

RADIOATTIVITA' AMBIENTALE e RADIOPROTEZIONE

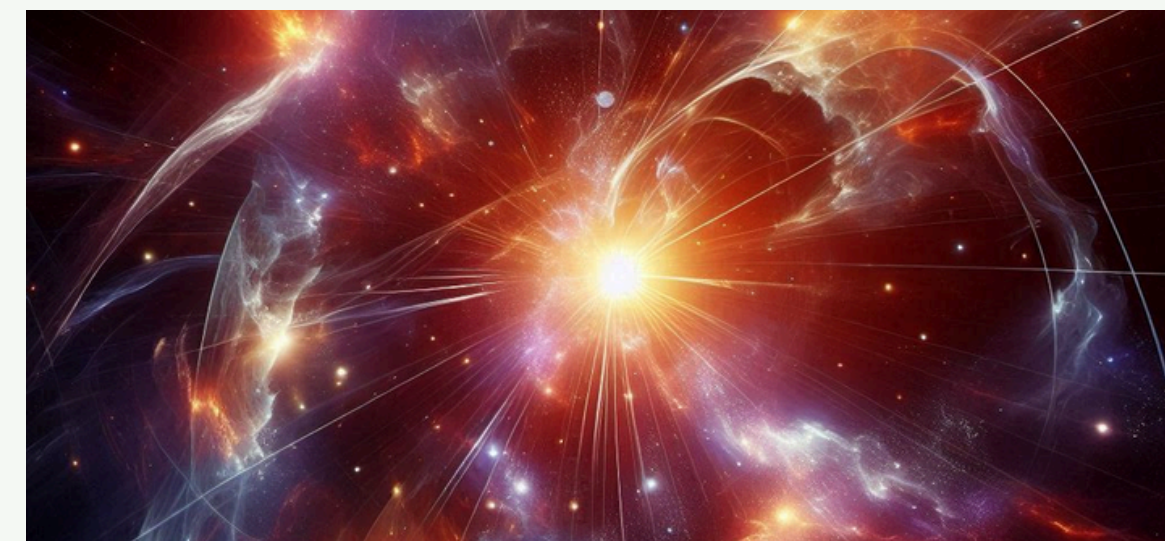


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

Radioattività ambientale

la radioattività è presente in tutto l'ambiente che ci circonda. L'ISIN assicura le attività di sorveglianza della radioattività ambientale previste dalla normativa vigente. A meno di incidenti nucleari, la radioattività nell'ambiente ha origine principalmente naturale e solo una minima parte è di origine artificiale

Componente terrestre

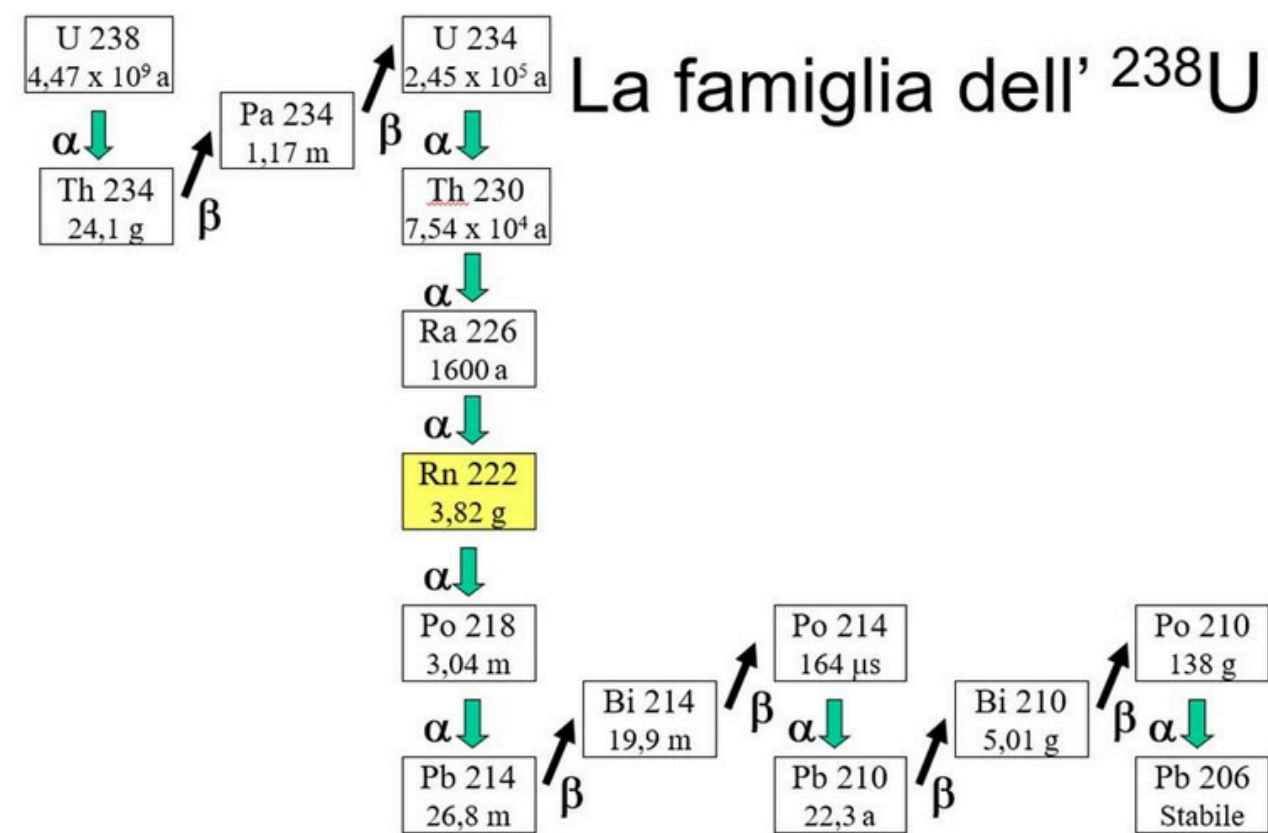


Componente extra-terrestre

Radioattività ambientale

Componente terrestre: i più importanti sono quelli appartenenti alle famiglie dell'uranio, del torio e del ^{40}K

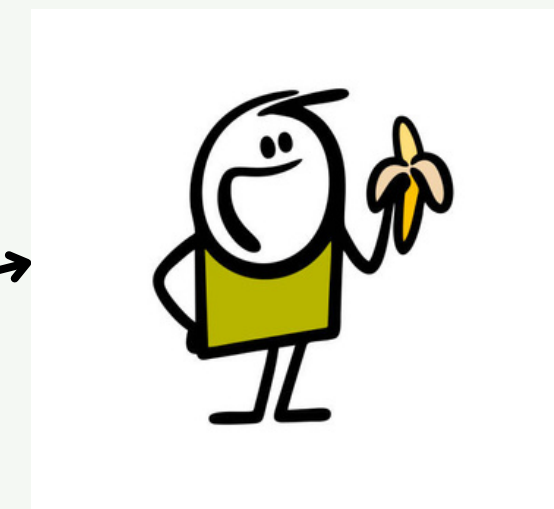
uranio e torio:



Radioattività ambientale

Componente terrestre: i più importanti sono quelli appartenenti alle famiglie dell'uranio, del torio e del ^{40}K

potassio ^{40}K : distribuito uniformemente sulla crosta terrestre



Per l'elevato contenuto di potassio le banane sono diventate un utile unità di misura per spiegare la "radioattività"

Radioattività ambientale

Componente terrestre: i più importanti sono quelli appartenenti alle famiglie dell'uranio, del torio e del ^{40}K

potassio ^{40}K : si trova anche in forma di sale

cloruro di sodio NaCl



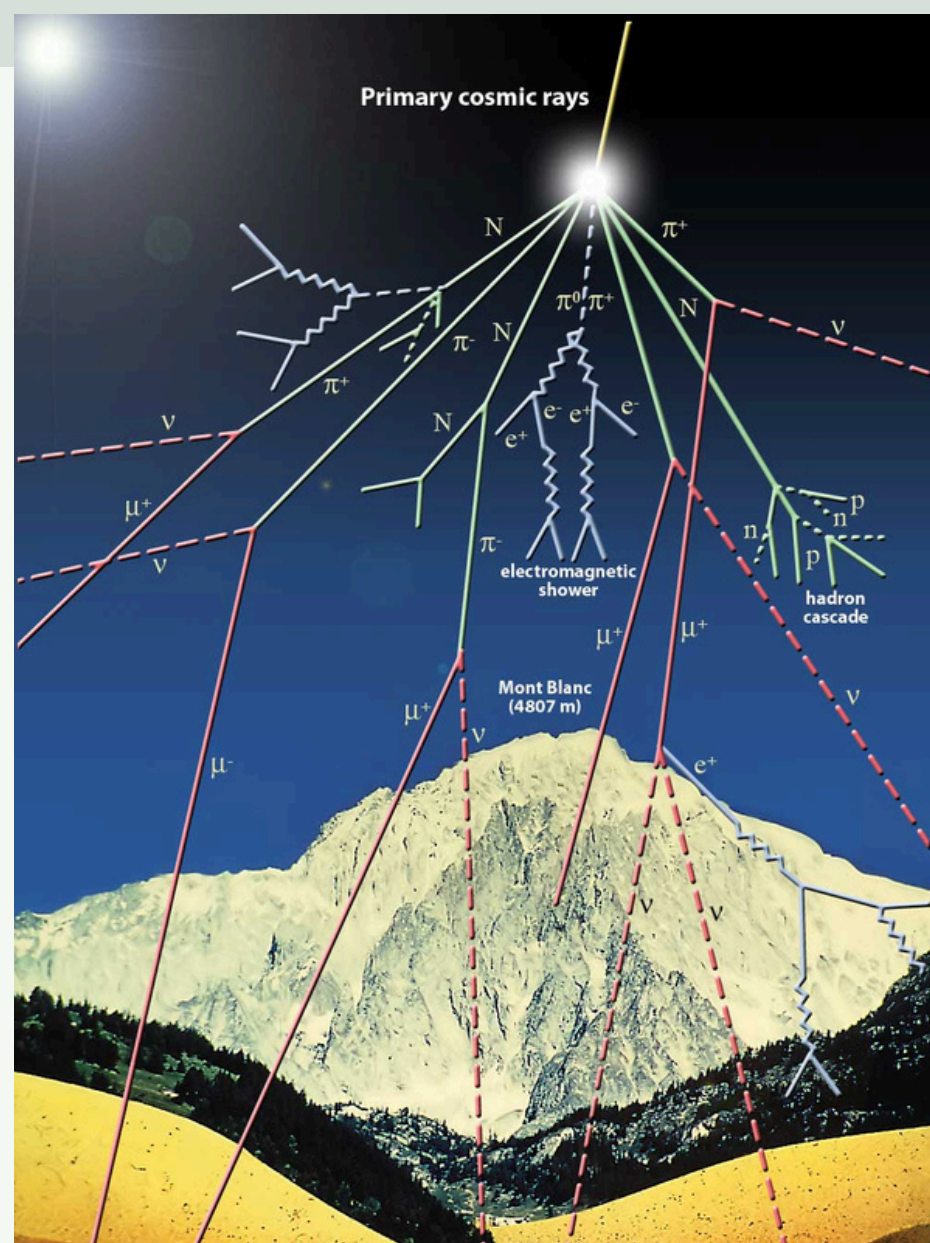
VS



cloruro di potassio KCl
un sale in commercio
contenente il 28% di
potassio: misuriamolo

Radioattività ambientale

Componente extra-terrestre: particelle cariche in movimento provenienti dal profondo spazio interstellare. L'interazione di queste particelle ad alta energia, raggi cosmici primari, con l'atmosfera comporta l'emissione di numerosi prodotti secondari

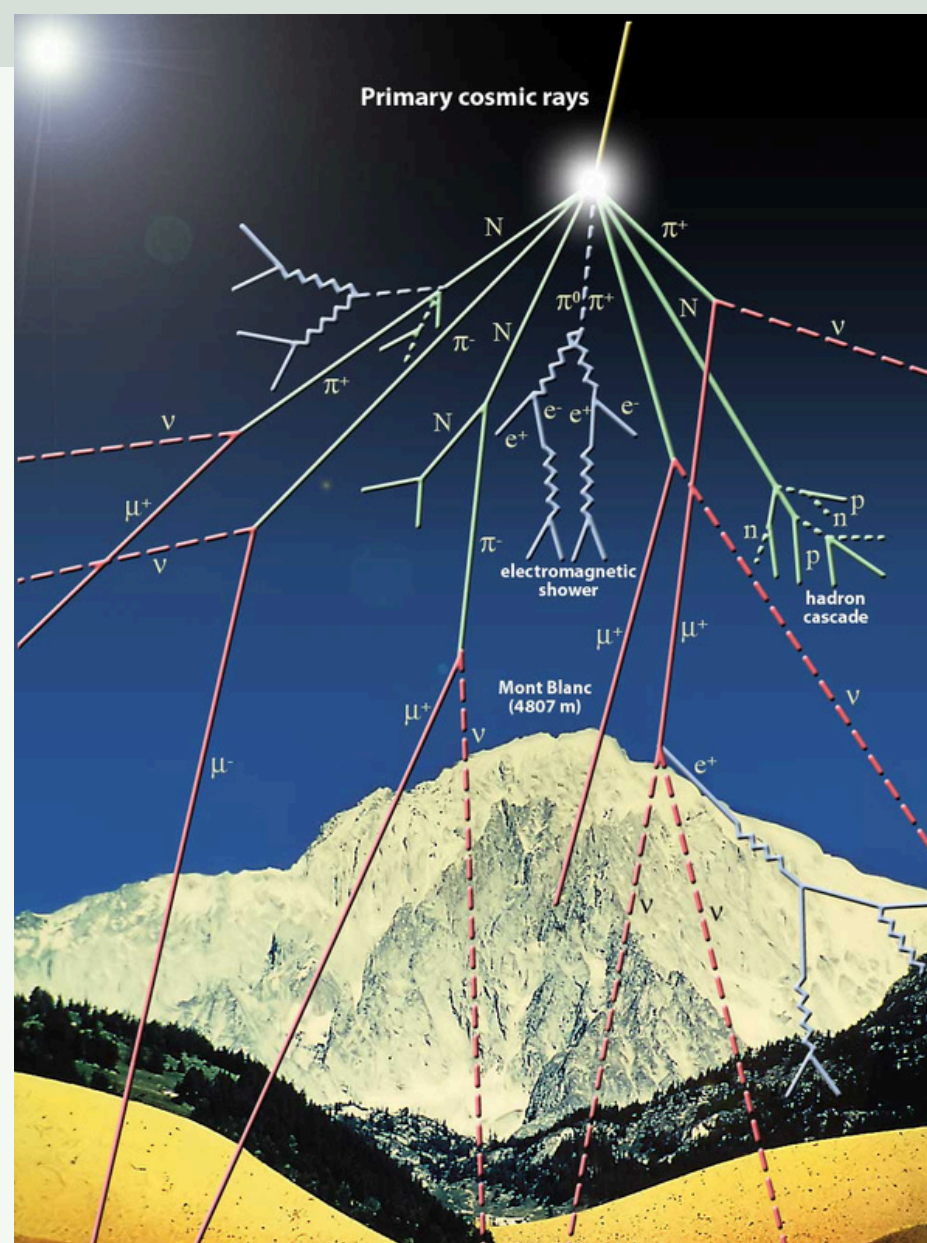


A noi sulla terra giungono principalmente i **muoni**: particelle cariche negativamente, con una massa 200 volte maggiore di quella dell'elettrone

Chi è che viene maggiormente colpito da questi raggi?

Radioattività ambientale

Componente extra-terrestre: particelle cariche in movimento provenienti dal profondo spazio interstellare. L'interazione di queste particelle ad alta energia, raggi cosmici primari, con l'atmosfera comporta l'emissione di numerosi prodotti secondari



A noi sulla terra giungono principalmente i **muoni**: particelle cariche negativamente, con una massa 200 volte maggiore di quella dell'elettrone

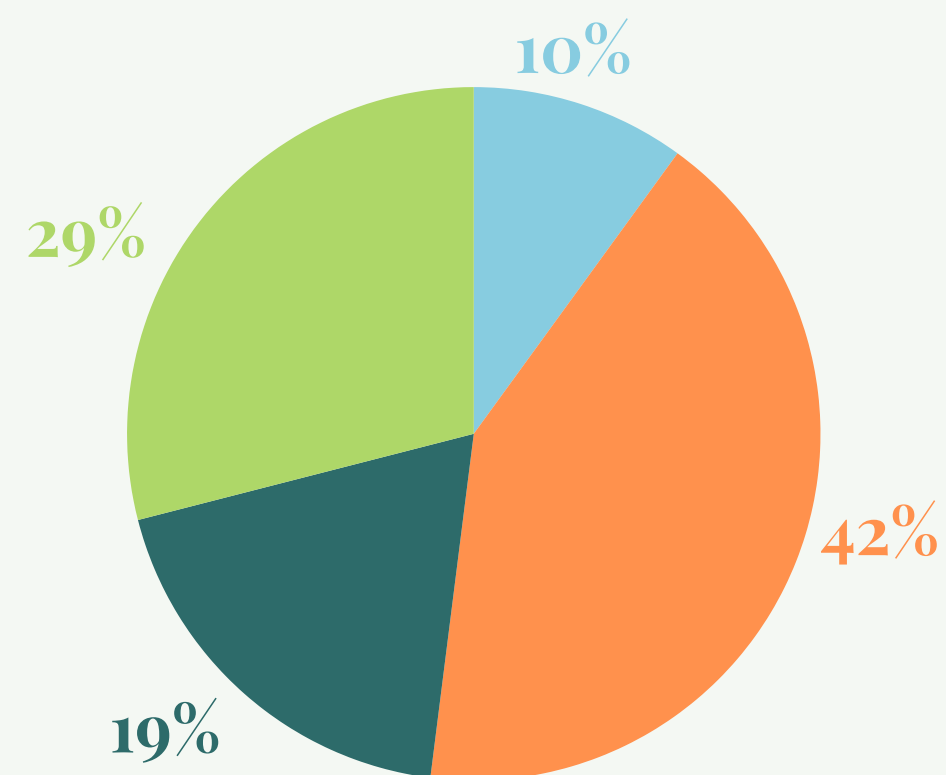
Chi è che viene maggiormente colpito da questi raggi?



Radioprotezione

«Essa ha l'obiettivo di preservare lo stato di salute [...] degli individui componenti la popolazione, della popolazione nel suo insieme, riducendo i rischi da radiazioni ionizzanti [...]»

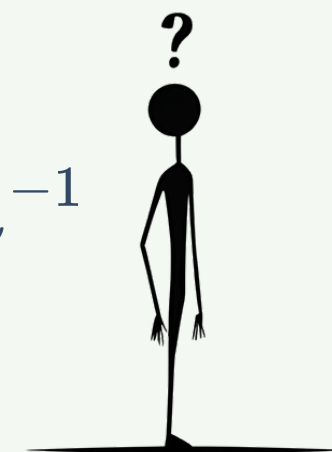
-C.Polvani, 1982-



(Dati UNSCEAR, 2008)

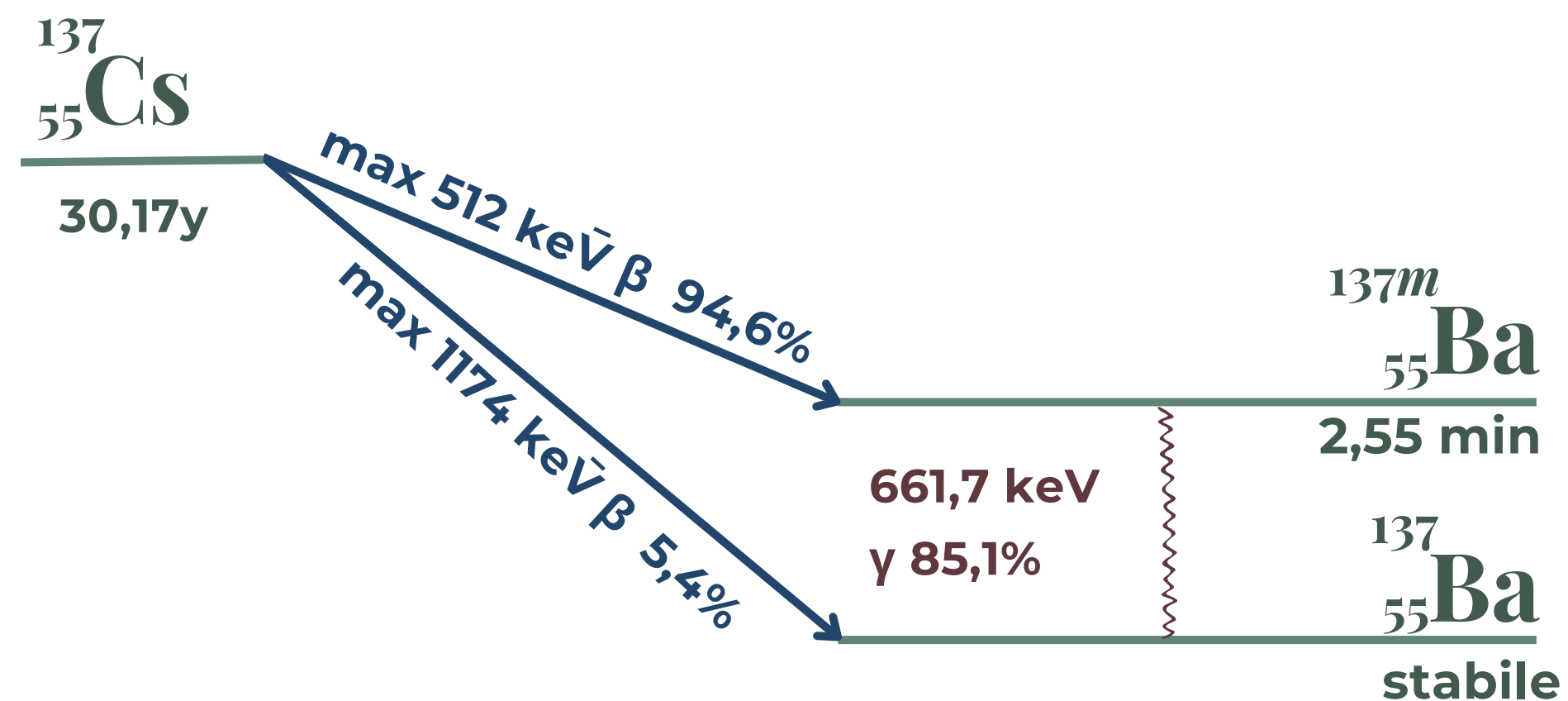
- Radon
- Medicina nucleare
- Gamma terrestri e raggi cosmici
- Ingestione

$$\text{Dose totale} = 3 \text{ mSv} \times a^{-1}$$





Radioisotopo del cesio, di origine antropogenica prodotto principalmente dalla fissione dell'uranio



	1	2
1	^1H Hydrogen	
2	^3Li Lithium	^4Be Beryllium
3	^{11}Na Sodium	^{12}Mg Magnesium
4	^{19}K Potassium	^{20}Ca Calcium
5	^{37}Rb Rubidium	^{38}Sr Strontium
6	^{55}Cs Caesium	^{56}Ba Barium
7	^{87}Fr Francium	^{88}Ra Radium

A LIVELLO
BIOCHIMICO
IDENTICO AL
POTASSIO

^{137}Cs

Origine del radioisotopo in Europa



TEST NUCLEARI (49-99)

Deserto del Sahara
Kazakistan
Mar Nero occidentale



INCIDENTI

Chernobyl (1986)
Fukushima Dai-ichi (2011)

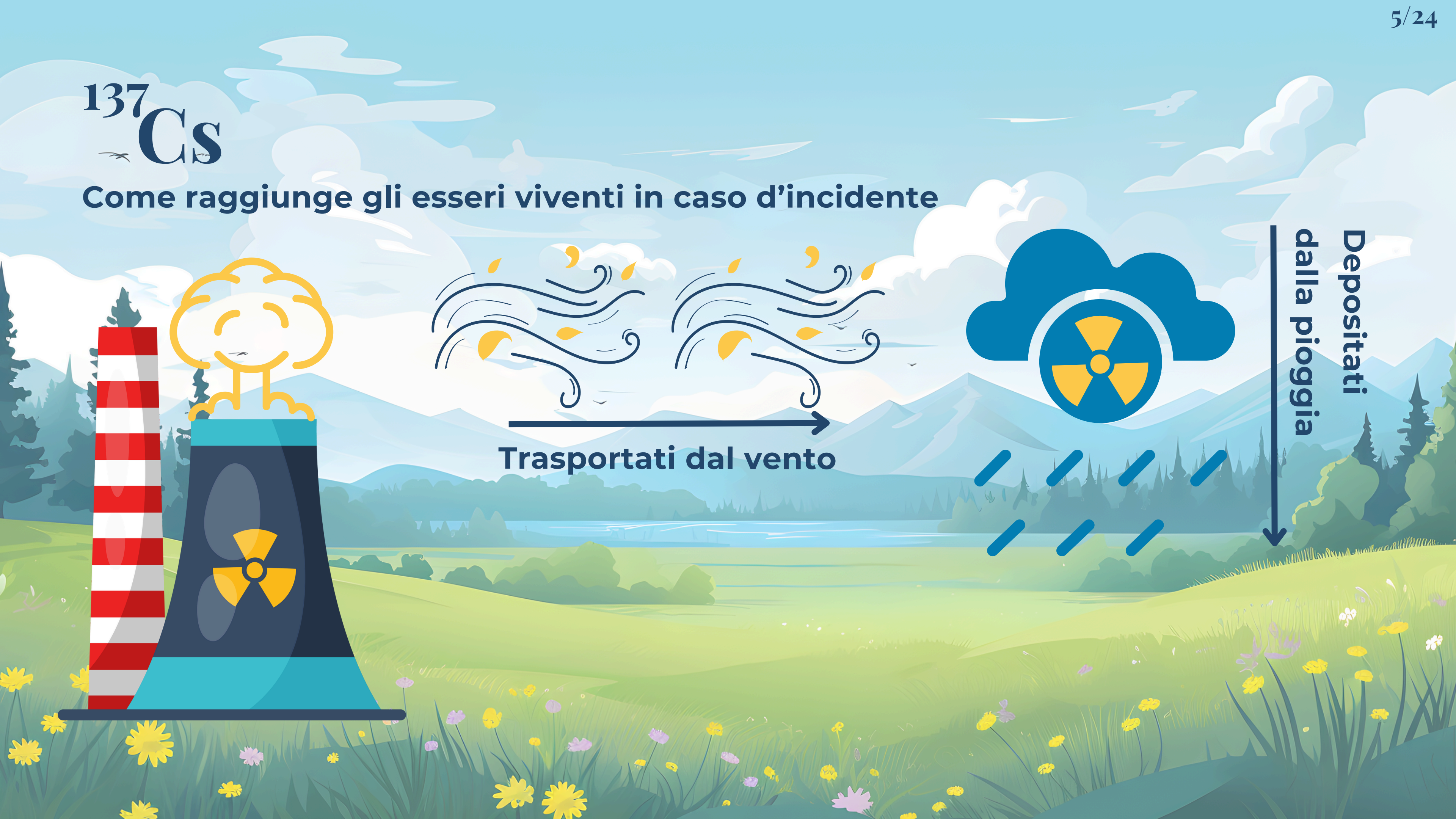
^{137}Cs

Come raggiunge gli esseri viventi in caso d'incidente



^{137}Cs

Come raggiunge gli esseri viventi in caso d'incidente



Trasportati dal vento



Depositati
dalla pioggia

^{137}Cs

Come raggiunge gli esseri viventi in caso d'incidente

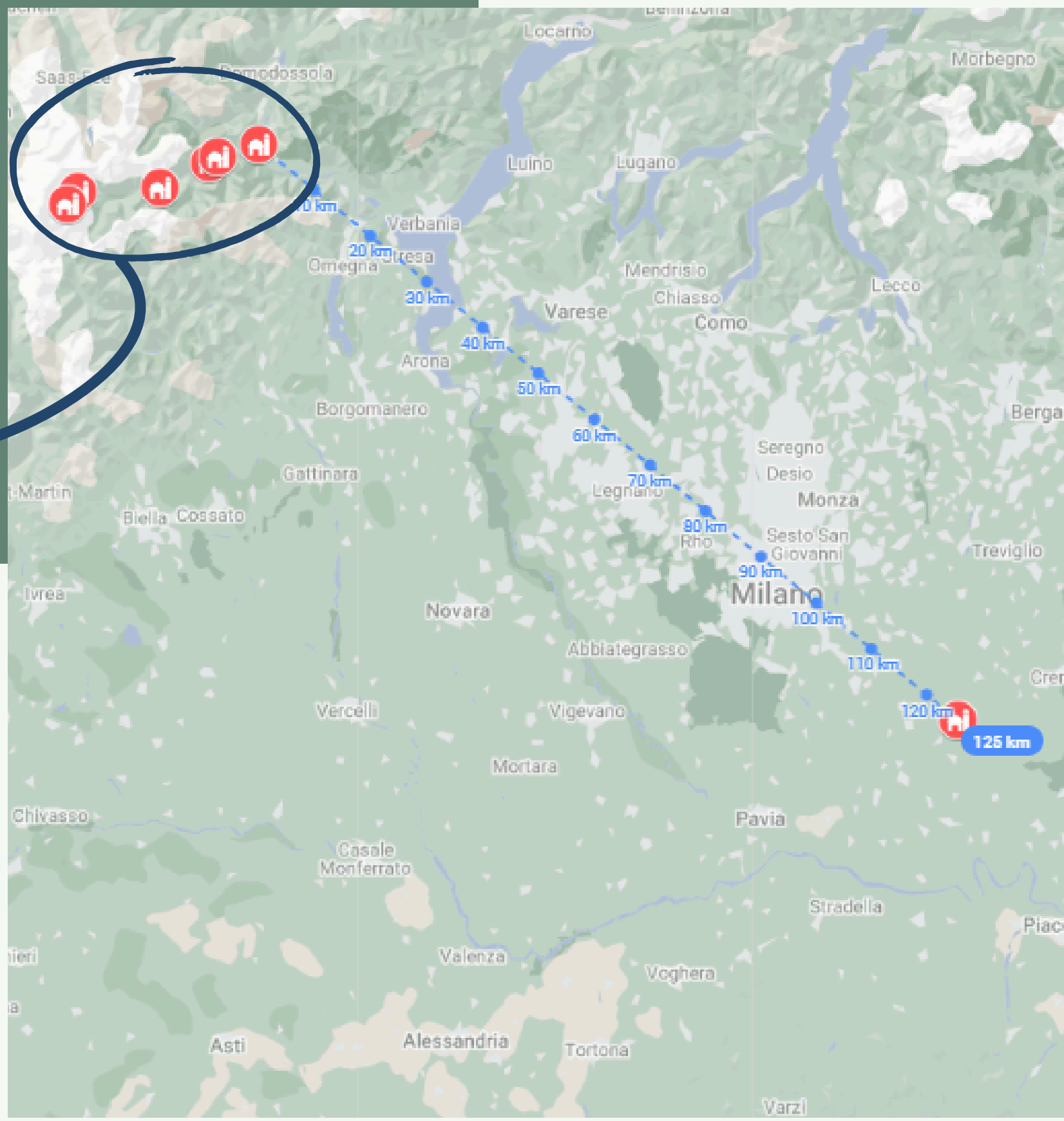


Trasportati dal vento

Depositati
dalla pioggia

Raccolta campioni

Prelevati in Lombardia e Piemonte



Raccolta campioni

DATA RACCOLTA	LUOGO	AZIENDA	ALTITUDINE (m.s.l.m)
01/04/24	CALASCA CASTIGLIONE	MADALU	500
	PIEDIMULERA	BURKI	247
26/05/24	LODI	-	87
7/06/24	CEPPO MORELLI - BORGONE	BURKI	753
21/07/24	ALPE BURKI (MACUGNAGA)	BURKI	1600
04/09/24	ALPE BURKI (MACUGNAGA)	BURKI	1600
06/09/24	CEPPO MORELLI - BORGONE	BURKI	753

Raccolta campioni

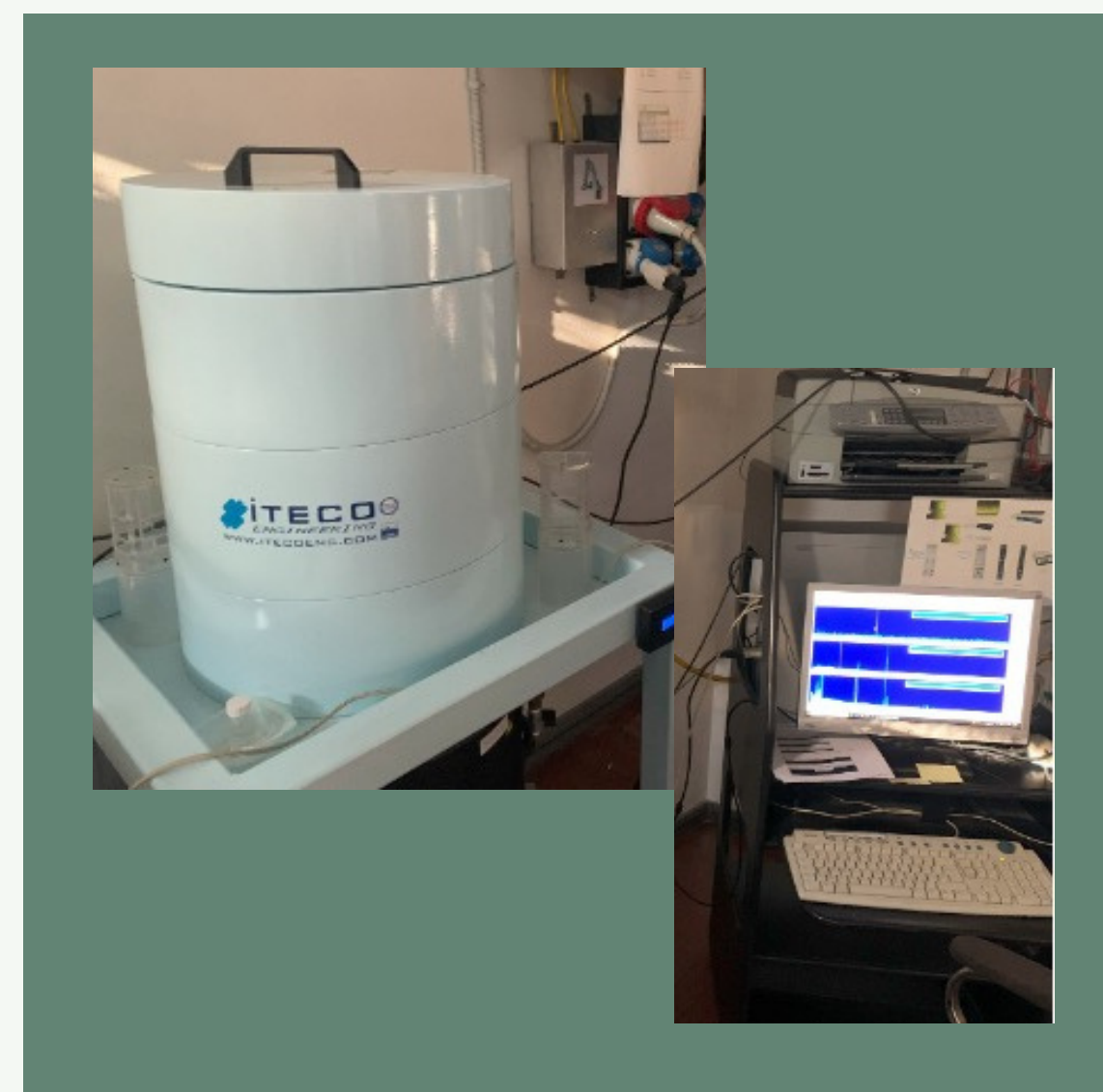
SI RICERCA L'OMOGENEITÀ



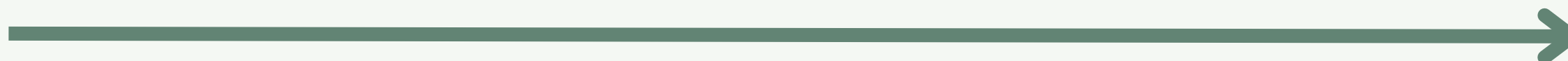
RACCOLTA: LATTE



**PREPARAZIONE:
PESATURA**



**ANALISI: DURATA UNA
SETTIMANA**



Raccolta campioni

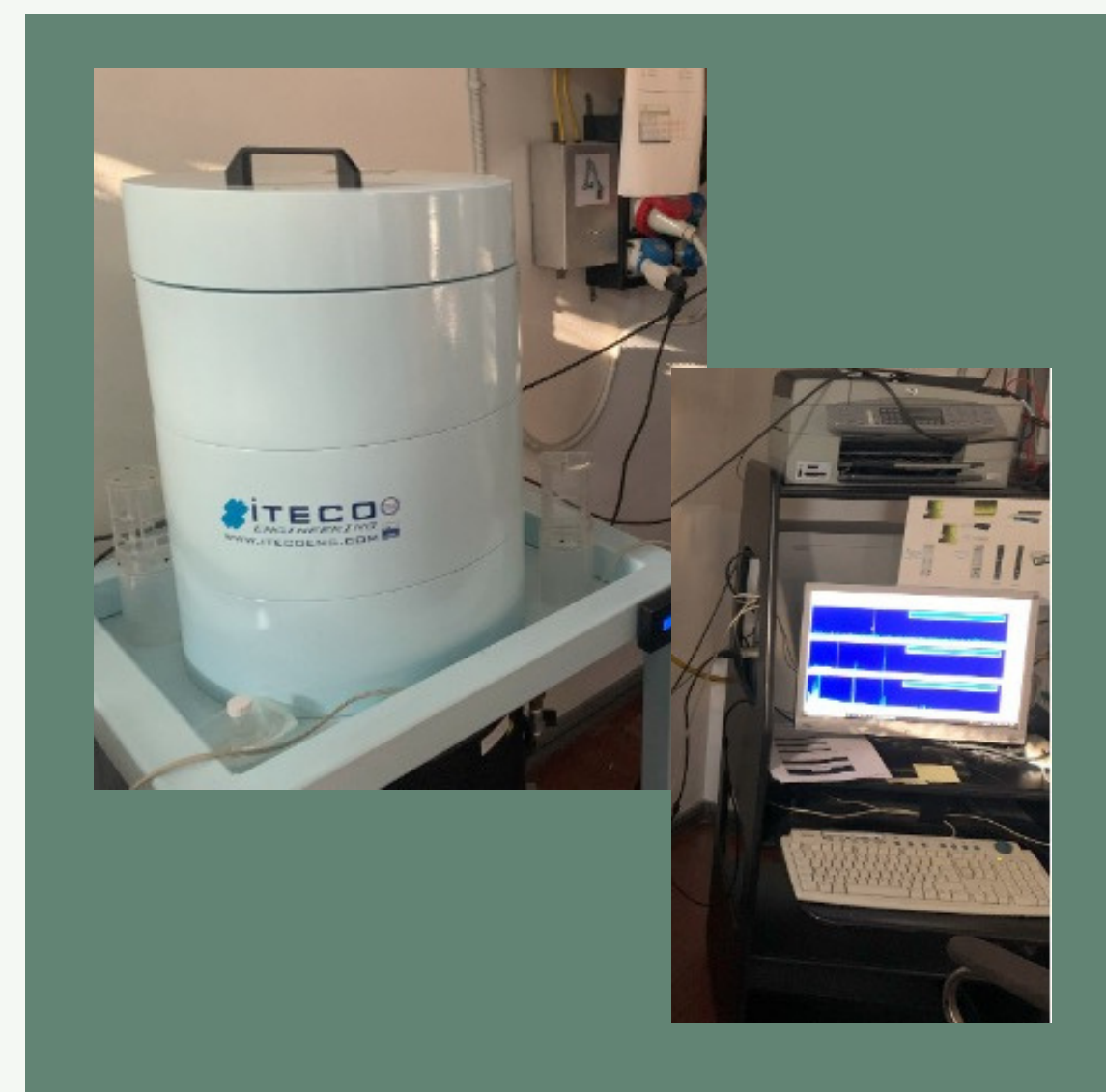
SI RICERCA L'OMOGENEITÀ



RACCOLTA: MANGIME



**PREPARAZIONE:
PESTATURA e PESATURA**



**ANALISI: DURATA UNA
SETTIMANA**



Raccolta campioni

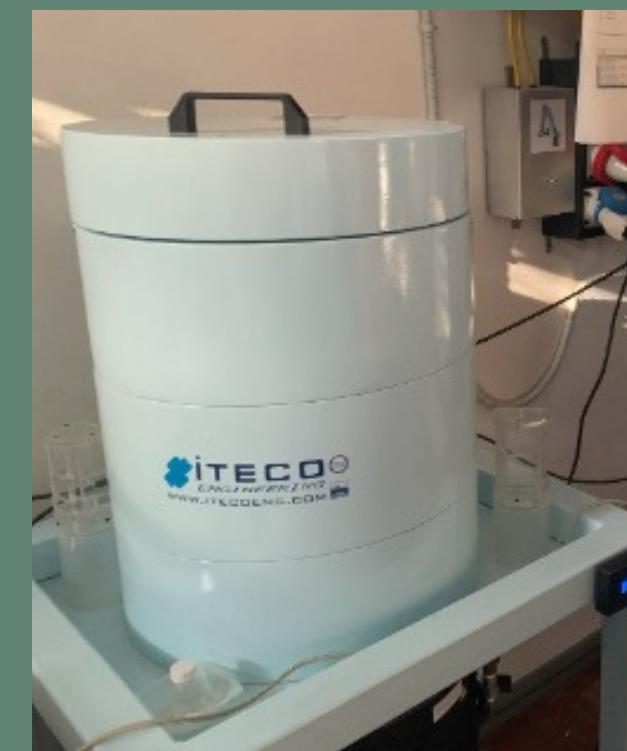
SI RICERCA L'OMOGENEITÀ



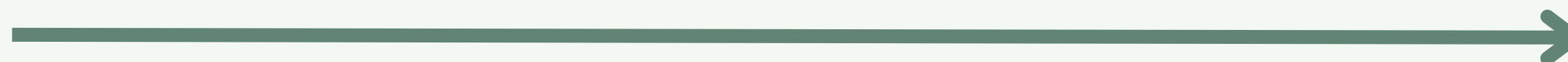
RACCOLTA: FIENO



**PREPARAZIONE:
POLVERIZZAZIONE e PESATURA**



**ANALISI: DURATA UNA
SETTIMANA**



Raccolta campioni

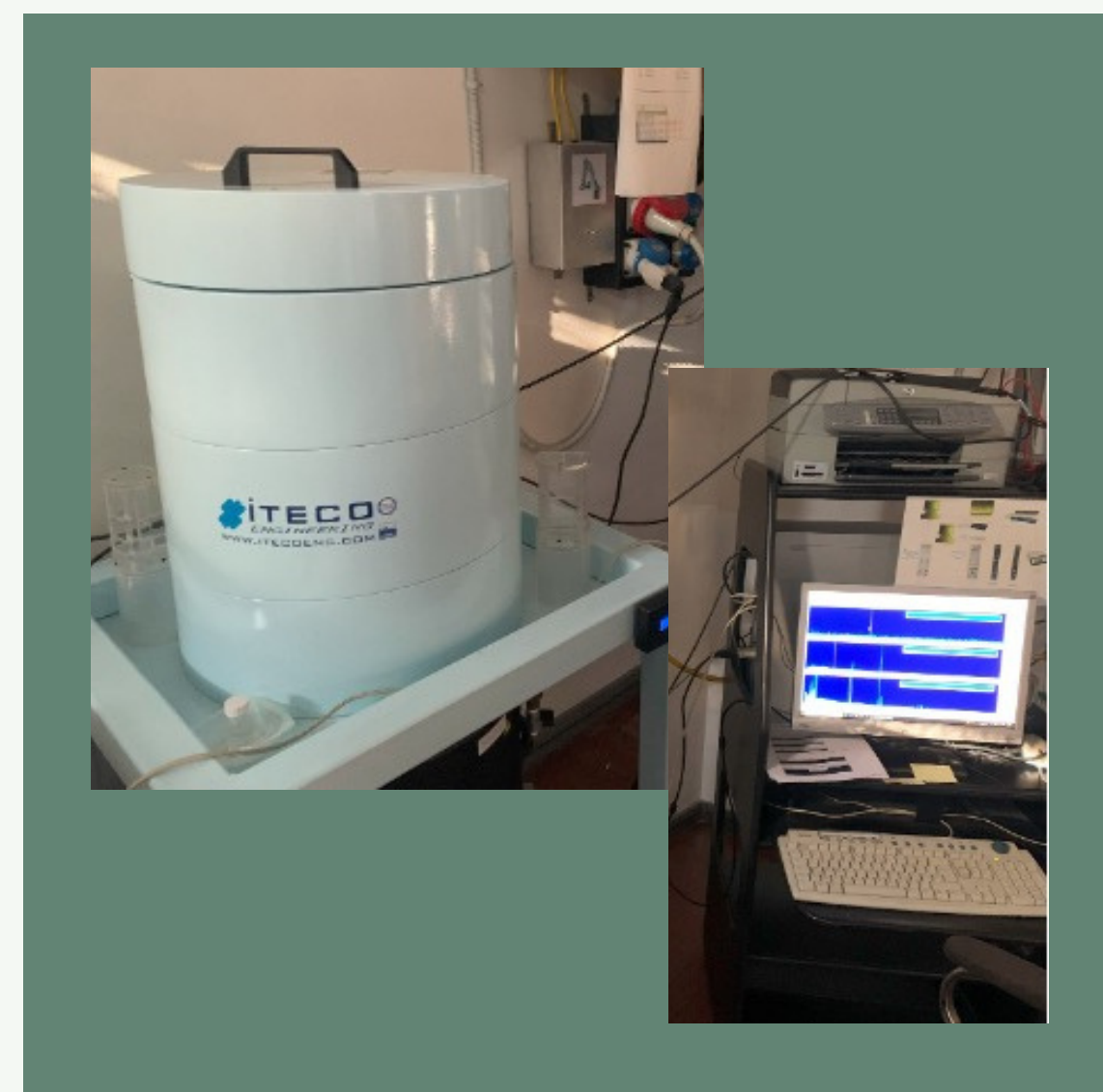
SI RICERCA L'OMOGENEITÀ



**RACCOLTA: ERBA
FRESCA**



**PREPARAZIONE: ESSICCAURA,
POLVERIZZAZIONE e
PESATURA**



**ANALISI: DURATA UNA
SETTIMANA**



Raccolta campioni

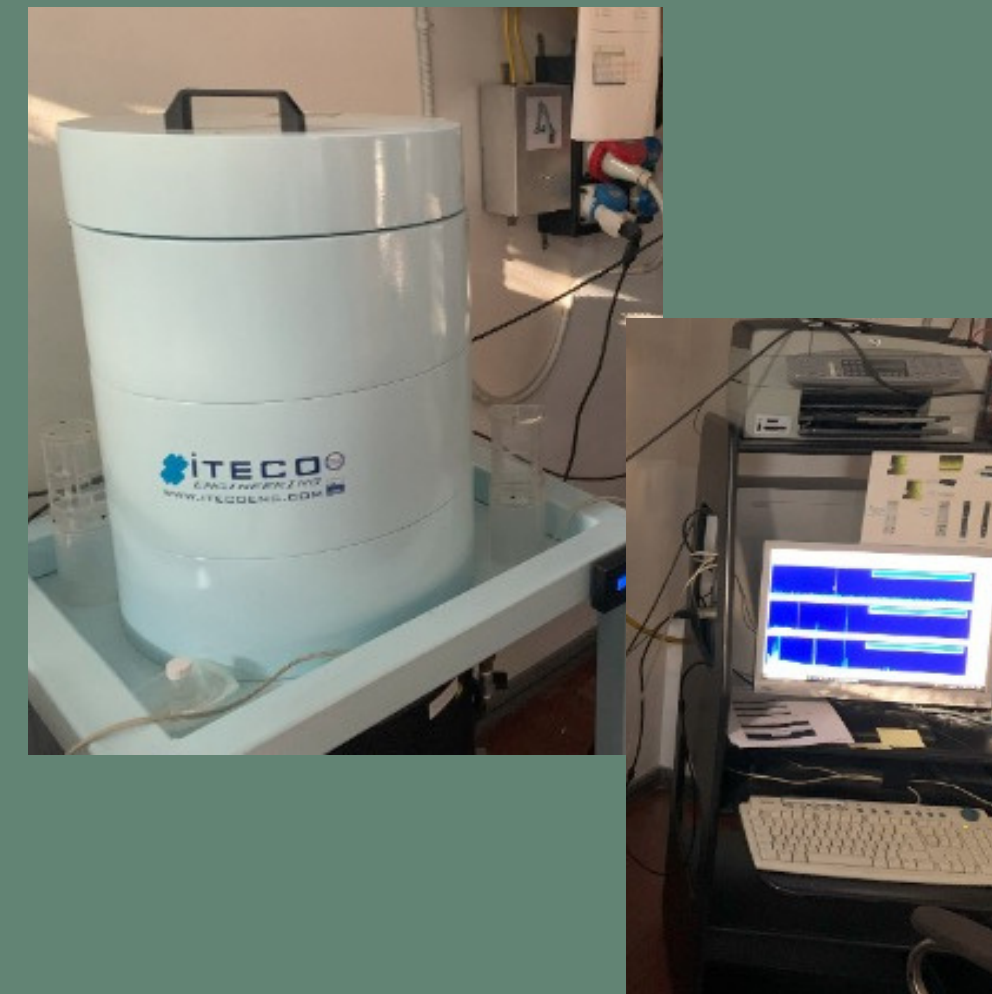
SI RICERCA L'OMOGENEITÀ



RACCOLTA: TERRA



**PREPARAZIONE: ESSICCAURA,
FILTRAGGIO, PESTAGGIO e
PESATURA**



**ANALISI: DURATA UNA
SETTIMANA**



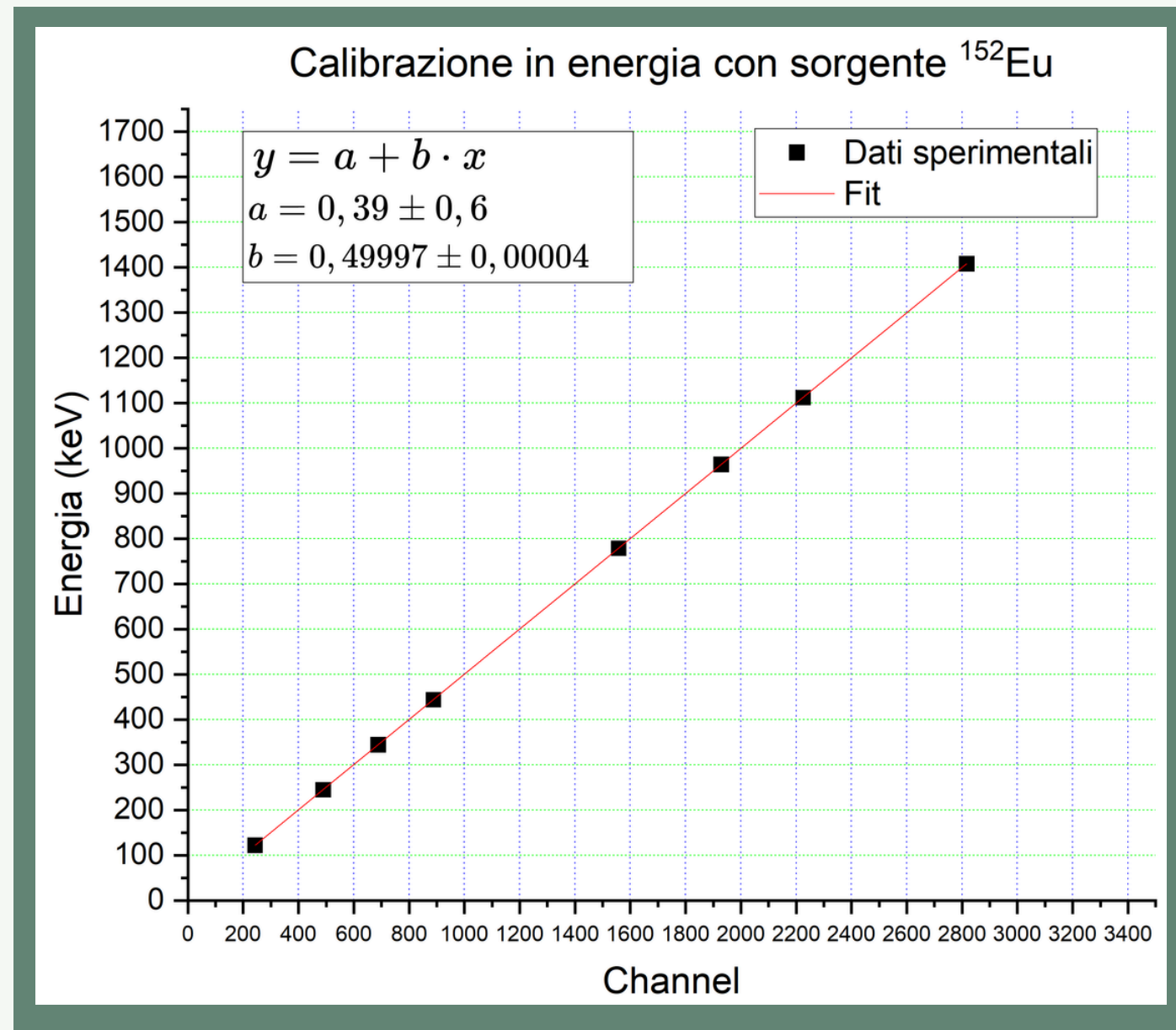
Raccolta campioni

«Preparazione» del rivelatore al germanio iperpuro HPGe

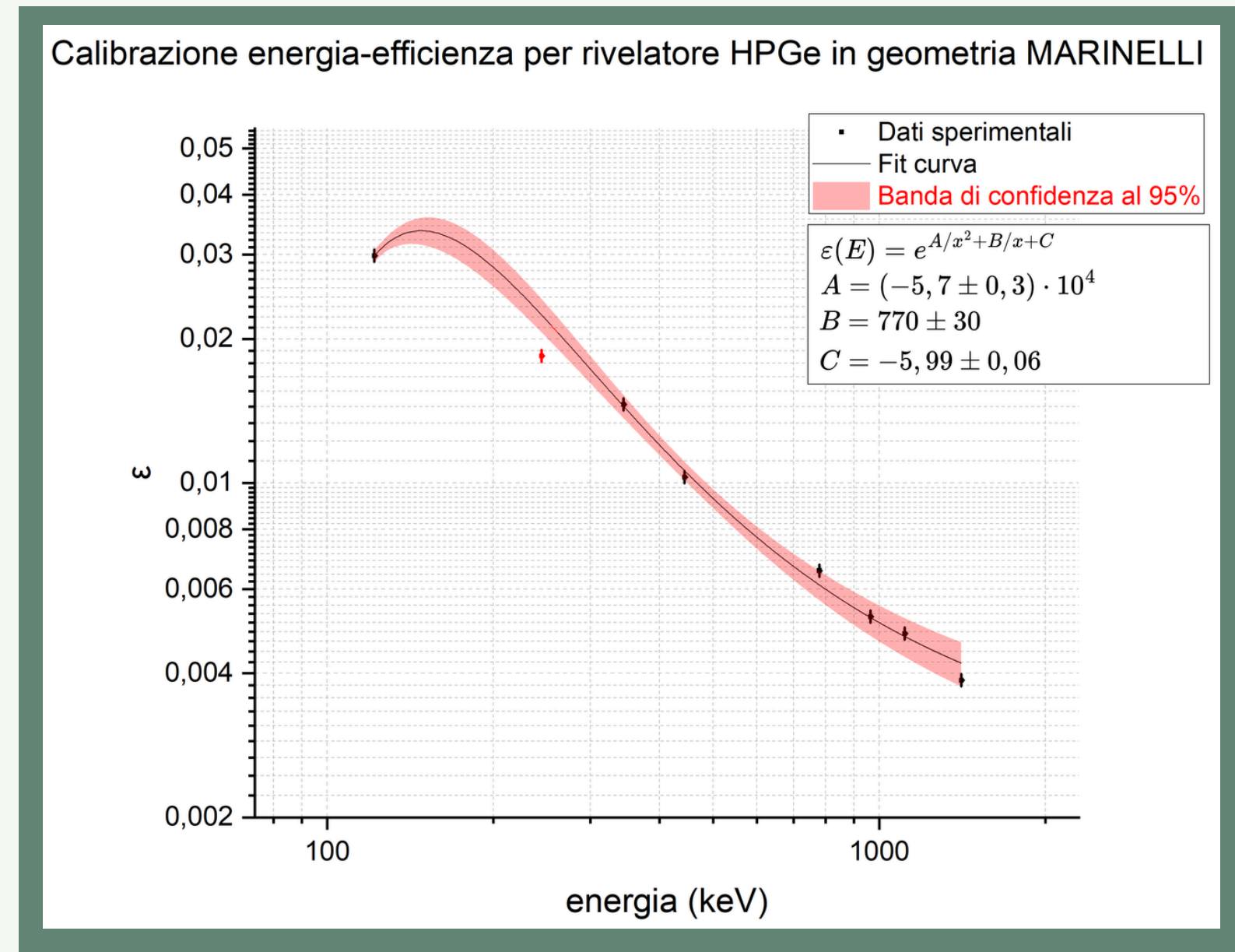


→ Sorgente liquida ^{152}Eu

CALIBRAZIONE IN ENERGIA



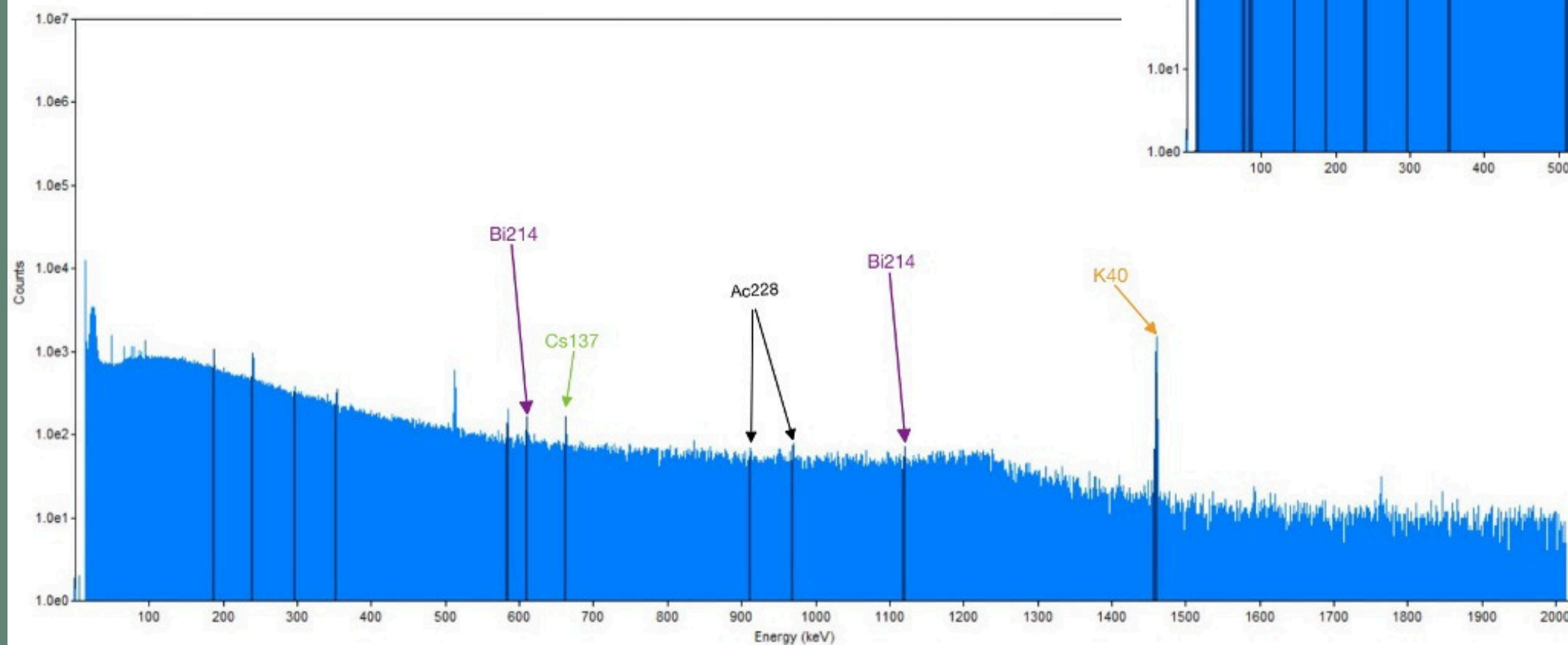
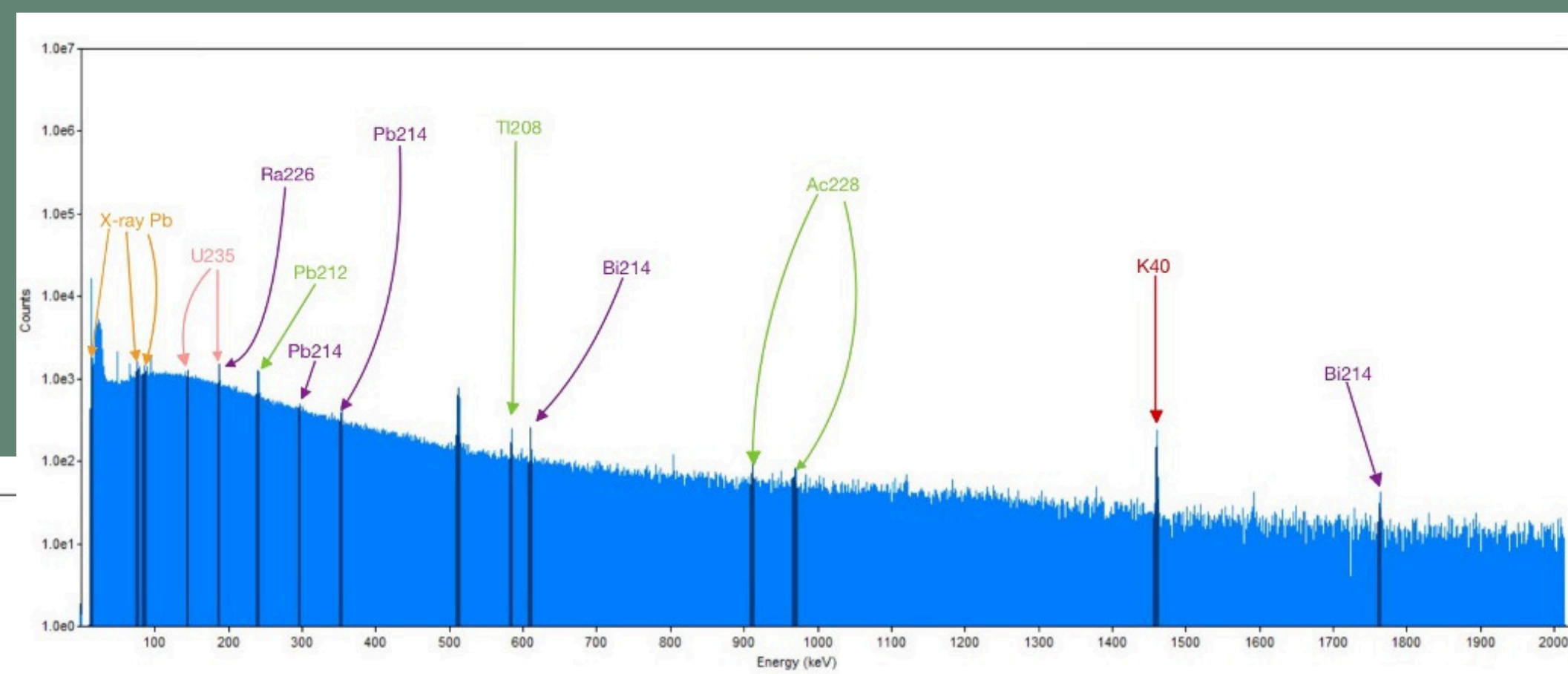
CALIBRAZIONE IN EFFICIENZA



Analisi campioni

Analisi degli spettri gamma

Analisi del fondo ambientale: il suo contributo è sottratto dalle misure dei campioni



Sono presenti: ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th e i loro figli e il ^{40}K

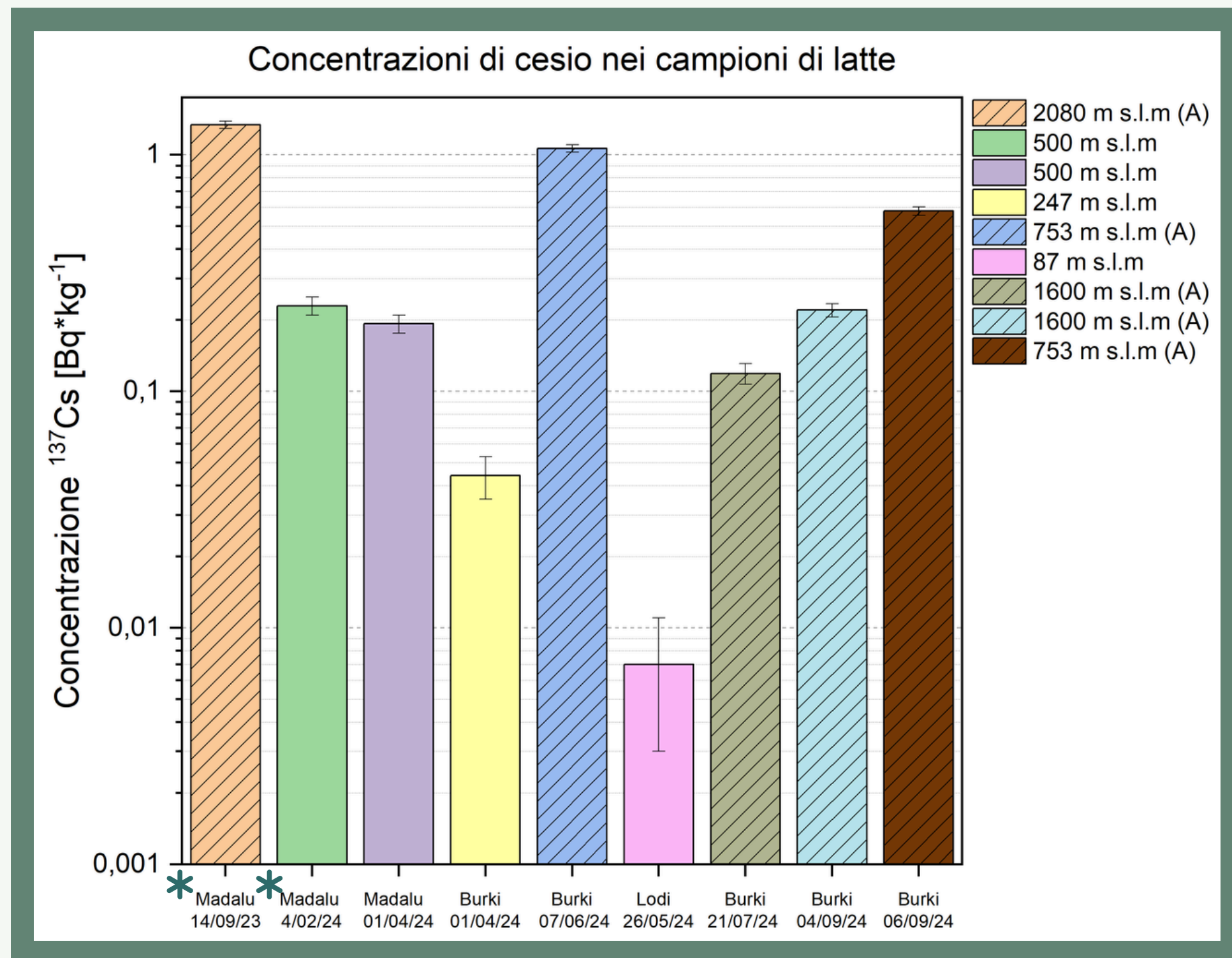
Il ^{137}Cs è presente nei campioni ma non nel fondo

Analisi dei dati

Concentrazione nei campioni di latte di ^{137}Cs

Il latte munto in provincia di Lodi presenta la concentrazione minore, mentre quello a 2080 m la maggiore

Il latte munto durante la stagione d'alpeggio (A) mostra concentrazioni più alte delle controparti in stalla



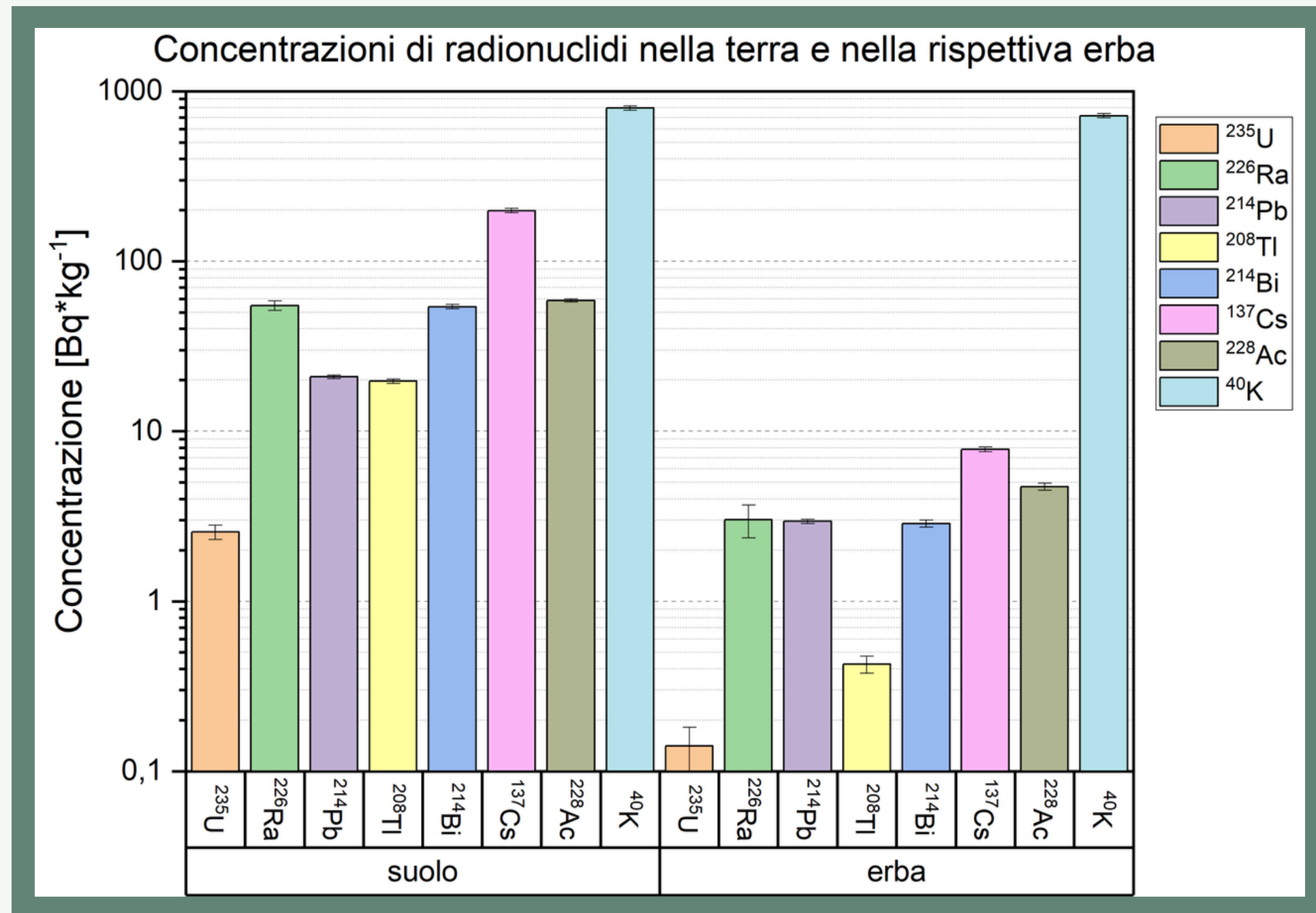
Coefficienti di trasporto del ^{137}Cs

Suolo \rightarrow erba: F_v

$$F_v = \frac{C_e}{C_s} = (3,9 \pm 0,2) \times 10^{-2}$$

C_e : concentrazione nell'erba fresca
[$\text{Bq} \times \text{kg}^{-1}$]

C_s : concentrazione nel suolo
[$\text{Bq} \times \text{kg}^{-1}$]



Coefficienti di trasporto del ^{137}Cs

Alimenti nella dieta delle bovine \longrightarrow latte: F_m

$$F_m = \frac{C_l}{C_d \times Q_d} = (6,4 \pm 0,2) \times 10^{-3} \quad [d \times kg^{-1}]$$

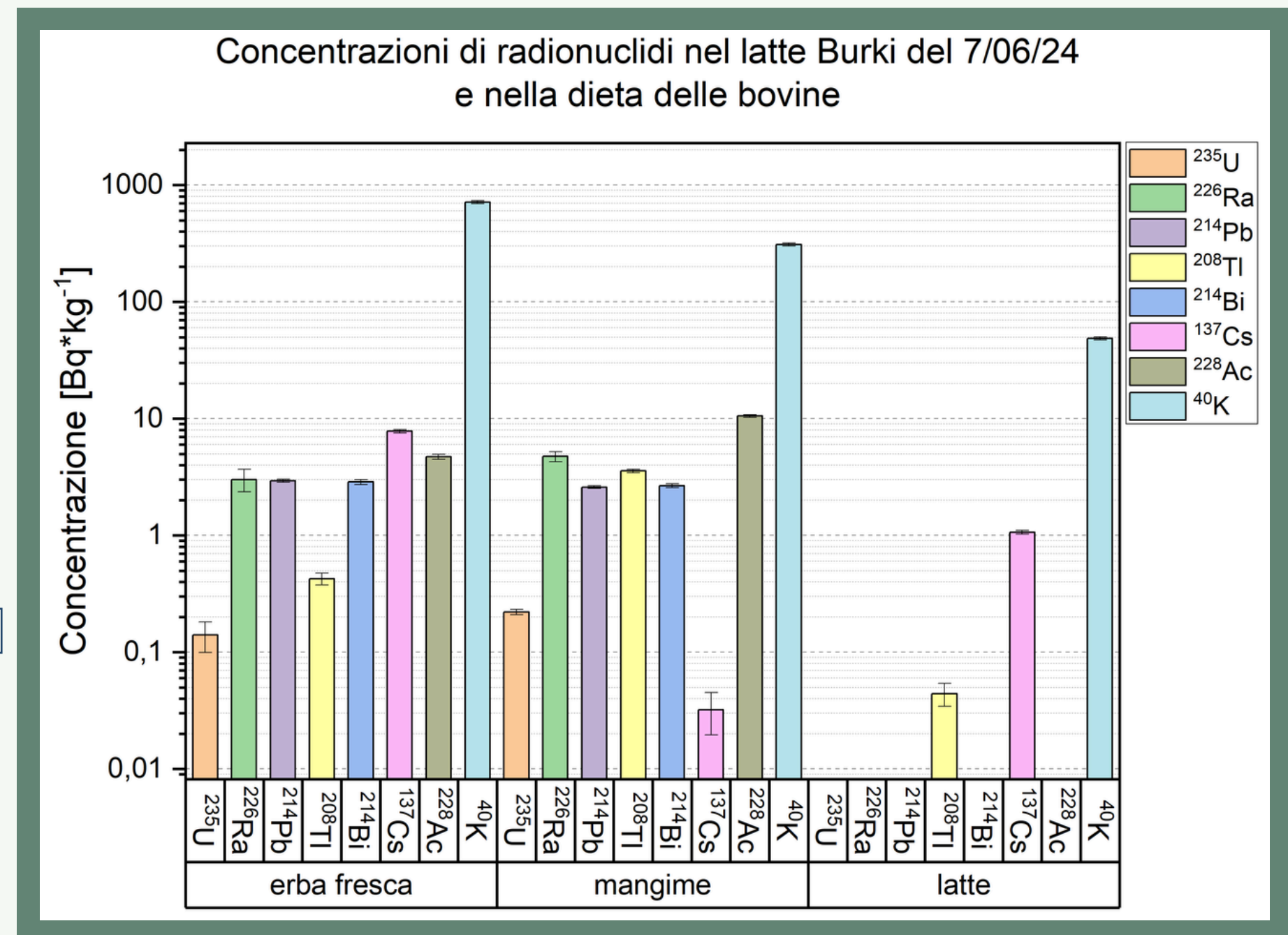
$$F_m = \frac{C_l}{C_d \times Q_d} = (7,1 \pm 0,9) \times 10^{-3} \quad [d \times kg^{-1}]$$

(Lettner H.A. et al. *J. Environ* (2007))

C_l : concentrazione nel latte [$Bq \times kg^{-1}$]

C_d : concentrazione negli alimenti [$Bq \times kg^{-1}$]

Q_d : quantità di alimenti consumati quotidianamente [$kg \times d^{-1}$]

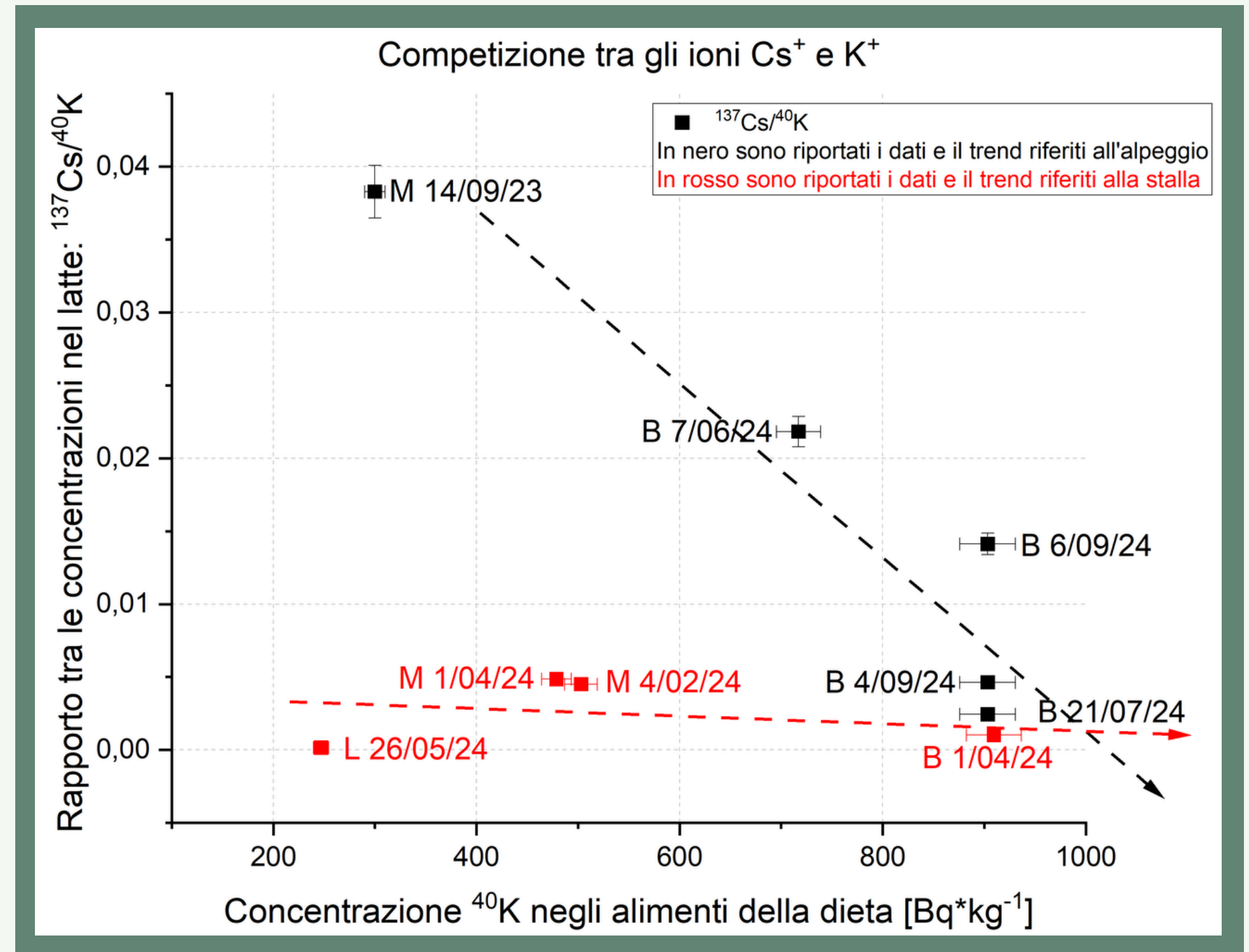
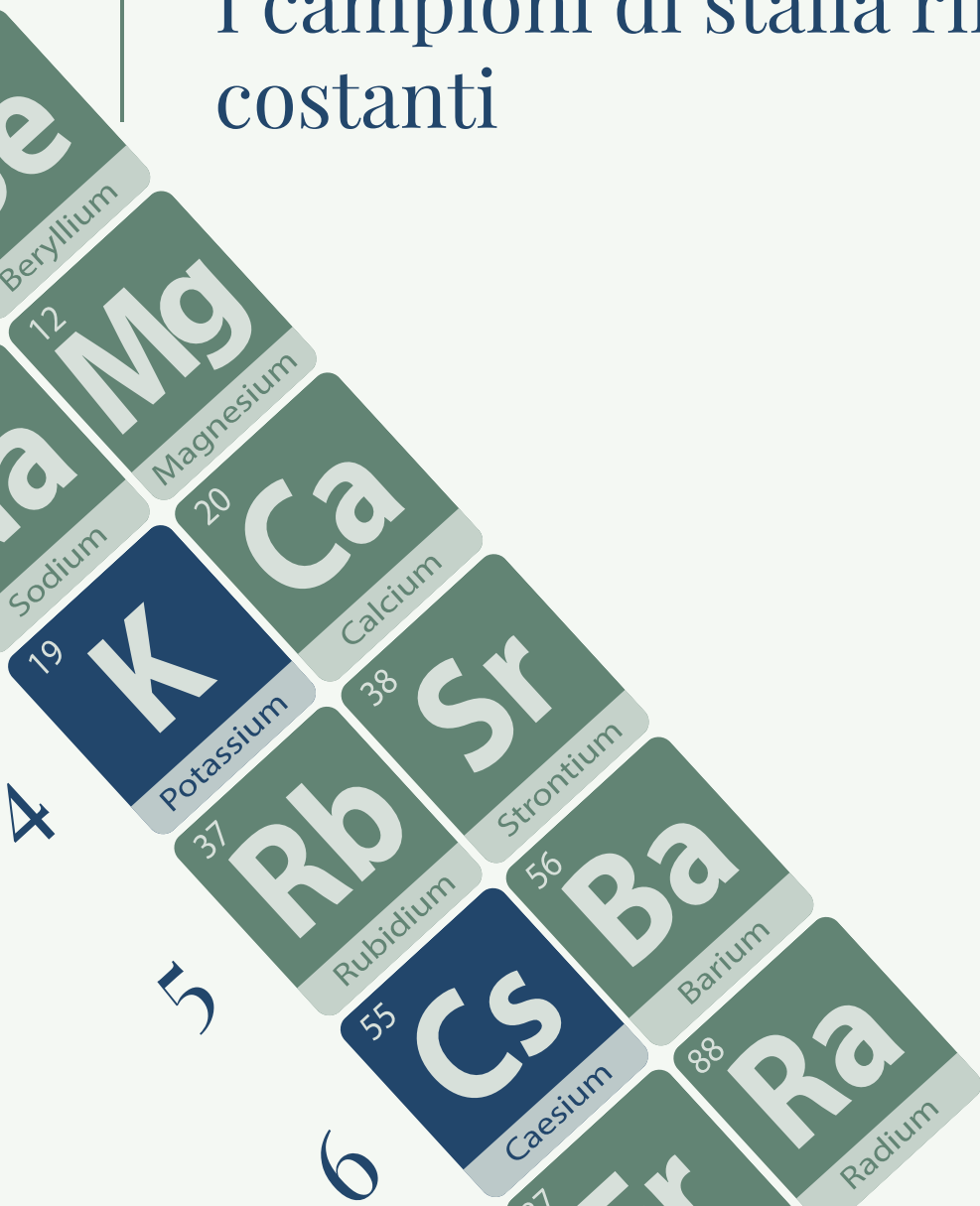


^{40}K vs ^{137}Cs

Cesio e potassio sono competitivi a livello biologico

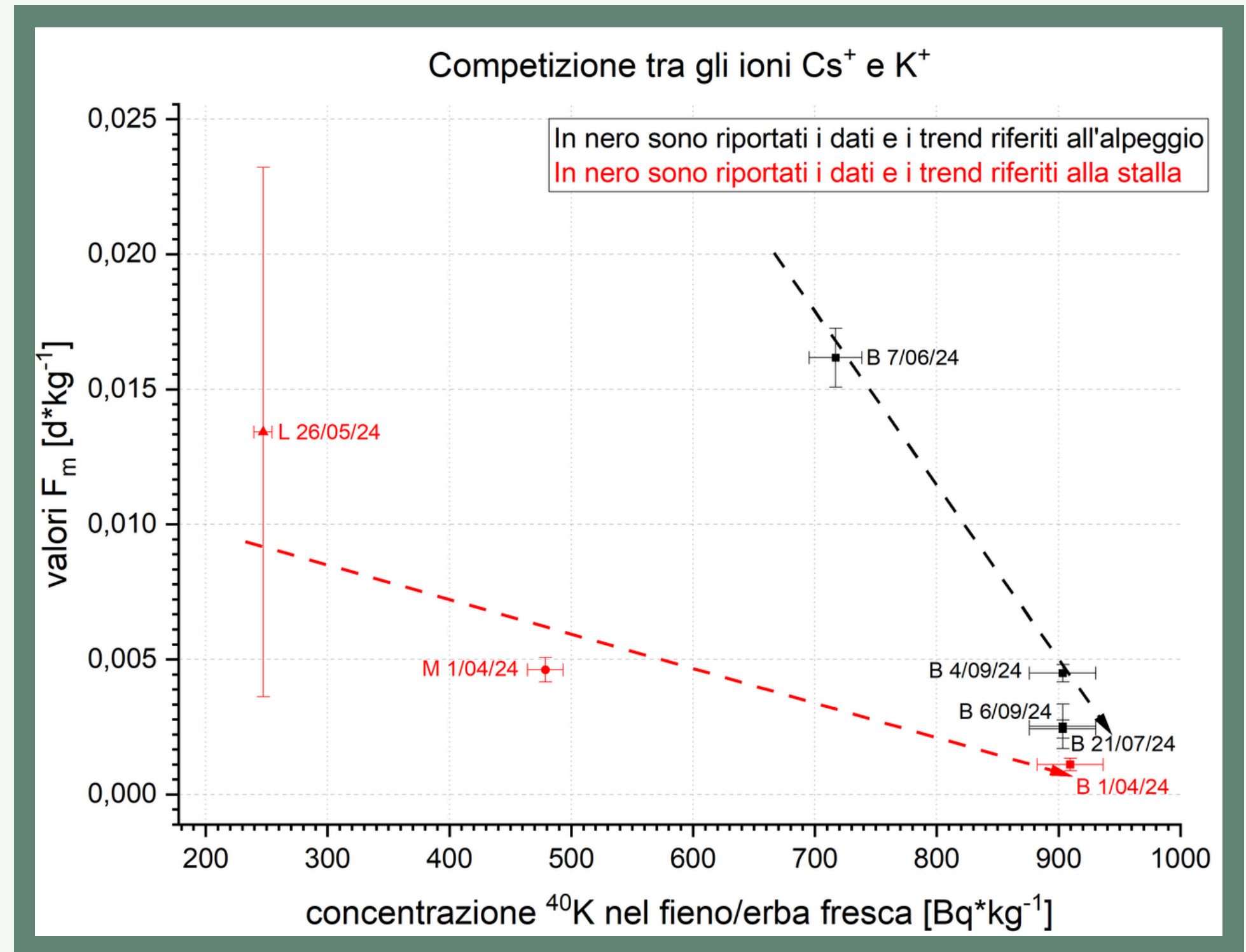
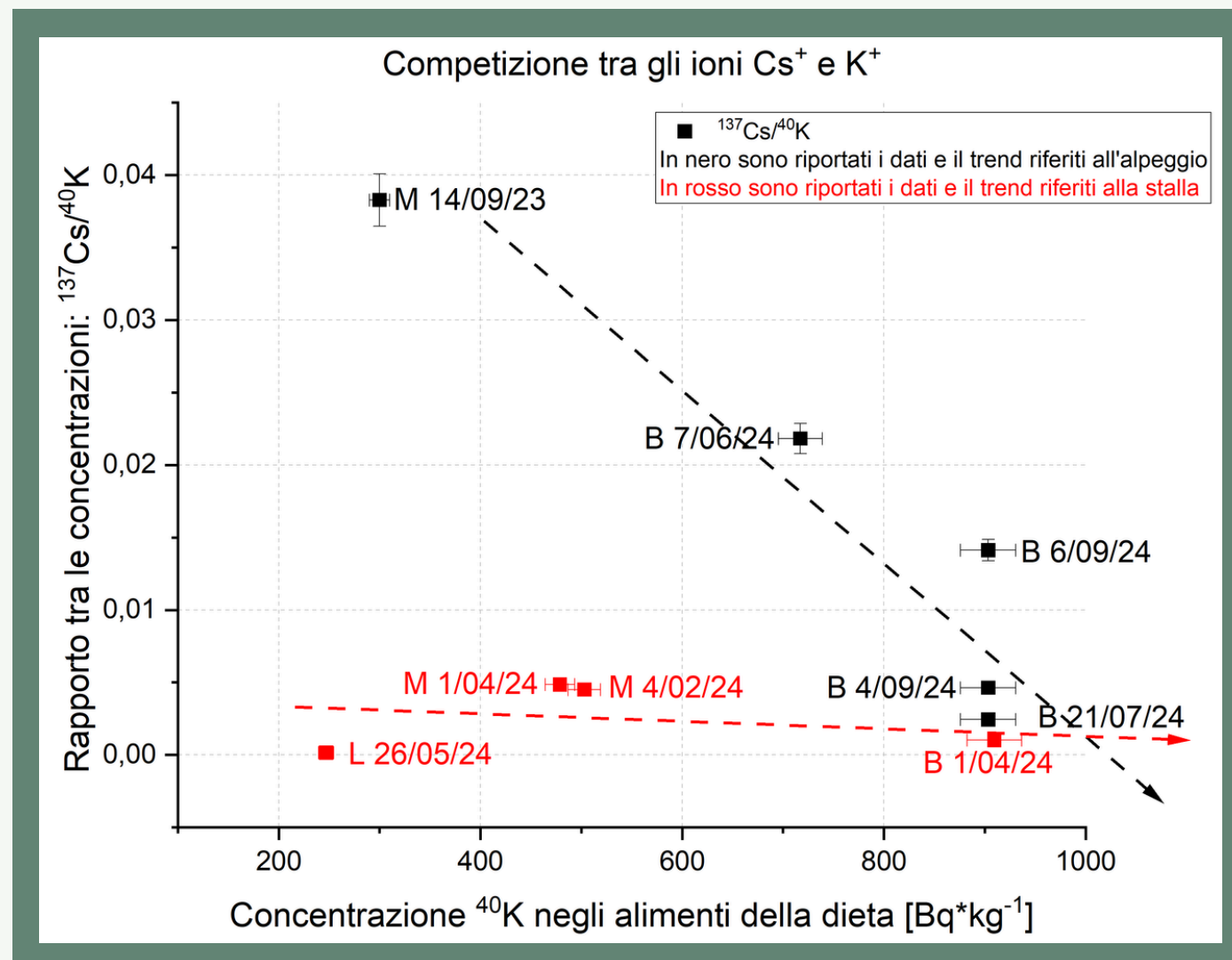
I campioni d'alpeggio presentano un trend negativo

I campioni di stalla rimangono circa costanti



^{40}K vs ^{137}Cs

La competizione può essere vista anche dal coefficiente F_m



Dose

Il danno biologico si identifica con una grandezza che si chiama **dose assorbita D**: energia media assorbita per unità di massa dalla materia irradiata [$Gy = J \times kg^{-1}$]

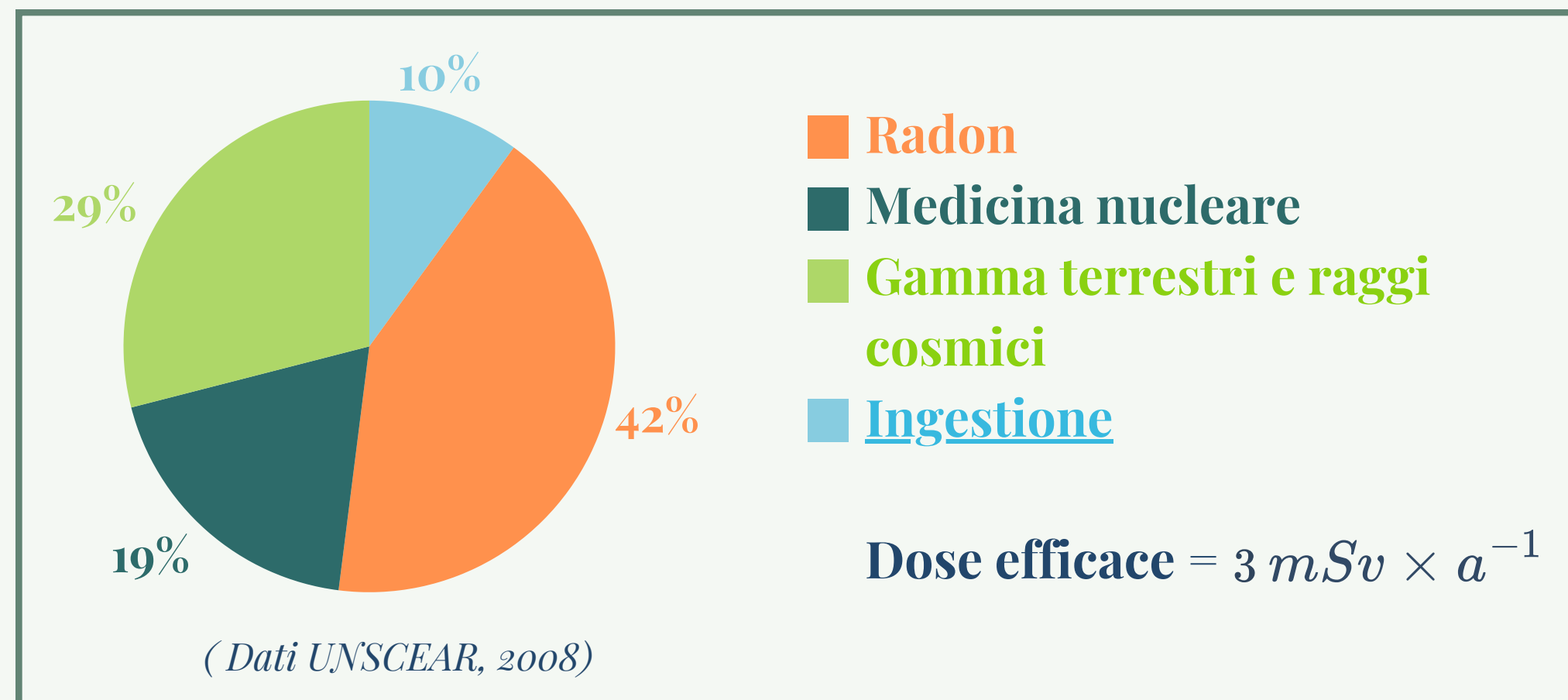
Si definisce **dose equivalente H**: considera l'effetto biologico del tipo di radiazione

$$H = w_R \times D [Sv = J \times kg^{-1}]$$

Si definisce **dose efficace H**: considera l'effetto biologico sul tipo di organo

$$E = w_T \times D [Sv = J \times kg^{-1}]$$

La **banan equivalent dose BED** è una unità di misura della dose equivalente, usata per stabilire una relazione intuitiva tra una determinata dose di radiazione e quella assorbita mangiando una banana.



Dose

La dose da ingestione di cesio nel latte è stata calcolata per il caso peggiore tra i dati misurati: $C_{Cs} = 1,34 \text{ Bq} \times \text{kg}^{-1}$

Il consumo di latte equivalente in Italia è $V_l = 250 \text{ kg} \times \text{a}^{-1}$ (*ourworldindata.org*)

$$E = e \times C_{Cs} \times V_l = 4,5 \text{ } \mu\text{Sv} \times \text{a}^{-1}$$

e : coefficiente di conversione $\text{Sv} \times \text{Bq}$ da ingestione di ^{137}Cs (*ICRP 119*)

Limite di dose per esposizione per la popolazione ai sensi del D.Lgs. 101/20 pari a $1 \text{ mSv} \times \text{a}^{-1}$

