



ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE  
L'ENERGIA E L'AMBIENTE

Dipartimento Ambiente

**LE MISURE DI RADIOATTIVITA'  
AMBIENTALE EFFETTUATE NEL 1991  
NEL CENTRO DI MONTECUCCOLINO  
DELL'UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

P. BASSI, E. BONINI, G. FILIPPI, G. ROSSI, S. ZUPPIROLI



**ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE  
L'ENERGIA E L'AMBIENTE**

**Dipartimento Ambiente**

**LE MISURE DI RADIOATTIVITA'  
AMBIENTALE EFFETTUATE NEL 1991  
NEL CENTRO DI MONTECUCCOLINO  
DELL'UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

**P. BASSI, E. BONINI, G. FILIPPI, G. ROSSI, S. ZUPPIROLI**  
Centro ENEA "E. Clementi" di Bologna

Testo pervenuto nel ottobre 1993

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

### **Riassunto**

Vengono presentati indicando le diverse metodiche e la strumentazione usata, i risultati delle misure di radioattività ambientale, effettuate durante il 1991 dall' ENEA, nell'ambito delle attività di Fisica Sanitaria di sua competenza, presso il Centro di Montecuccolino dell'Università di Bologna.

### **Summary**

Radioactivity measurement results, in environmental and food samples collected during 1991 in Montecuccolino (Bologna), are presented.  
Sampling methods and measurement techniques are also described.

## INDICE

INTRODUZIONE	pag. 5
CARATTERISTICHE DEL SITO	5
GEOLOGIA - POPOLAZIONE - COLTURE	5
METEOROLOGIA	7
GLI IMPIANTI	8
RETE DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE	8
MODALITA' DI PRELIEVO E TRATTAMENTO DEI CAMPIONI	8
RISULTATI	9
PULVISCOLO ATMOSFERICO	10
FALL-OUT	11
TERRENO	13
FORAGGIO	14
LATTE - CARNE	15
RINGRAZIAMENTI	16
BIBLIOGRAFIA	16

## INTRODUZIONE

Il Laboratorio di Ingegneria Nucleare di Montecuccolino è sorto negli anni 60 in questo Centro, dalla stretta collaborazione dell'allora CNEN con l'AGIP Nucleare e l'Università di Bologna.

Le ricerche svolte si sono avvalse negli anni scorsi di tre piccoli reattori sperimentali (denominati Reattore-Bologna 1; 2 e 3). Già smantellati R-B1 e R-B2, attualmente resta il solo RB-3 per il quale si è in attesa dello espletamento delle procedure preliminari al decommissioning.

## PREMESSA

Le attività di Fisica Sanitaria iniziate, fino dall'anno 1962 con le prime attività sperimentali, sono sempre state gestite e lo sono puntualmente tutt'ora, da personale dell'ENEA e riguardano ormai e soprattutto gli aspetti ambientali della radioprotezione che, a maggior ragione dopo l'evento Chernobyl, mantengono grande importanza e necessità di aggiornamenti e miglioramenti nelle diverse metodiche. Sono sostanzialmente le misure previste dal programma di sorveglianza indicato da DISP-ENEA per RB-3, integrate da misure sulle matrici alimentari più comuni.

Il presente rapporto illustra i dati sulla contaminazione radioattiva dell'ambiente e delle matrici alimentari rilevati nel 1991.

## CARATTERISTICHE DEL SITO

Il Centro di Montecuccolino dell'Università di Bologna è situato Sulla balza Sud, Sud-Ovest di Bologna (Figura 1).

Il sito è sopraelevato rispetto alla zona circostante, si trova ad una altitudine di 273 m s.l.m. e dista in linea d'aria meno di 4 Km dal centro storico di Bologna. Le coordinate geografiche sono 11° 19' 44" di longitudine Est (Greenwich) e 44° 29' 12" di latitudine Nord.

## GEOLOGIA - POPOLAZIONE - COLTURE

Il sito è in zona collinare dove il terreno è tipicamente costituito da sabbie gialle ed argille sabbiose. Le coltivazioni della zona sono a frumento, erba medica e vigneto di tipo non intensivo con piccole zone a vite. Gli insediamenti umani sono pochi, solo alcuni di tipo agricolo per cui non si può parlare di zootecnia vera e propria, le altre abitazioni sono di tipo residenziale distribuite irregolarmente, alcune molto vicine al perimetro del centro.

Confini del Centro sono infatti la strada comunale Via dei Colli, che congiunge Bologna con la località collinare di Paderno, la strada privata che conduce alla Villa Carducci ed altre villette. Sugli altri lati confinanti troviamo terreni agricoli con colture a grano ed erba medica alternate nel tempo, una parte però è lasciata incolta da alcuni anni.

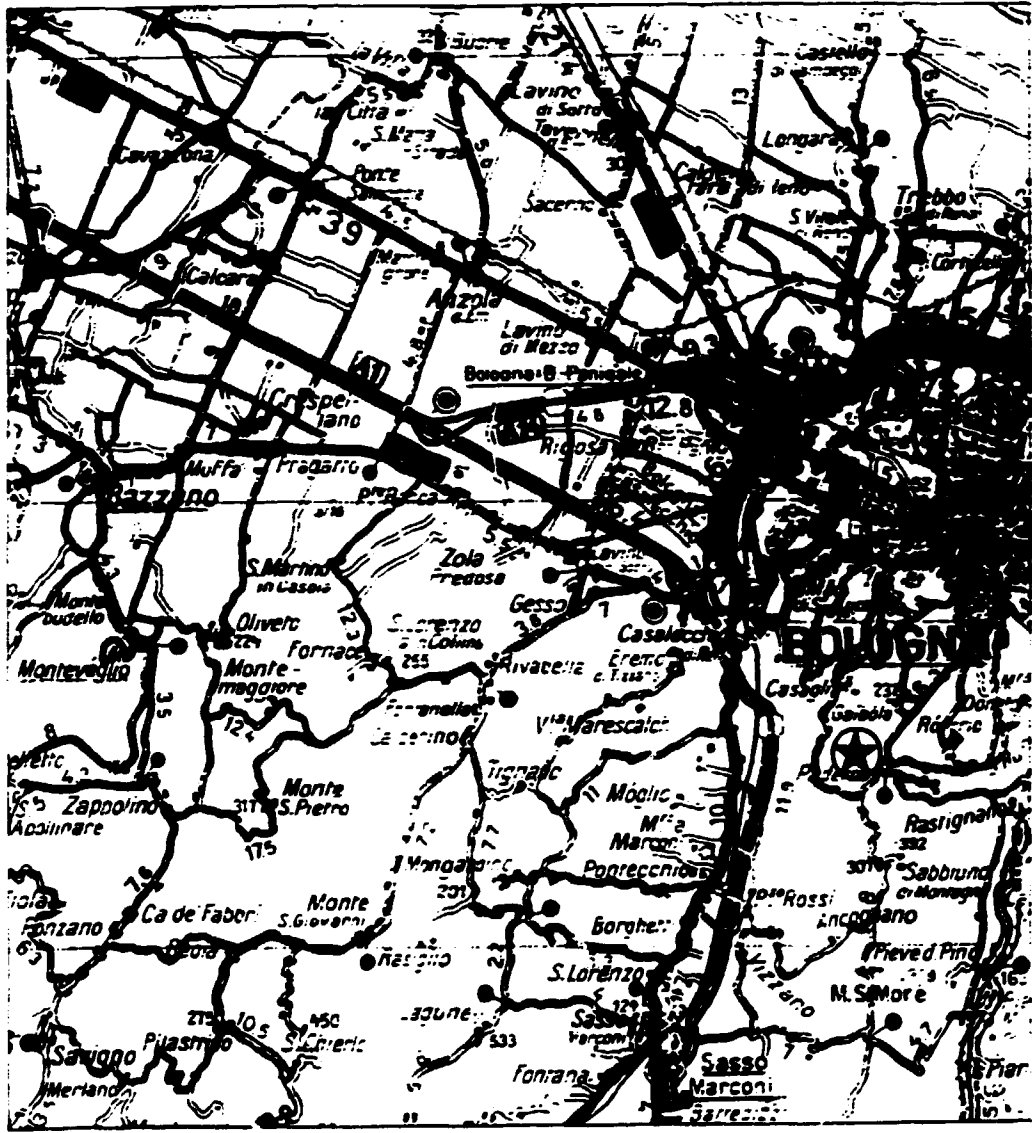


Figura 1 - Ubicazione del centro ★ -

## METEOROLOGIA

L' ENEA ha installato presso il Laboratorio per le misure di radioprotezione una piccola stazione meteorologica automatica (collegata in rete con le stazioni degli altri centri ENEA) è così possibile correlare i dati radiometrici con i parametri meteorologici rilevati. (\*)

Venti:

-La posizione del centro, collinare sopraelevata che si affaccia direttamente sulla città, risente, per tutto l'anno, di una ventilazione con andamento da Est, Sud-Est a Ovest, Nord-Ovest in direzione dei settori 270°-315° e 315°-360° (frequenza totale di circa il 35%). Vi sono inoltre con minore frequenza (circa 10% -20%) scambi di masse d'aria fra città e collina e viceversa, con andamenti quasi antagonisti da Nord-Est a Sud-Ovest e da Sud-Est a Nord-Ovest (da e verso i settori 0°-45° e 45°-90°). Dalla componente media totale dei venti registrati, si può affermare che essi spirano per circa il 50% da Sud-Est a Nord-Ovest (Figura 2), un andamento cioè quasi parallelo a quello della Strada Statale N°.9 Emilia, che percorre la vallata in cui si estende il tessuto urbano di Bologna. (Figura 1) Questo significa che al sito arrivano nell'anno, con una certa approssimazione, gli stessi inquinanti, sia convenzionali che radioattivi, che in media interessano la città.

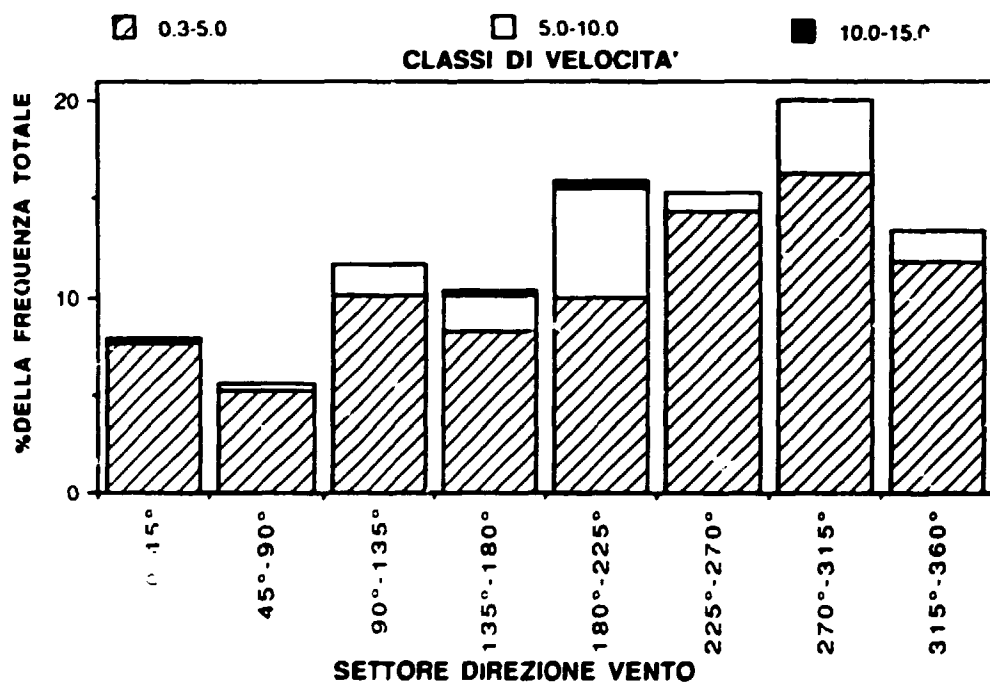


FIGURA 2

Vengono misurati e registrati a intervalli di 15' i parametri: direzione e velocità del vento, pressione atmosferica, umidità relativa, radiazione solare, temperatura a 2 e 12 m dal suolo, piovosità.



#### Piovosità:

-E' essenzialmente quella della città, essendo il sito molto vicino in linea d'aria (meno di 4 km). e la sua altezza non tale da risentire di ulteriori fenomeni di piovosità per addensamenti diurni cumuliformi, come nell'appennino. Negli ultimi 30 anni la piovosità non ha avuto gross-variazioni (da 305 a 1027 mm tot. annuali con una media di circa 655 mm/anno) ed anche il 1991 con più di 770 mm è nella norma. (Bibl. 1)

### GLI IMPIANTI

Rimane, come si è detto, il solo reattore di ricerca denominato RB-3, potenza nominale max 100 Watt termici, non in funzione. Il combustibile completamente estratto dal reattore, nel 1991 è ancora in parte stoccato nella apposita rastrelliera, in parte è stato trasferito ad altro Centro. Sono rimaste presso l'impianto le sorgenti neutroniche di start-up, una sorgente pulsata, alcune sorgenti di riferimento e taratura per la strumentazione locale.

Il reattore è moderato ad acqua pesante, durante tutto il 1991 essa è stata conservata negli appositi serbatoi di stoccaggio di cui è provvisto l'impianto.

### RETE DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE

#### Descrizione:

-E' relativa alle matrici **aria** (particolato atmosferico), **deposizione al suolo** (fall-out), **terreno e foraggio** (erba), nel 1991 sono state esaminate anche matrici alimentari: **carne e latte** reperibili nella distribuzione al dettaglio a Bologna.

#### Modalità di prelievo e trattamento dei campioni:

**-Aria - particolato atmosferico.** (misure con frequenza giornaliera)

Il prelievo avviene giornalmente mediante una stazione automatica SILENA mod. 800 PBA, l'altezza della bocca di aspirazione è 2 m sul livello del suolo. La durata del campionamento è di 24 ore continue con una portata costante di 7 m<sup>3</sup>/ora, aspirando attraverso un filtro ad alta efficienza ( 99,97% cioè praticamente a ritenzione totale). Il filtro usato è del tipo S&S n° 10 in fibra di vetro (borosilicato). La determinazione della emissione  $\beta$  degli eventuali radionuclidi artificiali avviene sullo stesso filtro senza trattamento, dopo 120 ore dal prelievo. (Bibl. 2, 3)

**-Deposizione al suolo - fall-out.** (misura con frequenza mensile)

A mezzo di appositi contenitori cilindrici in materiale plastico ( $\varnothing=35$  cm, h=50 cm) piazzati su di una piattaforma in area aperta, con la bocca ad una altezza di 3,5 m dal suolo, viene raccolto tutto il depositato umido e secco. Il materiale raccolto viene ridotto per evaporazione e calcinazione. Su una aliquota delle ceneri ottenute si effettua la misura beta gamma totale.

**-Terreno.** (misura con frequenza mensile)

La raccolta viene effettuata prelevando per uno spessore di 2 cm il terreno entro una dima di (20 x 25) cm; sempre nello stesso perimetro si preleva analoga quantità alla profondità di 10 cm.

Il campione viene essiccato e polverizzato, una aliquota viene introdotta in contenitore Marinelli da 1 litro e ne viene effettuata la misura spettrometrica gamma.

**- Foraggio.** (misura con frequenza mensile)

Si effettua la raccolta su una superficie di circa (50x100)cm, tagliando l'erba ad un paio di cm dalla radice. Il campione viene essiccato, tritato e se ne effettua la misura spettrometrica gamma in contenitore Marinelli da 1 litro.

**-Latte vaccino.** (misura con frequenza trimestrale)

Viene acquistato al dettaglio già in confezioni commerciali, latte fresco della stessa centrale fra quelle che riforniscono la città. Si miscelano i campioni di 3 giorni consecutivi, quindi si effettua la misura spettrometrica gamma in contenitore Marinelli da 1 litro, direttamente sul campione.

**-Carne Bovina.** (misura con frequenza trimestrale)

La carne, muscolo di bovino adulto, viene acquistata al dettaglio. Dopo macinazione, introdotta in contenitore Marinelli da 1 litro, ne viene effettuata la misura spettrometrica gamma.

## RISULTATI

### Strumentazione e tecniche di misura.

#### Dati relativi al 1991 e medie anni 1988-'91

Vengono esposte di seguito, in dettaglio per ogni matrice, le modalità tecniche di misura seguite dalle tabelle dei dati annuali 1991 (Tab. 1, 2, 3, 4, 5,) e da grafici (Figure 3, 4, 5, 6, 7,) ricavati dai dati medi degli ultimi 4 anni, per permetterne il confronto e desumere l'andamento della contaminazione ambientale.

**-Il particolato atmosferico** viene misurato nel sistema automatico Silena a mezzo di rivelatore plastico duale per particelle alfa e beta, in modo tale da utilizzare il rapporto  $\beta/\alpha$  per discriminare fra attività naturale ed artificiale, raggiungendo così una più elevata sensibilità.

( $\sim 10^{-4}$  Bq/m<sup>3</sup> per misure di almeno 4 ore) (Bibl. 2)

Tab. 1 -PULVISCOLO ATMOSFERICO Attività beta (mBq/m<sup>3</sup>): 1991

	Att. min* mBq/m <sup>3</sup>	Att. med mBq/m <sup>3</sup>	Att. max mBq/m <sup>3</sup>	Giorni validi	Giorni ≤M.A.R.*
GENNAIO	≤0,50	1,48	6,65	26	4
FEBBRAIO	≤0,50	1,36	2,68	23	2
MARZO	≤0,50	1,13	2,71	26	6
APRILE	≤0,50	1,00	3,75	25	11
MAGGIO	≤0,50	1,22	5,08	27	11
GIUGNO	≤0,50	0,96	4,04	24	7
LUGLIO	≤0,50	2,30	11,73	27	2
AGOSTO	≤0,50	1,48	3,80	10	2
SETTEMBRE	≤0,50	1,49	3,61	26	2
OTTOBRE	≤0,50	0,98	2,64	26	7
NOVEMBRE	≤0,50	1,19	2,85	24	6
DICEMBRE	≤0,50	0,94	1,90	21	4
<b>MEDIA ANNUA</b>	<b>≤0,50</b>	<b>1,29</b>	<b>4,29</b>	<b>285</b>	<b>64</b>

\* Att. min. e M.A.R = Minima Attività Rivelabile; durante il 1991 la stazione automatica Silena ha funzionato solo per una parte dell'anno per cui la attività minima indicata in tabella, dipende anche da quella determinata dalle misure manuali su filtri in carta, misurati con il sistema utilizzato per il Fall-out\*. (Bibl. 1, 3)

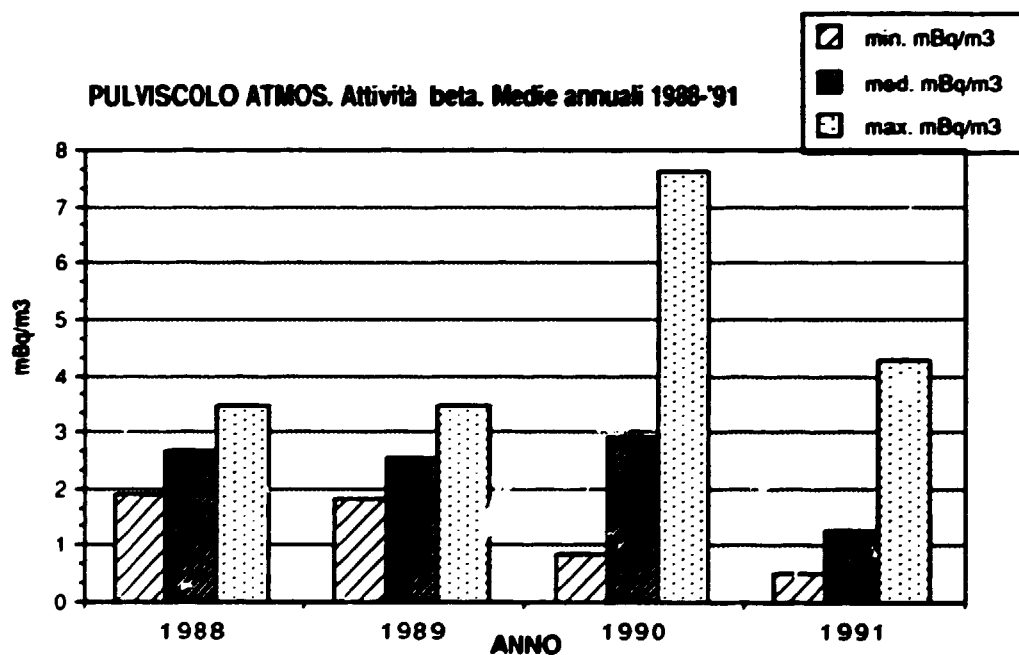


FIGURA 3

-Il fall-out viene misurato in contenitore a basso fondo per mezzo di un rivelatore G.M. a finestra sottile ( $2.8 \text{ mg/cm}^2$ ) e come riferimento una sorgente con uno strato di KCl a spessore infinito, per cui vengono misurate le emissioni sia beta che gamma. Non è stata effettuata la analisi spettrometrica gamma. (Bibl. 1)

Tab. 2 -FALL-OUT 1991 Attività totale beta+gamma ( $\text{Bq/m}^2$ )

	Attività ( $\text{Bq/m}^2$ )	N° Giorni con precipitazioni	mm di precipitazioni	Spessore $\text{mg/cm}^2$
GENNAIO	7,51	6	58,4	19,0
FEBBRAIO	2,74	8	34,6	23,4
MARZO	3,58	10	30,6	21,9
APRILE	4,26	13	109,4	15,5
MAGGIO	2,88	20	100,6	18,2
GIUGNO	1,79	7	70,8	17,0
LUGLIO	1,20	4	7,6	19,5
AGOSTO	0,82	3	19,0	16,5
SETTEMBRE	3,61	8	59,8	19,9
OTTOBRE	2,51	15	151,2	17,3
NOVEMBRE	4,05	14	131,2	21,2
DICEMBRE	2,98	**	**	19,5
<b>MEDIA ANNUA</b>	<b>37,93</b>	<b>TOTALE ANNO <math>\geq 773,4</math></b>		

\*\* pluviometro fuori servizio

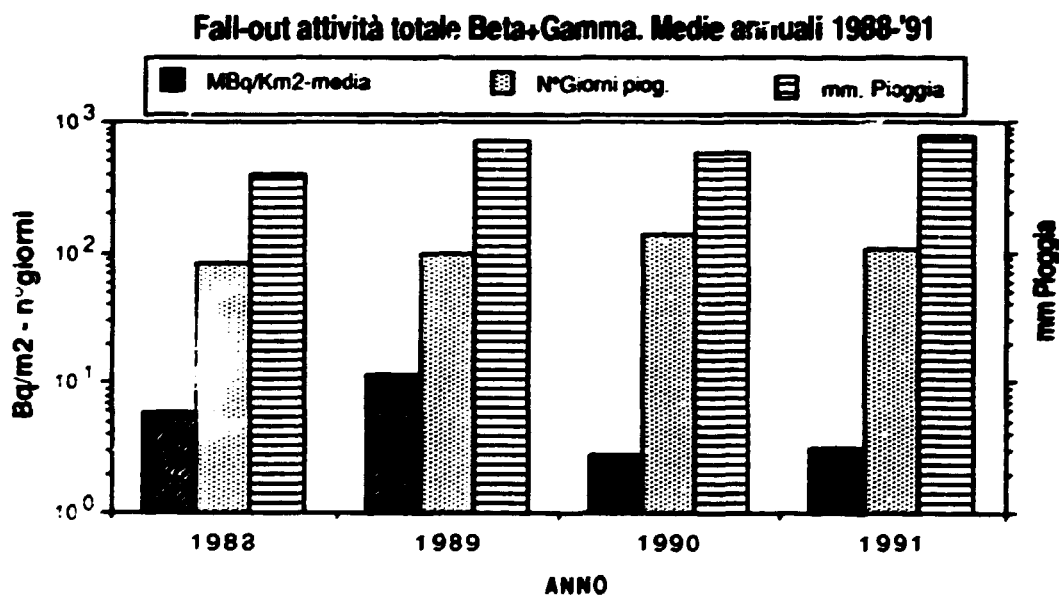


FIGURA 4

**Terreno. Foraggio. Latte vaccino. Carne Bovina.** Le misure di queste matrici vengono effettuate con spettrometria gamma a mezzo di rivelatore al germanio intrinseco in contenitore a basso fondo.

Caratteristiche del rivelatore  $\gamma$ :

-Germanio intrinseco gamma-x ORTEC HPGE eff. 20% rispetto ad un rivelatore Na-J(Tl) 3"x 3" ;

-risoluzione a 1,33 MeV: FWHM=2.26 KeV.

Le M.A.R indicate per le matrici suddette, non sono quelle calcolabili in relazione alla pura sensibilità e fondo proprio dello strumento di misura, ma variano sensibilmente da matrice a matrice. Sono state calcolate infatti tenendo conto della presenza nei campioni ambientali dei due ultimi anni, dei soli isotopi artificiali Cs-134 (ormai al di sotto dei limiti di rivelabilità nella quasi totalità dei campioni) e Cs-137, e considerando che il fondo resti costante per tutta la durata della misura, normalmente di 5 ore; si deve tenere conto inoltre che per le matrici erbacee la densità apparente è molto bassa: il campione misurato del volume di un litro, corrisponde a circa 150 grammi di sostanza, che andranno riportati ad un chilogrammo per esprimere la attività unitaria. Per tenere conto della diversa densità delle matrici si usano sorgenti di riferimento realizzate con matrici tarate della stessa natura dei campioni, in identica geometria Marinelli da un litro. Anche la misura del fondo gamma viene effettuata usando matrici dello stesso tipo, vecchie di parecchi anni (molto prima di Chernobyl), in cui non vi è traccia di radioattività artificiale. (Bibl. 4, 5, 6)

Tab. 3 -TERRENO attività gamma (Bq/Kg) dati mensili 1991

	PROFONDITA' 2 cm	PROFONDITA' 10 cm
	Cs-137 Bq/Kg	Cs-137 Bq/Kg
GENNAIO	11,26	3,40
FEBBRAIO	12,94	2,69
MARZO	30,23	17,07
APRILE	25,41	6,95
MAGGIO	22,98	3,50
GIUGNO	24,00	5,32
LUGLIO	18,78	16,56
AGOSTO	17,16	4,32
SETTEMBRE	22,41	6,71
OTTOBRE	10,19	2,15
NOVEMBRE	21,10	12,15
DICEMBRE	19,41	13,55
MEDIA ANNUA	19,66	8,11

Terreno attività gamma. Medie annuali 1988 - 1991

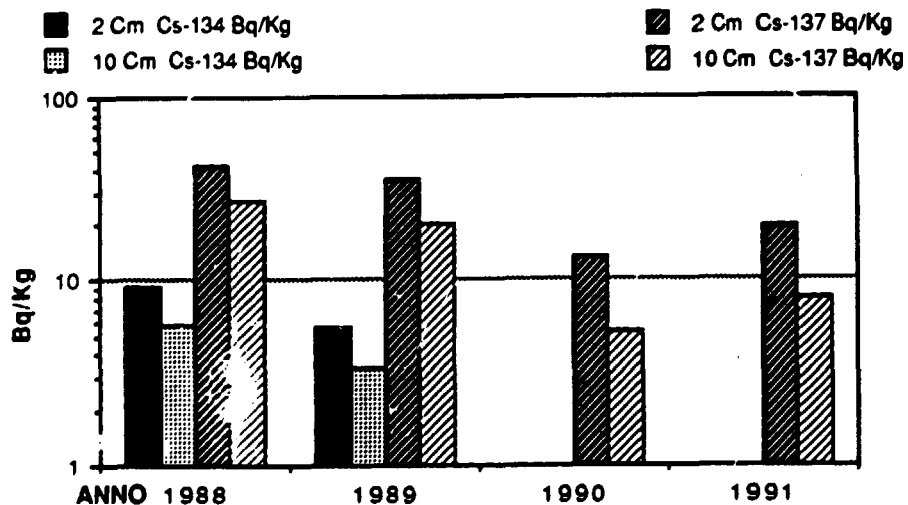


FIGURA 5



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

Tab. 4 -Foraggio (erba) 1991

	Cs-137 Bq/Kg
GENNAIO	≤2,37
FEBBRAIO	≤2,37
MARZO	2,99
APRILE	≤2,37
MAGGIO	2,48
GILUGNO	≤2,37
LUGLIO	2,46
AGOSTO	≤2,37
SETTEMBRE	2,42
OTTOBRE	2,42
NOVEMBRE	2,81
DICEMBRE	≤2,37
<b>MEDIA ANNUA</b>	<b>2,48</b>

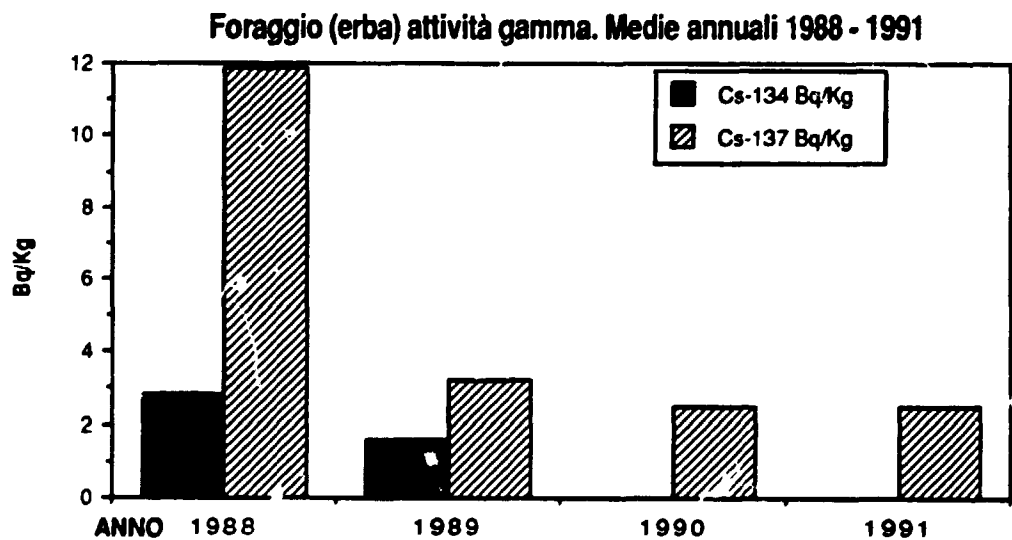


FIGURA 6



Tab. 5

LATTE (ALA) 1991		CARNE BOVINA 1991	
mese campionatura	Cs-137 Bq/Kg	mese campionatura	Cs-137 Bq/Kg
MARZO	≤0,49	MARZO	1,36
GIUGNO	≤0,49	GIUGNO	1,17
SETTEMBRE	≤0,49	SETTEMBRE	≤0,53
MEDIA ANN.	≤0,49	MEDIA ANN.	1,02

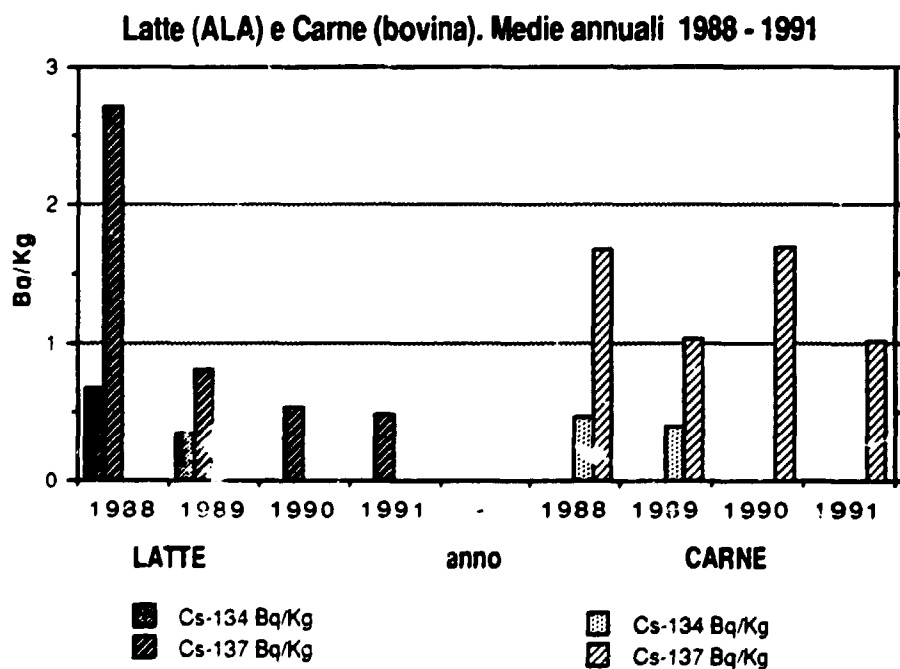


FIGURA 7

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il Dott. A. Speranza che ha curato il trattamento dei campioni di fall-out. Il Dott. F. Giorelli e il Dott. G. Lembo per i suggerimenti e le indicazioni fornite, relativamente alle problematiche del controllo, accuratezza e minima attività rivelabile, delle misure presentate.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) E. Bonini, P. Bassi, S. Zuppiroli, G. Cucchi, A. Speranza, P. Amadesi.  
"Misure su campioni ambientali e della catena alimentare, effettuate nel centro di Montecuccolino (Bologna) dal 1962 al 1989" -Prima parte-  
RT/AMB/91/28      ENEA Roma 1992.
- 2) Monitoratore di contaminazione Beta-Alfa da aerosoli, Silena mod. 800 PBA.  
(Manuale di uso Parte II-Versione 1991).  
SILENA S.p.A. Via Firenze, 3 -20063 Cernusco sul Naviglio Milano.
- 3) E. Bonini, G. Cucchi  
"Stazione automatica per la misura della radioattività beta totale nell'aria"  
RT/SAG/86/2      ENEA Roma 1986.
- 4) C. Faloci, F. Lucci, A. Susanna  
"Elementi di Fisica Sanitaria"  
CNEN Roma 1971.
- 5) P. Bassi, E. Bonini.  
"Misure effettuate nell'anno 1986 dai laboratori dell'ENEA su campioni ambientali e della catena alimentare in seguito all'incidente di CHERNOBYL."  
"Sezione 3 - Risultati delle misure effettuate dal Servizio di Fisica Sanitaria dell'Istituto di Bologna. Direzione Centrale Servizi Affari Generali."  
ENEA Roma 1988.
- 6) P. Bassi, E. Bonini.  
"Misure effettuate su campioni ambientali e della catena alimentare, -anni 1986 -1988."  
RT/SAG/89/6      ENEA Roma 1989.

Edito a cura dell'ENEA, Direzione Relazioni Esterne  
Viale Regina Margherita, 125 - Roma  
Finito di stampare nel mese di novembre 1993  
presso il Laboratorio Tecnografico