibo: il valore del Cs-137 nella carne del **cervo** in Svezia superava il limite ammissibile (3'000 Bq/kg) da 3 a 16 volte, nel pesce persico da 6 a 10 volte (il limite ammissibile 600 Bq/kg), yogurt in Grecia conteneva **16 volte più Cs-137** rispetto il limite (370 Bq/kg), il latte in Jugoslavia aveva una concentrazione del Cs-137 8 volte più alta:

Radionuclide	Food	Maximum concentration	Country	Reference
Cs-137*	Reindeer meat	44,800 Bq/kg	Sweden	Ahman and Ahman, 1994
	Mushrooms	> 20,000 Bq/kg	Germany	UNSCEAR, 1988
	Sheep's milk	18,000 Bq/liter	Greece	Assikmakopoulos <i>et al.</i> , 1987
	Mushrooms	16,300 Bq/kg**	Japan	Yoshida <i>et al.</i> , 1994
	Reindeer	> 10,000 Bq/kg	Sweden	UNSCEAR, 1988
	Potatoes	1.100 ± 0.650 Bq/kg	Croatia	Franic <i>et al.</i> , 2006
	Lamb	1,087 Bq/kg	Sweden	Rosen <i>et al.</i> , 1995
	Milk	500 Bq/liter	United Kingdom	Clark, 1986
	Meat	395 Bq/kg	Italy	Capra <i>et al.</i> , 1989
	Milk	254 Bq/dm ³	Italy	Capra <i>et al.</i> , 1989
	Perch	6,042 (mean) Bq/kg	Sweden	Hakanson <i>et al.</i> , 1989
	Perch	3,585 (mean) Bq/kg	Sweden	Hakanson <i>et al.</i> , 1989
	Farm milk	2,900 Bq/liter	Sweden	Reizenstein, 1987
	Milk	400 Bq/liter	Bulgaria	Energy, 2008
	Milk	135,000	Italy	Orlando <i>et al.</i> , 1986
	Yogurt	6,000 Bq/kg	Greece	Assikmakopoulos <i>et al.</i> , 1987
	Edible seaweed	1,300 Bq/kg	Japan	Hisamatsu <i>et al.</i> , 1987
I-131	Milk	500 Bq/liter	United Kingdom	Clark, 1986
	Breast milk	110 Bq/liter (mean)	Czechoslovakia	Kliment and Bucina, 1990
	Breast milk	55 Bq/l (mean)	Czechoslovakia	Kliment and Bucina, 1990
	Pork	45 Bq/kg (mean)	Czechoslovakia	Kliment and Bucina, 1990
	Milk	21.8 Bq/liter	Japan	Nishizawa <i>et al.</i> , 1986
	Milk	20.7 Bq/liter	United States	RADNET, 2008
	Reindeer meat	15,000 Bq/kg	Sweden	Fox, 1988
	Mutton	10,000 Bq/kg	Yugoslavia	Energy, 2008
Total	Milk	3,000 Bq/liter	Yugoslavia	Energy, 2008
	Fruits	> 1,000 Bq/kg	Italy	Energy, 2008

*Limits of Cs-137 for consumption in EU: 600 Bq/kg for food items; 370 Bq/kg for milk and baby food; 3,000 Bq/kg for game and reindeer meat.

**Year 1990.

Tabella 54. La contaminazione del cibo da radionuclidi di Chernobyl nei diversi paesi, 1986-1987. Limite del Cs-137 secondo le norme UE: 600 Bq/kg per gli alimenti, 370 Bq/kg per il latte e baby food, 3'000 Bq/kg per la selvaggina e la carne di cervo.

Radionuclidi del fallout di Chernobyl Cs-137, Sr-90, Pu e Am, concentrati nel sistema delle **radici delle piante**, saranno mobilizzati per centinaia di anni in futuro nei prodotti di agricoltura e continueranno a contenere questi radionuclidi in tutti i paesi dell'Emisfero Nord nei suoli contaminati.

Per questo motivo, non è sufficiente monitorare la concentrazione di radionuclidi nel suolo contaminato, nei prodotti agricoli e nel cibo.

Per un'effettiva protezione radioattiva, specialmente, quando si tratta dei bambini, è necessario monitorare non solo il cibo, ma anche i **radionuclidi incorporati nel corpo**.

9. Il monitoraggio di radionuclidi incorporati nel corpo

Bielorussia

Per determinare la correlazione tra la contaminazione radioattiva del cibo e i radionuclidi incorporati nei bambini, **BELRAD Institute** ha scelto i territori più contaminati. Dal 1995 al 2007 BELRAD ha effettuato oltre 300'000 misurazioni nei corpi dei bambini bielorussi usando **automated complex spectrometry** per la determinazione della radiazione interna, individual radiation counter (IRC)

“SCRINNER-3”, calibrato nel **Nuclear Center in Germania**, misurando l'attività dei seguenti radionuclidi:

Cs-137, Cs-134, Ra-226, Th-232, Mn-54, Co-60, I-131 etc.

Le misurazioni sono state fatte in territori molto inquinati, in particolare, nel villaggio Valavsk (distretto Elsk, provincia di Gomel) – 800 abitanti di cui 159 sono bambini. La contaminazione del territorio del villaggio con il Cs-137 era **8,3 Ci/km² (307 KBq/m²)**. La dose annuale effettiva era **1,3 mSv/anno** (1, dati 2004).

Il **70-90 %** dei 300'000 bambini analizzati avevano il livello di accumulo del Cs-137 superiore a **15-20 Bq/kg (0,1 mSv/anno di irradiazione interna)**.

In tanti villaggi il livello di Cs-137 accumulato arrivava a 200-400 Bq/kg, alcuni bambini nelle province di Gomel e Brest avevano il livello fino a **2'000 Bq/kg (c.a. 100 mSv/anno)**, pari al livello consentito per i professionisti che lavorano nell'industria nucleare).

In Bielorussia e in Ucraina nei territori dove la contaminazione del Cs-137 spesso raggiungeva il **50 Bq/kg (555 KBq/m²)** è stato osservato l'aumento delle malattie, del numero dei morti e la diminuzione dei bambini sani. Il livello massimale del Cs-137 incorporato (**6'700-7'300 Bq/kg**) è stato rilevato nei bambini del distretto Narovlya in provincia di Gomel. In tanti villaggi di questo distretto il **33 % dei bambini** aveva le dosi interne oltre il **livello ufficiale permessibile (1 mSv/anno)**.

Organi diversi accumulano il Cs-137 in modo diverso, in ordine di grandezza: tiroide, ghiandole surrenali, pancreas, timo, muscoli, milza, cuore, fegato. (Tabella 55).

Organ	Concentration
Thyroid	2,054 ± 288
Adrenal glands	1,576 ± 290
Pancreas	1,359 ± 350
Thymus	930 ± 278
Skeletal muscle	902 ± 234
Spleen	608 ± 109
Heart	478 ± 106
Liver	347 ± 61

Tabella 55. La concentrazione (Bq/ kg) del Cs-137 negli organi interni dopo l'autopsia (56 persone), provincia di Gomel, 1997 (Bandazhevsky, 2003)

La concentrazione del **Sr-90** nei corpi degli abitanti della provincia di Gomel è cresciuta notevolmente dal 1991 al 2000. La concentrazione del **Pu** nei corpi dei cittadini di Gomel 4-5 anni dopo la catastrofe era **3-4 volte più alta**, rispetto al livello globale (1, cit. pag. 298).

Finlandia

Dopo 17 anni dalla catastrofe, il **carico corporeo (body burden)** per l'intero paese è stato valutato in 200 Bq, a Padasjoki – 3'000 Bq/corpo. Alla fine del 1986 il carico corporeo del Cs-134 era 730 Bq/corpo, il Cs-137 è salito da 150 a 1'500 a dicembre 1986.

Giappone

Il livello pre-catastrofe del Cs-137 era 30 Bq, è salito nel 1986 a più di 50 Bq.

Inghilterra

E' stato valutato in 250-450 Bq/corpo. Il carico corporeo per adulti in Scozia nel 1986 dopo catastrofe: Cs-134 – 172 Bq, Cs-137 – 363 Bq, K-40 – 4'430 Bq. Il carico dello Iodio I-131 misurato nella zona del collo (zona ghiandola tiroidea) era 33 Bq per adulto e 16 Bq per bambini.

Italia

Incorporazione dell'I-131 nella tiroide in 51 adulti dal 03.05 al 16.06.1986 era di 6,5 Bq/g. Il picco dell'escrezione dalle urine del Cs-137 è stato osservato 300-425 giorni dopo il fallout del 05.05.1986: **15-20 Bq/giorno** (1, art.1989, cit. p.299).

Germania e Francia

Il carico corporeo del Cs-137 nei corpi umani a Monaco è salito di 7 volte (da 200 a 1400 Bq) nei maschi e di 4 volte (da 200 a 800 Bq) nelle femmine, di 3 volte a Grenoble (da 200 a 600 Bq) (Figura 56).

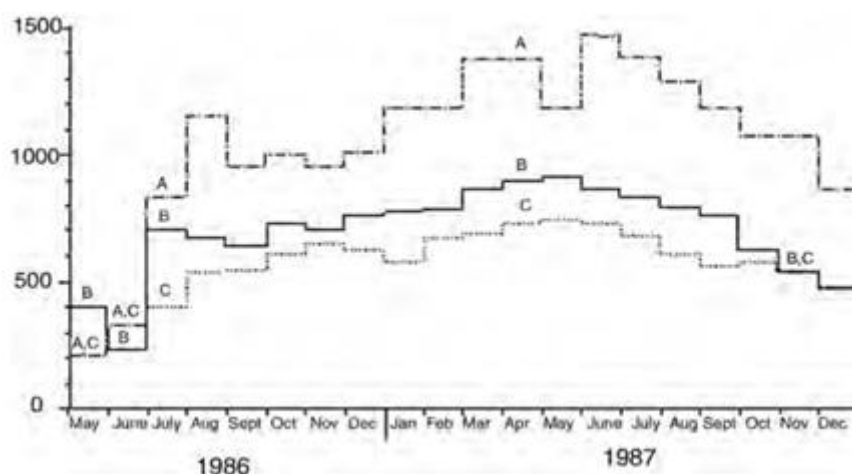


Figura 56. Il carico corporeo del Cs-137 (Bq) nei corpi umani a Monaco, Germania, e in Grenoble, Francia, 1986-1987: (A) maschi, (B) femmine, (C) adulti di Grenoble, Francia (UNSCEAR, 1988).

È importante sapere che avendo la stessa dieta, **l'esposizione dei bambini sarà 3-5 volte superiore, rispetto ad un adulto.**

In quanto il 90 % delle radiazioni indoor sono dovute al Cs-137 (emivita 30 anni), le aree contaminate saranno dannose per i prossimi 300 anni.

L'esperienza ha dimostrato che il monitoring ufficiale di radioattività esistente è inadeguato non solo nei paesi dell'ex URSS.

Enti ufficiali non sono disponibili per ottenere dati obiettivi della contaminazione della comunità, degli individui, del cibo.

10. La rimozione dei radionuclidi assorbiti dal corpo

Circa 30 anni dopo Chernobyl la dose annuale individuale della contaminazione, nei territori inquinati, in Bielorussia, Ucraina e Russia europea **supera 1 mSv/anno**, a causa del consumo dei prodotti locali contaminati.

La zona della catastrofe ecologica in Bielorussia risulta molto più grande, rispetto alla zona di contaminazione radiologica, a causa della dispersione dei radionuclidi con il cibo.

Il monitoraggio del Cs-137 eseguito da **BELRAD** dei prodotti alimentari nelle regioni di Chernobyl (c.a. 320'000 test) durante 1991-2001 ha rilevato che circa il **15 % del latte conteneva più del 100 Bq/lt** (il limite ufficiale era **100 Bq/lt**, il

valore massimale trovato era 2'600 Bq/lit) e **l'80 % dei funghi** conteneva più del **370 Bq/kg** (il valore massimo trovato era 5'000 Bq/kg).

11 anni di esperienza dell'**Istituto BELRAD** dimostrano che per l'effettiva protezione radioattiva è necessario **stabilire il livello – limite per i bambini**. **BELRAD** raccomanda il limite ammissibile per i bambini di 70 Bq/kg, il limite di controllo di **20 Bq/kg**, mentre per gli adulti, rispettivamente, 200 Bq/kg e **70 Bq/kg**.

Il **Professore Bandazhevsky** ritiene che i cambiamenti patologici nell'organismo umano cominciano ad insorgere al raggiungimento di **50 Bq/kg del Cs-137 assorbito** in un adulto.

Il livello – limite per i bambini dovrebbe corrispondere al **30 %** circa del livello dannoso ufficiale (**15 Bq/kg del 50 Bq/kg**).

L'accumulo di 50 Bq/kg del Cs-137 nei corpi dei bambini può indurre i cambiamenti patologici negli organi vitali. Bambini che hanno la stessa dieta degli adulti, ricevono una dose più alta di 5 volte, rispetto agli adulti, a causa del loro peso minore e del metabolismo più attivo.

Il Professore Bandazhevsky raccomanda al raggiungimento dell'assorbimento del 15 Bq/kg del Cs-137 nel corpo dei bambini di utilizzare metodi di rimozione di radionuclidi, in particolare, additivi che contengono pectina.

Il Professor Bandazhevsky raccomanda di rivedere i limiti ammissibili per i bambini verso la riduzione.

Le misurazioni dell'accumulo nei corpi del Cs-137 nelle regioni contaminate di Bielorussia mostrano che il **Catalogo Ufficiale delle Dosi** sottostima la dose annuale di 3-8 volte.

Come protezione e rimozione dei radionuclidi dal corpo, in base all'esperienza pluriennale del BELRAD, nei territori contaminati si usano gli additivi – **enterosorbenti**, che contengono **pectina**.

Il livello del Cs-137 negli organi dei bambini diminuisce dopo ogni trattamento del 30-40 % (3 settimane 5 g di pectina 2 volte al giorno).

La **pectina** è contenuta in barbabietola, carota, peperone, zucca, melanzana, mela, amarena, prugna, pera, arancia, limone, mandarino, succhi di frutta e di verdura. Gli **enterosorbenti** che rimuovono i metalli pesanti esistono da tanti anni in Europa (**"Medetopect"** di produzione Francia-Germania).

In Francia la ditta **SANOFI** produce additivi che si usano in casi di intossicazione da metalli pesanti.

Nel 1997 Ph.D. in Medicina N.A.Gres' ha svolto presso la clinica del Ministero di Salute di Bielorussia vicino a Minsk in Aksakovschina un test dell'impatto degli **additivi con pectina ("VITAPECT")** sulla dinamica di microelementi nel sangue dei bambini, ottenendo la riduzione del **piombo** negli organismi fino al **53 %** e del **mercurio fino al 24 %**.

Come segue dal **Grafico 57**, l'assunzione del **Vitapect** per 3 settimane ha ridotto il valore del Cs-137 nei corpi dei bambini **da 30 a 10 Bq/kg**.

1 compressa di "VITAPECT" contiene la pectina ottenuta da 3-4 kg di mele, norma giornaliera delle vitamine e microelementi.

L'additivo **“YABLOPECT”** (Ucraina) riduce la concentrazione dei metalli pesanti nel sangue fino al **70 %**.

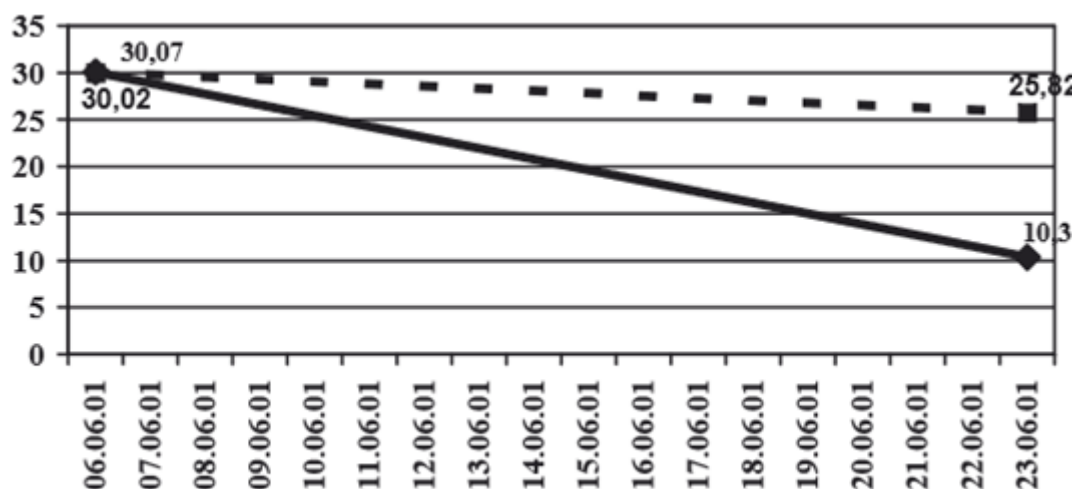


Figura 57. Il livello di riduzione dell'attività specifica del Cs-137, Bq/kg, dopo l'assunzione degli additivi Vitapect (linea sotto) e Placebo (linea sopra) dal 06 al 23 giugno 2001 (3)

Ancora nel 1981 **WHO** (World Health Organization) e **FAO** (U.N. Food and Agriculture Organization), in base agli studi clinici di 2 anni, hanno dichiarato che gli **enterosorbenti** contenenti pectina sono effettivi per l'espulsione di radionuclidi ad uso quotidiano (WHO, 1981). Il prodotto basato sulla pectina della **pianta acquatica Zostera**, sotto il nome commerciale **Zosterin**, si usava come profilassi nell'industria nucleare in Russia.

Dal 2001 al 2003 l'associazione "Children of Chernobyl in Belarus" (Francia), Mitterand Found (Francia), the Found for Children of Chernobyl (Belgio) e BELRAD Institute hanno trattato **1'400 bambini** (10 scuole) nel distretto Narovlyansky in provincia di Gomel che ricevevano 5 trattamenti all'anno di **Vitapect**. La concentrazione del Cs-137 nei corpi diminuiva di **4-5 volte**: da 350 a 60 Bq/kg c.a.

Ottimi risultati si ottengono dopo i soggiorni terapeutici dei bambini nei territori non contaminati.

Nel 1999 **165 bambini** che soggiornavano in **Austria** e prendevano **enterosorbenti** hanno avuto una riduzione per il **50 %** del Cs-137 nei corpi.
 Nel 1999 **650 bambini** che soggiornavano in **Italia** e prendevano enterosorbenti hanno avuto una riduzione per il **55 %** del Cs-137 nei corpi.
 Nel 2000 **1215 bambini** che soggiornavano in **Inghilterra** e prendevano **Vitapect** hanno avuto una riduzione del Cs-137 per il **95 %**.
1100 bambini bielorusi che soggiornavano in **Irlanda** e prendevano pectina hanno avuto una riduzione del Cs-137 per il **50 %**. (3)

In **Spagna**, nel 2007 – **43 bambini** che soggiornavano per 2 mesi e prendevano **Vitapect** hanno avuto una diminuzione del Cs-137 per il **53%**.

In **Canada**, nel 2007 – **22 bambini** che soggiornavano per 1 mese e prendevano **Vitapect** hanno avuto una diminuzione del Cs-137 per il **50%**; **15 bambini** che

soggiornavano per 1 mese e prendevano **Vitapect** hanno invece avuto una diminuzione del Cs-137 per il **49 %**.

Dal 1996 al 2007 più di **160'000 bambini bielorussi** hanno ricevuto il trattamento con **VITAPECT (5 g/giorno)** per c.a. 3 settimane, avendo come risultato la diminuzione del Cs-137 fino a **40 %**. (1)

11. Radioprotezione. Misure per ogni giorno

Territori contaminati con la concentrazione di radionuclidi **oltre 37 KBq/m²**:

Bielorussia – 1,8 milioni di ha, Russia – 1,6 milioni di ha, Ucraina – 1,2 milioni di ha.

Secondo il **Ministero dell'Agricoltura di Bielorussia**, la produzione agricola si svolge attualmente nei territori di oltre 1,1 milioni ettari contaminati da Cs-137 al livello da 37 a 1,4780 KBq/m² e nei 0,38 milioni ettari contaminati da Sr-90 al livello di più di 5,55 KBq/m².

Nella provincia di Gomel è contaminato il **56 %** delle terre agricole.

Nella provincia di Mogilev è contaminato il **26 %** delle terre agricole.

Il **22 % del territorio bielorusso è contaminato** (National Belarussian Report, 2006).

Più di **5 milioni** di persone vivono nei territori contaminati in Bielorussia, Ucraina e Russia europea.

Alcuni territori, campi, foreste, montagne, laghi in Svezia, Norvegia, Scozia, Germania, Svizzera, Austria, Italia, Francia e Turchia sono contaminati con valori misurabili.

I territori agricoli dove la produzione **entro il limite “permissibile”** è impossibile sono: Bielorussia – 265'000 ettari, Ucraina – 130'000 ettari, Russia – 17'000 ettari.

Il livello permissibile della dose effettiva stabilita non deve superare 1 mSv/anno.

Ogni paese stabilisce la propria politica di radioprotezione.

In **Bielorussia** per la carne di **manzo e agnello** la concentrazione del Cs-137 non deve superare **500 Bq/kg**, in Russia e Ucraina - **160 Bq/kg**, per **farina e grano mondato in Bielorussia** – **90 Bq/kg**.

Alcuni metodi effettivi per diminuire la concentrazione dei radionuclidi nei **cereali** nei campi agricoli sono: il trattamento con **calce** come antagonista dello **Sr-90**, i fertilizzanti che contengono **K** come antagonista del **Cs-137**, fertilizzanti che contengono il **fosforo** per precipitare **Sr-90**, l'uso della **zeolite, sapropel** e di altre sostanze naturali antagonisti ed assorbenti di radionuclidi (**fattore di riduzione da 1 a 4-5 volte**).

Per ridurre il Cs-137 e lo Sr-90 nel cibo si usano gli additivi che contengono **ferrocianidi** (riduzione da 2 fino a 20 volte per il Cs-137), **zeolite** (riduzione 2-4 volte per il Cs-137), **sali minerali** (riduzione 2-3 volte per il Cs-137 e Sr-90), l'uso di **enterosorbenti** come pectina, carbone attivo, l'uso di antiossidanti (vitamine, microelementi) etc.

Ci sono altre misure indirizzate per la riduzione dei radionuclidi nei prodotti alimentari (Figura 58). Per esempio, la pulizia dei semi dei cereali riduce la concentrazione del Cs-137 per 1,5-2 volte, il trattamento delle patate in **fecola** – per 15-50 volte, la produzione dello **zucchero** dai prodotti che contengono carboidrati – per 60-70 volte, la produzione dell'**alcool** – riduzione fino a 1'000 volte, il trattamento del latte in **panna** – riduzione del Cs-137 per 6-12 volte,

dello Sr-90 per 5-10 volte, il trattamento del latte in **burro** - riduzione del Cs-137 per 20-30 volte, dello Sr-90 per 30-50 volte, il **trattamento culinario della carne** – riduzione del Cs-137 per 2-4 volte.

Measure	Reduction factor	
	Cs-137	Sr-90
Cleaning of cereals seeds	1.5–2	
Processing of potato to starch	15–50	
Processing carbohydrate-containing: Production to sugars	60–70	
Production to ethyl alcohol	Up to 1,000	
Processing of milk to cream	6–12	5–10
Processing of milk to butter	20–30	30–50
Culinary treatment of meat	2–4	None

Figura 58. Efficienza delle misure per la riduzione del Cs-137 e Sr-90 nei prodotti alimentari (Gudkov, 2006)

Le **foreste** in Bielorussia hanno accumulato circa il **70 %** dei radionuclidi. L'attività specifica del Cs-137 può superare il **20 KBq/kg** nelle **bacche** del bosco e nei **funghi**, **150 KBq/kg** nei funghi secchi, **250 KBq/kg** nella **selvaggina**, fino a **300 KBq/kg** nei **pesci-predatori**.

Nella zona di esclusione di 30 km esiste il rischio di ricevere una dose individuale di **oltre 5 mSv/anno**. Oltre il 50 % dei funghi e delle bacche nei campioni analizzati eccedevano il livello ammissibile (**370 Bq/kg**). Con il consumo solo dei prodotti delle foreste la dose interna annuale individuale può raggiungere il **40 %**. Per prevenire la dispersione dei radionuclidi dalle foreste contaminate via acqua o vento, è necessario **riforestare** le aree erose. Sono necessari gli **SFORZI UNIVERSALI** per prevenire gli incendi nelle foreste e fermare la dispersione dei radionuclidi via vento a centinaia e migliaia di km dalla NPP di Chernobyl.

Nelle zone contaminate con il livello del Cs-137 superiore a 15 Ci/km² è pericoloso consumare la selvaggina. Nei territori contaminati si raccomanda di cacciare i **cinghiali** e i **caprioli** che hanno **età oltre 2 anni**, a causa della minore contaminazione interna. La situazione con l'**alce**: i **giovani** esemplari hanno un'incorporazione interna significativamente **minore**, rispetto agli esemplari più vecchi.

La contaminazione da radionuclidi degli **organi interni dei mammiferi** selvatici (cuore, fegato, reni, polmoni etc) è significativamente **maggiore**, rispetto a quella dei **muscoli**.

Il livello di contaminazione interna degli animali selvatici **decresce** nel seguente ordine: **lupo – volpe – cinghiale – capriolo – lepre – anatra – alce**.

Nei territori contaminati le specie dei **pesci nei fiumi** hanno il livello di contaminazione significativamente **minore**, rispetto alle stesse specie nei **laghi** e negli **stagni**. I **pesci erbivori** hanno la concentrazione di radionuclidi 3-4 volte minore rispetto ai **pesci-predatori**. I **pesci del bentos** hanno la contaminazione di alcune volte **maggiore**, rispetto ai pesci che vivono nelle acque di superficie.

È molto importante **evitare i radionuclidi nel cibo** e se il cibo con i radionuclidi è stato consumato, cercare di eliminarlo dall'organismo più velocemente possibile.

Nei bambini piccoli l'**emivita biologica del Cs-137 è di 14 giorni**, nei bambini di **5 anni 21 giorni**, nei bambini di **10 anni 49 giorni**, nei ragazzi di **17 anni 90 giorni**, nei giovani maschi **100 giorni** (1, *Nesterenko, 1997*).

I prodotti alimentari accumulano i radionuclidi in modo diverso.

Verdure che accumulano il Cs-137 in alcune zone della Bielorussia in ordine di decrescita:

cavolo – patate – barbabietola – acetosa – lattuga – rapanelli – cipolla – aglio – carota – cetrioli – pomodori.

Verdure che accumulano il Cs-137 in provincia di Gomel in ordine di decrescita: *acetosa – fagioli – rapanelli – carota – barbabietola – patate – aglio – peperone dolce – pomodori – melanzana – cetrioli – cavolo – cavolfiore* (Radiology Institute, 2003).

Bacche che accumulano il Cs-137 in ordine di decrescita:

mirtilli (Vaccinum myrtillus) – mirtillo rosso (V.vitis-idaea) - ribes nero e ribes rosso (Ribes sp.) - mortella di palude (Oxicoccus sp.) - fragola – ribes uva-crispa Grossuloaria) – lampone – sorbo.

Carne che accumula il Cs-137 in ordine di decrescita:

pollo – manzo – agnello – maiale.

La **carne** di animali vecchi ha più radionuclidi, rispetto agli esemplari giovani, a causa dell'accumulo. **Le ossa** degli animali giovani hanno più Sr-90.

Organi interni che accumulano il Cs-137 in ordine di decrescita:

polmoni – reni – fegato – grasso.

Le parti delle uova che accumulano il Cs-137 in ordine di decrescita:

guscio – albume – tuorlo.

Le proprietà biologiche del **Cs-137** sono simili agli elementi stabili come **K e Rb**, dello **Sr-90 e Pu** sono simili a **Ca**. Queste proprietà determinano dove si concentrano i radionuclidi nel corpo, ***l'uso degli elementi stabili aiuta a diminuire l'assorbimento dei radionuclidi.***

Prodotti ricchi di K: *patate, mais, fagioli, barbabietola, uva, albicocca secca, tè, nocciole, limoni.*

Prodotti ricchi di Ca: *latte, uova, legumi, cipolla verde, rapa, prezzemolo, aneto, spinaci.*

L'esperienza nei paesi del mondo dopo la catastrofe dimostra che è molto importante fornire ai cittadini le informazioni e i metodi per evitare l'assorbimento dei radionuclidi.

Dal 1994 l'esposizione alla radiazione della popolazione in Bielorussia, Ucraina e Russia continua a crescere, a causa dell'assorbimento dei radionuclidi, della loro migrazione dal suolo nelle radici, dell'incorporazione nella parte mangiabile delle piante. Oggi il maggior pericolo è rappresentato da Cs-137 e Sr-90.

In futuro Am-241 sarà un serio problema.

Le **future 6-7 generazioni** dovranno provvedere nel vasto territorio in **Bielorussia, Ucraina e Russia** a misure speciali per il controllo di radionuclidi in agricoltura, nelle foreste, nei bacini acquatici, fiumi e laghi, come anche altri paesi, **Svezia, Norvegia, Svizzera, Austria, Francia, Germania**, che hanno vaste aree contaminate da radionuclidi.

Il problema di contaminazione da radionuclidi è dinamico, richiede di essere incluso nei programmi dei governi, richiede il monitoraggio permanente almeno di **Cs-137 e Sr-90**, come minimo, per i prossimi **150-300 anni**.

12. Le conseguenze della catastrofe su scala globale

Il **40 % dell'Europa** (tutti paesi europei), Asia, Nord America, Nord Africa sono stati contaminati dal fallout radioattivo di Chernobyl.

La Bielorussia ha subito una pesantissima contaminazione.

5 milioni di persone in Bielorussia, Ucraina e Russia vivono nei territori contaminati, di cui **1 milione sono bambini**.

La dichiarazione dell'**IAEA (International Atomic Energy Agency) e UNSCEAR (United Nations Scientific Committee sugli Effetti della Radiazione Atomica)** che il fallout di Chernobyl ha aggiunto "solo" il 2 % al fondo radioattivo naturale ignora dati sulla disintegrazione dei radionuclidi nel tempo:

l'Amerizio (Am-241) rimane sulla terra per **5'000 anni**, il Cesio (Cs-137) – per 600 anni, lo Stronzio (Sr-90) – per 500, il Plutonio (Pu-241) – per 200, il **Plutonio (Pu-240) inquinerà la Terra per 100'000 anni** (Figura 59).

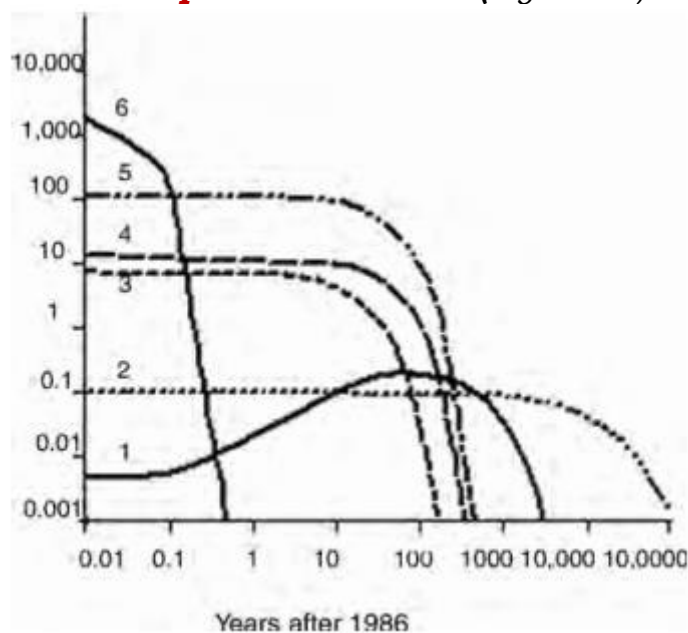


Figura 59. Radioattività totale aggiuntiva (in petabecquerel, PBq (10^{15})) all'ambiente globale dopo la catastrofe di Chernobyl:
1 – Am-241, 2 – Pu (239+240), 3 – Pu-241, 4 – Sr-90, 5 – Cs-137, 6 – I-131
(Mulev, 2008)

Ogni aumento della radiazione nucleare ha un effetto sulle cellule riproduttive e somatiche di ogni essere vivente.

Non esistono giustificazioni scientifiche per il fatto che gli specialisti dell'**IAEA e WHO (Chernobyl Forum, 2005)** hanno completamente omesso di citare i dati sulle conseguenze negative della contaminazione radioattiva nelle altre aree, dove si sono depositati il **57 % di radionuclidi di Chernobyl**, oltre Bielorussia, Ucraina e Russia.

La monografia di **Yablokov** et al. stima che al 2004 dopo il fallout mondiale il numero di decessi in Europa, Asia, Nord Africa e Nord America ha raggiunto le **824'000 persone**.

Il numero delle vittime di Chernobyl crescerà per tante generazioni.

Lo spostamento dei radionuclidi di lunga emivita attraverso acqua, vento, animali migranti causa e continuerà causare la secondaria contaminazione radioattiva a centinaia e migliaia di km dalla NPP di Chernobyl.

La zona di esclusione di Chernobyl è un **“buco nero”** dove alcune specie possono vivere solo per via dell'immigrazione dalle zone incontaminate.

La zona di esclusione di Chernobyl è un **“boiler”** microevoluzionario, dove i geni delle creature viventi si trasformano, con imprevedibili conseguenze.

Per mitigare le conseguenze della catastrofe di Chernobyl, la **Bielorussia** ogni anno spende il **20 % del budget nazionale**, l'Ucraina – il 6 %, la Russia – l'1%.

La tragedia di Chernobyl dimostra che i paesi come Francia, Giappone, India, Cina, Usa, Germania devono considerare l'importanza del monitoring indipendente dei radionuclidi nei prodotti alimentari e dell'irradiazione individuale.

Questo monitoring, soprattutto dei radionuclidi incorporati nei corpi dei bambini, deve essere indipendente dall'industria nucleare ed essere previsto intorno ad ogni centrale nucleare. I risultati di tale monitoring devono essere accessibili al pubblico.

L'Accordo ufficiale tra WHO e l'IAEA (WHO, 1959) che prevede la non divulgazione al pubblico di qualsiasi informazione che può mettere in cattiva luce l'industria nucleare, deve essere cambiato.

*Le catastrofi di Chernobyl e di Fukushima hanno dimostrato che l'industria nucleare è pronta a **rischiare con la salute dell'Umanità e dell'Ambiente**, non solo teoricamente, ma in pratica, e allo stesso livello delle armi nucleari. (1)*

13. Il ri-fallout radioattivo a causa degli incendi nella zona di Chernobyl

Nella zona di Chernobyl, oltre al problema della nuova copertura del sarcofago, esiste il problema degli **incendi** che ogni volta causano **ri-fallout** e la dispersione di radionuclidi a centinaia e migliaia di km, con la radiocontaminazione atmosferica, il pericolo di ri-contaminazione dei terreni, dei pascoli, degli orti, l'ingresso dei radionuclidi nell'organismo umano attraverso la catena alimentare etc.

I dati dei precedenti incendi (**2002, 2008, 2010**) hanno dimostrato statisticamente la rimessa in circolo, a livello regionale, dal **2 all'8% del Cesio 137** delle radiazioni emesse dalla catastrofe della centrale di Chernobyl nel 1986. L'ultimo incendio di **113 km² di boschi** si è sviluppato il **26 aprile 2015** a **20 km dalla centrale di Chernobyl** nel giorno del 29mo anniversario del disastro di Chernobyl. Questo dato è stato confermato dalle immagini satellitari.

L'incendio nella zona di esclusione di Chernobyl si è verificato alla vigilia della riunione a **Londra** dei contributori del fondo per il sarcofago destinato a mettere in sicurezza la centrale, un incontro promosso dal G7 allo scopo di raccogliere altri fondi per completare la copertura dell'impianto, entro la nuova scadenza di metà 2017.

L'incendio è stato **spento alle ore 9:00 del 2 maggio 2015**, a 5 km dal **cimitero tecnologico** dove sono stati interrati i rifiuti radioattivi della centrale.

Nella nube sviluppatasi dai fumi dell'incendio sono presenti particelle respirabili di **Stronzio**, **Cesio**, differenti isotopi di **Uranio**, **Plutonio** e l'**Americio 241**. Nei giorni a venire, anche perché i piccoli focolai **continueranno a rilasciare radioattività**, la **Comunità internazionale ha il dovere di seguire il percorso della nube**, di metterla in relazione con le precipitazioni atmosferiche, di valutarne la composizione senza dimenticare di tenere in considerazione la presenza di **Plutonio** il quale rimane il **nuclide più dannoso** di tutti per la contaminazione interna.

Per esempio, come rilevato dagli studi dell'**AIPRI**, a differenza del Cesio è sufficiente pochissimo **Plutonio** per definire una zona come proibita:

5'000 Bq/m² di Plutonio contro 550'000 Bq/m² di Cesio137.

L'**estrema minimizzazione del rischio** di tali incendi serve anche a tranquillizzare – attraverso il **silenziamento dei mass media** - l'opinione pubblica europea.

La comunità scientifica invece è ben consapevole che in seguito a tali incendi ci sarà inevitabilmente un aumento della radioattività nelle regioni europee.

In via precauzionale le autorità avrebbero dovuto consigliare le popolazioni interessate dal passaggio della nube di **evitare le uscite di casa e di tenere chiuse le finestre;**

in caso contrario di munirsi di **mascherina;**

come profilassi secondaria consigliare di **bere molto** (eventualmente **acqua salina**) per aumentare il **potere emuntorio dei reni.**

Per il rilascio di radioattività in altri paesi europei valgono le osservazioni precedenti.

Questi episodi di incendi dovrebbero non solo aumentare la consapevolezza sull'effetto cronico nocivo delle **basse dosi** di radiazione e sulla **pericolosità della scelta nucleare**, ma dall'altra parte, spingere ad una campagna di informazione per **la rivalutazione a livello europeo del concetto di norma sulla presenza degli isotopi radioattivi nei cibi**, con la valutazione dell'**effetto cumulo** apportato da ogni singolo alimento. (4, 5)

14. Densità di popolazione intorno alle centrali nucleari in Europa

Il 42 % delle 432 centrali nucleari in funzione nel mondo sono collocate in Europa.

L'Italia sta procedendo alla dismissione delle sue centrali nucleari.

Pur non avendo più centrali nucleari in funzione, l'Italia ne è circondata:

da parte **ovest** le più vicine NPP della Francia, che ha 19 centrali in funzione, sono collocate ad appena 100-200 km di distanza dal confine con l'Italia:

la NPP di Bugey a 100 km, il centro di riprocessamento a Marcoulle a 180 km,

la NPP di Tricastin a 180 km, la NPP di Tricastin – 180 km, la NPP di Fessenheim a 215 km;



Figura 60. Centrali nucleari in Francia. (6)

da parte **est** dell'Italia: la NPP Krsko in Slovenia è distante dal confine con l'Italia di appena c.a. 150 km, la NPP di Paks in Ungheria – a c.a. 400 km, la NPP di Bohuvce – a c.a. 450 km, la NPP di Temelin in Repubblica Cechia – a c.a. 300 km da confine con l'Italia;

da parte **nord** dell'Italia ci sono 4 centrali nucleari della Svizzera:

la NPP di Gosgen – a c.a. 100 km dal confine con l'Italia, la NPP di Leibstadt – a c.a. 130 km, la NPP di Beznau – a c.a. 120 km, la NPP di Muchleberg a c.a. 130 km (la distanza è approssimativa ed è stata calcolata considerando lo spazio via aria sulle Google maps fino alla frontiera dell'Italia più vicina).



Centrali elettronucleari in Svizzera.

Figura 61. Centrali nucleari in Svizzera. (7)

Il “Rapport sur la vulnérabilité de la Suisse” pubblicato da **Sortir du nucléaire Suisse** e realizzato per l’ONG **no-nuke** dal **Frédéric-Paul Piguet**, che insegna

geoscienze ed ambiente all'**Institut Biosphère di Ginevra**, stila una classifica comparativa di 194 centrali nucleari del mondo secondo la loro pericolosità per i Paesi che le ospitano. **Piguet** classifica le centrali nucleari secondo la vulnerabilità che sono in grado di creare, nei Paesi dove sorgono, **in caso di un grosso incidente**.

Secondo lo studio, lo standard internazionale per la lontananza dai grandi centri abitati è rispettato da **156 centrali nucleari su 194 (80 %)**.

Invece, le **4 centrali nucleari svizzere** sono tra le prime al mondo per “**messa in pericolo della popolazione**”, dice lo studio:

Basilea è all'interno di un raggio di **50 km** da 3 centrali nucleari svizzere.

Zurigo da 2 centrali nucleari e **Berna** ha 1 centrale nucleare a distanza di soli **15 km!** **1 milione** di persone vive nel raggio di **30 km dalla NPP di Beznau**, e **817'000** nei dintorni della **NPP di Leibstadt**.

Secondo **Inspection Fédérale de Sécurité Nucleaire (IFSN, 2013)**, in caso di un incidente nucleare e passaggio della nube radioattiva, un adulto avrebbe ricevuto la dose effettiva dopo 2 giorni di esposizione, secondo le condizioni meteorologiche, di **1'000 mSv a 20 km** di distanza dall'incidente, **200 mSv a 50 km** e **100 mSv a 80 km**.

Per i bambini la dose alla tiroide potrebbe arrivare a 500 mSv a 100 km.

Secondo il Rapporto, l'evacuazione preventiva della popolazione, in caso di un incidente grave, dovrebbe essere prevista a **100 mSv** nel raggio di **80 km** dalla relativa centrale nucleare (Figura 62).

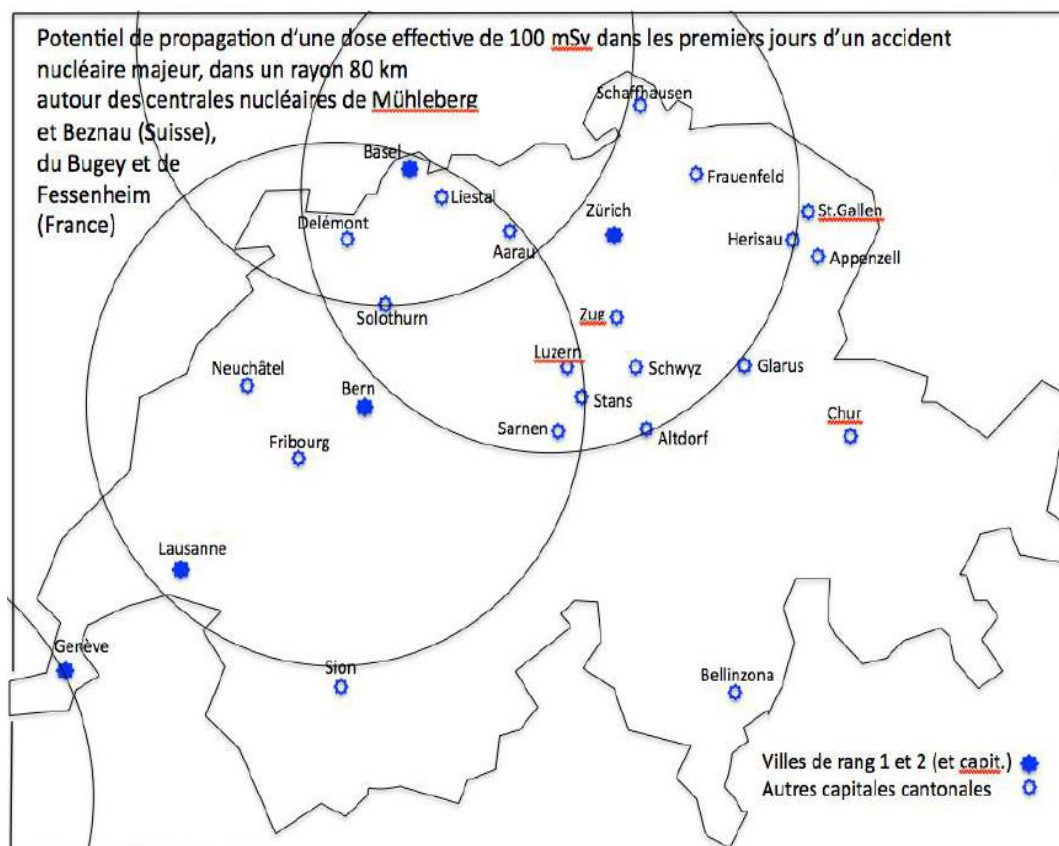


Figura 62. La propagazione potenziale della dose effettiva di 100 mSv nei primi giorni di un incidente nucleare serio nel raggio di 80 km intorno alle NPP di Muhleberg (cerchio a sinistra), Beznau (cerchio a destra), Bugey (Svizzera) e Fessenheim (Francia) (cerchio in alto). (8)

Secondo **UNSCEAR**, il contenuto del **Cs-137 nei 555 KBq/m²** corrisponde a meno di 5 mSv/anno. Secondo **Okeanov et al.**, la concentrazione di 37-185 KBq/m² genera una dose effettiva di 0,4 mSv/anno, la concentrazione di 185-555 KBq/m² genera esposizione di 2 mSv/anno, la concentrazione più del **555 KBq/m²** genera la dose effettiva di **5 mSv/anno**. L'**Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucleaire** raccomanda l'evacuazione della popolazione dal territorio con la concentrazione di **Cesio 555 KBq/m²**.

Con questo criterio è stata evacuata la zona di 30 km dopo la catastrofe di Chernobyl (concentrazione più del 15 Ci/km² = 555 KBq/m²). Certi territori sono inquinati a 100, 200 e oltre km dalla NPP di Chernobyl, con depositi **del Cs-137 tra 1'480 KBq/m² e 3'700 KBq/m²**. La distanza dalla NPP di Chernobyl fino al centro della provincia, città di **Gomel** – c.a. **150 km** via aria, fino a **Mogilev** – c.a. **300 km**, fino a **Bryansk** in Russia – c.a. **400 km**.

Secondo **IFSN**, la zona di esclusione per i territori contaminati da Cs-137, con una dose superiore **555 KBq/m²**, rappresenta **3'000-13'575 km²** (fino al **2 %** del territorio francese) o il **32 %**, **41'285 km²** del territorio della Confederazione Svizzera.

Nel caso di un incidente nucleare in Svizzera con un livello di gravità simile a **Fukushima**, il territorio inquinato si può stimare in 3'600 km (**diametro 64 km**), nel caso di un incidente simile a quello di **Chernobyl** – la superficie inquinata si può stimare in 10'300 km (**diametro 114 km**) (Figura 63).

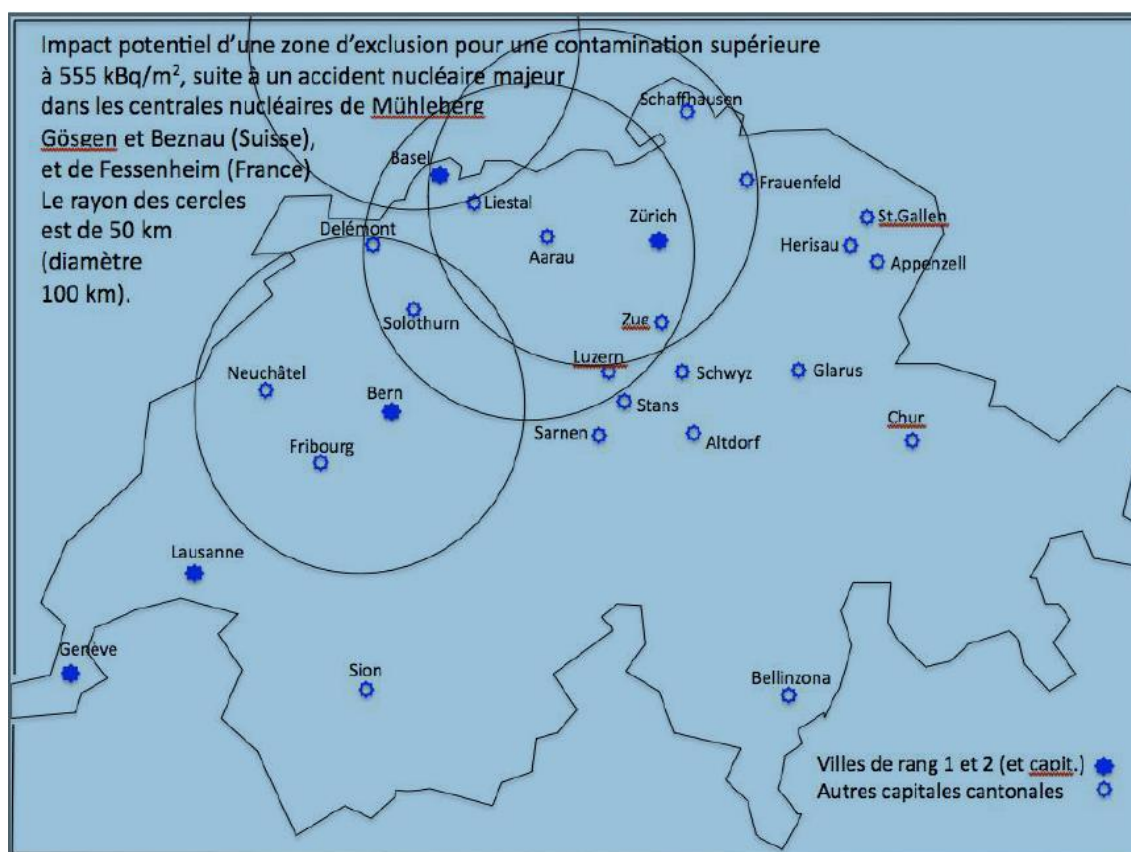


Figura 63. Potenziale impatto in caso di contaminazione superiore a 555 KBq/m² (zona di esclusione nel raggio di 50 km) in seguito ad un incidente nucleare serio sulle NPP di Muhleberg (cerchio a sinistra), Beznau (cerchio a destra), Gosgen (Svizzera) (cerchio in centro) e Fessenheim (Francia) (cerchio in alto). (8)

In caso di incidente, la zona di esclusione può occupare dal 7 % al 19 % del territorio svizzero. Il periodo di interdizione può durare da decenni a secoli.

Secondo i dati del **Declan Butler** pubblicati su "Nature" nel 2011, **"Reactors, residents and risk"**, il numero degli abitanti che vivono nel raggio di 30 km dalle 194 centrali nucleari nel mondo è:

4 centrali nucleari in Svizzera: 3'697'969 abitanti;
2 centrali nucleari in Germania: 3'363'639 abitanti;
2 centrali nucleari in Belgio: 2'347'950 abitanti;
4 centrali nucleari in USA: 2'684'426 abitanti;
5 centrali nucleari in Cina: 7'584'113 abitanti;
1 centrale nucleare in Pakistan: 8'346'926 abitanti;
2 centrali nucleari in Taiwan: 10'141'352 abitanti;
1 centrale nucleare in Armenia: 768'816 abitanti.

130 centrali nucleari hanno c.a. **400'000 abitanti nel raggio di 30 km**.
La media è di 222'000 abitanti.

Secondo i dati di **Declan Butler in Svizzera** intorno a 4 centrali nucleari vivono abitanti nel raggio di **30 km (2'826 km²)**: nel raggio di **75 km**:

NPP di Beznau:	1'027'780 (12,92 %)*	5'866'000
NPP di Leibstadt:	817'983 (10,28 %)*	5'830'000
NPP di Gosgen:	959'787 (12,06 %)*	5'638'000
NPP di Muhleberg:	892'419 (11,22 %)*	3'433'000
TOTALE:	3'697'969	20'767'000

* la percentuale della popolazione della Svizzera

In caso di creazione della zona di esclusione di 30 km (2'826 km²) intorno ad una centrale nucleare, tra 194 NPP nel mondo, 161 paese perderebbe c.a. 1 % della loro superficie, la Svizzera – il 6,5 %. (8)

15. L'Atlante della contaminazione in Europa da fallout di Chernobyl: le rilevazioni in Francia e in Italia

PRIMO MAGGIO 1986, 5 giorni dopo l'incidente di Chernobyl:

"BISOGNA ASPETTARSI, PER I GIORNI CHE VERRANNO, UN COMLOTTO INTERNAZIONALE DEGLI ESPERTI UFFICIALI PER MINIMIZZARE LA STIMA DELLE VITTIME CHE CAUSERÁ QUESTA CATASTROFE. IL PERSEGUIMENTO DEI PROGRAMMI CIVILI E MILITARI IMPONE ALL'ASSEMBLEA DEGLI STATI UNA TACITA COMPLICITÁ CHE OLTREPASSA I CONFLITTI IDEOLOGICI O ECONOMICI". (rivista "Ecologie", n° 371, maggio 1986, articolo di MADAME BELLA BELBEOCH, fisico, citato su 9).

Secondo il fisico nucleare e Direttore dell'**AIPRI, Association Internationale pour la Protection contre les Rayons Ionisants**, le ricadute di Chernobyl sul suolo dell'Italia sono state circa **60 volte superiori** per il **Cesio 137 depositato** e le ricadute nei polmoni circa 65 volte superiori **per il Cesio 137 respirato**. Rapportata al cesio 137 ricaduto, l'attività complessiva depositata sui suoli è stata da **42 a 68 volte superiore** all'attività al metro quadro del Cesio 137 mentre la dose indotta per sola **inalazione durante il fallout** è stata da **55 a 69 volte la dose assorbita dovuta al cesio 137**.

Stando ai fattori di dose annuale ufficiale, dal 30 aprile al 05 maggio 1986 un adulto con il solo respiro **ogni giorno** ha complessivamente assorbito **2,37 milliSievert, più di 2 volte la dose annuale ammissibile. (12)**

Dopo Chernobyl il laboratorio **CRIIRAD**, accreditato presso il **Ministero della Salute** francese per le rilevazioni della radioattività ambientale e della catena alimentare, ha proceduto ad eseguire delle comparazioni al fine di validare “la metodologia del terreno” messa in atto da **André Paris** per la realizzazione dell’**Atlante dei livelli residuali di cesio137 nei suoli, 1999-2001**”. (9)

Riguardo a 7 siti testati, in cui la contaminazione di cesio137 si è rivelata superiore a **10'000 Bq/m²**, l'incertezza legata alle misure dirette sul terreno è del 30% circa. Al contrario, per i suoli a più debole contaminazione, i risultati delle misure del terreno devono essere considerati, a priori, come “ordini di grandezza”. La “contaminazione uniformemente ripartita” misurata da **André Paris** è in realtà quella di suoli appositamente selezionati in grado di garantire contemporaneamente una buona conservazione del cesio (*terreni boschivi e prati naturali ad esclusioni dei pascoli e dei terreni coltivati*) e l'assenza di fenomeni di accumulo (come ai piedi dei faggi, il fondo delle doline, la via di passaggio preferenziale delle acque di scioglimento della neve in montagna, etc.).

Le carte redatte da **André Paris fra il 1999 ed il 2001** danno, per ogni sito studiato, l'ordine di grandezza della contaminazione attuale.

Si tratta di una visione **leggermente** deformata e **sottovalutata** della situazione del 1986 tenuto conto, da una parte, del **decadimento fisico del cesio137 (meno del 30 %)** e, dall'altra, di una disparità legata al **tipo di terreno** ed al suo utilizzo.

Globalmente, si può stimare che sulla maggioranza dei suoli della Francia continentale presi in considerazione nell'atlante, il livello di contaminazione di cesio137 doveva essere, nel 1986, **almeno 2 volte più importante** che le cifre riportate nell'atlante, tenuto conto del decadimento fisico del cesio137 e della sua eliminazione per trasferimento.

La perdita di cesio, tuttavia, è stata più importante in certi tipi di terreno, come quelli della **Corsica**. In generale, la contaminazione relativa di una porzione di territorio in rapporto ad un'altra è, a priori, riprodotta fedelmente per la Francia continentale.

Questa cartografia ripropone lo **schema globale** proposto nei lavori della **CRIIRAD** prima del 1992 e riafferma che **l'est della Francia, dalla Corsica all'Alsazia, è stato più fortemente contaminato** che l'ovest del territorio, con una forte **eterogeneità locale** legata in parte alla piovosità d'inizio mese del maggio 1986.

L'atlante 1999-2001 non è sicuramente esaustivo, ma apporta un livello prezioso di rappresentatività geografica.

Nel **sud est della Francia**, in particolare, la densità dei siti di rilevamento permette di proporre una presentazione “in continuo” dei livelli di contaminazione residuale del suolo.

Nell'ovest i siti di rilevamento sono più distanziati. In tutti i casi, è probabile che ulteriori ricerche riveleranno, localmente, zone sensibilmente più contaminate di

quelle prese in considerazione dall'atlante.

L'atlante 1999-2001 permette una comparazione con altri paesi europei. Si fa presente che il **Nord dell'Italia e l'Austria** sono stati e restano più contaminati rispetto alla Francia, ma anche che vaste porzioni dell'est del territorio francese, situate **a più di 2'000 km da Chernobyl**, sono più colpite che i settori studiati dell'**Ungheria** o della **Slovenia**.

Questa constatazione sottolinea l'ampiezza della catastrofe in termine di dispersione della contaminazione.

A metà degli anni 90, nel quadro di un lavoro italo-francese in campo ambientale riguardante il **Sud Est della Francia, André Paris** si è dovuto confrontare con gli interrogativi degli abitanti riguardanti la contaminazione del loro ambiente.

Nel Parco di Mercantour che si trova nelle **Alpi Marittime**, ai confini con l'Italia, testimoni parlavano dell'arrivo di tecnici in tenuta speciale per raccogliere dei campioni di terreno. Nello stesso tempo la **CRIIRAD** veniva a conoscenza di una nota dell'**Istituto di Protezione e Sicurezza Nazionale** che segnalava, in questa regione macchie di contaminazione elevate fino a **314'000 Bq di Cesio137** per kg di terreno.

Per approfondire il problema, munito di piccoli contatori **"Geiger grand public"**, **André Paris** ed i suoi colleghi, **Thierry Constantin- Blanc** e **Charles-Henri Tavernier**, hanno rapidamente individuato in ambiente alpino numerosi settori che presentavano un forte livello di **contaminazione gamma**.

I campioni di suolo prelevati nel corso delle ricerche del 1996/1997 nel Mercantour e Les Écrins sono stati analizzati dal **laboratorio della CRIIRAD**.

I risultati hanno confermato che si trattava di un inquinamento da **Cesio 137** imputabile per la maggior parte alle ricadute di Chernobyl.

Convinti che le "macchie di contaminazione localizzate" non fossero solo specifiche del sud delle **Alpi francesi**, **Thierry Constantin-Blanc** e **André Paris** acquistarono un **radiometro professionale** che permettesse di indagare efficacemente vasti territori.

Queste rilevazioni del terreno effettuate nelle **Alpi francesi, svizzere, italiane ed austriache**, hanno dato luogo al prelievo e all'analisi da parte del laboratorio CRIIRAD di **40 campioni di suolo nel 1997**.

Questo studio ha permesso di dimostrare che **tutto l'arco alpino è interessato dalla presenza di zone di accumulo di contaminazione**, in cui la concentrazione in cesio137 in certe porzioni di terreno è tale da poterli qualificare alla stregua di **"scorie radioattive"**.

Le analisi di laboratorio hanno anche dimostrato la presenza di accumulo di **plutonio**.

Le Alpi che erano considerate un ambiente preservato dalla contaminazione, si sono, al contrario, rivelate tra i **posti più colpiti dal fallout di Chernobyl** (Figura 64).

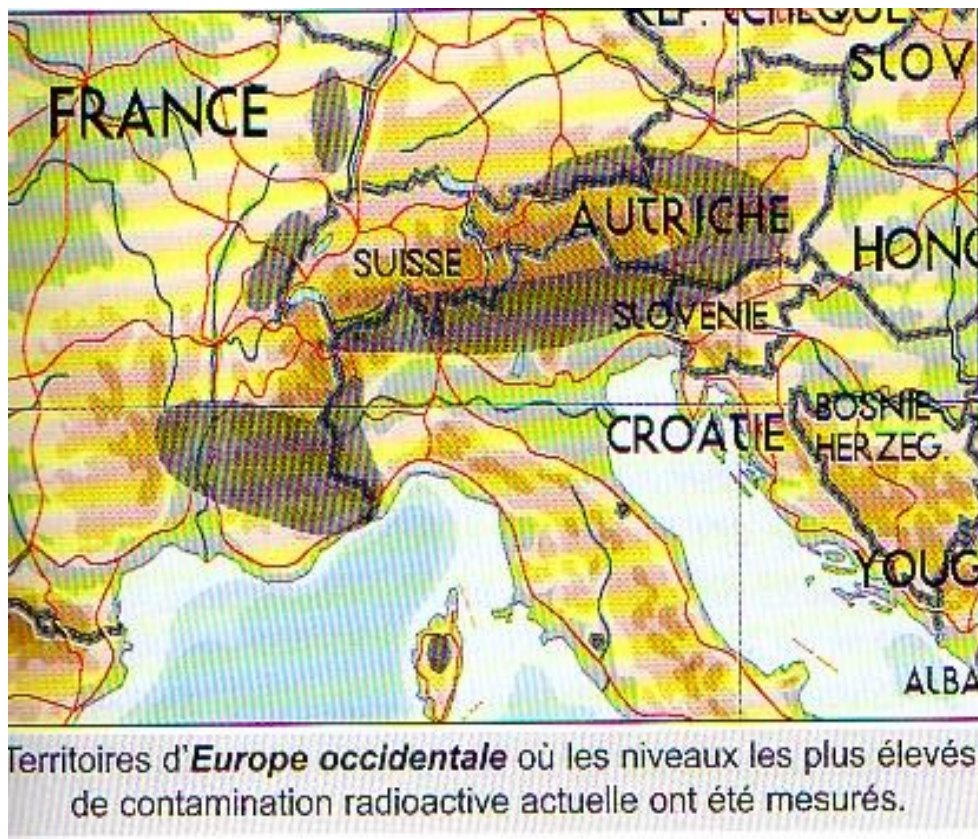


Figura 64. I territori dell'Europa occidentale in cui sono stati misurati i valori più alti di contaminazione radioattiva. (9)

Le misure complementari di flusso gamma, realizzate in altre regioni e le analisi di laboratorio, hanno dimostrato fenomeni d'accumulo anche al di fuori dell'ambiente alpino.

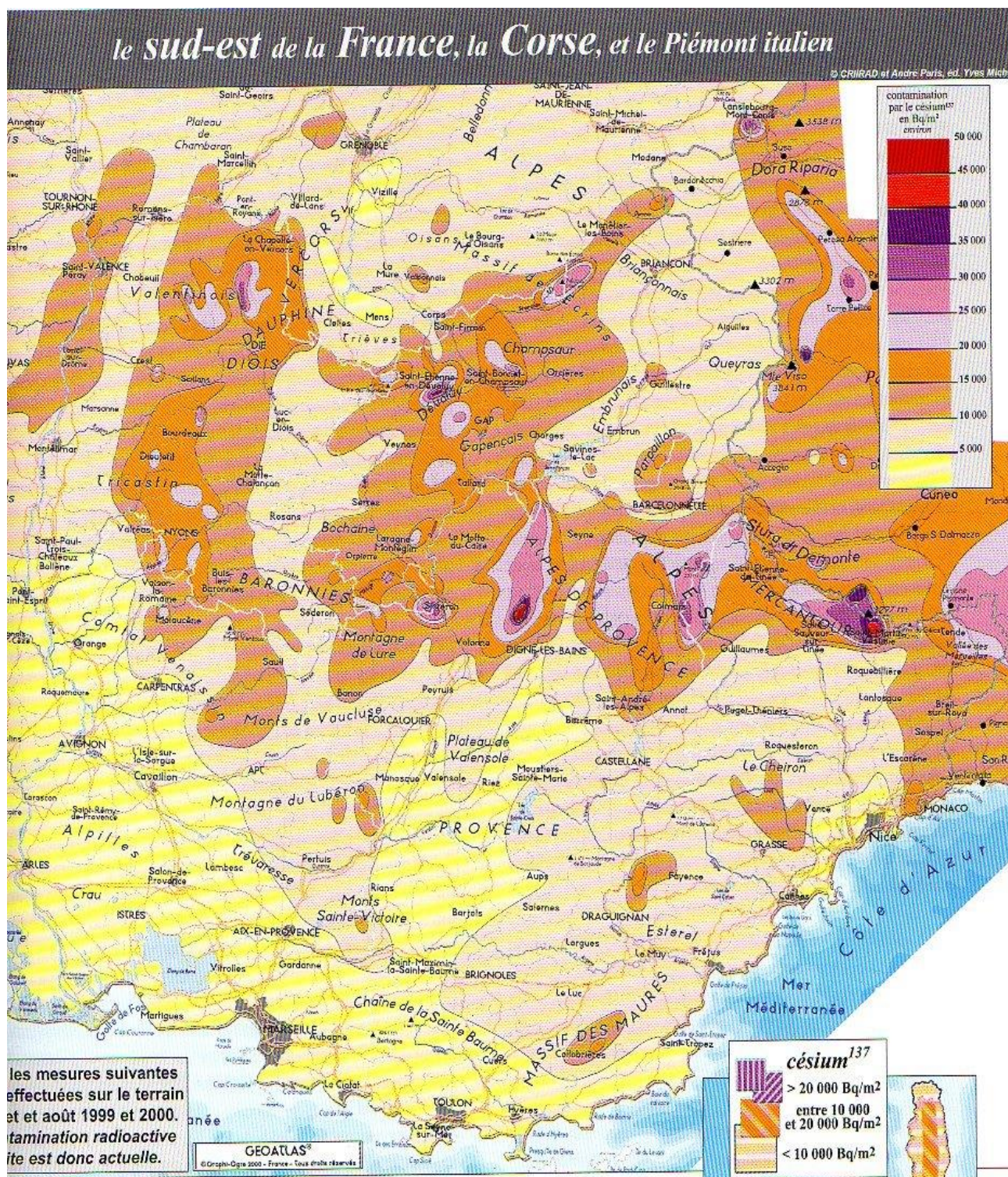


Figura 65. Mercantour e dintorni (rilevazioni dell'estate 1999-2000) (9)

Per le contaminazioni residuali superiori a **100'000 Bq/m² di Cesio¹³⁷**, l'incertezza dovrebbe essere inferiore al 30% nella maggioranza dei casi studiati (i casi in cui potrebbe essere superiore al 50% - generalmente nel senso di una sottostima - sono a priori esclusi dal momento che sono stati considerati, per la realizzazione dell'atlante, solo i terreni che presentavano la migliore conservazione della contaminazione). Per contro, per i terreni **più debolmente contaminati**

(< **5'000 Bq/m²**), i valori misurati sul terreno non sono che ordini di grandezza (una parte importante della contaminazione è probabilmente molto datata e più profondamente interrata).

I livelli di **Cesio 137** definiti “contaminazione uniformemente ripartita”, corrispondono alla contaminazione residuale dei suoli che, su un dato terreno, presentano, a priori, le migliori condizioni di conservazione dei depositi medi iniziali, ad esclusione dei punti di accumulo.

A qualche decina di metri dai suoli naturali considerati per elaborare l'atlante si possono trovare dei terreni nettamente meno contaminati, per il fatto che sono stati rimaneggiati o che abbiano subito dei meccanismi rafforzati di eliminazione del **Cesio 137** (*terreni coltivati, pascoli, zone umide, terreni in pendenza o sottoposti a forte deflusso, etc.*).

Nel contempo è evidente che su **terreni asfaltati o cementati che si trovano in ambiente urbano, la contaminazione iniziale è stata lavata.**

Al contrario, è probabile che, in vicinanza dei terreni presi in esame da André Paris, esistano dei settori che presentano una contaminazione **più elevata (è possibile un fattore 2 a 3)**. Infatti successivi riscontri richiesti alla **CRIIRAD** hanno dimostrato ciò.

In maniera più puntuale, contaminazioni nettamente più elevate di quelle riportate dall'atlante, possono esistere in punti specifici d'accumulo (questi fenomeni d'accumulo si riscontrano, per esempio, **ai piedi dei faggi, alla base di certi piloni, talvolta nei solchi delle grondaie, ed in ambiente alpino, nelle zone di passaggio preferenziale delle acque di disgelo delle nevi, etc.**).

Per la realizzazione dell'atlante sono stati presi indifferentemente in considerazione **terreni boschivi e prati.**

I livelli di cesio menzionati corrispondono al **Cesio di Chernobyl** ed al **precedente cesio militare**. La contaminazione era decisamente più importante nel maggio 1986 (in media circa **2 volte di più**).

Ci sono almeno tre ragioni:

Anche se i suoli sono stati scelti sistematicamente per la loro buona capacità di conservazione e presentano una contaminazione la cui maggior parte è trattenuta dai primi **10 centimetri del terreno**, la stima dell'attività del cesio a partire da una misura di **spettrometria** di superficie può sottostimare l'attività del cesio 137 negli strati profondi e, per lo stesso motivo, il livello iniziale delle ricadute.

La radioattività del **Cesio 137** diminuisce della metà **ogni 30 anni.**

La maggior parte delle rilevazioni del terreno, essendo state effettuate tra metà 99 e la fine del 2000, sono da considerare come se fossero trascorsi circa 14 anni dall'incidente, per cui l'attività depositata ha perso il **30 %** del suo valore iniziale. Bisogna quindi moltiplicare i valori dell'atlante per un fattore vicino all'**1,4** per ricalcolare l'attività iniziale che aveva il cesio 137 nel 1986. Questo fattore non dipende che dal tempo trascorso fra il momento delle rilevazioni e il maggio 1986.

Oltre il decadimento fisico del cesio 137, la dispersione del cesio 137 dopo il 1986 ha potuto essere accelerata localmente da numerosi meccanismi.

Nelle prime settimane dopo l'incidente, le dosi subite da certi gruppi di popolazioni abitanti l'**Est della Francia** (e quindi anche l'arco alpino italiano) hanno potuto raggiungere **livelli superiori ai limiti sanitari** in vigore a quell'epoca e **condurre ad un inaccettabile aumento dei rischi di cancro**. Queste dosi importanti erano dovute alla presenza di una ventina di radionuclidi a periodo corto, e segnatamente lo **iodio 131**.

Nell'intero arco alpino esistono in altezza (in generale oltre i **1500 metri**) settori dove si è operata una fortissima riconcentrazione locale di cesio depositato inizialmente su una grande superficie. Su questi punti di accumulo l'irraggiamento aggiunto dal cesio 137 conduce ad una esposizione esterna non trascurabile.

Bivaccare 2 settimane sui punti più attivi potrebbe condurre a dosi inaccettabili, vale a dire superiori a **1 mSv/anno**.

In effetti, il laboratorio della **CRIIRAD** ha rilevato nella regione di **Restefond nel Mercantour** in ottobre 1997, su un punto d'accumulo (**255'000 Bq/kg in Cesio 137**), una potenzialità di dose al contatto con il suolo di **8,4 microSieverts per ora** (dedotta la radioattività naturale). Un turista che piazzasse il suo sacco a pelo su questo posto riceverebbe in una notte la dose di **67 µSieverts**.

Il valore di **1 mSv/anno** è considerato dai regolamenti europei il **limite massimale** per l'esposizione generata dall'insieme delle attività industriali. La decontaminazione dell'intero **Arco Alpino** è impossibile, ma la **CRIIRAD** raccomanda un controllo sistematico dei luoghi frequentati dal pubblico (aree di picnic, campeggi, etc.) e che siano dati consigli agli specialisti o alle persone tenute ad una grande frequentazione di questi settori.

Gli esperimenti militari degli anni 50/60 e l'incidente di Chernobyl del 1986 hanno causato una contaminazione da cesio 137 attualmente debole, ma molto **diffusa**, delle **derrate alimentari**, considerando che all'inizio del secolo scorso questa contaminazione era nulla.

Alcune derrate alimentari scelte in ambiente boschivo sull'arco alpino (**funghi, selvaggina, bacche**), nascondono ancora livelli di cesio 137 che possono condurre a dosi non trascurabili per i grandi consumatori di **selvaggina o funghi**.

André Paris, agronomo e geologo di formazione, ha intrapreso durante l'estate 1999 la realizzazione di un **Atlante della contaminazione dei suoli da Cesio 137** grazie all'apporto scientifico e logistico del **CRIIRAD**.

Il lavoro non avrebbe potuto essere presentato senza la tenacia di André Paris che ha dedicato volontariamente **3 anni** della propria vita, percorrendo migliaia di chilometri ed esponendosi economicamente in prima persona.

Sono stati utilizzati tre strumenti:

- **un radiometro** tipo icometro, modello **SPP2** prodotto da **SAPHYMO**
- **un discriminatore alfa-beta** a grande finestra prodotto da **Ludlum**
- **uno spettrometro portatile nano SPEC**.

Lo strumento più utilizzato è stato lo **spettrometro portatile nano SPEC** a cristalli di ioduro di sodio.

La contaminazione radioattiva, facilmente rilevata dalla superficie del suolo, è praticamente sempre dovuta al **Cesio 137**.

LE RILEVAZIONI IN ITALIA

Valore di comparazione: i valori $< 5'000 \text{ Bq/m}^2$ sono da considerarsi come debole contaminazione.

LE MISURAZIONI RIPORTATE SONO STATE EFFETTUATE FRA L'ESTATE 1999 E L'ESTATE 2000.

LA VALLE D'AOSTA

Sulla sommità del **Colle** del **Piccolo San Bernardo** sui grandi **prati** la contaminazione uniformemente ripartita è stata misurata ad un valore di **5'300 Bq/m²**. 180 metri sotto, dalla parte italiana, la contaminazione uniformemente ripartita misurata sui grandi **prati** si attesta sul valore di **10'700 Bq/m²**.

Sotto il borgo di **La Thuile** in direzione di **Colle San Carlo** su **terreno boschivo** la contaminazione uniformemente ripartita, mostra un valore di **14'000 Bq/m²**.

In questa parte ovest della **Val d'Aosta**, la contaminazione si abbassa sensibilmente con l'incremento dell'altezza.

A **Cogne**, sotto il villaggio, il valore della contaminazione uniformemente ripartita è misurato ad un valore di **16'500 Bq/m²**, simile a quello rilevato a La Thuile.

LA VAL TOURNANCHE

Sopra il villaggio di **Valtournanche** sui **prati** due rilevazioni del valore della contaminazione uniformemente ripartita hanno dato i risultati di **20'900 Bq/m²** e **22'700 Bq/m²**.

A **Cervinia**, sotto la stazione, davanti al parcheggio dei camper sui **prati**, due rilevazioni della contaminazione uniformemente ripartita danno i risultati di **25'500 e 25'600 Bq/m²**.

Su questo settore di Cervinia negli infossamenti dei prati sono presenti accumuli di contaminazione. Su uno di questi accumuli si sono, localmente, misurati valori di contaminazione di **493'900 Bq/m²**.

Un **carotaggio del terreno** effettuato su questi ultimo accumulo e analizzato nel 1997 dal laboratorio **CRIIRAD**, ha dato un valore di contaminazione di **17'960 Bq di Cesio 137 per kg di terreno**.

Un altro **carotaggio del terreno** effettuato a nord di **Plan Maison**, eseguito su un forte accumulo di contaminazione, ha dato un valore di contaminazione di **106'600 Bq di cesio137 per kg di terreno**.

Gli accumuli di contaminazione in montagna si incontrano ad incominciare da una altezza di circa **1'500 metri** e sono più frequenti a circa **2'000 metri** d'altitudine. Questo tipo di accumulo di contaminazione risulta da un meccanismo particolare di ridistribuzione della contaminazione.

La contaminazione trasportata dall'atmosfera si è posata sul **mantello nevoso** residuale. Nel momento del **disgelo**, dopo che i terreni in montagna hanno aspirato e filtrato la maggior quantità di acqua dallo scioglimento delle nevi, si formano gli accumuli di contaminazione. Gli accumuli in montagna presentano spesso localmente forti valori di contaminazione trasformando il suolo in una **"scoria radioattiva"**. Gli accumuli di contaminazione sono stati riscontrati

sull'intero Arco Alpino.

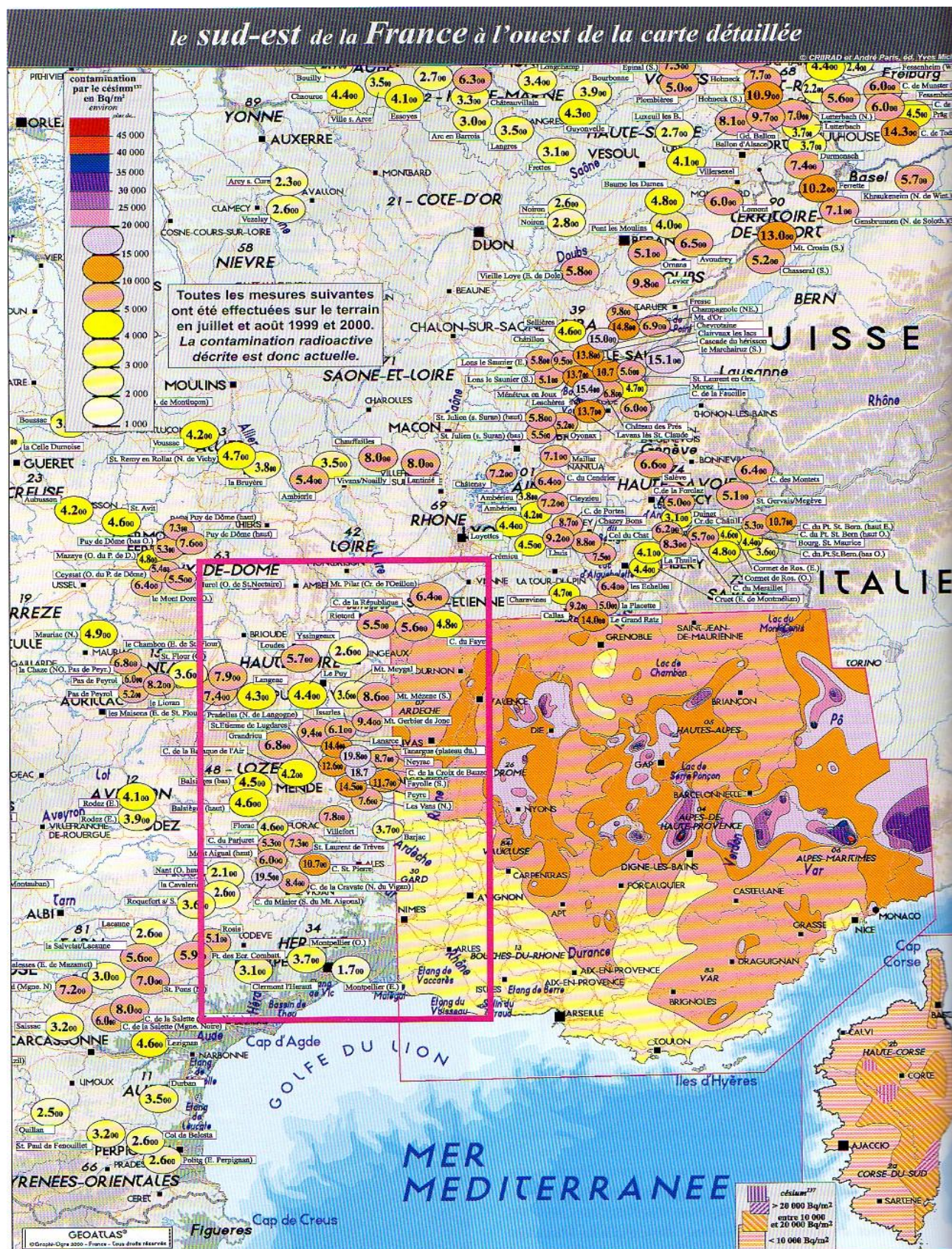
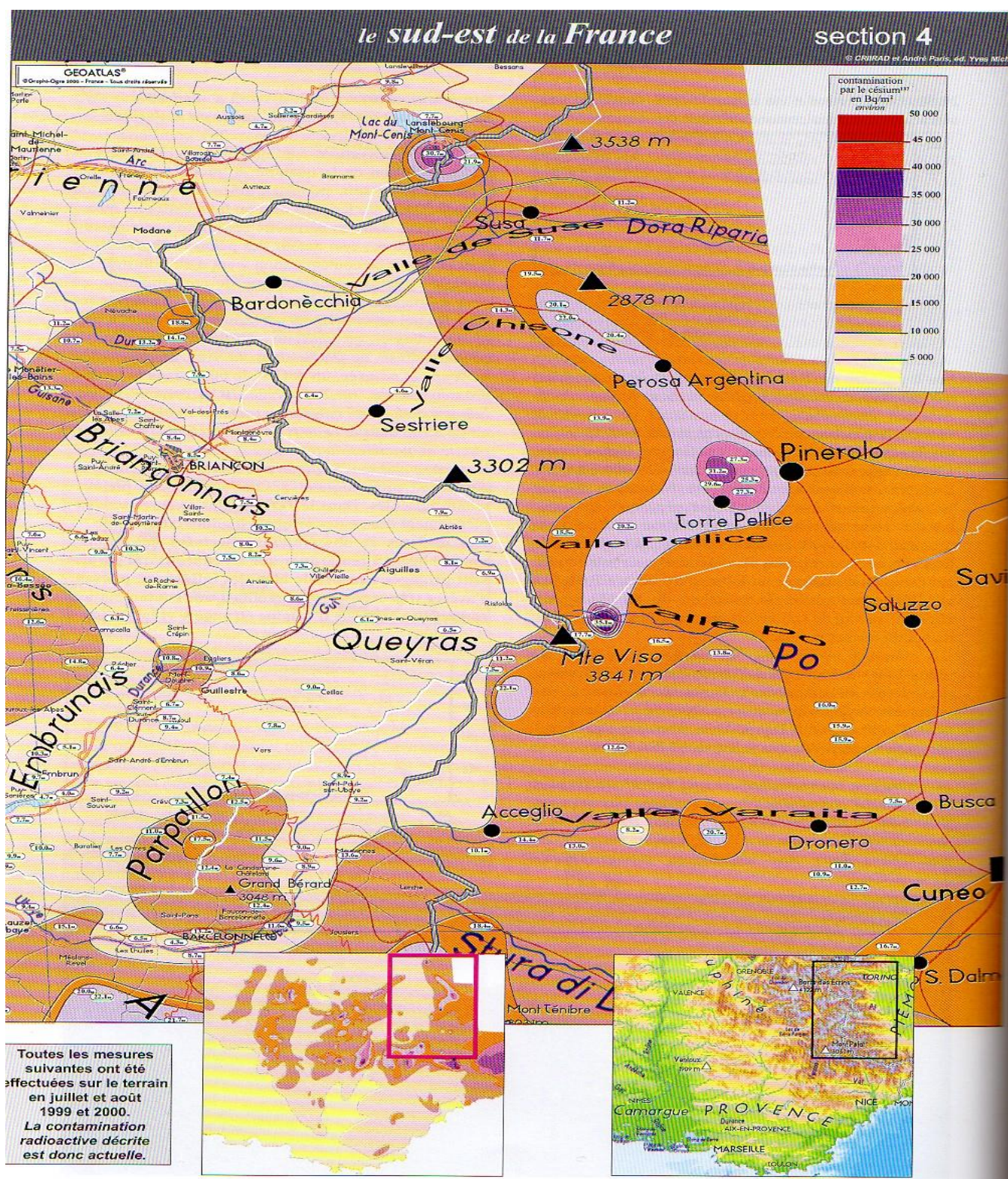


Figura 66. Le Alpi Marittime (rilevazioni dell'estate 1999-2000, contaminazione da Cesio 1'000 a 45'000 Bq/m²). (9)



IL PIEMONTE

PINEROLO

I livelli piemontesi di contaminazione sono costanti. Due parametri di valori affrontano la catena alpina.

L'**asse sud** di contaminazione è riuscito ad attraversare la catena alpina a livello del **Mercantour**.

Al contrario **l'asse nord** non attraversa la cresta alpina e resta bloccato nella parte italiana, in entrambi i fianchi di **Pinerolo fra la valle del Po e quella della Dora Riparia**.

Più a nord i maggiori livelli di contaminazione restano bloccati all'interno della curvatura dell'Arco Alpino e non attraversano la cima delle Alpi.

VALLE SUSA

La registrazione delle misure a **Bussoleno** è stata effettuata in un **bosco** ceduo incluso nella parte Nord di questo agglomerato situato ad est di Susa.

La registrazione evidenzia un valore di **11'200 Bq/m²**.

Sopra la **Valsusa**, la registrazione al **Moncenisio** è stata realizzata sul **terreno boschivo di una pineta** situata a sud del borgo. Il valore di contaminazione uniformemente ripartito è di **21'900 Bq/m²**; si avvicina ai valori misurati ad est del **Colle del Moncenisio**.

Immediatamente a sud della città di **Susa** si è registrato un valore di **11'700 Bq/m²**.

VALLE CHISONE

Nel tratto a monte di questa valle, **Sestrière** presenta un livello di contaminazione di **4'600 Bq/m²**. Scendendo **la Valle Chisone**, la contaminazione si attesta su un valore di **20'000 Bq/m² a partire da Fenestrelle**.

A **Inverso Porte**, quasi in fondo alla valle, sui 500 metri, si rileva un valore di contaminazione di **27'300 Bq/m²**.

L'agglomerato di **Prarostino** sottolinea nella segnaletica che è "**Area denuclearizzata**". Nel **prato** del vecchio frutteto situato immediatamente all'uscita alta del borgo, la registrazione ha rilevato un valore di contaminazione uniformemente ripartito di circa **27'300 Bq/m²**.

A **San Bartolomeo** si sono riscontrati, su un **terreno boschivo** di fogliame, circa **31'200 Bq/m²**. Ai piedi di molti **faggi**, sistematicamente, si è trovato un accumulo esteso di contaminazione la cui misura può essere superiore ad un metro. Senza un "punto caldo" molto marcato, questi accumuli segnalano una contaminazione di **forma** fortemente **pluviale**; gli accumuli sono causati dalla colatura lungo i faggi. Ai piedi di questi alberi, localmente, si è misurato un valore di **201'300 Bq/m²**.

VALLE PELLICE

Comparabile alla **Valle Chisone**.

VALLE PO

A parte un episodio che riporta un valore costante di **35'100 Bq/m²** a nord del **Monviso**, ma che pare localizzato al di sopra del **Pian del Re**, i valori misurati sono compresi fra **17'700 e 13'800 Bq/m²**.

Ad est di **Saluzzo**, i settori di misura di **Martiniana Po**, **Brondello ed Isasca**, poco distante dalla pianura, danno dei valori molto vicini ai **16'000 Bq/m²**.

Per esempio una rilevazione effettuata ad **Isasca** a nord di **Venasca**, su un **terreno boschivo** di fogliame, ha mostrato un valore di contaminazione uniformemente ripartito di **15'900 Bq/m²**.

LA ZONA DI BIELLA

A sud ovest di Biella, a **Bollengo**, su un **terreno boschivo di castagni**, la contaminazione uniformemente ripartita è stata rilevata ad un valore di **23'100 Bq/m²**.

Vicino alla città di **Biella**, a **Ronco Biella**, un **terreno boschivo di alberi** a fogliame, dà un valore di contaminazione uniformemente ripartita di **26'500 Bq/m²**. Nella zona di **Biella** i due settori di rilevamento danno dei valori di contaminazione simili.

LA LOMBARDIA

LA ZONA DI GALLARATE E LA PROPAGGINE SUD DEL LAGO MAGGIORE

Tre settori di rilevamento in questa regione danno i seguenti valori di contaminazione uniformemente ripartita:

- ad ovest di **Somma Lombardo**, su un **terreno boschivo di querce**, la contaminazione uniformemente ripartita è rilevata ad un valore di **42'600 Bq/m²**;
- ad **Oriano**, a sud est di **Sesto Calende**, sul **terreno boschivo di una pineta**, la contaminazione uniformemente ripartita presenta un valore di **14'500 Bq/m²**;
- ad est di **Sesto Calende**, sul **terreno boschivo di una pineta**, la contaminazione uniformemente ripartita è misurata ad un valore di **25'100 Bq/m²**. In questa zona di **Gallarate**, i tre settori di rilevamento mostrano dei livelli di contaminazione rapidamente variabili. Questa rapida variazione dei livelli di contaminazione, sulla breve distanza, è un fatto che si **riscontra frequentemente in Europa occidentale**.

BERGAMO, COLLE SAN MARCO, MORBEGNO

A **Brembilla**, a nord di **Bergamo** e a sud est di **San Pellegrino**, su un **suolo boschivo di alberi** a fogliame, la contaminazione uniformemente ripartita, è misurata ad un valore di **53'000 Bq/m²**. In questo settore di rilevazione, ai piedi dei **faggi**, si riscontrano, sistematicamente, delle estese contaminazioni, con dimensioni superiori al metro e con valori importanti, quali **263'700 Bq/m²**. Gli accumuli di contaminazione **ai piedi dei faggi** risultano avere una particolarità propria e quasi unica di queste piante. Il faggio capta l'acqua piovana nei rami e drena lo scolo lungo il tronco fino a terra e quindi in un luogo ben determinato e costante del suolo. Pertanto gli accumuli di contaminazione sono alla base dei faggi in posti circoscritti e più o meno diffusi intorno all'albero. In montagna questo tipo di accumulo tende ad essere più sfumato, soprattutto quando la precipitazione contaminante è nevosa.

Praticamente in Europa tutti i faggi presentano, alla loro base, un accumulo di contaminazione.

A **Madonna delle Nevi**, su un **terreno boschivo di abeti**, il valore di contaminazione uniformemente ripartita è misurato ad un valore di **62'700 Bq/m²**.

Attorno a **Colle San Marco**, sia nel versante nord che in quello sud, le diverse misurazioni effettuate su grandi estensioni di **prato**, mostrano valori di contaminazione uniformemente ripartita compresi fra **65'000 e 66'200 Bq/m²**.

In questa zona di **Colle San Marco**, segnatamente nelle innumerevoli combe offerte dalla topografia montagnosa, anche gli accumuli di contaminazione sono ugualmente innumerevoli e di importanti valori. Si è rilevato un valore di contaminazione di **718'900 Bq/m²**.

Proprio al di sopra di **Morbegno**, su un **terreno boschivo di castagni**, si è misurato un valore di contaminazione uniformemente ripartito di **49'2000 Bq/m²**.

La traversata delle **Alpi Bergamasche** ha permesso di misurare dei valori di contaminazione elevati, dal basso all'alto della catena. Gli importanti accumuli di contaminazione **ai piedi dei faggi** sottolineano l'apporto della contaminazione **dovuto alla pioggia**.

PARTE OCCIDENTALE DEL LAGO DI GARDA

I settori di misurazione sono tre: ad ovest di **Tignale**, a nord di **Tignale**, a **Tremosine**. I valori di contaminazione uniformemente ripartiti sono compresi fra i **21'900 Bq/m²** ed i **30'200 Bq/m²**.

Le rilevazioni sono state effettuate su **terreni boschivi** e su **prati**.

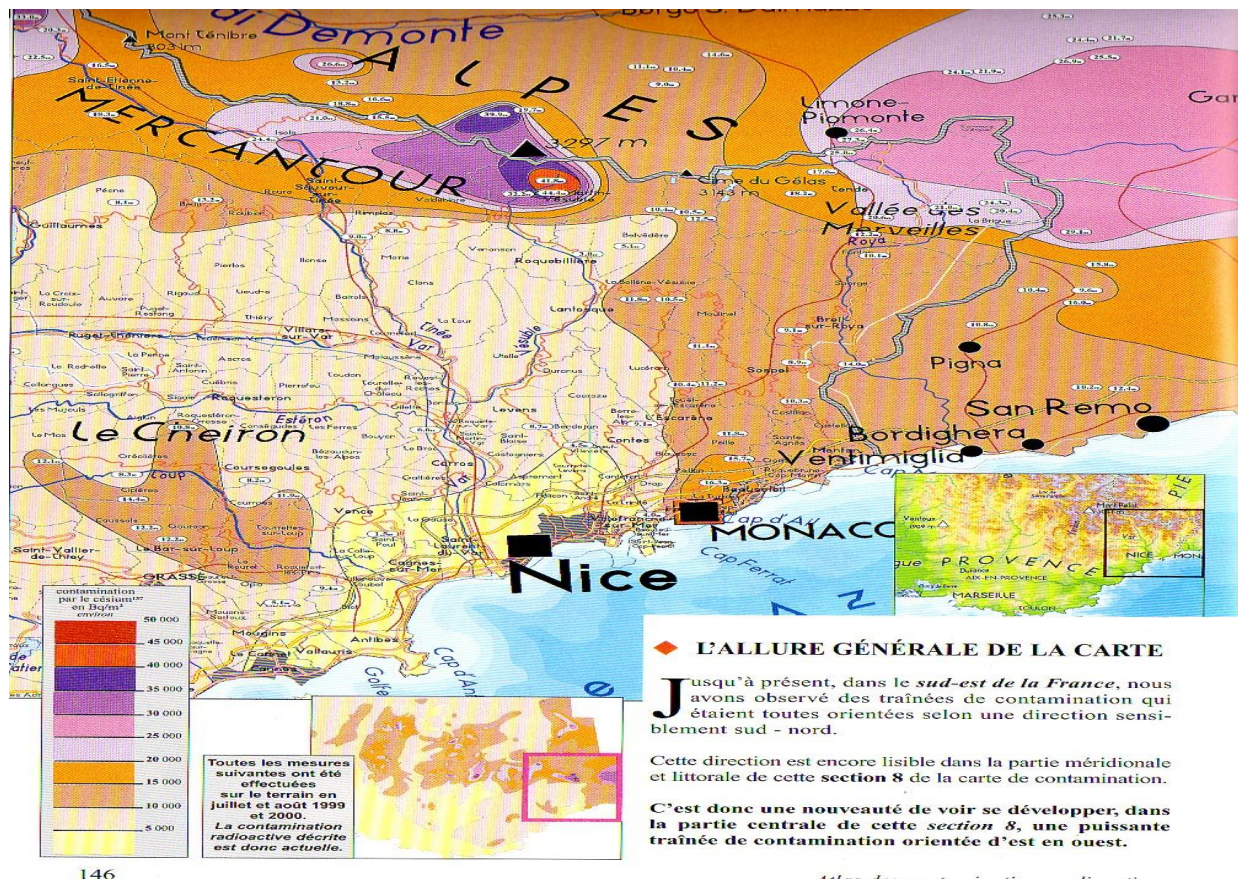


Figura 68. Valle Stura e Valle del Roya – Piemonte/Liguria (rilevazioni dell'estate 1999-2000, contaminazione da 5'000 a 50'000 Bq/m²) (9)

LE TRE VENEZIE

LA ZONA DI TRENTO

Due settori di rilevamento sono situati 6 km ad ovest di **Trento**, uno su un **prato**, l'altro su un **terreno boschivo di pini**. I valori rilevati della contaminazione uniformemente ripartita sono di **27'300 e di 31'300 Bq/m²**. Due altri settori di misurazione sono situati fra **Borgo Valsugana** e **Olle** ad una distanza di 25 km ad est di **Trento**. Le registrazioni sono effettuate su **suolo boschivo di pinete** e danno valori di **23'500 e 20'500 Bq/m²**. Nella zona di **Trento** i valori, sulla base dei quattro settori esaminati, sono compresi fra **20'000 e 30'000 Bq/m²**.

LA ZONA TRA BELLUNO E TOLMEZZO, NORD OVEST DI UDINE

A **Casso, ad est di Longarone**, la prima misurazione è stata realizzata in un **prato** sotto il villaggio: il valore di contaminazione uniformemente ripartito è **40'100 Bq/m²**. Il secondo settore è situato nel mezzo di un **prato** scosceso sul versante che ingloba la diga di ritenuta. Il valore misurato è di **44'400 Bq/m²**. Vicino ad **Andreis**, nell'alto della **Val Cellina**, su un **terreno boschivo di abeti**, la contaminazione uniformemente ripartita è misurata ad un valore di **59'300 Bq/m²**.

Poco distante, 1 km ad ovest di **Forcella di Pala Barzana**, su un **terreno boschivo di abeti**, la contaminazione uniformemente ripartita presenta il valore di **78'700 Bq/m²**.

Su questo stesso settore, **ai piedi dei faggi** sono presenti sistematicamente potenti ed stesi accumuli di contaminazione. Localmente, su uno di questi accumuli, si è misurato il valore di **284'100 Bq/m²**.

Vicino ad **Ampezzo**, terzo settore di rilevazione, le misurazioni danno valori poco differenti, malgrado notevoli differenze di altitudine.

A **Forcola di M. Rest** - **31'900 Bq/m²**; a **Meddis vicino ad Ampezzo** - **31'300 Bq/m²**; a **Villa Santina** - **39'100 Bq/m²**.

Per quanto riguarda **Cortina d'Ampezzo**, bisogna far notare che un certo numero di vasti **insiemi carsici, quali le Dolomiti, presentano livelli localmente elevati di contaminazione radioattiva**.

L'elevata contaminazione, la sua grande redistribuzione, la sua eccezionale fissazione, conducono a fornirci sui **luoghi carsici "un'immagine di contaminazione particolarmente viva, contrastata e fresca"**, malgrado la datazione degli apporti di contaminazione.

Dai campioni provenienti dai luoghi carsici (fra cui quelli di **Cortina d'Ampezzo**) la **CRIIRAD** ha rilevato i più grandi tenori in **Americio 241**: questa contaminazione proviene, molto probabilmente, dagli **esperimenti nucleari militari** in aria e indica la presenza di **Plutonio** che non è possibile analizzare in modo semplice.

LA REGIONE DI CONFINE DI PONTEBBA

Anche qui, malgrado le differenze di altezza fra **Pontebba ed il Colle di Pramollo**, i valori della contaminazione uniformemente ripartita sono simili: sopra **Pontebba** **30'300 Bq/m²**, a metà pendio del fianco sud del **Colle di Pramollo** **33'700 Bq/m²**, sulla sommità del colle **32'300 Bq/m²**.

Queste ultime registrazioni sono state eseguite alla frontiera con l'**Austria**, su un **terreno boschivo di abeti**.

Dal confine con la Francia fino al confine con l'Austria, la traiettoria delle rilevazioni eseguite attraverso l'Italia del Nord presenta valori costanti di contaminazione.

Le variazioni di altitudine non sono determinanti rapportate ai valori della contaminazione uniformemente ripartita.

Taluni valori di contaminazione uniformemente ripartita riscontrati nell'**Italia del Nord sono tra i più elevati riscontrati in Europa occidentale.**

P.S.: ogni valore descritto di contaminazione uniformemente ripartita, è riportato in tabella sul libro *“Contaminations radioactives: atlas France et Europe”* di CRIIRAD e André Paris. Editions Yves Michel www.souffledor.fr
<http://www.criirad.org/laboratoire/radiametres/compteur-geiger.html>
(La contaminazione di Chernobyl: Le rilevazioni CRIIRAD - La contaminazione radioattiva nell'Italia del Nord, www.progettohumus.it/chernobyl)
(“Contaminations radioactives: atlas France et Europe”, CRIIRAD (Commissione di Ricerca e di Informazione Indipendente sulla Radioattività) e André Paris, Editions Yves Michel, www.souffledor.fr.) (9)

Dopo le misurazioni di **André Paris** effettuate negli anni 1999-2000 e pubblicate nel libro **“Contaminations radioactives: atlas France et Europe”** di **CRIIRAD e André Paris**, di recente, il **05-06 luglio del 2015**, lo stesso **laboratorio CRIIRAD**, a **29 anni dalla tragedia di Chernobyl**, ha proceduto alle misurazioni della radioattività e alla raccolta di campioni nelle **Alpi** *“Al fine di studiare l'evoluzione della contaminazione residuale delle ricadute conseguenti alla catastrofe di Chernobyl”*.

Secondo la **Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (CRIIRAD)**, **“Nelle Alpi, alcuni suoli sono sempre dei “rifiuti radioattivi”**.

Nel maggio 1986 nel sud-est della Francia il **fallout nucleare** era stato particolarmente intenso e la **CRIIRAD** tra il 1996 e il 1998 aveva evidenziato contaminazioni elevate nei suoli del **Mercantour**.

Il recente rapporto realizzato da **Bruno Chareyron, ingegnere e fisico nucleare, Direttore del Laboratorio CRIIRAD**, dice che *“Le nuove misurazioni realizzate al centro del **Parc National du Mercantour**, tra i **2'440 e i 2'540 metri di altezza**, nel settore del **Col de la Bonette-Restefond**, alla frontiera tra i dipartimenti delle Alpes de Haute-Provence e delle Alpes Maritimes, dimostrano che a 1 metro dal suolo, su alcuni metri quadrati, il livello di radiazione è sempre **più di 2 volte superiore al normale**. Questi forti livelli di irradiazione sono dovuti alla contaminazione residua dei suoli da parte del cesio 137 imputabile principalmente alle ricadute della catastrofe di Chernobyl. Le massicce fuoriuscite radiative provenienti dal reattore incidentato hanno comportato dei depositi radioattivi particolarmente intensi nel sud-est della Francia e in particolare in montagna”*.

Inoltre, a causa della topografia e delle condizioni climatiche dell'area, del tipo di copertura vegetale e della tipologia dei suoli, il materiale radioattivo depositatosi su una vasta estensione di territorio *“può essere redistribuito ed*

indurre ad accumuli molto forti. **I livelli di radiazione a contatto del suolo superano ancora, nelle zone di accumulo, dei valori di diverse decine di volte e anche di più di 100 volte superiori al livello naturale**".

La **CRIIRAD** mette in guardia gli escursionisti: **bivaccare per 2 ore su alcuni terreni comporta una esposizione di 5 μ Sv/h a contatto del suolo**.

Il suolo prelevato nelle zone di accumulo è così radioattivo che i campioni sono stati trasportati al laboratorio **CRIIRAD** in cassoni di piombo e i ricercatori francesi dicono che "La loro radioattività supera i **100'000 Bq/kg in cesio 137**. Devono essere considerati come dei **rifiuti radioattivi** e dovranno essere conferiti all'**ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs)**".

La **CRIIRAD** ricorda che all'inizio del '900 la radioattività dei suoli era di **0 Bq/kg** per il **cesio 137** e a fine anni '90 ha dimostrato "La presenza di forti accumulazioni di cesio 137 nei suoli riguardante dei vasti settori delle **Alpi in Francia, Svizzera, Italia ed Austria**".

Inoltre la **CRIIRAD** ha interpellato a più riprese le autorità sanitarie francesi, soprattutto nel 1997 e 1998, per chiedere che vengano bonificate, o almeno segnalate, le aree dove si è depositata più radioattività.

Il **Ministro della Salute** francese è andato nel **Mercantour** nell'aprile 1998 per rendersi conto del fallout radioattivo.

Negli anni 1996-1997 la **CRIIRAD** ha esaminato i campioni raccolti nelle zone di accumulo in ambiente alpino e i risultati hanno permesso di vedere che "La contaminazione del suolo in cesio 137 supera **10'000 Bq/kg a secco, più dell'80 % del cesio 137 era imputabile alle ricadute di Chernobyl**, il resto proviene essenzialmente dalle ricadute degli esperimenti nucleari atmosferici degli anni '50-60".

Risultati che secondo i ricercatori francesi dimostrano che negli anni sul terreno è cambiato poco e soprattutto "La natura ingestibile delle catastrofi nucleari.

Il fatto che nel sud-est della Francia a **1'900 Km da Chernobyl e più di 29 anni dopo la catastrofe**, alcuni suoli restano contaminati a più di **100'000 Bq/kg**, ci interroga su cosa succederebbe in caso di catastrofe naturale in un reattore situato a qualche Km dalle nostre frontiere o nel centro del territorio francese.

Il periodo fisico del cesio 137 è di 30 anni, **bisogna attendere 300 anni perché la sua radioattività si divida per 1'000**".

La **CRIIRAD** evidenzia le bugie dette dalle autorità francesi.

Il **6 maggio del 1986** in un comunicato il **Ministero dell'Agricoltura** assicurava che "Il territorio francese, a causa della sua lontananza, è stato totalmente risparmiato dalle ricadute di radionuclidi conseguenti all'incidente di Chernobyl".

Ora la **CRIIRAD** dice che "**La forte contaminazione ancora rilevabile 29 anni dopo la catastrofe permette di apprezzare, a posteriori, l'ampiezza di questa menzogna**".

Dopo anni di denunce e rapporti la **CRIIRAD** ha ottenuto che le Agenzie ufficiali francesi riconoscono il **carattere erroneo** delle loro analisi sul **fallout di Chernobyl in Francia**, ma sottolinea che "Le autorità non hanno ancora riconosciuto che i livelli di dosi subite all'epoca avrebbero necessitato la messa in

atto di misure di protezione sanitaria. In effetti, il territorio francese è stato contaminato a dei livelli che hanno condotto, per certi gruppi a rischio, ad un superamento dei limiti sanitari (in particolare dei **limiti di dosi alla tiroide**, causati dalla **ingestione di iodio 131**, isotopo radioattivo fortemente presente all'epoca, nelle ricadute di Chernobyl).

Giovanni D'Agata, presidente dello **"Sportello dei Diritti"**, evidenzia che **"Il Mercantour è un sito turistico che accoglie ogni anno migliaia di escursionisti ed è ad un passo dalle Nostre Alpi. Quindi, analoghi rischi potrebbero esserci anche in Italia ove venissero confermati analoghi livelli di contaminazione che richiederebbero uno sforzo governativo per un processo di controllo e decontaminazione"**. (13)

16. La contaminazione residua da radionuclidi delle derrate alimentari in Europa

Le conseguenze del fallout sono tante e ci sono anche in Europa.

Il **Canton Ticino** nel 1986 è stata la regione fortemente colpita dalle ricadute del **Cesio-137**. Nel 2013 è stata introdotta una misura di **controllo obbligatorio** della radioattività ai posti di controllo della **selvaggina ticinese**.

Su c.a. **470 cinghiali abbattuti in Ticino nel 2013**, il **27** avevano valori oltre il **limite di 1'250 Bq/kg** (il 6 %). Il cinghiale più contaminato abbattuto da un cacciatore nel distretto di **Bellinzona** aveva attività specifica di radioattività pari a **7'000 Bq/kg**. (10)

Una misura obbligatoria simile di controllo in **Italia** non c'è.

È per questo che, invece di impostare una pratica normale e di routine, di controllo di radioattività nei prodotti alimentari, in particolare nella selvaggina, e, soprattutto, dopo il fallout del 1986 di Chernobyl, ogni tanto la stampa pubblica articoli dei cinghiali radioattivi, come se i cinghiali non potessero essere radioattivi, dopo il fallout globale del 1986. I cinghiali, come altri animali selvatici, non conoscono le frontiere e migrano su vasti territori.

Possono arrivare già contaminati, possono nutrirsi sui territori contaminati in Italia o Francia, come indicato nell'**Atlante di Andre Paris**, e diventare "radioattivi" sul posto.

Nella primavera del 2013 si è "aperta la caccia" ai **cinghiali radioattivi in Italia** che, dopo essere stati "ritrovati" in **Valsesia** sono "sbucati" anche a **Verbania** in valle **Vigezzo**.

Scriva il **Corriere della Sera** nel dare notizia della **nuova scoperta di cinghiali contaminati dalla radioattività nella zona montana della provincia di Verbania**: **"Un mese fa animali che presentavano lo stesso misterioso avvelenamento erano stati scoperti nella vicina provincia di Vercelli. (...) Il perché del fenomeno, come detto, non è stato ancora spiegato con certezza: nessuno sa dire perché la presenza dell'isotopo radioattivo si manifesti di nuovo a quasi 30 anni dal disastro di Chernobyl e solo nei cinghiali"**. In realtà il fenomeno "misterioso" è conosciuto e monitorato molto bene all'estero.

In Germania dal 2007 al 2009 sono quadruplicati i casi di "cinghiali radioattivi" con tassi di Cesio nella carne da renderli immangiabili, invendibili, fino a 425'000 euro gli indennizzi ai cacciatori, e rendendoli un rifiuto pericoloso da smaltire.

Sempre in conseguenza del **fallout di Chernobyl**, nella regione della **Cumbria in Gran Bretagna** continuano tutt'oggi le restrizioni nell'utilizzo di molte aree per il **pascolo degli ovini**.

Il **Professore Paolo Scampa**, presidente dell'**AIPRI** (Associazione Internazionale per la Protezione contro le Radiazioni Ionizzanti) ed **esperto internazionale** famoso per la capacità di svelare quei "numeri" che, nel mondo del "nucleare", sono talmente **esatti** da poter ricostruire i più intricati **delitti radiologici**, allievo di **Maurice Eugène André**, il belga **Monsieur Nucléaire**, sui cinghiali radioattivi è stato chiaro:

“Il monitoraggio sulla selvaggina avrebbe dovuto essere obbligatorio per la situazione residua dal fallout di Chernobyl”.

Il **Professore Paolo Scampa** è stato ancora più chiaro nell' articolo sul sito ufficiale dell'**AIPRI** intitolato emblematicamente **“Cinghiali e criminali”**:

“I dati radiologici sui cinghiali della Valsesia sono noti alle autorità scientifiche, amministrative e politiche da più di un mese ma questi dati sono stati perversamente sequestrati durante tutto questo tempo per probabile convenienza elettorale, come è da tempo sotto sequestro il fatto che, purtroppo, vaste zone del nostro arco alpino siano pure e semplici zone proibite generate dalle ricadute di Chernobyl, zone proibite che andavano e vanno tuttora imperativamente isolate secondo le leggi internazionali”.

Nel caso dei **cinghiali radioattivi Paolo Scampa** spiega:

“Inoltre è sicuramente noto da più di un mese il rapporto isotopico tra il cesio 137 ed il cesio 134 che acconsente di determinare obiettivamente se si tratta di contaminazione “vecchia” (residui delle ricadute delle prove atomiche atmosferiche e dei vari incidenti nucleari del passato Shellafled, Saluggia, Chernobyl, etc.) oppure se vi è anche l'aggiunta di una fonte ulteriore di inquinamento più recente (Fukushima, etc.) ma non viene pubblicato. Ritardare un'allerta nucleare è un crimine contro l'umanità.

Pretendere che la specie umana sia al riparo dai contaminanti che aggrediscono gli animali è una falsità.

Lasciare credere che gli animali (e pertanto uomini) siano contaminati soltanto dal Cesio, dimenticando gli immancabili Stronzio e vari isotopi del Plutonio che furono, con tassi stra noti, parte integrante delle ricadute, è delittuoso”.

Il **Professore Paolo Scampa** poi fa due conti ed i risultati sono interessanti, anche per le **Federazioni dei Cacciatori**:

“Sulla base di alcuni dati regionali, si può desumere che in Italia vengono abbattuti circa 200 mila cinghiali l'anno (nella sola regione Toscana se ne abbattano circa 70'000 l'anno).

Con l'ipotesi di un peso medio pieno per capo di 120 kg ed una resa a vuoto del 65% (78 kg di carne per capo) si ricavano **15,6 milioni di chili di carne di cinghiale l'anno.** ($200'000 * 120 * 65\% = 15,6E6$). Con questi 15,6 milioni di chili di cinghiale si possono, in teoria, produrre **64,2 milioni di piatti carne di 250 gr** ciascuno. E osano dire che pochi si cibano di cinghiale”.

Parole che cozzano infatti con quelle del **Ministro della Salute** uscente Professore **Renato Balduzzi** che, in un comunicato proprio sui **cinghiali radioattivi** scriveva: **“i livelli di contaminazione riscontrati non costituiscono un rischio per**

la salute pubblica in considerazione dei limitati consumi di carne di cinghiale e di selvaggina”.

Massimo Bonfatti, Presidente di Mondo in Cammino, Associazione che si occupa di **inquinamento nucleare**, scrive:

*“(...) il quesito rimane solo e sempre uno: indipendentemente dalle cause, il **monitoraggio sulla selvaggina avrebbe dovuto essere obbligatorio per la situazione residua dal fallout di Chernobyl** e questo avrebbe permesso di individuare, già da tempo, quella contaminata e non avrebbe esposto la popolazione a rischi che, evidentemente, ci sono già stati in seguito all'immissione, sia nel settore privato che pubblico, di carne contaminata (non va infatti dimenticato che i cinghiati non sono stanziali e che oltrepassano le barriere territoriali”.*

Il **riscontro incidentale del cesio nei cinghiali è preoccupante** perché da una parte pone sotto osservazione **tutto il ciclo alimentare derivante dalla terra e l'intera catena alimentare**; e, dall'altra pone in evidenza la **casualità degli accertamenti** rivelando un **fallimentare, inosservante e colpevole sistema di monitoraggio**. (11)

Pubblicato il 10.01.2016

Dr.Tatiana Mikhaevitch, Ph.D. in Biology, Academy of Sciences of Belarus

Member of the Italian Ecological Society (S.IT.E.)

Member of the International Bryozoological Society (I.B.A.)

Member of the International Society of Doctors for the Environment (I.S.D.E.)

tatianamikhaevitch@gmail.com, www.plumatella.it

Bibliografia:

1. Chernobyl. Consequences of the catastrophe for people and the Environment, Yablokov Alexey.V., Nesterenko Vassily.B., Nesterenko Alexey.V., Annals of the New York Academy of Sciences, vol.1181, 2009, 349 pp.;
2. www.progettohumus.it, Chernobyl: Non decade radioattività negli alberi. Alto rischio incendi, 18.03.2014;
3. В.Б.Нестеренко. Радиационный мониторинг жителей и их продуктов питания в Чернобыльской зоне Беларуси, инф. Бюллетень № 21, Минск, 2002, 137 стр.;
4. www.progettohumus.it, COMUNICATO MIC: DA CHERNOBYL UN'ALTRA NUBE RADIOATTIVA, 30 Apr. 2015;
5. www.progettohumus.it, IN FIAMME UNA FORESTA NELLA ZONA DI ESCLUSIONE DI CHERNOBYL, 28 Apr. 2015;
6. www.it.wikipedia.org/wiki/Centrali_elettronucleari_in_Francia#/media/File:Nuclear_power_plants_map_France-fr.svg;
7. www.it.wikipedia.org/wiki/Energia_nucleare_in_Svizzera;
8. Etude sur la vulnérabilité de la Suisse en cas d'accident nucléaire majeur sur le territoire national. Institute Biosphère, Frédéric-Paul Pigué, Genève, sept. 2015, 70 pp, www.institutebiosphere.ch;
9. "Contaminations radioactives: atlas France et Europe" di CRIIRAD e André Paris. Editions Yves Michel www.souffledor.fr, www.criirad.org/laboratoire/radiametres/compteur-geiger.html
- La contaminazione di Chernobyl: Le rilevazioni CRIIRAD - La contaminazione radioattiva nell'Italia del Nord, www.progettohumus.it/chernobyl;
- "Contaminations radioactives: atlas France et Europe", CRIIRAD (Commissione di Ricerca e di Informazione Indipendente sulla Radioattività) e André Paris, Editions Yves Michel, www.souffledor.fr;
10. Ufficio Federale della Sanità Pubblica UFSP, Unità di Direzione Protezione dei Consumatori, Caccia al Cesio-137 nei cinghiali ticinesi, 2013;
11. Cinghiali radioattivi: Chernobyl o Fukushima? Scampa: non solo Cesio http://www.mainfatti.it/nucleare/Cinghiali-radioattivi-Chernobyl-o-Fukushima-Scampa-non-solo-Cesio_050306033.htm, 25.04.13.
12. AIPRI, Association Internationale pour la Protection contre les Rayons Ionisants, L'AIPRI a pour but la divulgation scientifique dans le domaine de la physique nucléaire et des dangers radiologiques de la contamination interne, 17 août 2014, Paolo Ciampa, fisico nucleare, Le ricadute al suolo e nei polmoni di Chernobyl in Italia.
13. Nucleare, a 29 anni da Chernobyl alcune aree delle Alpi ancora fortemente contaminate. Rilevanti accumuli di cesio 137 nei suoli di Francia, Svizzera, Italia e Austria, www.greenreport.it/news/energia/a-29-anni-da-chernobyl-alpi-contaminate, 6 agosto 2015.