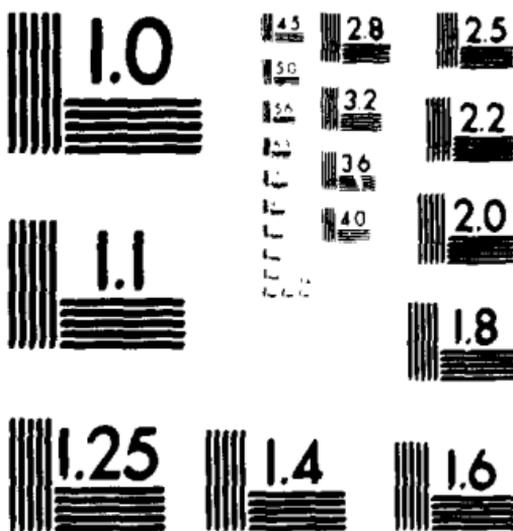


# O F



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a  
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

R. GIACOMELLI, P. SPEZZANO, M. NOCENTE, S. BORTOLUZZI, A. DATTRINO,  
L. MASSIRONI, A. ORNAGHI, N. SILVESTRI, L. PORZIO, R. OLIVETTI

---

## **POST CHERNOBYL-6**

**MISURA DI RADIONUCLIDI IN VEGETALI A FOGLIA  
A CRESCENTINO E SAN GERMANO VERCELLESE (Vercelli)**

1T8801052



**COMITATO NAZIONALE PER LA RICERCA E PER LO SVILUPPO  
DELL'ENERGIA NUCLEARE E DELLE ENERGIE ALTERNATIVE**

## **POST CHERNOBYL-6**

**MISURA DI RADIONUCLIDI IN VEGETALI A FOGLIA  
A CRESCENTINO E SAN GERMANO VERCELLESE (Vercelli)**

**R. GIACOMELLI, P. SPEZZANO, M. NOCENTE, S. BORTOLUZZI, A. DATTRINO,  
L. MASSIRONI, A. ORNAGHI, N. SILVESTRI**

**ENEA - Dipartimento Ciclo del Combustibile, Centro ricerche energia Saluggia**

**L. PORZIO, R. OLIVETTI  
USL 45 Vercelli**

**Testo pervenuto nel settembre 1987**  
**Progetto Enea: Istituti o Centri (IN)**

**I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'Enea  
rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'ente.**

**RIASSUNTO**

Dopo una descrizione delle modalità di prelievo e di misura vengono riportati i valori delle concentrazioni in vegetali e foglia dei radionuclidi gamma emettitori trovate a Crescentino e San Germano Vercellese dal 1 maggio al 24 settembre 1986. In alcuni campioni sono stati misurati anche  $^{89}\text{Sr}$  e  $^{90}\text{Sr}$ .

**SUMMARY**

After a description of the sampling and measurement methods, the values of vegetables concentration for gamma emitters measured in Crescentino and San Germano Vercellese from May 1 to September 24, 1986 are here reported. In some sample  $^{89}\text{Sr}$  and  $^{90}\text{Sr}$  were also measured.

## INTRODUZIONE

In situazioni quale quella verificatesi in seguito all'incidente presso la centrale nucleare di Chernobyl e la conseguente diffusione in atmosfera di prodotti di fissione in quantità rilevanti, particolare importanza assume la determinazione del livello di contaminazione di ortaggi in quanto questi alimenti, normalmente esposti agli agenti atmosferici, possono rappresentare uno dei principali veicoli di trasferimento all'uomo del fall-out radioattivo.

Pertanto, una delle prime azioni intraprese dal Servizio di Fisica Sanitaria, Sicurezza e Medicina del Lavoro (FISM) del C.R.E. di Saluggia (Vercelli) dell'ENEA, subito dopo l'arrivo in Piemonte della nube radioattiva dovuta all'incidente "Chernobyl", è stata quella di effettuare misure di contaminazione radioattiva in campioni di ortaggi.

In questo rapporto è riportato l'andamento temporale della contaminazione radioattiva presente in campioni di vegetali a foglia.

## MODALITA' DI PRELIEVO

Campioni di vegetali a foglia sono stati raccolti, in provincia di Vercelli, nei comuni di Crescentino e di San Germano Vercellese. Le coordinate geografiche medie dei punti di prelievo sono:

Crescentino	Long. 8° 6' 9" Est Greenwich
	4° 20' 58" Ovest M.Mario
	Lat. 45° 11' 28" Nord
	Alt. 154 m s.l.m.

San Germano Vercellese	Long. 8° 14' 53" Est Greenwich
	4° 12' 14" Ovest M.Mario
	Lat. 45° 21' 1" Nord
	Alt. 161 m s.l.m.

I campioni sono stati prelevati recidendo le piante ad una altezza di circa 5 cm dalla superficie del terreno al fine di minimizzare eventuali contaminazioni da parte del suolo stesso.

## TRATTAMENTO DEL CAMPIONE.

I vegetali sono stati tagliati in piccoli pezzi e ne è stata prelevata la quantità, opportunamente pesata, necessaria per riempire un contenitore anulare di Marinelli della capacità di un litro, per la successiva misura mediante spettrometria gamma. I campioni non sono stati quindi lavati prima della misura.

Per la determinazione degli isotopi beta emettitori, una aliquota pesata del campione è stata sottoposta ad essiccazione in stufa a 105°C e successivo incenerimento in muffola a 450°C, secondo le modalità in uso presso il FISM (Giacomelli & Fasolo, 1980)

La determinazione degli isotopi  $^{89}\text{Sr}$  e  $^{90}\text{Sr}$  è stata effettuata utilizzando un metodo analitico consistente nella separazione selettiva dello stronzio mediante successive precipitazioni (Bagliano & Barocas, 1977; Barocas et al., 1980; Volchok & de Planque, 1983).

La determinazione dello  $^{90}\text{Sr}$  è stata effettuata mediante separazione e conteggio beta del suo discendente,  $^{90}\text{Y}$ , al raggiungimento dell'equilibrio radioattivo, mentre lo  $^{89}\text{Sr}$  è stato valutato mediante precipitazione dello stronzio come ossalato e successivo conteggio beta, sottraendo il contributo alla misura dovuto allo  $^{90}\text{Sr}$  e precedentemente calcolato.

La resa globale del metodo è stata determinata mediante misura in assorbimento atomico, effettuato su una aliquota della soluzione finale opportunamente diluita, e confronto con la quantità iniziale di stronzio stabile aggiunto come carrier.

## TECNICHE DI MISURA.

Le misure di spettrometria gamma sono state effettuate utilizzando rivelatori al Germanio intrinseco aventi efficienza relativa compresa tra il 12,0 ed il 33,7 % e risoluzione compresa tra 1,72 e 2,02 KeV (FWHM a 1330 KeV).

Gli spettri gamma, ottenuti nell'intervallo da 50 KeV a circa 2 MeV, sono stati memorizzati su 2048 canali. L'analisi degli spettri, completamente automatica, comprende la ricerca dei picchi, il calcolo dell'area netta, la conversione dell'area in concentrazione (pCi/kg o Bq/kg), rapportata alle date di campionamento ed il calcolo dell'errore associato o, in assenza di

un picco statisticamente significativo, il calcolo della minima attività rilevabile.

Alcuni spettri sono stati elaborati con calcolatore DIGITAL PDP 11/24, collegato agli analizzatori multicanali, con sistema operativo RSX 11M/plus, di supporto al programma Silgamma.

Il tempo di conteggio è stato protratto per il tempo necessario ad ottenere una deviazione standard della misura di circa il 10% per i radioisotopi più abbondanti; in pratica esso è variato tra 600 secondi per i campioni più attivi e due ore per gli ultimi campioni, meno attivi. Tale scelta è stata imposta dall'elevato numero di campioni, non solo di origine vegetale, che è stato necessario sottoporre a misura durante il periodo di emergenza.

La calibrazione degli spettrometri è stata effettuata utilizzando una sorgente di riferimento QCY.44 della Amersham. Periodicamente, sono stati effettuati controlli di efficienza e del fondo del sistema di misura.

I conteggi beta sono stati effettuati utilizzando un cambiocampioni con rivelatore proporzionale a flusso di gas a basso fondo collegato ad un calcolatore Hewlett-Packard per l'elaborazione dei dati. L'efficienza di rivelazione è stata determinata sottoponendo a conteggio diverse sorgenti, preparate partendo da soluzioni calibrate di  $^{89}\text{Sr}$  e  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ , aventi caratteristiche uguali ai campioni da misurare.

## RISULTATI.

Nelle tabelle 1a e 1b sono riportate le concentrazioni, in Bq/kg ed in nCi/kg rispettivamente, dei principali emettitori gamma ( $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ) riscontrati in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino a partire dal 2/5/86. I valori sono corretti per il decadimento radioattivo e sono riferiti al giorno di raccolta. L'errore associato a ciascuna misura corrisponde ad una deviazione standard. Gli andamenti temporali sono anche riportati nelle figure 1-7. I punti contrassegnati in bianco (o) indicano che le concentrazioni sono da considerarsi inferiori ai limiti di rilevabilità.

I valori riscontrati in campioni di insalata raccolti, sempre a Crescentino, dal 11/5/86 al 26/5/86 sono riportati invece nelle tabelle 2a e 2b.

Per quanto riguarda i prelievi effettuati nel comune di San Germano Vercellese, questi sono stati differenziati prendendo in considerazione campioni di spinaci, bietola, cicoria ed insalata. Inoltre, il prelievo di campioni di insalata è stato protratto fino al mese di settembre. I risultati

sono riportati nelle tabelle 3a - 6a e 3b - 6b, sempre in Bq/kg e nCi/kg, rispettivamente.

Infine, i risultati delle misure di emettitori beta,  $^{89}\text{Sr}$  e  $^{90}\text{Sr}$ , effettuate su alcuni dei campioni prelevati, sono riportati in tabella 7a e 7b per i campioni prelevati a Crescentino, ed in tabella 8a ed 8b per quelli prelevati a San Germano Vercellese, insieme al valore del rapporto  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ .

Tabella 1a - Concentrazioni giornaliere in Bq/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  e  $^{99}\text{Mo}$  misurate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli).

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$	$^{99}\text{Mo}$
2/5	116±10	1114±91	429±35	28±3	54±5	28±4	862±79
3/5	286±28	2204±185	766±65	59±12	121 ±20	< 29	1639±266
4/5	554±49	2587±147	962±81	185 ±21	319±33	193±33	1500±253
5/5	629±53	1787±148	425±38	157±11	320±31	< 22	559±192
7/5	2306±191	2650±140	962±81	720±63	1331±113	979±92	2401±315
8/5	1861±154	1606±90	440±41	451±26	885±75	444±47	1624±222
9/5	2033±169	1820±100	570±48	637±37	1174±100	663±66	1554±203
10/5	1876±159	1800±117	448±47	540±52	1042±95	567±75	821±260
12/5	1234±106	816±59	186±19	391±26	714±66	415±55	291±145
13/5	1735±147	891±64	225±22	411±28	768±70	294±47	570±235
14/5	1291±111	598±54	126±18	368±25	709±67	398±85	< 256
15/5	879±76	406±33	54±8,1	262±18	493±46	139±32	218±170
16/5	467±43	256±25	30±6,3	158±12	280±30	113±25	< 150
17/5	1254±112	534±48	57±12	430±45	740±71	224±54	< 290
18/5	381±35	138±15	14±5,5	119±14	219±24	29±16	< 132
21/5	603±60	131±19	10±5,9	213±23	450±50	121±37	< 31
22/5	16±5	8±3	< 1,4	17±4	28±7	-	< 13
23/5	5±3	4±2	< 1,4	8±3	17±5	< 6	< 11
26/5	1±0,7	2±1	< 1,3	11±1	21±3	< 6	< 36
4/6	80±9	7±3	< 1,5	36±4	68±9	12±9	< 2

Tabella 1b - Concentrazioni giornaliere in nCi/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  e  $^{99}\text{Mo}$  misurate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli)

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$	$^{99}\text{Mo}$
2/5	3,1±0,3	30,1±2,5	11,6±1,0	0,76±0,07	1,4±0,13	0,75±0,11	23,3±2,1
3/5	7,7±0,7	59,5±5,0	20,7±1,8	1,6±0,34	3,3±0,53	< 0,78	44,3±7,2
4/5	14,9±1,3	69,8±3,9	26,0±2,2	5,0±0,56	8,6±0,89	5,1±0,90	42,7±6,8
5/5	17,0±1,4	48,2±4,0	11,5±1,0	4,2±0,3	8,6±0,8	< 0,60	15,1±5,2
7/5	62,3±5,1	71,5±3,8	26,0±2,2	19,4±1,7	35,9±3,1	26,4±2,5	64,9±8,1
8/5	50,2±4,2	43,3±2,4	11,9±1,1	12,2±0,7	23,9±2,0	12,0±1,3	43,9±5,9
9/5	54,9±4,6	49,1±2,7	15,4±1,3	17,2±1,0	31,7±2,7	17,9±1,8	42,0±5,5
10/5	50,6±4,3	49,6±3,1	12,1±1,3	14,6±1,4	28,1±2,6	15,3±2,0	22,2±7,0
12/5	33,3±2,8	22,0±1,6	5,0±0,51	10,6±0,71	19,3±1,8	11,2±1,5	7,8±3,9
13/5	46,8±3,9	24,1±1,7	6,1±0,60	11,1±0,75	20,7±1,9	7,9±1,3	15,4±6,4
14/5	34,9±3,0	16,1±1,4	3,4±0,50	9,9±0,69	19,1±1,8	10,7±2,3	< 6,93
15/5	23,7±2,1	10,9±0,89	1,5±0,22	7,1±0,48	13,3±1,2	3,7±0,8	5,9±4,6
16/5	12,6±1,2	6,9±0,68	0,81±0,17	4,3±0,33	7,6±0,8	3,0±0,67	< 4,05
17/5	33,9±3,0	14,4±1,28	1,55±0,33	11,6±1,22	20,0±1,9	6,0±1,46	< 7,83
18/5	10,3±0,9	3,7±0,42	0,38±0,15	3,2±0,39	5,9±0,65	0,79±0,42	< 3,56
21/5	16,3±1,6	3,5±0,52	0,28±0,16	5,7±0,63	12,1±1,36	3,3±1,01	< 0,83
22/5	0,42±0,13	0,21±0,09	< 0,039	0,46±0,11	0,76±0,20		< 0,34
23/5	0,14±0,08	0,11±0,06	< 0,039	0,21±0,07	0,45±0,14	< 0,15	< 0,30
26/5	0,03±0,02	0,06±0,03	< 0,034	0,29±0,04	0,56±0,08	< 0,16	< 0,98
4/6	2,15±0,25	0,20±0,08	< 0,040	0,98±0,12	1,83±0,25	0,32±0,25	< 0,04

Tabella 2a - Concentrazioni giornaliere in Bq/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  e  $^{99}\text{Mo}$  misurate in campioni di insalata raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli).

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$	$^{99}\text{Mo}$
11/5	1563±134	1786±154	403±41	452±52	917±87	696±91	291±237
13/5	936±82	567±44	137±16	321±22	613±58	406±53	< 220
14/5	1064±93	572±53	116±16	398±27	739±69	399±63	< 260
17/5	880±81	443±45	56±11	354±39	698±68	281±59	< 300
18/5	833±76	460±40	32±11	294±21	574±56	224±44	246±144
19/5	43±9	67±10	5±3	32±7	58±10	17±12	< 123
20/5	604±58	303±31	< 11	251±21	468±49	100±30	< 250
21/5	135±13	70±9	5±3	66±7	130±14	48±15	< 12
22/5	160±15	82±10	4±3	87±8	176±17	46±17	< 14
23/5	8±4	13±5	< 2	10±3	19±6	< 11	< 14
24/5	146±14	59±7	-	62±5	121±12	39±10	< 61
26/5	3±1	11±2	-	4±1	14±3	3±3	< 42

Tabella 2b - Concentrazioni giornaliere in nCi/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  e  $^{99}\text{Mo}$  misurate in campioni di insalata raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli).

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$	$^{99}\text{Mo}$
11/5	42,2±3,6	48,2±4,1	10,9±1,11	12,2±1,40	24,7±2,3	18,8±2,4	7,9±6,4
13/5	25,3±2,2	15,3±1,2	3,7±0,43	8,7±0,61	16,5±1,6	10,9±1,4	< 5,9
14/5	28,7±2,5	15,4±1,4	3,1±0,47	10,7±0,73	19,9±1,8	10,8±1,7	< 7,0
17/5	23,7±2,2	11,9±1,2	1,5±0,30	9,6±1,06	18,8±1,8	7,6±1,59	< 8,1
18/5	22,5±2,05	12,4±1,1	0,9±0,29	7,9±0,58	15,5±1,5	6,1±1,18	6,7±3,9
19/5	1,2±0,24	1,8±0,27	0,13±0,08	0,87±0,20	1,6±0,27	0,47±0,32	< 3,3
20/5	16,3±1,6	8,2±0,84	< 0,31	6,8±0,58	12,6±1,31	2,7±0,81	< 6,7
21/5	3,6±0,36	1,9±0,23	0,15±0,09	1,8±0,23	3,5±0,38	1,3±0,41	< 0,3
22/5	4,3±0,41	2,2±2,26	0,11±0,08	2,3±0,22	4,7±0,47	1,2±0,46	< 0,4
23/5	0,21±0,11	0,36±0,13	< 0,06	0,26±0,09	0,50±0,17	< 0,29	< 0,4
24/5	3,9±0,38	1,6±0,18	-	1,7±0,14	3,3±0,33	1,0±0,26	< 1,6
26/5	0,07±0,03	0,29±0,05	-	0,12±0,04	0,39±0,07	0,07±0,07	< 1,1

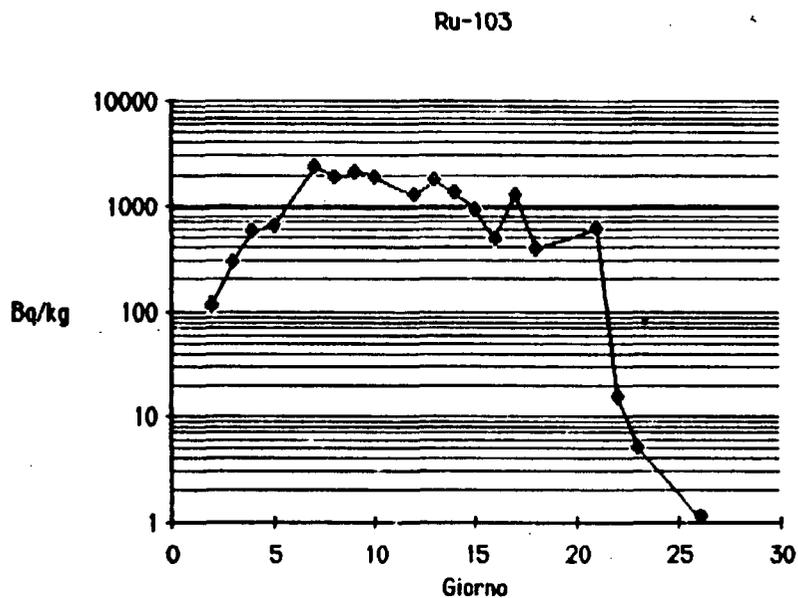


Fig. 1 - Concentrazioni di  $^{103}\text{Ru}$  riscontrate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli) nel mese di maggio.

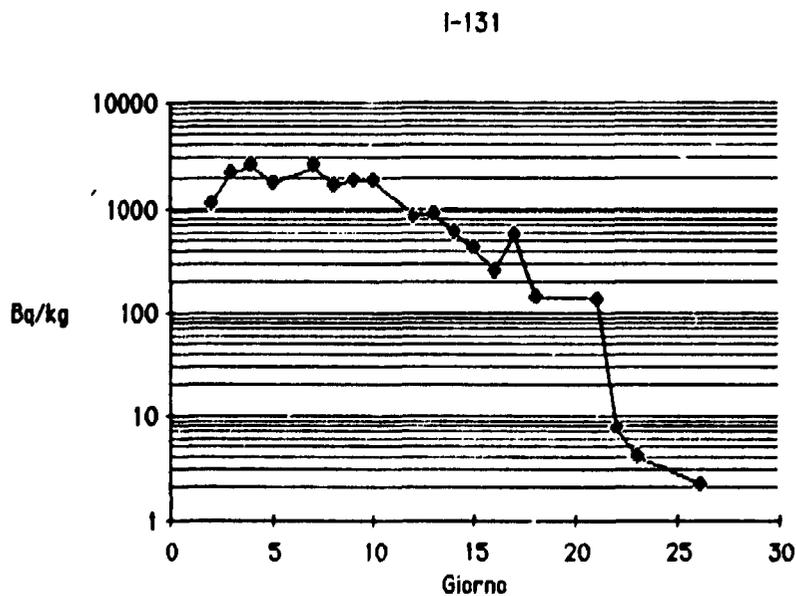


Fig. 2 - Concentrazioni di  $^{131}\text{I}$  riscontrate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli) nel mese di maggio.

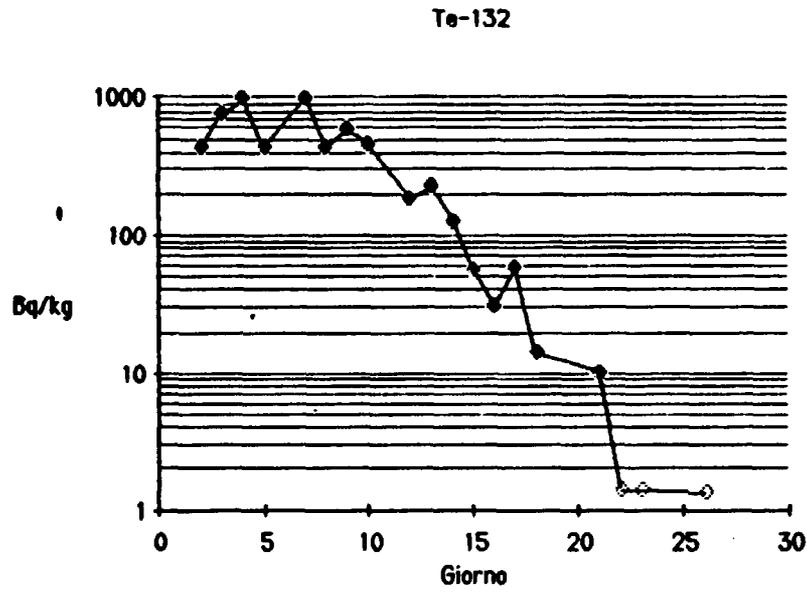


Fig. 3 - Concentrazioni di  $^{132}\text{Te}$  riscontrate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli) nel mese di maggio.

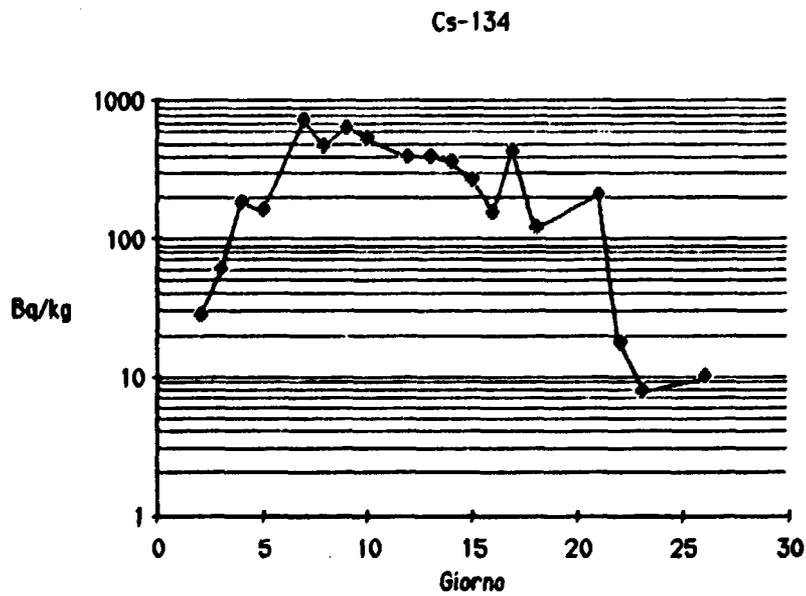


Fig. 4 - Concentrazioni di  $^{134}\text{Cs}$  riscontrate in campioni di bietola raccolte nel comune di Crescentino (Vercelli) nel mese di maggio.

## Cs-137

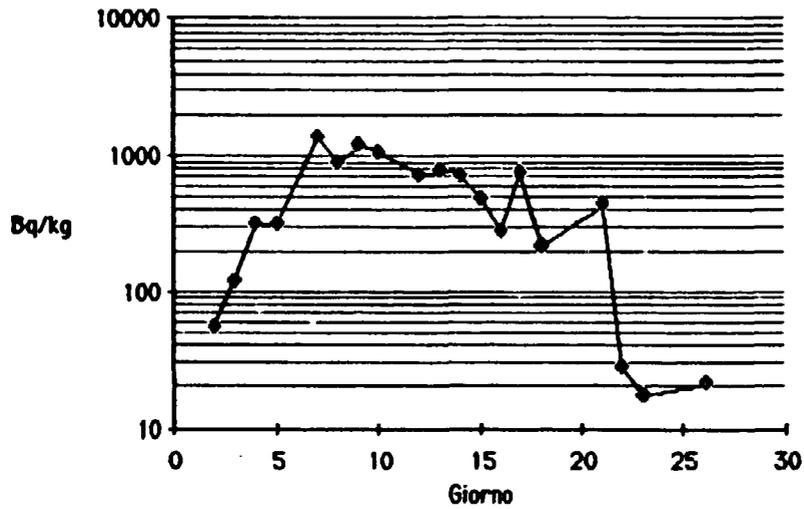


Fig. 5 - Concentrazioni di <sup>137</sup>Cs riscontrate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli) nel mese di maggio.

## Ba-140

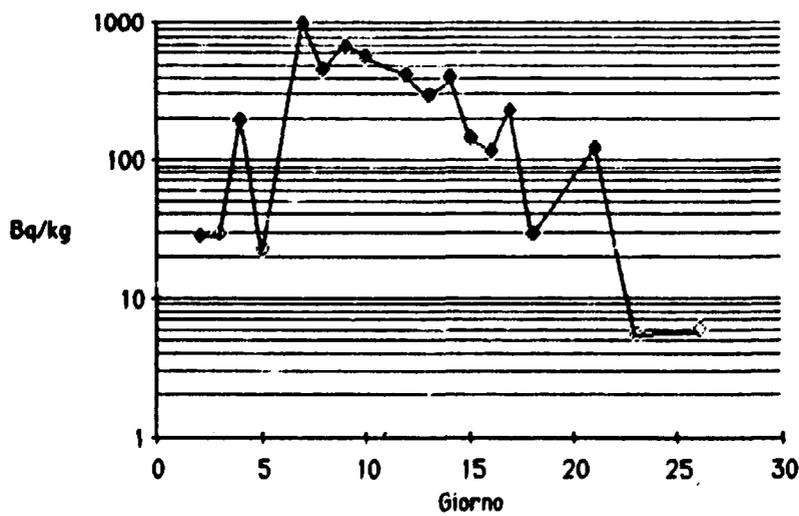


Fig. 6 - Concentrazioni di <sup>140</sup>Ba riscontrate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli) nel mese di maggio.

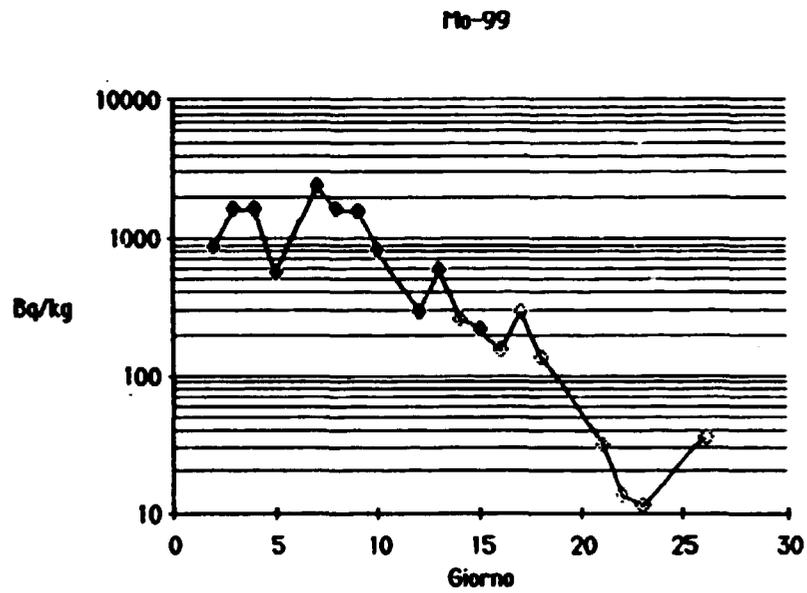


Fig. 7 - Concentrazioni di  $^{99}\text{Mo}$  riscontrate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli) nel mese di maggio.

Tabelle 3a - Concentrazioni giornaliere in Bq/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di spinaci raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$
11/5	1930±164	1678±104	305±29	514±32	932±83	516±65
12/5	1839±158	1485±101	234±25	503±33	1014±90	491±67
13/5	1311±114	1073±94	154±19	364±26	742±70	327±61
14/5	1076±95	865±77	105±15	327±24	643±63	292±64
15/5	756±69	454±38	70±13	229±18	440±44	200±40
16/5	602±55	396±33	33±9	183±14	356±37	136±34
17/5	389±40	263±29	20±7	132±13	249±30	82±29
18/5	410±39	218±23	20±5	141±18	254±27	95±26
19/5	266±29	149±22	< 0.23	71±14	166±26	44±22
20/5	303±29	168±17	5±3	107±29	213±23	81±22
21/5	270±26	124±14	8±4	110±11	213±24	73±24
24/5	56±6	26±4	-	30±3	65±7	< 9
28/5	4±3	6±3	-	6±3	11±4	< 8

Tabella 4a - Concentrazioni giornaliere in Bq/kg di  $^{133}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di bietola raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

Data	$^{133}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$
11/5	1688±145	1403±122	347±37	416±43	880±84	396±60
12/5	1308±111	834±58	244±23	338±23	673±61	368±49
13/5	1076±94	564±46	133±15	283±20	511±48	256±46
14/5	649±58	393±37	72±11	189±23	360±36	121±46
15/5	534±52	294±31	47±11	161±17	294±36	88±32
16/5	454±42	243±23	32±6	130±16	243±26	73±21
17/5	57±8	27±5	5±2	21±4	42±7	11±7
18/5	72±9	47±8	4±2	36±4	69±9	8±7
20/5	543±48	155±16	21±5	179±13	329±31	89±28
21/5	398±40	86±13	9±4	143±16	276±33	107±30
22/5	312±31	60±9	-	98±9	190±22	38±15
23/5	355±27	76±9	-	109±10	223±20	64±19
24/5	193±18	26±4	-	58±7	124±12	19±10
28/5	390±29	67±9	-	131±11	262±23	47±18

Tabella 5a - Concentrazioni giornaliere in Bq/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di cicoria raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

\*Misure effettuate su campioni di cicoria rossa

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$
11/5	2020±192	2696±293	599±68	733±65	1361±144	814±155
12/5*	1915±163	1802±153	385±37	543±34	1070±97	312±57
13/5	1933±166	1969±128	320±32	599±41	1130±102	680±88
13/5*	1596±139	1585±111	254±26	521±35	935±88	603±85
14/5	1333±116	1222±86	214±29	431±30	825±77	551±73
14/5*	1011±89	939±70	138±17	338±24	623±59	399±59
15/5	1307±120	1214±108	146±23	410±48	781±79	421±77
15/5*	984±87	877±66	109±15	268±38	610±58	338±51
16/5	1248±107	1105±98	121±17	383±43	701±72	450±61
16/5*	979±86	785±59	85±12	319±22	636±59	364±54
17/5	1222±108	980±87	90±14	426±30	827±77	415±67
18/5	1199±104	1001±74	85±15	404±44	725±70	323±55
19/5	1088±99	792±73	55±14	378±29	795±77	415±76
20/5	927±82	649±58	32±8	340±24	641±60	307±47
21/5	741±50	530±37	25±7	296±21	581±44	283±42
23/5	54±10	34±7	< 2	30±6	57±10	16±12
24/5	124±13	56±8	-	57±5	101±11	23±13
28/5	15±2	11±3	< 2	10±3	20±3	< 6

Tabella 6a - Concentrazioni giornaliere in Bq/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di insalata raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$
12/5	780±75	604±51	143±19	284±23	562±57	312±57
17/5	204±23	108±14	7±4	74±3	157±19	< 26
18/5	307±30	140±16	12±5	108±14	198±22	< 27
19/5	546±47	297±24	21±4	189±12	377±34	179±26
20/5	399±39	248±23	12±4	158±13	313±32	101±23
21/5	409±41	209±23	12±7	168±19	323±36	151±35
22/5	262±24	142±14	-	91±7	176±19	77±20
24/5	231±22	121±13	-	87±7	171±17	42±18
28/5	99±11	34±6	< 2	43±6	88±12	34±14
9/6	4±2	< 1	-	< 1	2,6±1,8	< 4
16/6	5±1	< 2	-	3,0±0,7	7,4±1,5	< 6
18/6	< 2	< 3	-	2,2±1,1	6,7±1,5	< 9
20/6	1±1	< 3	-	< 1	2,6±1,1	5±3
27/6	< 1	< 1	-	1,1±0,7	2,6±1,1	< 4
2/7	< 1	< 1	-	< 1	< 1	< 5
9/7	1±1	< 1	-	< 1	< 1	< 4
16/7	< 1	< 1	-	0,7±0,4	2,2±0,7	< 2
23/7	< 1	< 1	-	1,5±0,7	4,8±0,7	< 3
30/7	< 1	< 1	-	< 1	1,1±0,4	< 3
6/8	0,4±0,4	< 1	-	1,5±0,4	2,6±0,7	< 2
13/8	< 1	< 1	-	< 1	< 1	< 2
20/8	< 1	< 1	-	5,9±0,7	13±2	< 3
27/8	< 1	< 1	-	< 1	< 1	< 1
3/9	0,4±0,4	< 1	-	< 1	< 1	< 3
10/9	< 1	< 1	-	0,7±0,4	1,8±0,7	< 3
17/9	< 1	< 1	-	< 1	< 1	< 2
24/9	< 1	< 1	-	< 1	< 1	< 2

**Tabelle 3b - Concentrazioni giornaliere in nCi/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di spinaci raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).**

<b>Data</b>	<b><math>^{103}\text{Ru}</math></b>	<b><math>^{131}\text{I}</math></b>	<b><math>^{132}\text{Te}</math></b>	<b><math>^{134}\text{Cs}</math></b>	<b><math>^{137}\text{Cs}</math></b>	<b><math>^{140}\text{Ba}</math></b>
11/5	52,1±4,43	45,3±2,81	8,2±0,78	13,9±0,88	25,2±2,24	13,9±1,76
12/5	49,6±4,27	40,1±2,73	6,3±0,68	13,6±0,90	27,4±2,44	13,3±1,82
13/5	35,4±3,08	29,0±2,55	4,2±0,51	9,8±0,71	20,0±1,90	8,8±1,66
14/5	29,1±2,56	23,3±2,08	2,8±0,41	8,8±0,66	17,4±1,70	7,9±1,73
15/5	20,4±1,86	12,2±1,03	1,9±0,35	6,2±0,48	11,9±1,18	5,4±1,07
16/5	16,2±1,50	10,7±0,90	0,9±0,25	4,9±0,39	9,6±0,99	3,7±0,92
17/5	10,5±1,07	7,1±0,79	0,5±0,18	3,6±0,35	6,7±0,80	2,2±0,78
18/5	11,1±1,06	5,9±0,63	0,5±0,15	3,8±0,49	6,9±0,74	2,6±0,70
19/5	7,2±0,79	4,0±0,60	< 0,23	1,9±0,38	4,5±0,69	1,2±0,60
20/5	8,2±0,78	4,5±0,45	0,13±0,08	2,9±0,79	5,7±0,62	2,2±0,61
21/5	7,3±0,69	3,3±0,39	0,23±0,12	2,9±0,31	5,8±0,64	1,9±0,66
24/5	1,5±0,17	0,7±0,11	-	0,8±0,08	1,7±0,20	< 0,24
28/5	0,12±0,08	0,15±0,08	-	0,17±0,07	0,30±0,12	< 0,22

Tabella 4b - Concentrazioni giornaliere in nCi/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di bietola raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$
11/5	45,6±3,92	37,9±3,29	9,03±0,96	11,2±1,15	23,8±2,27	10,7±1,63
12/5	35,3±3,00	22,5±1,55	6,41±0,62	9,11±0,62	18,1±1,64	9,94±1,31
13/5	29,1±2,53	15,2±1,25	3,51±0,41	7,64±0,53	13,8±1,30	6,90±1,24
14/5	17,5±1,58	10,6±1,01	1,90±0,30	5,10±0,63	9,73±0,97	3,28±1,23
15/5	14,4±1,40	7,93±0,85	1,27±0,31	4,35±0,46	7,94±0,97	2,37±0,85
16/5	12,3±1,13	6,57±0,62	0,86±0,16	3,50±0,42	6,57±0,70	1,98±0,56
17/5	1,53±0,22	0,72±0,14	0,14±0,07	0,57±0,10	1,13±0,19	0,31±0,20
18/5	1,94±0,25	1,28±0,22	0,12±0,07	0,98±0,12	1,87±0,25	0,22±0,19
20/5	14,6±1,30	4,18±0,44	0,57±0,15	4,82±0,34	8,89±0,84	2,39±0,76
21/5	10,7±1,09	2,32±0,35	0,25±0,12	3,85±0,44	7,46±0,88	2,88±0,81
22/5	8,42±0,83	1,61±0,24	-	2,65±0,25	5,12±0,59	1,02±0,40
23/5	9,59±0,72	2,04±0,25	-	2,94±0,26	6,02±0,55	1,73±0,52
24/5	5,21±0,49	0,71±0,12	-	1,56±0,20	3,34±0,33	0,52±0,26
28/5	10,5±0,77	1,80±0,24	-	3,54±0,29	7,07±0,61	1,27±0,49

Tabella 5b - Concentrazioni giornaliere in nCi/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di cicoria verde raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

\* Misure effettuate su campioni di cicoria rossa.

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$
11/5	54,5±5,2	72,8±7,9	16,2±1,8	19,8±1,7	36,7±3,9	21,9±4,2
12/5*	51,7±4,4	48,6±4,1	10,4±1,0	14,7±0,9	28,9±2,6	19,3±2,4
13/5	52,2±4,5	53,2±3,5	8,6±0,9	16,2±1,1	30,5±2,7	18,4±2,4
13/5*	43,1±3,7	42,8±3,0	6,9±0,7	14,1±0,9	25,2±2,4	16,3±2,3
14/5	36,0±3,1	33,0±2,3	5,8±0,8	11,6±0,8	22,3±2,1	14,9±2,0
14/5*	27,3±2,4	25,3±1,9	3,7±0,5	9,1±0,7	16,8±1,6	10,8±1,6
15/5	35,3±3,2	32,8±2,9	3,9±0,6	11,1±1,3	21,1±2,1	11,4±2,1
15/5*	26,6±2,3	23,7±1,8	2,9±0,4	7,2±1,0	16,5±1,6	9,1±1,4
16/5	33,7±2,9	29,8±2,7	3,3±0,4	10,3±1,1	18,9±1,9	12,1±1,6
16/5*	26,4±2,3	21,2±1,6	2,3±0,3	8,6±0,6	17,2±1,6	9,8±1,5
17/5	33,0±2,9	26,5±2,3	2,4±0,4	11,5±0,8	22,3±2,1	11,2±1,8
18/5	32,4±2,8	27,0±2,0	2,3±0,3	10,9±1,2	19,6±1,9	8,7±1,5
19/5	29,4±2,7	21,4±2,0	1,5±0,4	10,2±0,8	21,5±2,1	11,2±2,1
20/5	25,0±2,2	17,5±1,6	0,86±0,2	9,2±0,6	17,3±1,6	8,3±1,3
21/5	20,0±1,4	14,3±1,0	0,68±0,18	8,0±0,6	15,7±1,2	7,6±1,1
23/5	1,5±0,3	0,93±0,2	< 0,05	0,82±0,1	1,5±0,3	0,42±0,3
24/5	3,4±0,3	1,5±0,2	-	1,5±0,1	2,7±0,3	0,61±0,4
28/5	0,40±0,07	0,29±0,07	< 0,04	0,26±0,08	0,55±0,09	< 0,16

Tabella 6b - Concentrazioni giornaliere in nCi/kg di  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{140}\text{Ba}$  misurate in campioni di insalata raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

Data	$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$
12/5	21,0±2,0	16,3±1,4	3,9±0,5	7,7±0,6	15,2±1,5	8,4±1,5
17/5	5,5±0,6	2,9±0,4	0,20±0,12	2,0±0,1	4,2±0,5	< 0,71
18/5	8,3±0,8	3,8±0,4	0,33±0,14	2,9±0,4	5,3±0,6	< 0,74
19/5	14,7±1,3	8,0±0,6	0,58±0,12	5,1±0,3	10,2±0,9	4,8±0,7
20/5	10,8±1,0	6,7±0,6	0,34±0,12	4,3±0,4	8,4±0,9	2,7±0,6
21/5	11,0±1,1	5,6±0,6	0,32±0,18	4,5±0,5	8,7±1,0	4,3±0,9
22/5	7,1±0,6	3,8±0,4	-	2,4±0,2	4,7±0,5	2,1±0,5
24/5	6,2±0,6	3,3±0,4	-	2,4±0,2	4,6±0,5	1,1±0,5
28/5	2,7±0,7	0,9±0,2	< 0,06	1,2±0,1	2,4±0,3	0,9±0,4
9/6	0,10±0,05	< 0,03	-	< 0,04	0,07±0,05	< 0,12
16/6	0,13±0,03	< 0,06	-	0,08±0,02	0,20±0,04	< 0,16
18/6	< 0,05	< 0,08	-	0,06±0,03	0,18±0,04	< 0,23
20/6	0,04±0,02	< 0,07	-	< 0,03	0,07±0,03	0,14±0,09
27/6	< 0,03	< 0,03	-	0,03±0,02	0,07±0,03	< 0,10
2/7	< 0,04	< 0,04	-	< 0,04	< 0,04	< 0,13
9/7	0,02±0,02	< 0,03	-	< 0,03	< 0,04	< 0,12
16/7	< 0,02	< 0,02	-	0,02±0,01	0,06±0,02	< 0,06
23/7	< 0,03	< 0,03	-	0,04±0,02	0,13±0,02	< 0,09
30/7	< 0,02	< 0,02	-	< 0,03	0,03±0,01	< 0,07
6/8	0,01±0,01	< 0,02	-	0,04±0,01	0,07±0,02	< 0,06
13/8	< 0,01	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,05
3/9	0,01±0,01	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,08
10/9	< 0,02	< 0,03	-	0,02±0,01	0,05±0,02	< 0,09
17/9	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,06
24/9	< 0,02	< 0,02	-	< 0,01	< 0,02	< 0,06

**Tabella 7a - Concentrazioni in Bq/kg di  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  e  $^{137}\text{Cs}$  misurate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli).**

<b>Data</b>	<b><math>^{89}\text{Sr}</math></b>	<b><math>^{90}\text{Sr}</math></b>	<b><math>^{137}\text{Cs}</math></b>	<b><math>^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}</math></b>
7/5	67±7	5,2±0,4	1331±113	256
12/5	92±11	6,0±0,6	714±65	119

**Tabella 7b - Concentrazioni in nCi/kg di  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  e  $^{137}\text{Cs}$  misurate in campioni di bietola raccolti nel comune di Crescentino (Vercelli).**

<b>Data</b>	<b><math>^{89}\text{Sr}</math></b>	<b><math>^{90}\text{Sr}</math></b>	<b><math>^{137}\text{Cs}</math></b>	<b><math>^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}</math></b>
7/5	1,8±0,2	0,14±0,01	35,9±3,0	256
12/5	2,5±0,3	0,16±0,02	19,3±1,8	119

Tabella 8a - Concentrazioni in Bq/kg di  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  e  $^{137}\text{Cs}$  misurate in campioni di insalata raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

N.D. Determinazione non effettuata.

Data	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
2/7	$0,45\pm 0,06$	$0,19\pm 0,02$	$< 1,5$	-
9/7	$1,78\pm 0,20$	$0,67\pm 0,07$	$< 1,5$	-
16/7	$0,95\pm 0,11$	$0,59\pm 0,06$	$2,2\pm 0,7$	3,7
23/7	N.D.	$0,42\pm 0,04$	$4,8\pm 0,7$	11,8
30/7	$0,21\pm 0,04$	$0,44\pm 0,05$	$1,1\pm 0,4$	2,5
6/8	$1,38\pm 0,16$	$0,64\pm 0,07$	$2,6\pm 0,7$	4,1
13/8	$1,07\pm 0,12$	$0,46\pm 0,05$	$< 0,4$	-
20/8	$2,96\pm 0,40$	$0,66\pm 0,07$	$12,9\pm 1,8$	19,5
27/8	N.D.	$0,31\pm 0,03$	$< 0,7$	-
3/9	N.D.	$0,48\pm 0,05$	$< 0,7$	-
10/9	N.D.	$0,47\pm 0,05$	$1,8\pm 0,7$	3,8
17/9	N.D.	$0,31\pm 0,03$	$< 0,7$	-
24/9	$0,45\pm 0,05$	$0,41\pm 0,04$	$< 0,7$	-

Tabella 8b - Concentrazioni in nCi/kg di  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  e  $^{137}\text{Cs}$  misurate in campioni di insalata raccolti nel comune di San Germano Vercellese (Vercelli).

N.D. Determinazione non effettuata.

Data	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$
2/7	0,012±0,002	0,005±0,002	< 0,04	-
9/7	0,048±0,005	0,018±0,002	< 0,04	-
16/7	0,025±0,003	0,016±0,002	0,06±0,02	3,7
23/7	N.D.	0,011±0,001	0,13±0,02	11,8
30/7	0,006±0,001	0,012±0,001	0,03±0,01	2,5
6/8	0,037±0,004	0,017±0,002	0,07±0,02	4,1
13/8	0,029±0,003	0,012±0,001	< 0,01	-
20/8	0,080±0,011	0,018±0,002	0,35±0,05	19,4
27/8	N.D.	0,008±0,001	< 0,02	-
3/9	N.D.	0,013±0,001	< 0,02	-
10/9	N.D.	0,013±0,001	0,05±0,02	3,8
17/9	N.D.	0,008±0,001	< 0,02	-
24/9	0,012±0,002	0,011±0,001	< 0,02	-

**BIBLIOGRAFIA**

- Bagliano G, Barocas A., 1977 - *Metodi radiochimici di determinazione del Cs 137 e dello Sr 90 nei campioni ambientali* CNEN, RT/PROT(77)1.
- Barocas A., Civica A., Fantini M., Soldano E., 1980 - *Determinazione dello Sr 90 in campioni vegetali* CNEN, RT/PROT(80)26.
- Giacomelli R., Fasolo G.B. (a cura di.), 1982 - *Manuale operativo di radiometria ambientale*. ENEA, RTI/COMB-SAL(82)1.
- Volchok H.L., G. de Planque (Eds.), 1983 - *EML Procedures Manual* 26th Edition, U.S.D.O.E., New York, HASL-300.

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringrazia il Prof. Arrigo A. Cigna per la preziosa consulenza scientifica. Si ringrazia inoltre tutto il personale del CRE Saluggia e delle Div. EUREX ed IFEC che ha contribuito alla raccolta di questi dati.

**Edito dall'ENEA, Direzione Centrale Relazioni  
Viale Regina Margherita, 125 - Roma  
Finito di stampare nel mese di dicembre 1987  
Fotoripr. e Stampa -Arti Grafiche S. Marcello-  
Viale Regina Margherita, 176 - 00198 Roma**