

| | | | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------|---------|------|
| Ann. Mus. civ. Rovereto | Sez.: Arch., St., Sc. nat. | Suppl. vol. 4 (1988) | 237-250 | 1989 |
|-------------------------|----------------------------|----------------------|---------|------|

L. FILOSI

LA RADIOCONTAMINAZIONE DEI FUNGHI DOPO L'EVENTO CHERNOBYL

Riassunto - L. FILOSI - La radiocontaminazione dei funghi dopo l'evento di Chernobyl.

Come conseguenza dell'incidente dell'impianto nucleare di Chernobyl (URSS) parte del territorio europeo, comprese alcune Regioni dell'Italia settentrionale, è stato investito dalla ricaduta degli aerosol di composti radioattivi sprigionatisi dall'impianto.

Tra i vari campioni analizzati quelli di funghi, hanno mostrato livelli di radio-contaminazione imprevedibili con oscillazione fortissima tra varie specie e località di raccolta tanto che per alcuni di essi è scattato il provvedimento di divieto di vendita sul territorio provinciale.

Alle ore 1,23 del 26 aprile 1986, al termine di una sequenza operativa abnorme per finalità e rispetto delle procedure di sicurezza il reattore n. 4 dell'impianto nucleare di Chernobyl (URSS) venne distrutto permettendo il rilascio, protrattosi per circa dieci giorni, della totalità della radioattività sotto forma di gas nobili e di una frazione consistente (fino al 20%) degli altri radionuclidi contenuti nel nocciolo (Tab. 1 e 2).

Le alte temperature sviluppatesi all'interno del reattore hanno contribuito al rilascio ed alla spinta in alto di radionuclidi tanto che parte di essi si è diffusa anche su larga parte del territorio europeo. La particolare direzione dei venti (Fig. 1, 2, 3, 4, 5) e il regime pluviometrico di quel periodo possono spiegare come le Regioni dell'Italia settentrionale abbiano subito una contaminazione maggiore rispetto alle rimanenti Regioni d'Italia.

Non appena venuti a conoscenza (29.4.1988) dell'incidente vari organismi interessati alla tematica, Ufficio del Medico Provinciale, Laboratorio d'Igiene e Profilassi, Servizio di Fisica Saitaria dell'Ospedale S. Chiara, Vigili del Fuoco, hanno iniziato una massiccia opera di verifica di livello di contaminazione radioattiva di aria, suolo e varie matrici alimentari.

Da quella data ad oggi sono state effettuate circa 6000 determinazioni, un centinaio alle quali hanno riguardato i funghi di varie specie o prevenienze.

In questa breve comunicazione verranno esposti i livelli di contaminazione radioattiva dei funghi nei periodi di comportamento nonché alcuni aspetti sanitari relativi al consumo di alimenti radiocontaminati.

Tabella 1

Valutazione della composizione radioisotopica del nocciolo e dei rilasci del reattore di Chernobyl

| Isotopo | Tempo di dimezzamento (giorni) | Attività* presente (Bq) | Attività rilasciata (%) | Principali radiazioni |
|---------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Kr 85 | 3930 | 3.3×10^{16} | 100 | β^- , γ |
| Xe 133 | 5.27 | 1.7×10^{18} | 100 | β^- , γ |
| I 131 | 8.05 | 1.3×10^{18} | 20 | β^- , γ |
| Te 132 | 3.25 | 3.2×10^{17} | 15 | β^- , γ |
| Cs 134 | 750 | 1.9×10^{17} | 10 | β^- , γ |
| Cs 137 | 1.1×10^4 | 2.9×10^{17} | 13 | β^- , γ |
| Mo 99 | 2.8 | 4.8×10^{18} | 2.3 | β^- , γ |
| Zr 95 | 65.5 | 4.4×10^{18} | 3.2 | β^- , γ |
| Ru 103 | 39.5 | 4.1×10^{18} | 2.9 | β^- , γ |
| Ru 106 | 368 | 2.0×10^{18} | 2.9 | β^- , γ |
| Ba 140 | 12.8 | 2.9×10^{18} | 5.6 | β^- , γ |
| Ce 141 | 32.5 | 4.4×10^{18} | 2.3 | β^- , γ |
| Ce 144 | 284 | 3.2×10^{18} | 2.8 | β^- , γ |
| Sr 89 | 53 | 2.0×10^{18} | 4.0 | β^- , γ |
| Sr 90 | 1.02×10^4 | 2.0×10^{17} | 4.0 | β^- |
| Np 239 | 2.35 | 1.4×10^{17} | 3 | β^- , γ |
| Pu 238 | 3.15×10^4 | 1.0×10^{15} | 3 | α |
| Pu 239 | 8.9×10^6 | 8.5×10^{14} | 3 | α |
| Pu 240 | 2.4×10^6 | 1.2×10^{15} | 3 | α |
| Pu 241 | 4800 | 1.7×10^{17} | 3 | α |
| Cm 242 | 164 | 2.6×10^{16} | 3 | α |

* Attività calcolata e riferita al 6 maggio 1986 da esperti sovietici.

Tabella 2

Proprietà ecologiche generali di alcuni radionuclidi

| Radionuclide (T 1/2) | Origini | Elemento analogo | Principali "reservoir" biosferici | Modi di esposizione più importanti | Grado di trasporto per via alimentare | Concentrazione del livello trofico successivo | Organi critici (vertebrati) | Assimilazione | Ritenzione (T 1/2 biol.) |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------|---|---|---------------------------------------|---|---|------------------------------------|-------------------------------|
| H-3 (12 anni) | cosmica fissione attivazione | H | idrosfera (HTO) | ingestione assunzione assorbimento | elevato | si approssima all'unità | corpo intero | completa | bassa (giorni) |
| C-14 (5600 anni) | cosmica attivazione | C | atmosfera (CO ₂) litosfera (C, CO ₃) | ingestione assorbimento assunzione | elevato | si approssima all'unità | grasso corpo intero | completa | bassa (giorni) |
| I-131 (8 giorni) | fissione | I | biota terreno | ingestione assorbimento inalazione | elevato | $\sim 10^3$ (tiroide vegetale) | tiroide | elevata | moderata (settimane, mesi) |
| Cs-137 (30 anni) | fissione | K | terreno sedimenti | ingestione assorbimento esterna | elevato | si approssima a 3 | corpo intero | elevata | moderata (settimane, mesi) |
| Sr-90 (28 anni) | fissione | Ca | terreno biota | ingestione assorbimento assunzione | elevato | < 1 | scheletro | moderata | elevata (anni) |
| Kr-85 (11 anni) Zr-95 (65 giorni) | fissione | nessuno | atmosfera | sommersione | trascurabile | trascurabile | corpo intero | trascurabile | trascurabile |
| Ru-106 (1 anno) | fissione | nessuno | terreno sedimenti | adsorbimento inalazione esterna | molto basso | < 10 ⁻² | tubo digerente, polmone | molto bassa, trascurabile | moderata elevata (mesi, anni) |
| Ce-144 (285 giorni) | fissione | nessuno | terreno sedimenti | ingestione inalazione adsorbimento | elevato | < 1 | tubo digerente, polmone | bassa, moderata | bassa (giorni) |
| Pu-239 (2.4 x 10 ⁴ anni) | fissione attivazione | nessuno | terreno sedimenti | ingestione inalazione adsorbimento esterna | basso-moderato | < 0,1 | tubo digerente, scheletro polmone, fegato | molto bassa, moderata trascurabile | moderata (1-5 anni) |
| | | | | ingestione inalazione adsorbimento | molto basso | < 10 ⁻² | scheletro | molto bassa trascurabile | elevata (anni) |

(Da: Wichker F.W., Schultz V., Radiocology: Nuclear Energy and the Environment Vol. I, II, Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc., 1982) [5]

I valori delle tabelle sono espresso in Bq/Kg (1 nCi = 37 Bq) e si riferiscono ai periodi di campionamento degli anni 1986 - 1987 - 1988 (Tabelle 3, 4, 5, 6).

Come si può notare la misura delle radiocontaminazione ha dato dei risultati spesso imprevedibili con oscillazioni fortissime al variare delle singole specie, della località di prelievo e del periodo di produzione. La maggior parte dei miceti presenta livelli di contaminazione rientranti nei limiti di legge (600 Bq/Kg) mentre alcuni (*Armillaria Mellea*, *Cantharellus lutescens*, *Clitocybe indunfiboliformis*, *Pholiota Caperata*) presentano valori elevati di radiocontaminazione.

Per quanto riguarda gli aspetti sanitari della radioattività vi è da dire che risulta difficile, se non impossibile, riuscire a dare dei valori al di sotto dei quali non vi sia alcun rischio, basse dosi di radiazioni provocano effetti a distanza quali mutazioni genetiche, tumori ed invecchiamento precoce che però sono indotti anche da altri fattori non facilmente determinabili e quantizzabili.

Le radiazioni all'uomo possono giungere per via inalatoria, per irradiazione nella cute, per ingestione (Fig. 6). Per quanto riguarda le matrici alimentari i valori limite soglia tengono conto delle modalità di introduzione degli alimenti (quantità, periodi, etc.) nonché del soggetto (bambino, adulto, donna in gravidanza, etc.). Per quanto riguarda i funghi essi rappresentano solamente una piccolissima parte della dieta per la maggiore parte della gente e dell'anno (Tab. 7, 8) per cui anche i livelli di contaminazione di 7-800 Bq/Kg in un soggetto adulto-sano non presentano un rischio elevato, vi è da dire però che tali livelli non permettono la commercializzazione dei funghi della Comunità Economica Europea e per tali motivi l'autorità sanitaria ha adottato dei provvedimenti di divieto di vendita con lo scopo di rendere comunque sempre più remoto un possibile rischio per la salute.

PRECIPITAZIONI UMIDE E SECHE A RONCAFORT

Tabella 3

| | | | |
|---|---------------------------------|---|--------------------------|
| Cs 137 | 251 nCi/m ² | → | 9.300 Bq/m ² |
| per riferimenti su campioni di terreno: | | | |
| Cles | Cs 137 - 270 nCi/m ² | → | 10.000 Bq/m ² |
| Tremalzo | Cs 137 - 438 nCi/m ² | → | 16.200 Bq/m ² |
| Imer | Cs 137 - 553 nCi/m ² | → | 20.500 Bq/m ² |
| Trento | Cs 137 - 179 nCi/m ² | → | 6.600 Bq/m ² |
| | Cs 137 - 204 nCi/m ² | → | 7.550 Bq/m ² |

ANNO 1986

Tabella 4

| Varietà - Valori in Bq/Kg | Luogo e data prelievo | Iodio 131 | Cesio 137 | Cesio 134 |
|--|---|-----------|-----------|-----------|
| <i>Chantarellus lutescens</i> | S. Martino di Castrozza - 21.9 | — | 301 | 116 |
| Funghi misti | S. Martino di Castrozza - 11.5 | 68,6 | non r. | non r. |
| Funghi misti crudi | Vigolo Vattaro - 13.7 | — | 62 | 169 |
| Funghi misti lavati | Valle di Cembra - 18.8 | — | 15,6 | 4,3 |
| Funghi misti crudi | Valle di Cembra - 10.9 | — | 21,2 | 10,12 |
| Funghi misti crudi | Valle di Fiemme - 26.8 | — | 202,9 | 66,5 |
| <i>Tricoloma georgi</i> | Valled i Fiemme - 12.5 | 188,7 | non r. | non r. |
| <i>Tricoloma georgi</i> | Praso - 5.6 | — | — | — |
| Prataiolo | Levico - 6.6 | — | — | — |
| <i>Boletus elegans</i> | Levico - 6.6 | — | — | — |
| <i>Polyporus confluens</i> | Vetriolo - 16.8 | — | 15,5 | 5,8 |
| Porcini secchi ICAR Conserve Rovereto | Jugoslavia - 28.7 | — | — | — |
| <i>Clitocybe candida</i> | Borgo Valsugana - 18.9 | — | 3,0 | non r. |
| <i>Coprinus comatus</i> | S. Martino di Castrozza - 21.9 | — | 17,6 | 6,0 |
| <i>Amanita muscaria</i> | S. Martino di Castrozza - 21.9 | — | 106,3 | 56,0 |
| <i>Amanita muscaria</i> | Roncegno | — | 23,7 | 6,1 |
| <i>Armillaria mellea</i> | Vetriolo - 25.9 | — | 19,2 | 22,9 |
| Vescie | Vetriolo - 24.9 | non r. | non r. | non r. |
| Vescie | Loc. Malga Colò - Malga Roncegno 2000 - 28.9 | — | 35,0 | 14,6 |

Tabella 5

| Varietà - Valori in Bq/Kg | Luogo e data prelievo | Cesio 137 | Cesio 134 |
|---|--|-----------|-----------|
| Porcini essiccati | 40 km. a nord di Varsavia | 1267 | 195,1 |
| Porcini essiccati | Val di Sole racc. 1986 - prel. 14.5.1987 | 406,4 | 45,4 |
| Porcini essiccati | Tirol (Austria) - 19.8 | 470,8 | 57,2 |
| Porcini essiccati surgelati | Jugoslavia - 30.9 | 8,4 | 2,3 |
| Funghi eduli misti | Graumo - 30.7 | 13,5 | 4,0 |
| Funghi eduli misti | Capriana - 4.8 | 83,7 | 20,7 |
| Funghi eduli misti | S. Martino di Castrozza - 12.8 | 110,8 | 25,1 |
| Funghi eduli misti | Levico - 15.9 | 61,0 | 9,9 |
| Clitocibe candida | Borgo Valsugana - 15.9 | 5,1 | 1,0 |
| Clitocibe nebularis | Carano - 28.10 | 80,3 | 22,7 |
| Clitocibe nebularis | Val Daone - 3.11 | 36,4 | 8,8 |
| Boletus edulis | Levico - 15.9 | 48,1 | 11,1 |
| Boletus misti | Sella Valsugana - 24.9 | 23,3 | 6,6 |
| Boletus misti cotti | Varsavia - Prod. 1986 - prel. 4.11 | 79,0 | 15,0 |
| Boletus badius | Mercato di Trento - 31.10 | 76,7 | 20,8 |
| Cantharellus lutescens | Albiano - 30.9 | 791,2 | 235,5 |
| Cantharellus lutescens | Mercato di Trento - prov. da Albiano - 2.10 | 866,4 | 266,8 |
| Cantharellus lutescens | Mercato di Trento - prov. da Trambileno - 2.10 | 495,7 | 146,0 |
| Cantharellus lutescens | Mercato di Trento - prov. incerta | 1033,4 | 288,2 |
| Cantharellus lutescens | Lago di Caldonazzo, rilievi Lab. di Padova - ottobre 1987 | 24346 | 8628 |
| Cantharellus lutescens | Zona Plaze - S. Giustino Dermulo - 10.10 | 251,6 | 77,8 |
| Cantharellus lutescens | Cembra - 22.10 | 355,1 | 111,4 |
| Cantharellus lutescens | Roncoc - Moena 19.10 | 88,6 | 23,8 |
| Cantharellus lutescens | Baselga di Pinè - 10.12 | 131,2 | 326,8 |
| Cantharellus lutescens | Rovereto - 2.11 | 234,2 | 95,6 |
| Cantharellus lutescens (sgocciolato) | Appennino Parmense - prod. 1986 - Prel. 12.11 | 225,4 | 62,2 |
| Tricholoma tererum | Oltrecastello - 29.10 | 6,4 | 2,3 |
| Tricholoma tererum | Laghi Lamar - 26.10 | 49,7 | 15,5 |
| Tricholoma nudum | Carano - 28.10 | 8,2 | 2,6 |
| Tricholoma portentosum | Valle di Cembra - 4.11 | 30,2 | 4,1 |
| Clitophilus prunulus | Valle di Cembra - 4.11 | 5,5 | 1,9 |
| Lactarius deliciosus | Laghi Lamar - 26.10 | 173,1 | 52,0 |
| Lactarius deliciosus | Carbonare - 26.10 | 411,1 | 121,2 |
| Lactarius deliciosus | Carano - 28.10 | 85,1 | 26,3 |
| Lactarius arantatiacus | Valle di Cembra - 11.11 | 1717,2 | 531,8 |
| Armillaria mellea | Valle di Cembra - 11.11 | 46,7 | 11,9 |
| Armillaria mellea | Carano - 16.11 | 28,2 | 6,3 |

Tabella 6

| Varietà - Valori in Bq/Kg | Luogo e data prelievo | Cesio 137 | Cesio 134 |
|--|----------------------------------|-----------|-----------|
| Cantharellus lutescens (essiccati) | Lavarone raccolto anno 1987 | 16732,1 | 4118,9 |
| Cantharellus lutescens | Casez - racc. autunno '86 | 986 | 238 |
| Cantharellus cibarius | Polonia - 25.6 | 36,5 | 6,7 |
| Cantharellus | Carano - 4.7 | 98 | 21,5 |
| Poliporus ovinus | Valle di Cembra - settembre 1987 | 19,9 | 3,7 |
| Hygrophorus marzuolus | Valle di Cembra - 23.3 | 17,9 | 3,3 |
| Coprinus atramentarius | Parco Ospedale S. Chiara - 6.5 | 1,9 | 0,5 |
| Clitocybe misto | | | |
| Amanita rutescens | | | |
| Lactarius deliciosus | Cavalese - 4.7.1988 | 743,7 | 176,3 |
| Clitocybe infundibulariformis | Graumo - 14.7 | 107,7 | 272,1 |
| Clitocybe infundibulariformis | Valtellina - 21.8 | 367,6 | 74,1 |
| Clitocybe infundibulariformis | Paneveggio - 23.8 | 710,4 | 150,6 |
| Russola alutacea | Graumo - 14.7 | 30,8 | 6,7 |
| Russola obscura | Paneveggio - 23.8 | 89,3 | 13,8 |
| Misto russole aurata e cyannosantha | Lona - 11.7 | 8,2 | 1,2 |
| Gomphidius helveticus | Valtellina - Bormio 21.8 | 617,9 | 112,8 |
| Paxilus atrotomentosus | Sella Vals. - 19.8 | 139,7 | 16,1 |
| Pholoiota caperata | Mercato di Trento - 18.8 | 2046,8 | 352,9 |
| Pholoiota caperata | Paneveggio - 23.8 | 357,7 | 42,5 |

C.M.A. EMERGENZA IN ACQUA, ALIMENTI, VERDURE, ECC.

Tabella 7

D.M. 6-6-68 articolo 9 Tabella A

I 131 *solubile*

$$\text{C.M.A. acqua} \frac{1 \cdot 10^{-5} \text{ nCi}}{\text{cm}^3} = \frac{10 \text{ nanoCi}}{\text{litro}}$$

(esposizione professionale 168 h sett. tutto l'anno)

D.M. 2-2-71 articolo 3

la C.M.A. per il gruppo 3 delle popolazioni (zone controllate in vicinanza di impianti) sono pari a 1/10 per soggetti sup. a 5 anni e a 1/30 per soggetti di età inferiore.

→ che la C.M.A., includendo i bambini, per il gruppo 3 è

$$\text{C.M.A.} = \frac{1}{30} \text{ C.M.A. (professionale)} = \frac{10}{30} \frac{\text{nanoCi}}{\text{litro}} = \frac{0.3 \text{ nCi}}{\text{litro}}$$

per esposizione annuale.

D.M. 4-8-77 art. 1 - 2 - 3

- 1) Le C.M.A. per le zone non controllate sono le stesse di cui al D.M. 2-2-71.
- 2) Per alimenti e bevande sono le stesse che per l'acqua.
- 3) Se l'esposizione è di una sola settimana (ipotesi fatta dal Comitato Tecnico Scientifico) si moltiplica per 50.

→ C.M.A. 7 giorni espositivi = 50xC.M.A. esposizione annuale

$$\text{C.M.A. 7 giorni} = \frac{15 \text{ nCi}}{\text{litro}}$$

D.M. 4-8-77 art. 2

Si considera stato di EMERGENZA NUCLEARE se gli eventi comportano livelli superiori ad un fattore 10

$$\text{EMERGENZA} \frac{10 \times 15 \text{ nCi}}{\text{litro}} = \frac{150 \text{ nCi}}{\text{litro}}$$

DOSE MEDIA ASSORBITA PER INGESTIONE PER PERSONA ANNO 1986

Tabella 8

| Alimento | Cesio 137 | Cesio 134 | Stronzio 90 |
|--|-----------|-----------|-------------|
| 250 gr latte | 0,13 nCi | 0,07 nCi | |
| 200 gr. frutta | 0,2 nCi | 0,1 nCi | |
| 200 gr. carne o formaggio | 0,3 nCi | 0,15 nCi | |
| altri alimenti | 0,25 nCi | 0,13 nCi | |
| Dose giornaliera per 365 giorni all'anno | 0,88 nCi | 0,45 nCi | 0,02 nCi |
| Dose annua per fattore correzione | 321 nCi | 164 nCi | 7,3 |
| | 0,05 | 0,075 | 0,12 |
| Dose equivalente (MilliRem) | 16,5 | 12,30 | 0,88 |

TOTALE 29,23 MilliRem

NB: 1 rx. torace: maggiore 40 MilliRem
televisione a colori: 5/10 MilliRem/anno

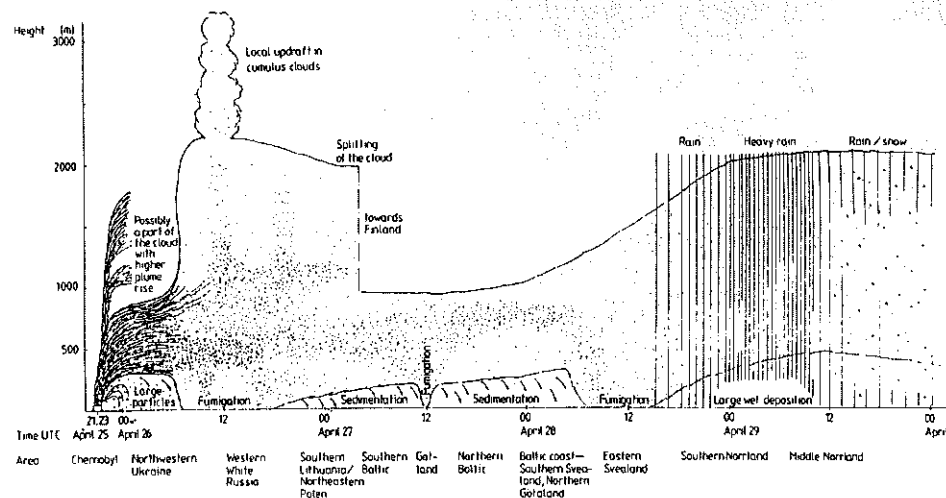


Fig. 1 - Descrizione qualitativa del trasporto e della dispersione della prima emissione (Da: Persson C., Rodhe H., De Geer L.E.: The Chernobyl accident. A meteorological analysis of how radionuclides reached Sweden, Stoccolma, SMHI Reports-Meteorology and Climatology, n. 55, dicembre 1986 [16]).

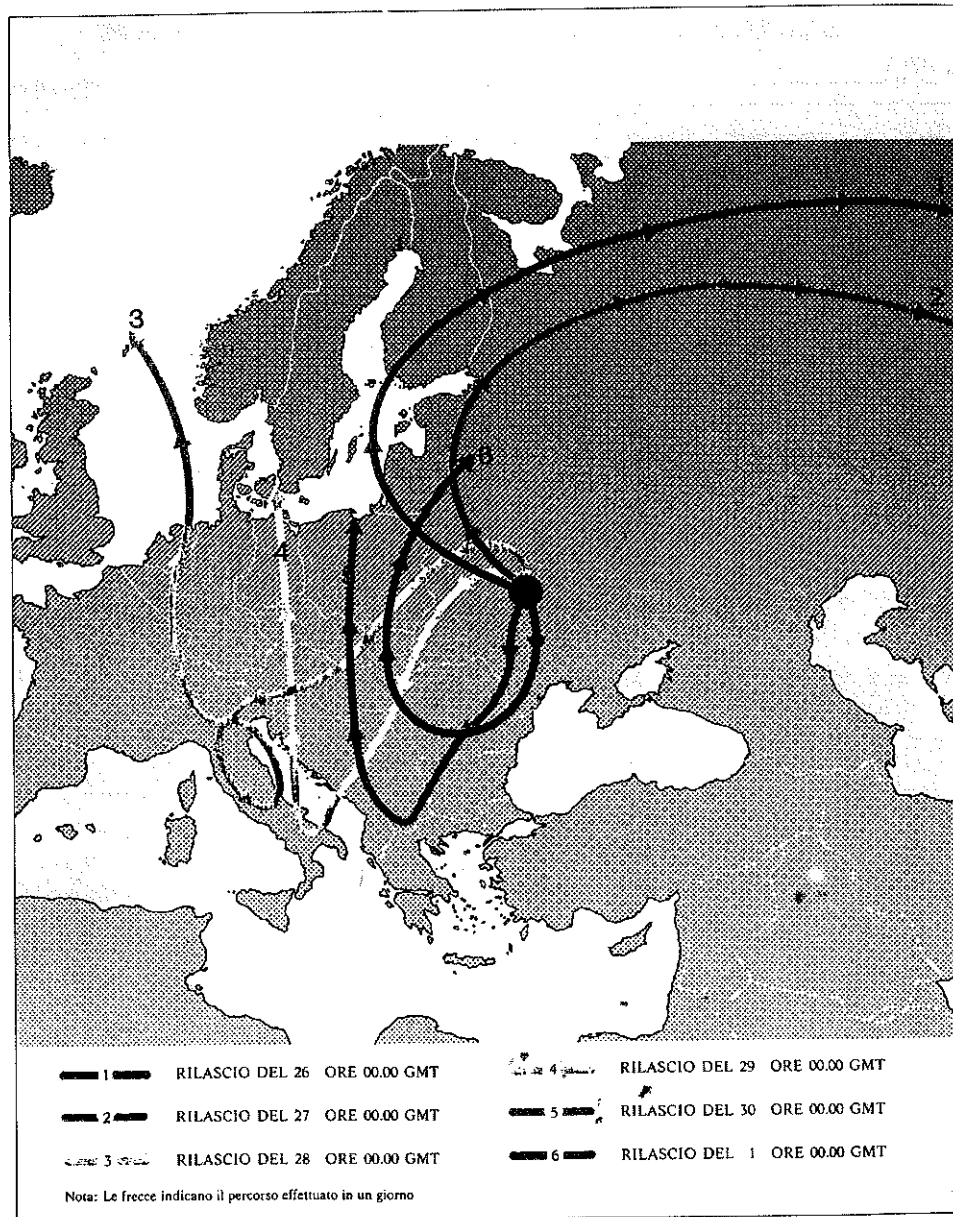


Fig. 2 - Rilasci dal 26 aprile al 1° maggio. Andamento fino al 5 maggio (*).
 (*) Figura pubblicata sul Notiziario dell'ENEA/Energia e Innovazione, maggio-giugno 1986, pag. 35.

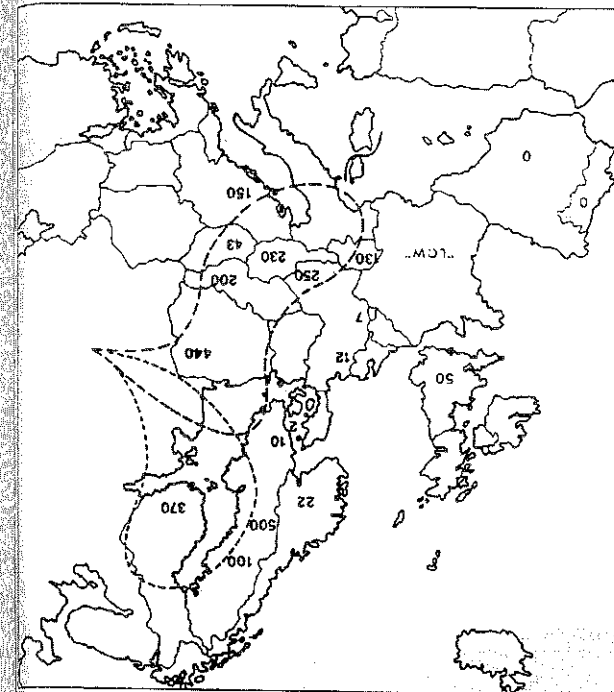


Fig. 3 - Distribuzione geografica dei valori di picco per l'esposizione esterna ($\mu\text{R/h}$). Nella figura sono anche indicate schematicamente a tratteggio le traiettorie delle emissioni del 26 e del 27 aprile. (Da: World Health Organization: Chernobyl reactor accident. Reporto of a Consultation 6 May 1986, WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen, 1986 [22]).

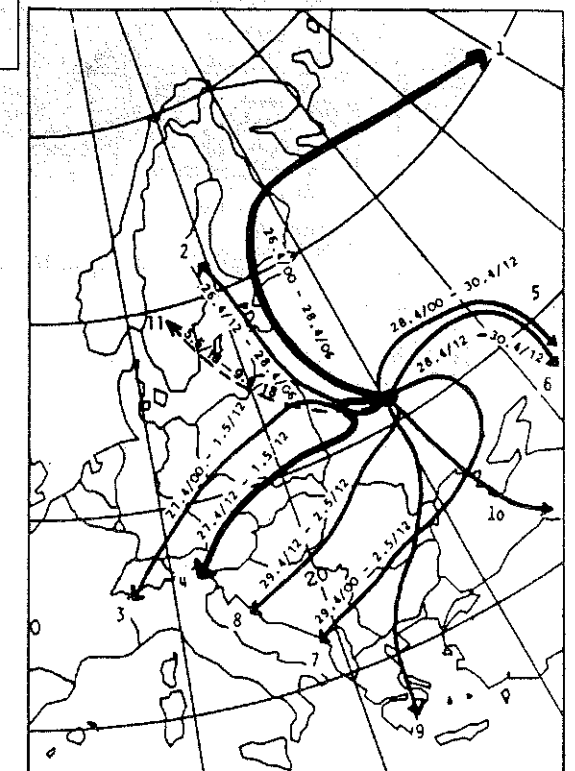


Fig. 4 - Rappresentazione schematica delle traiettorie seguite dalla nube radioattiva sull'Europa. Nella figura originale è stata aggiunta a tratteggio la traiettoria relativa all'emissione del 5 maggio. (Da: Zwatz-Meise V.: Tschernobyl: Stellitenbilder als Hilfsmittel zur raschen Abschätzung der Bevölkerungslastverhältnisse längs der Zugbahnen radioaktiv belasteter Luft - 26 April bis 1 May 1986 - in «Wetter und Leben», Wien, vol. 38, m. 3, 1986, pp. 169-175 [25]).

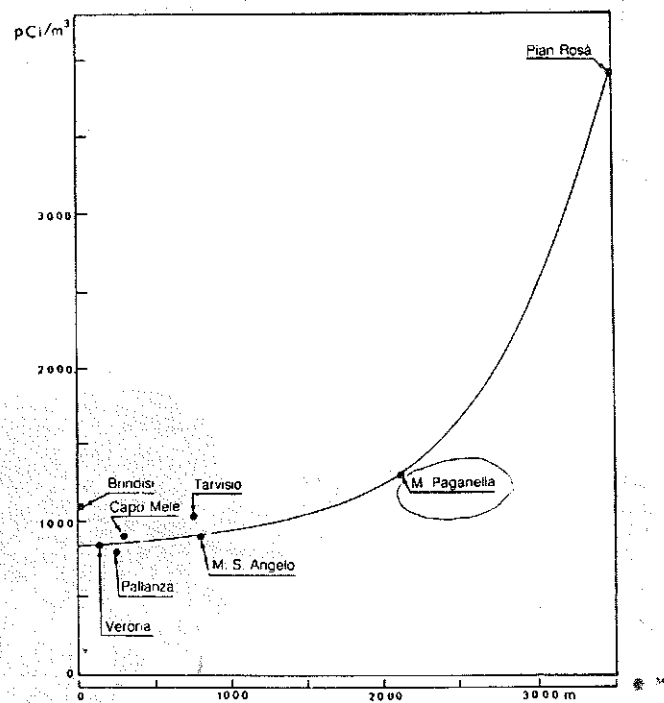


Fig. 5 - Andamento dei picchi di concentrazione della radioattività nell'aria per alcune località italiane in funzione della loro quota. (Ridisegnata da Colacino M., Favale B., Passamonti V., Baldi M., Dietrich E.: The Chernobyl accident: air radioactivity measurement in Italy, in «Il Nuovo Cimento», Bologna - in corso di stampa).

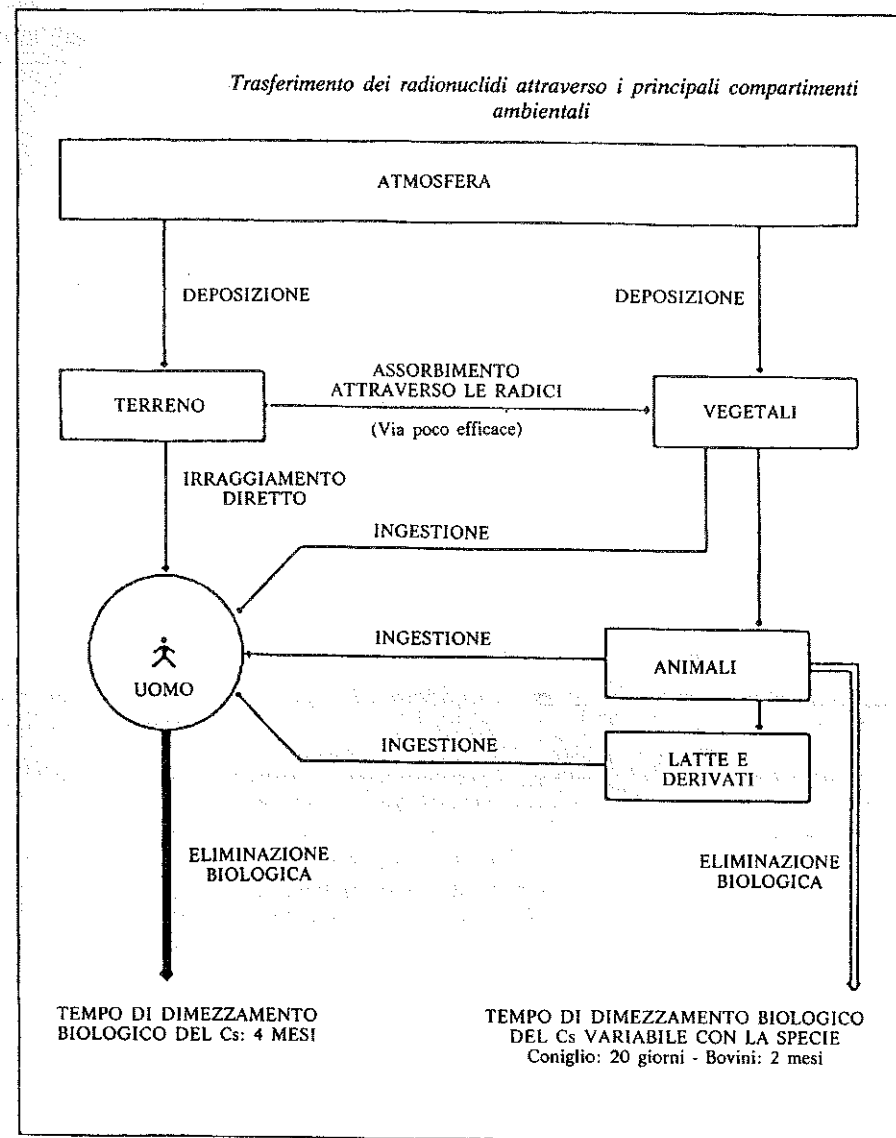


Fig. 6 - Da: ENEA - notiziario, 5-6, 1986).

Indirizzo dell'autore:
L. Filosi: Ufficio del Medico Provinciale
Provincia Autonoma di Trento
