

Università degli Studi di Siena

Master in GeoTecnologie Ambientali

Studio della qualità di misure di spettroscopia gamma per il monitoraggio della radioattività in situ

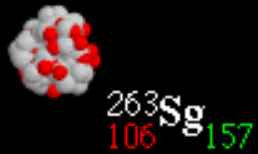
Relatore Dott. Fabio Mantovani

Masterista Dott.ssa Liliana Mou

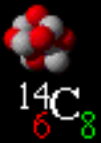
Sommario

- **Cosa è la radioattività?**
- **Importanza del monitoraggio della radioattività naturale**
- **Il detector ZaNal_10**
- **Procedura di misura**
- **Analisi dati**
- **Conclusioni e prospettive**

Decadimento Alfa



Decadimento Beta



Decadimento Gamma



La radioattività

La radioattività è un fenomeno fisico che si verifica quando il nucleo di un atomo instabile si trasforma e raggiunge un nuovo stato di equilibrio emettendo radiazioni.

1 Bq = 1 decadimento al secondo

Importanza del monitoraggio della radioattività

✓ L'Italia è tenuta a rispettare la **raccomandazione della Commissione Europea dell'8 giugno 2000** sull'applicazione dell'articolo 36 del trattato Euratom riguardante il controllo del livello di radioattività ambientale.

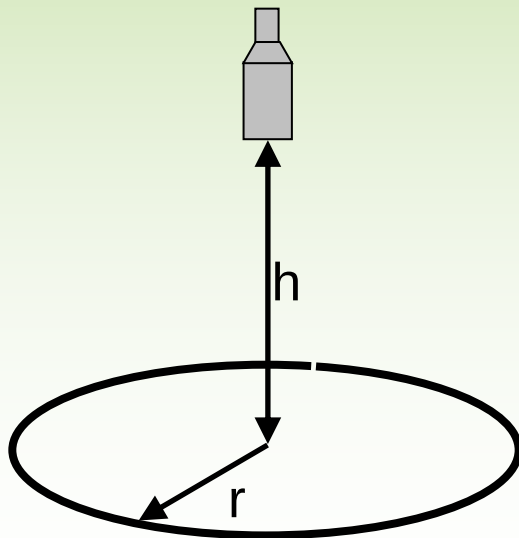
✓ L'**Organizzazione Mondiale della Sanità** ha individuato nel gruppo 1 tra gli agenti cancerogeni il gas ^{222}Rn , il quale è considerato la seconda causa, dopo il fumo, di tumori al polmone.



- ✓ Un monitoraggio sistematico della radioattività:
- sarà un punto di riferimento per valutare gli effetti di possibili **incidenti nucleari**
 - sarà il punto di partenza per possibili **monitoraggi sistematici** di zone critiche
 - sarà base per possibili **studi epidemiologici**
- ✓ L'elaborazione di **standard operativi** seguendo le linee guida dell'IAEA permetterà di comparare i risultati con altri paesi che hanno realizzato esperienze simili

Lo strumento ZaNaI_10

- **Cristallo NaI(Tl)** di forma cubica (102 mm x 102 mm x 102 mm)
- **Elettronica integrata Digi Base**
- **Mini notebook**
- **Spettro: 1024 canali**
- **Sensori USB: antenna GPS, umidità e temperatura**

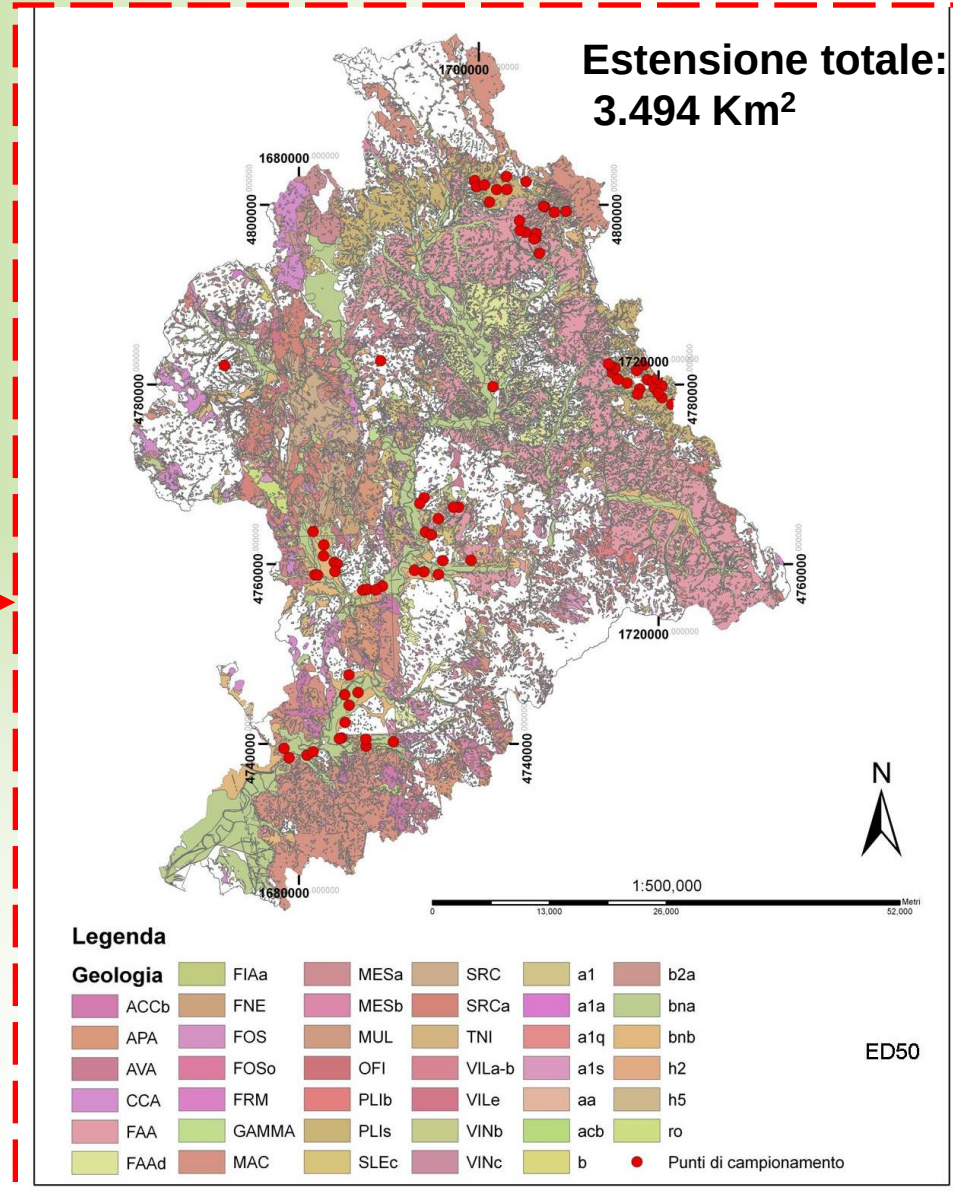
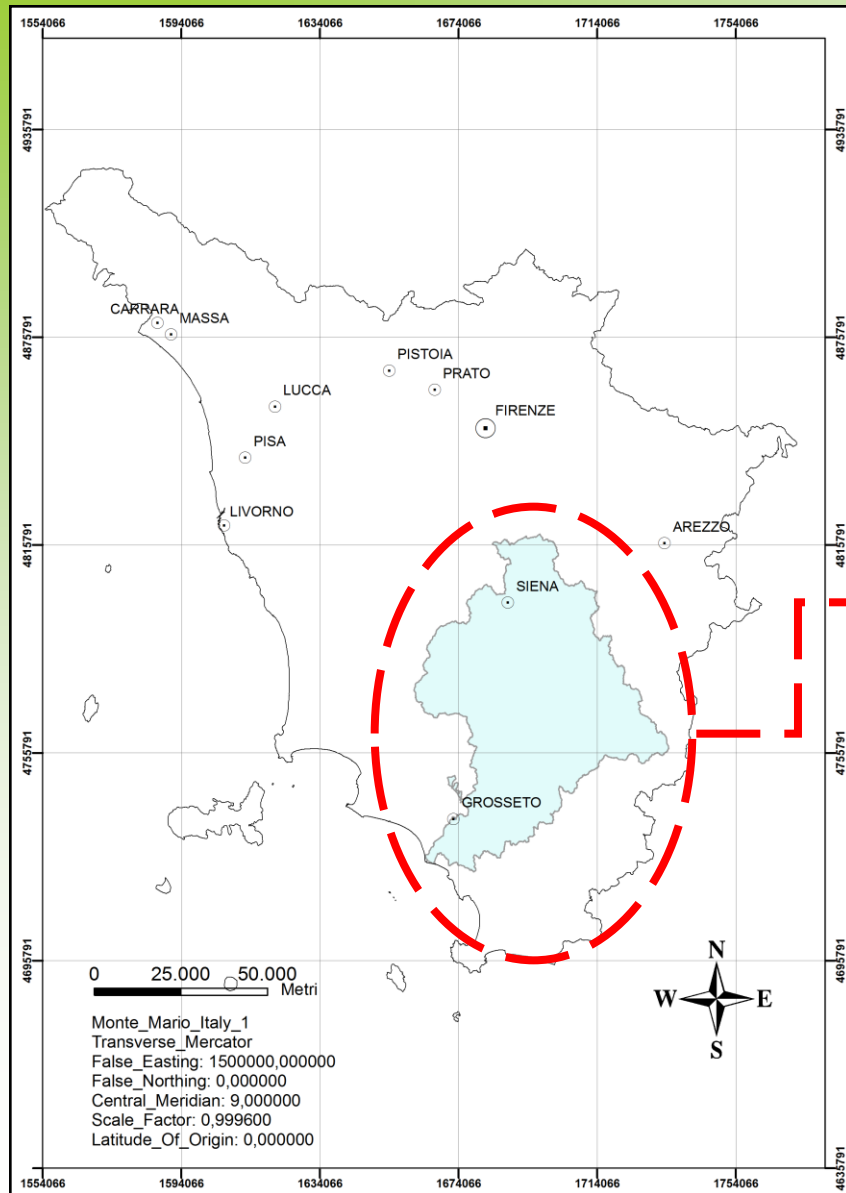


Area di azione

Raggio della sorgente per il quale arriva il 90% del flusso al rivelatore posizionato a differenti altezze sopra la superficie del terreno

h (m)	0.07	0.3	0.5	0.8	1.0
r (m)	0.5	2.2	3.5	6	7.5

Il bacino dell'Ombrone



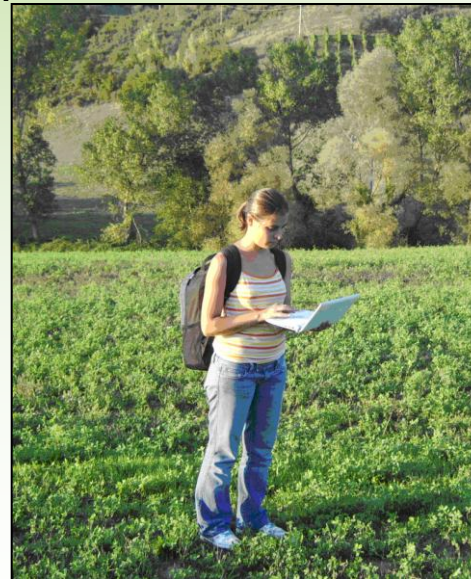
Misure di radioattività ambientale

In ogni fermata è stato acquisito uno spettro

- ❖ con lo zaino poggiato a terra (80 siti);
- ❖ con lo zaino ad 1m di altezza, poggiato su un trespolo (80 siti);
- ❖ con lo zaino in spalla (9 siti).

Tempo di acquisizione
per singolo spettro: **5 minuti**

Lo **ZaNaI_10** è stato utilizzato in **80 siti** differenti per un totale di **169 spettri** acquisiti in-situ.

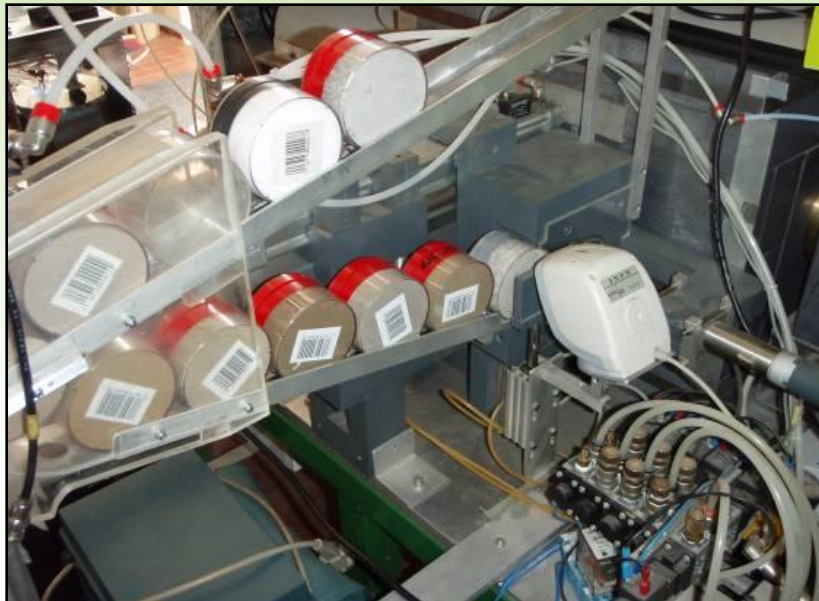


Misure di radioattività ambientale

In ogni sito scelto sono anche stati raccolti cinque diversi campioni di suolo:

- ✓ uno centrale in corrispondenza del punto in cui è stato posizionato lo zaino;
- ✓ gli altri quattro ad una distanza di circa 1 m da quello centrale

I **400 campioni di suolo** sono stati analizzati con i rivelatori HPGe presenti nei Laboratori Nazionali di Legnaro



DataBase Rad_Nat.mdb

Parametri ambientali da definire in campagna:

- ✓ temperatura
- ✓ umidità
- ✓ condizioni climatiche
- ✓ densità di copertura vegetativa
- ✓ tipologia di copertura vegetativa

Microsoft Access - [Temp_Hum_Tuscany : Tabella]

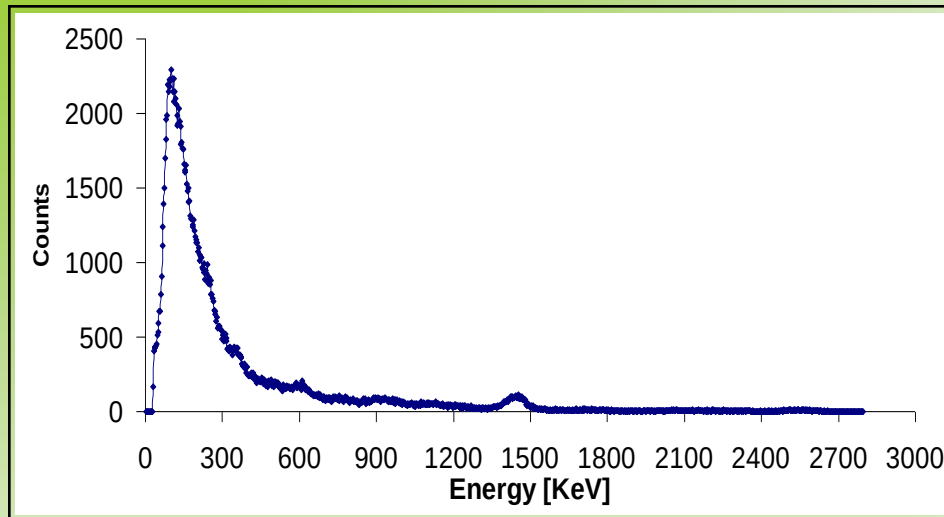
	ID_GPS	Temp (°C)	Hum (%)
+	GPS_1200	40,96	35,8
+	GPS_1205	31,01	48,58
+	GPS_1210	37,27	34,52
+	GPS_1215	39,1	51,84
+	GPS_1220	43,23	34,43
+	GPS_1225	43,44	26,46
+	GPS_1230	28,3	48,53
+	GPS_1235	42,47	24,7
+	GPS_1240	26,37	54,95
+	GPS_1245	24,94	60,38
+	GPS_1250	29,66	54,5
+	GPS_1255	28,48	56,77
+	GPS_1260	36,05	26,95
+	GPS_1265	43,51	21,42
+	GPS_1270	39,23	21,68

Parametri pedologici da definire in campagna:

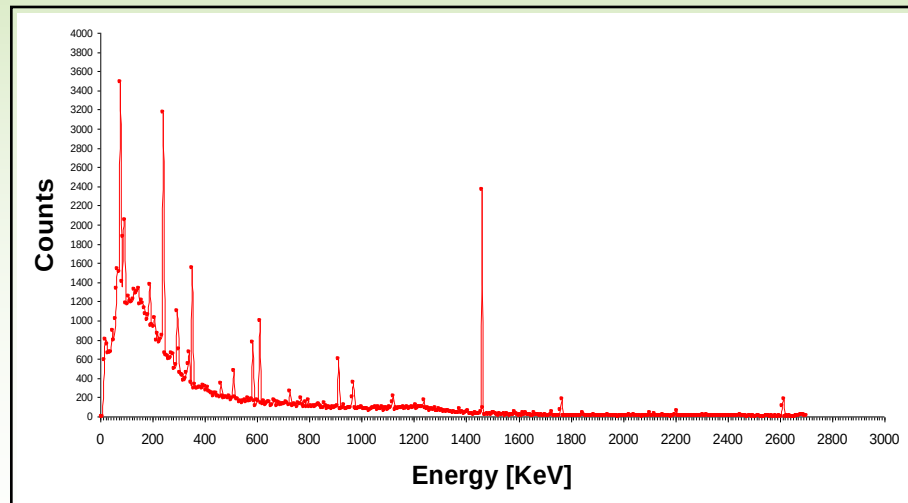
- ✓ litologia
- ✓ granulometria
- ✓ grado di rocciosità
- ✓ uso del suolo
- ✓ PH del suolo
- ✓ colore
- ✓ contenuto di acqua

	ID_Soil	ID_GPS	Soil_Colour	Speckled	Weaving	Lithology	Soil_Use	PH	Depth_Max_(cm)
1									
2	Soil_1200	GPS_1200	3	1	12	SEDIMENTI MARINI	110	8	10
3	Soil_1201	GPS_1201	3	1	12	SEDIMENTI MARINI	110	8	10
4	Soil_1202	GPS_1202	3	1	12	SEDIMENTI MARINI	110	8	10
5	Soil_1203	GPS_1203	3	1	12	SEDIMENTI MARINI	110	8	10
6	Soil_1204	GPS_1204	3	1	12	SEDIMENTI MARINI	110	8	10
7	Soil_1205	GPS_1205	3	1	15	SEDIMENTI MARINI	200	8	10
8	Soil_1206	GPS_1206	3	1	15	SEDIMENTI MARINI	200	8	10

Analisi spettrale



Spettro ottenuto con NaI(Tl)

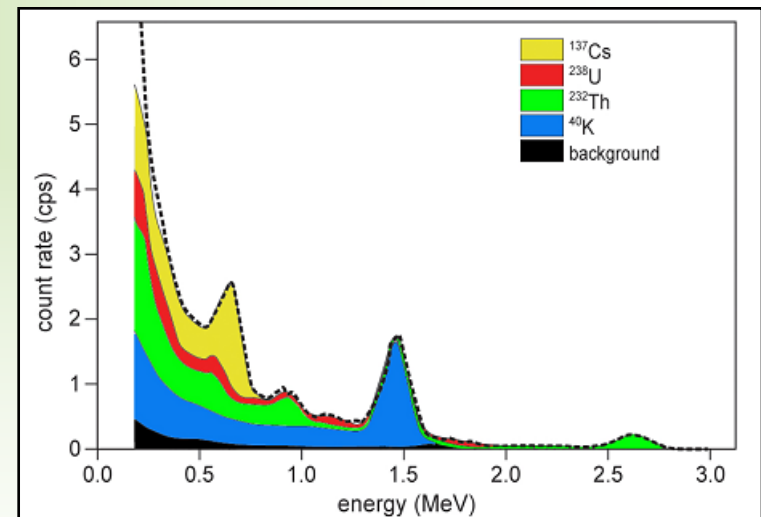


Spettro ottenuto con HPGe

Software di analisi: jRadView



Lo spettro misurato viene ricostruito componendo linearmente gli spettri fondamentali di Potassio, Uranio e Torio con il metodo di analisi NNLS

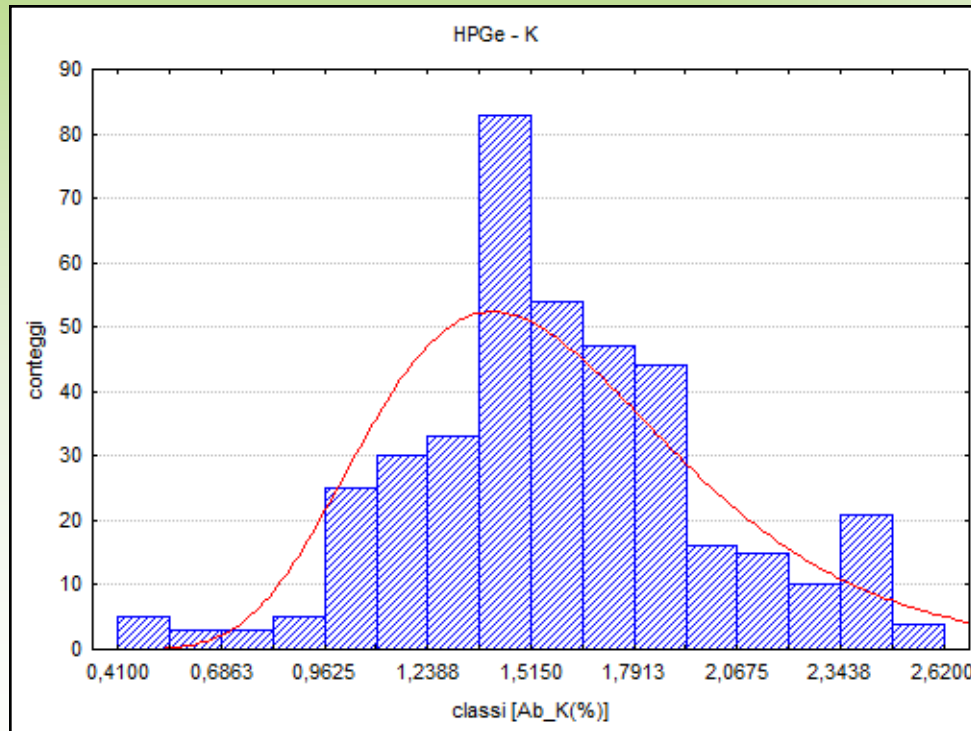


Otengo le abbondanze di ^{40}K , ^{238}U e ^{232}Th

Analisi Dati

OBIETTIVO: ottenere un singolo valore delle abbondanze di ^{40}K , ^{238}U e ^{232}Th per ogni gruppo di 5 campioni di suolo appartenenti allo stesso sito.

Distribuzione lognormale

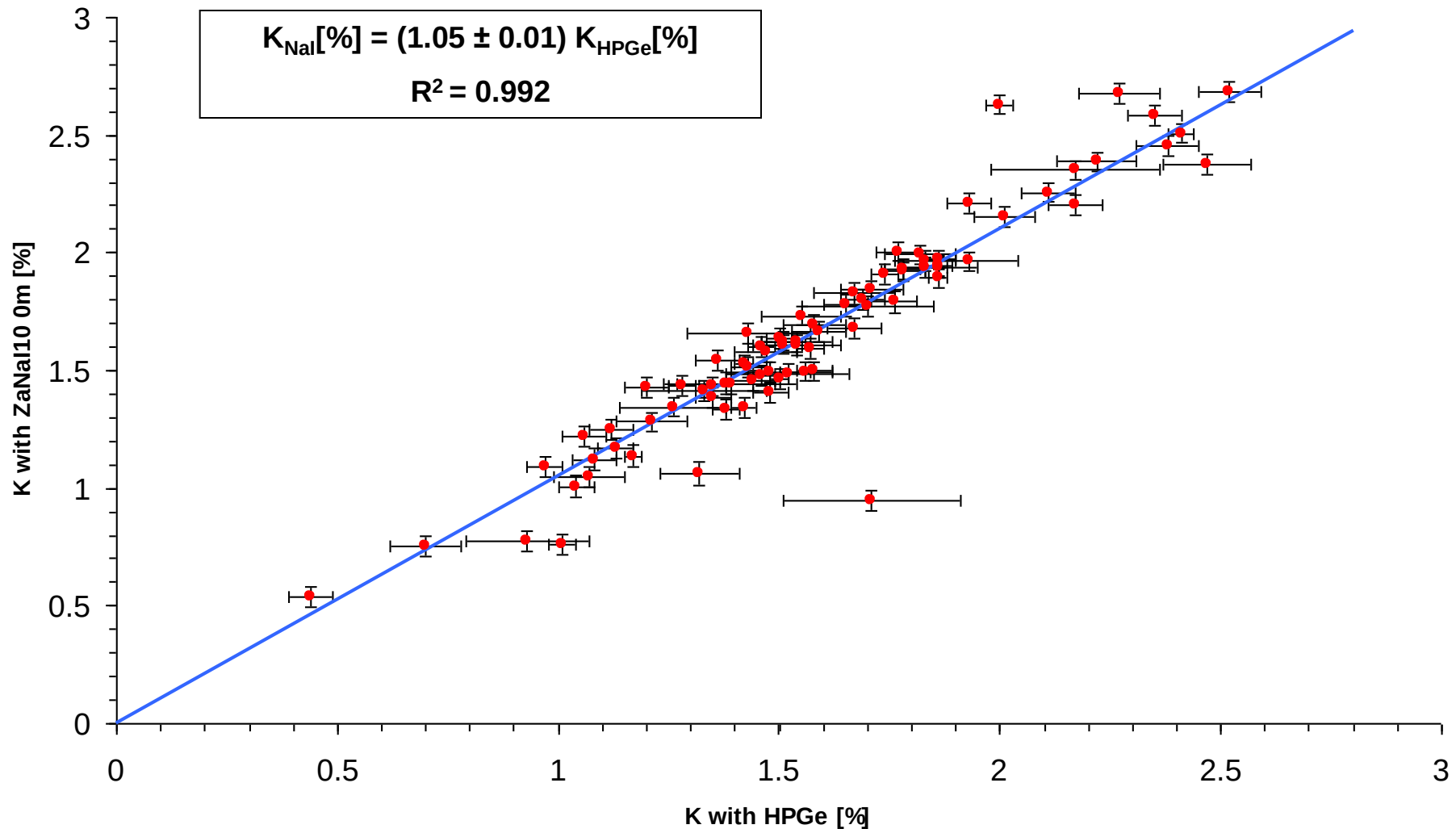


La variabilità del sito è rappresentata dalla deviazione standard della distribuzione lognormale ottenuta per i 5 campioni:

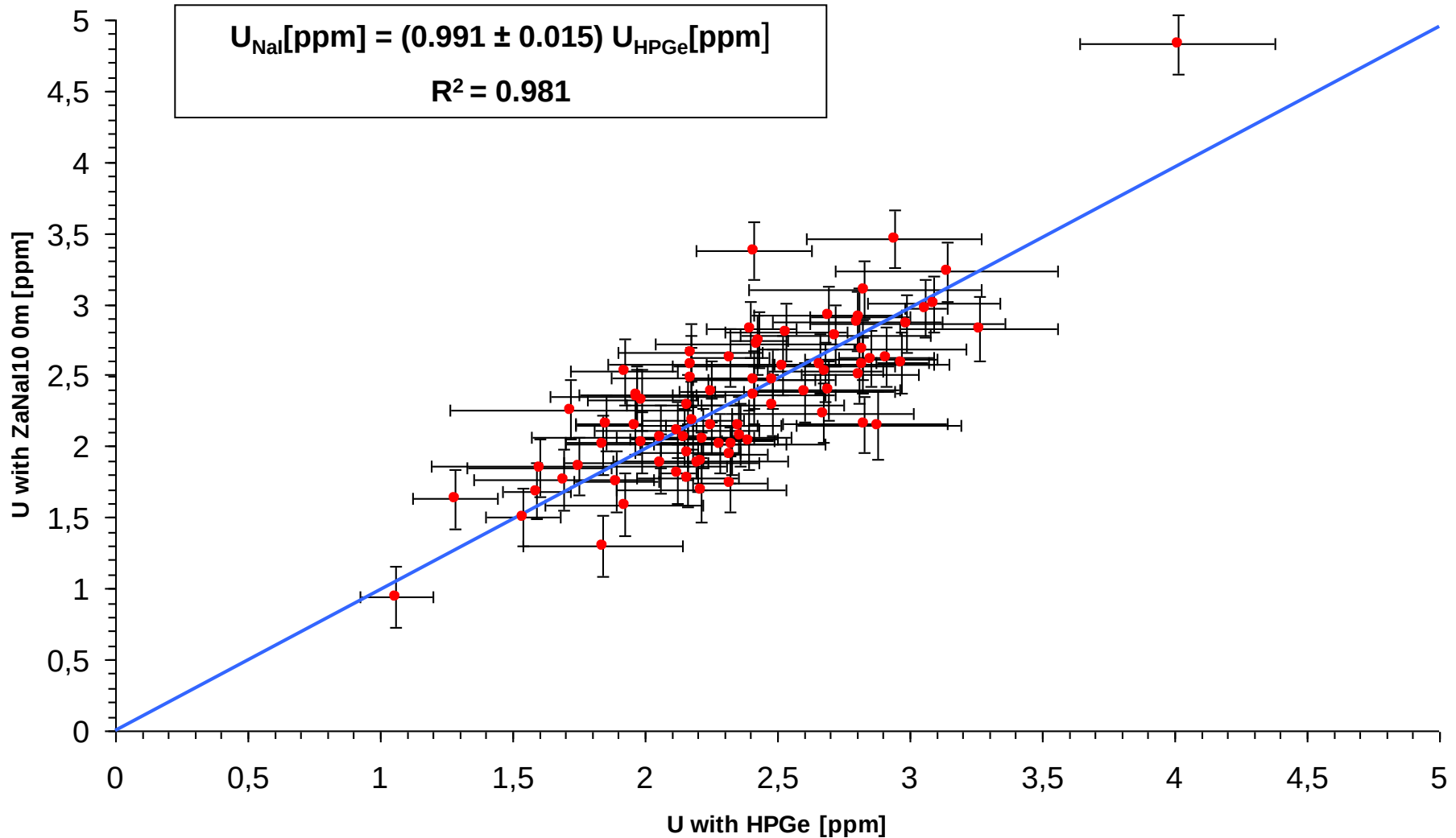
$$\langle \sigma_K \rangle = 4.5\%$$

$$\langle \sigma_{Th} \rangle = 9\%$$

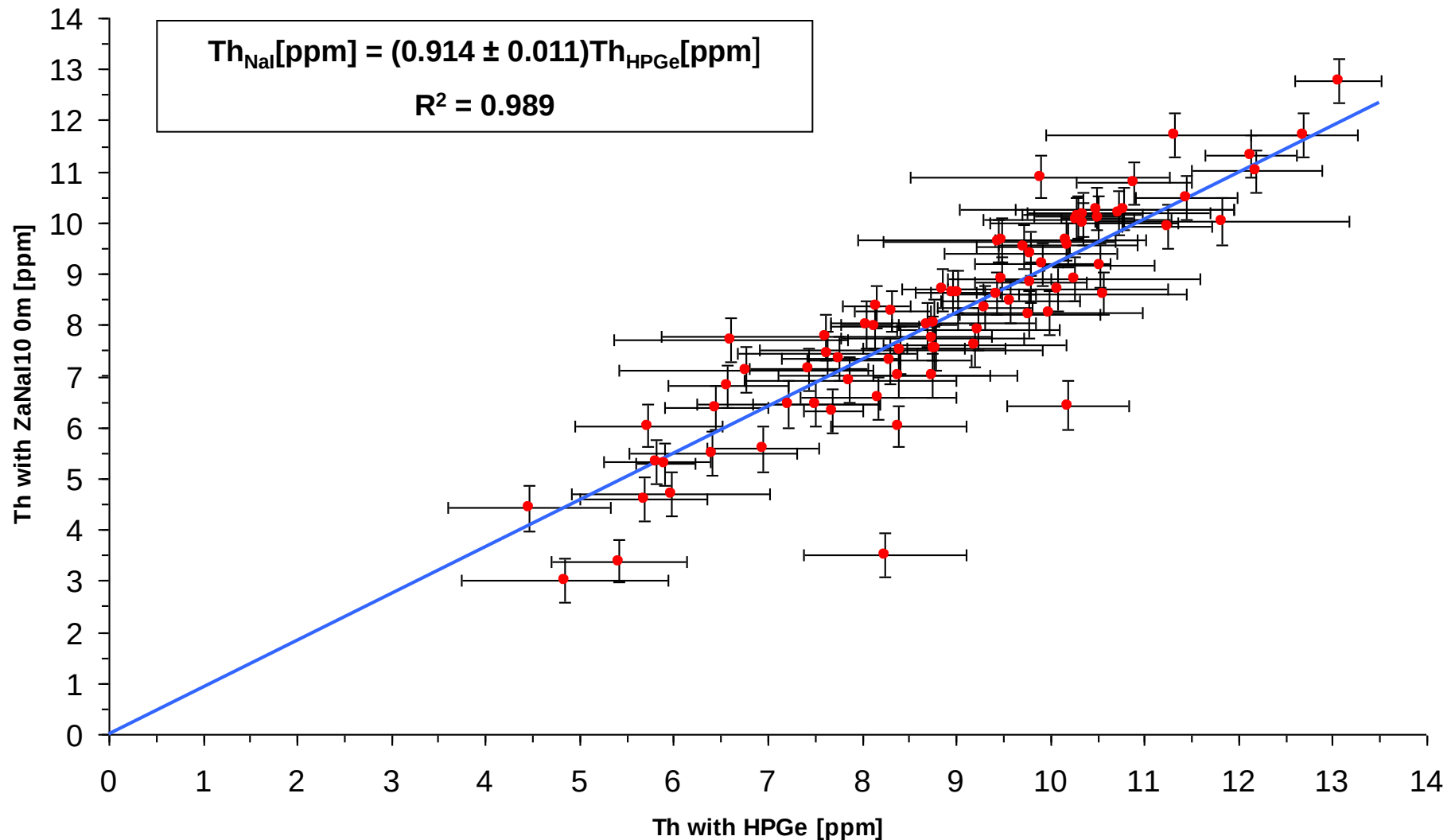
Misura su campioni vs ZnAl a 0m Potassio



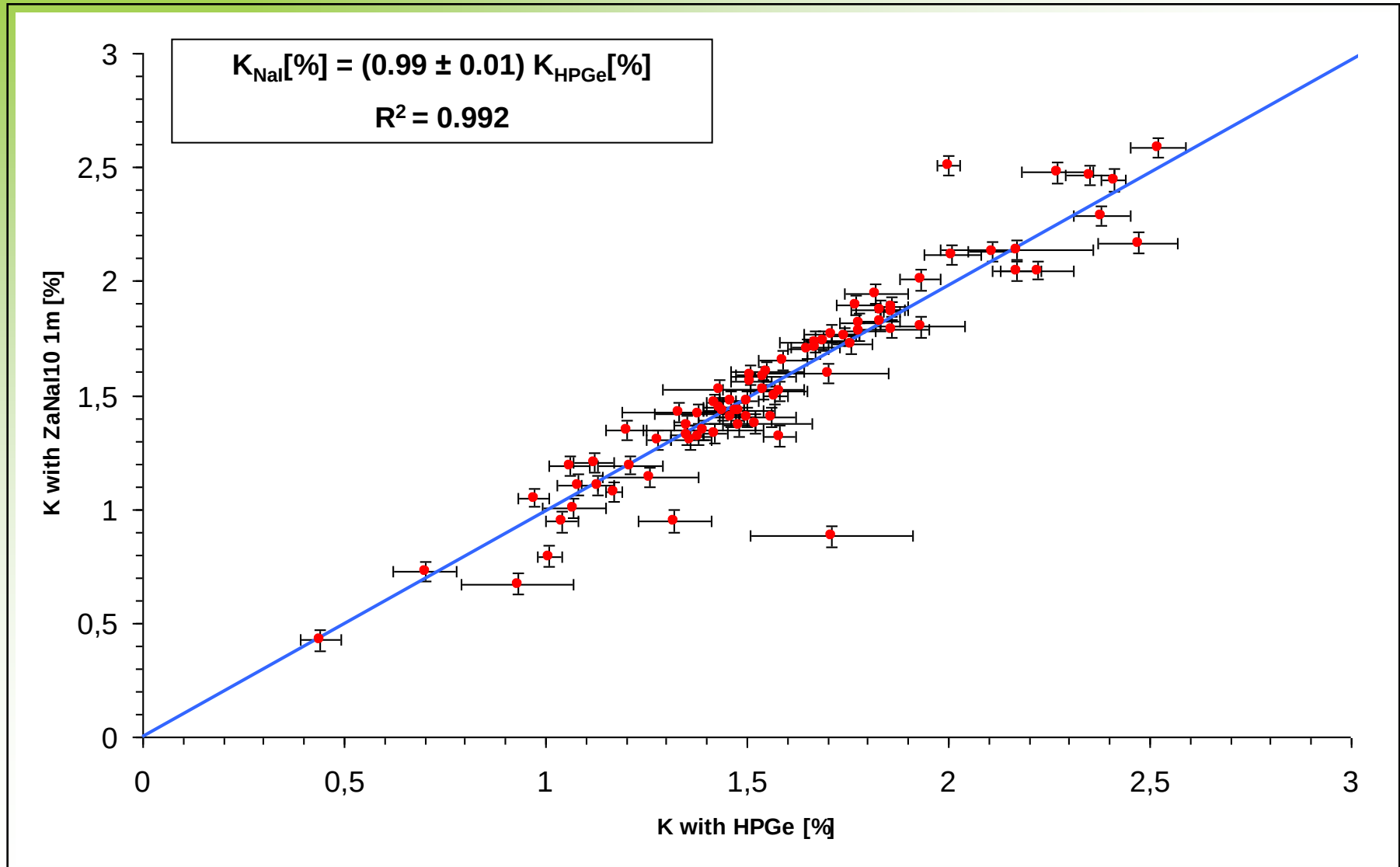
Misura su campioni vs ZnAl a 0m Uranio



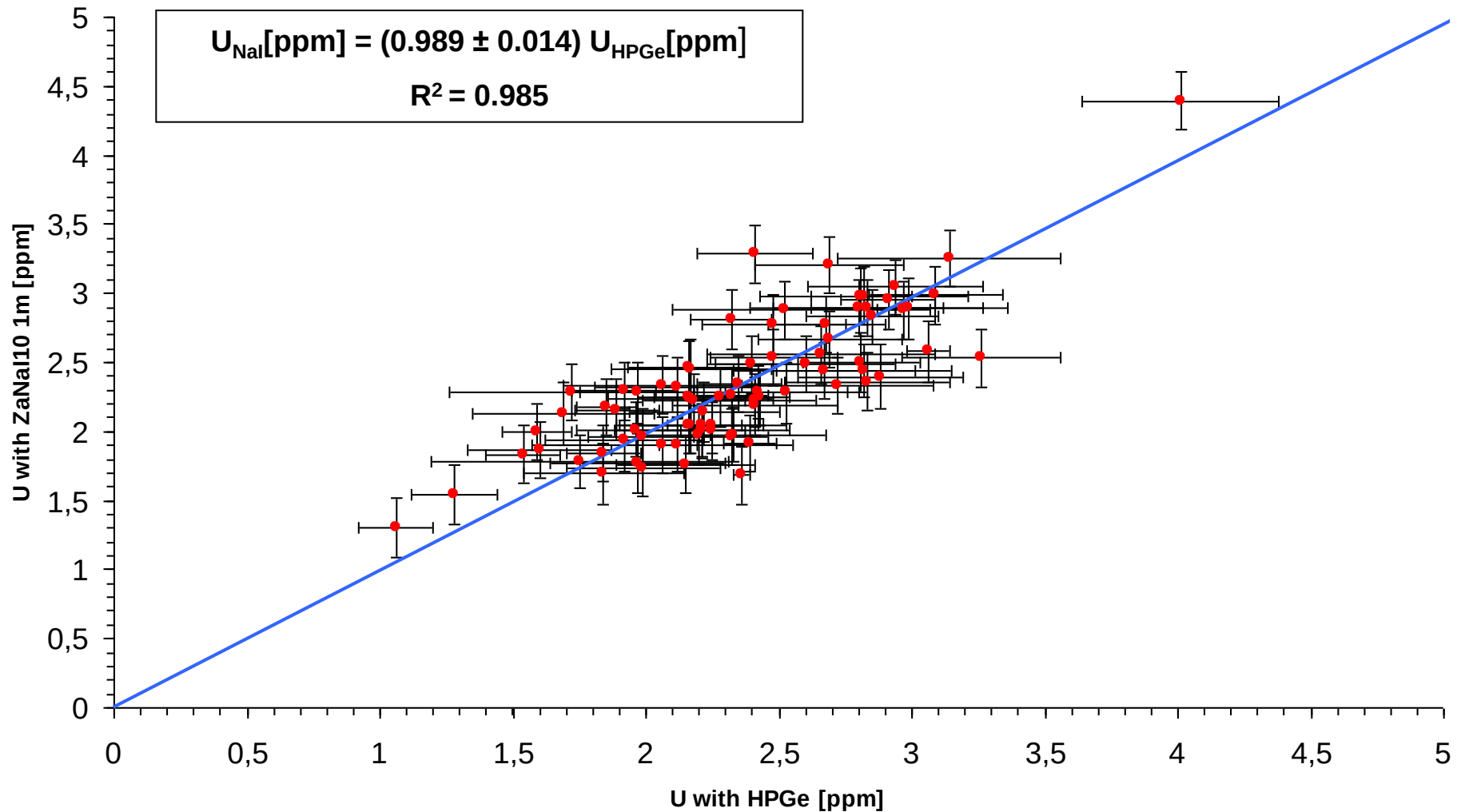
Misura su campioni vs ZnAl a 0m Torio



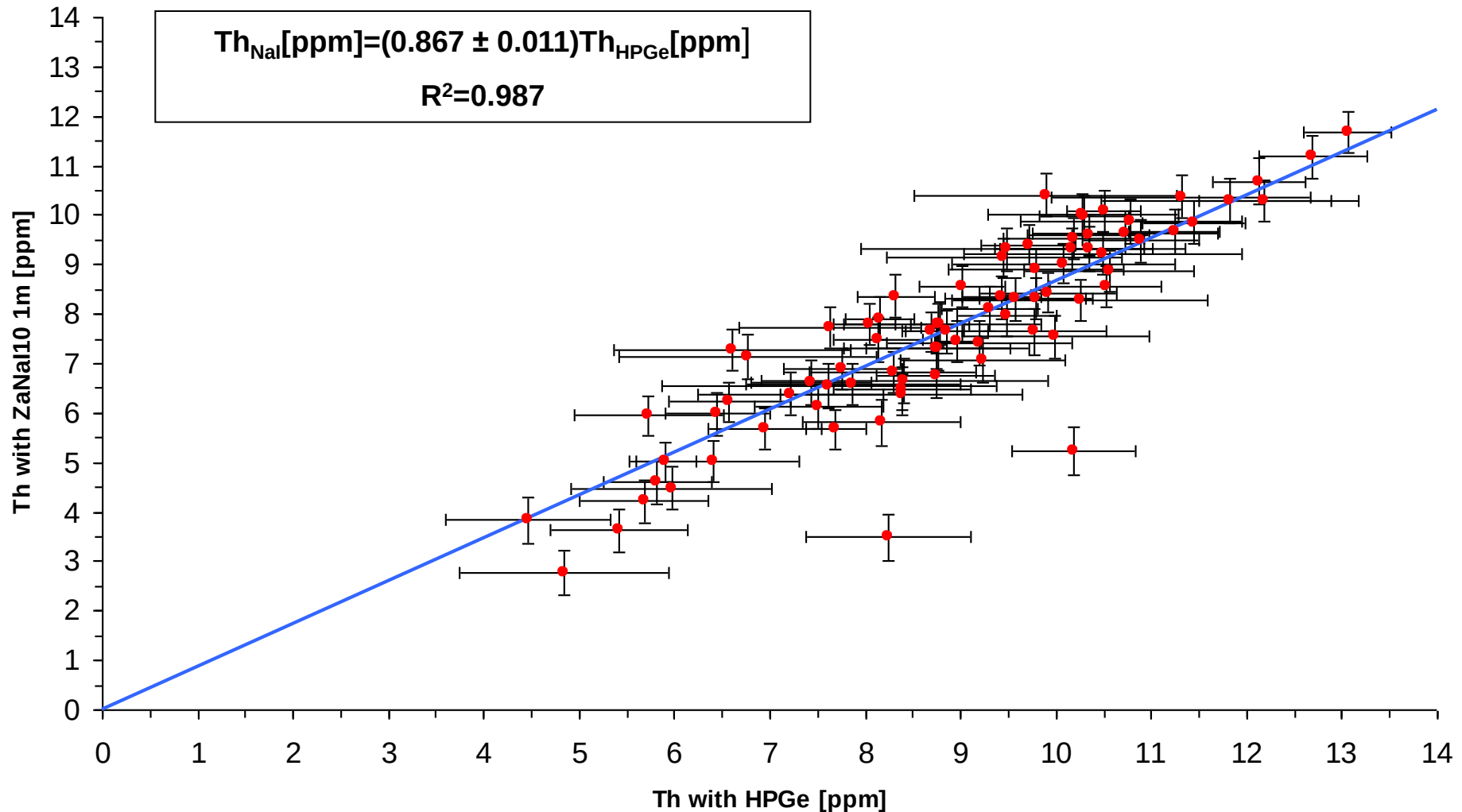
Misura su campioni vs ZaNal a 1m Potassio



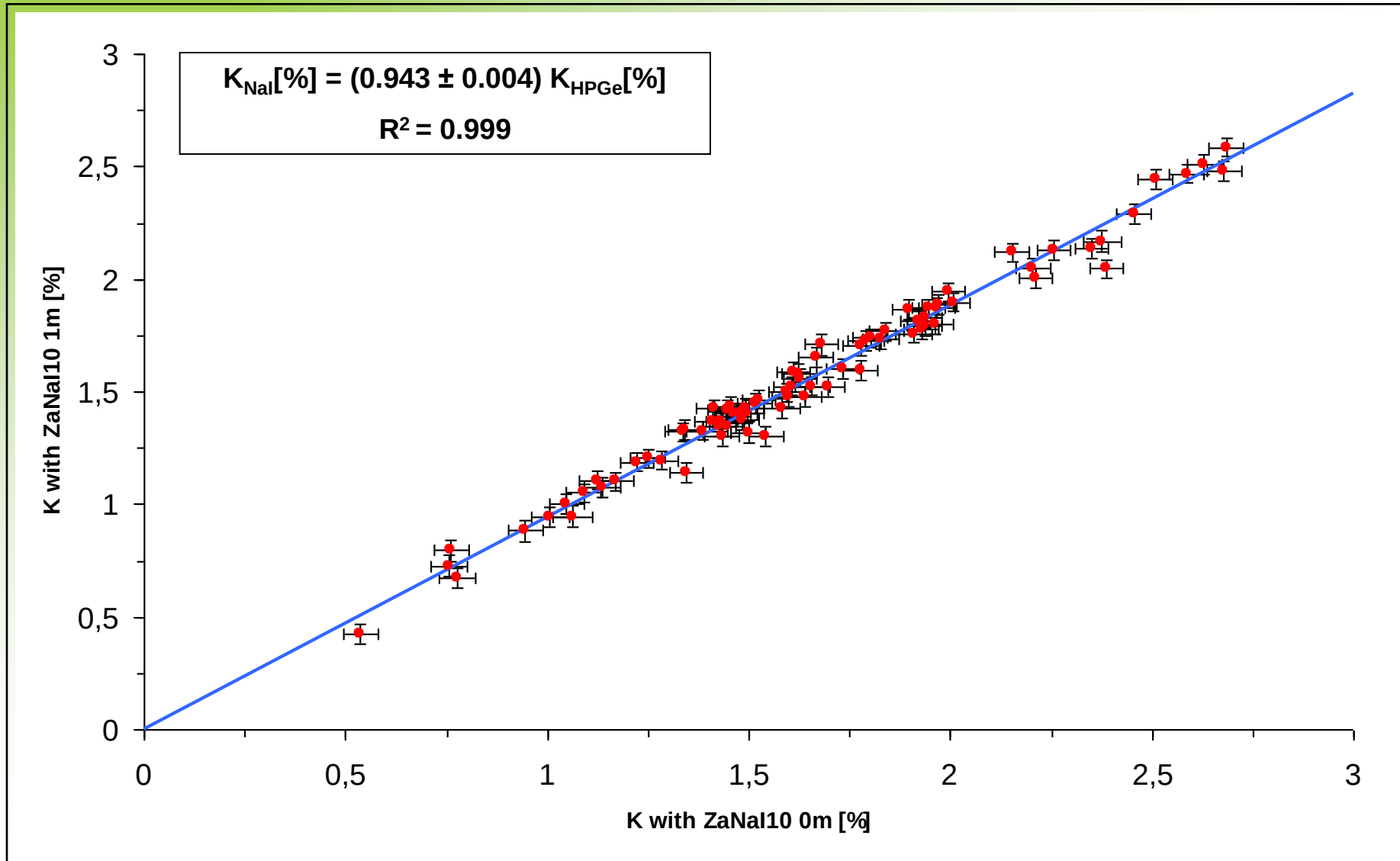
Misura su campioni vs ZnAl a 1m Uranio



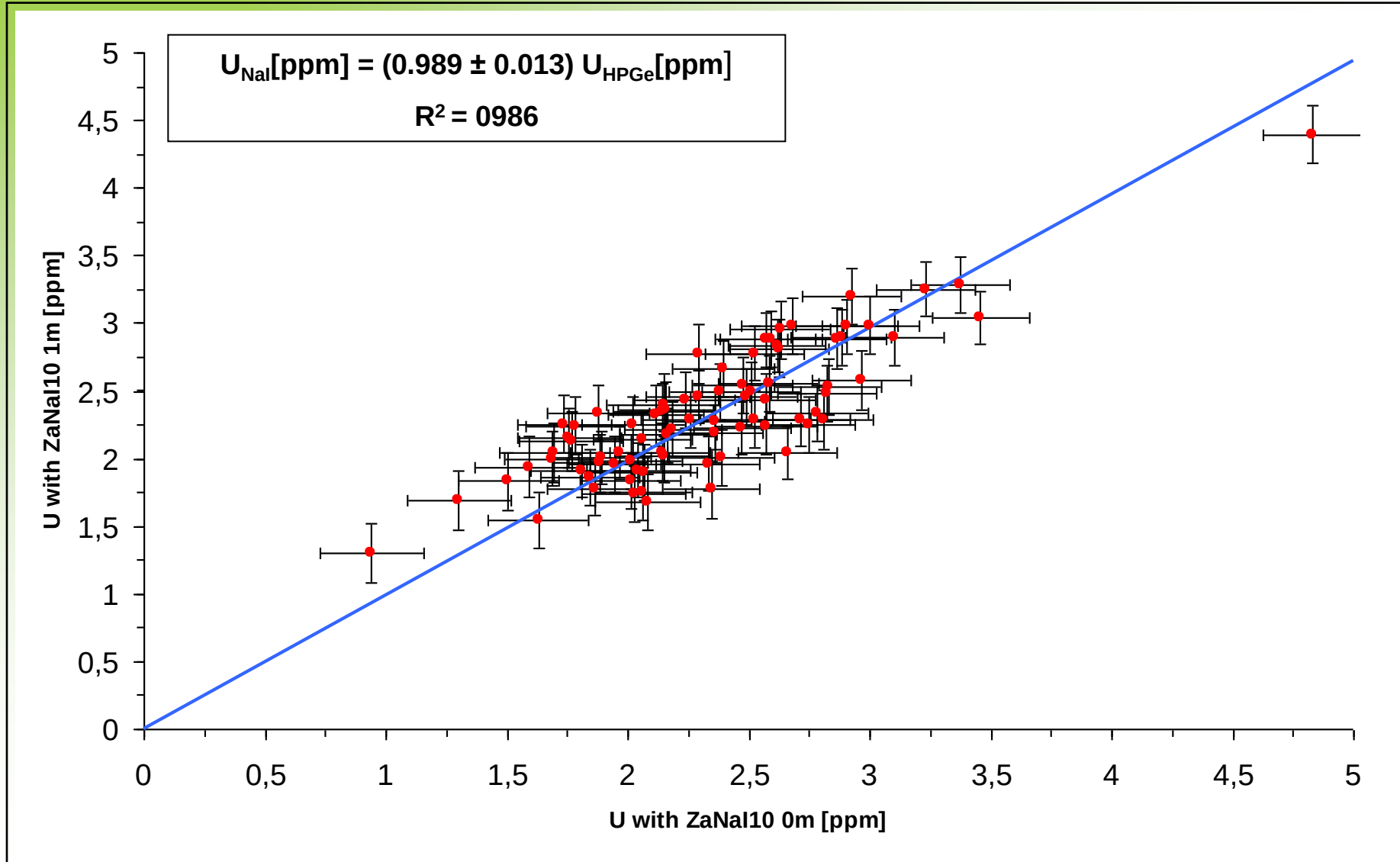
Misura su campioni vs ZnAl a 1m Torio



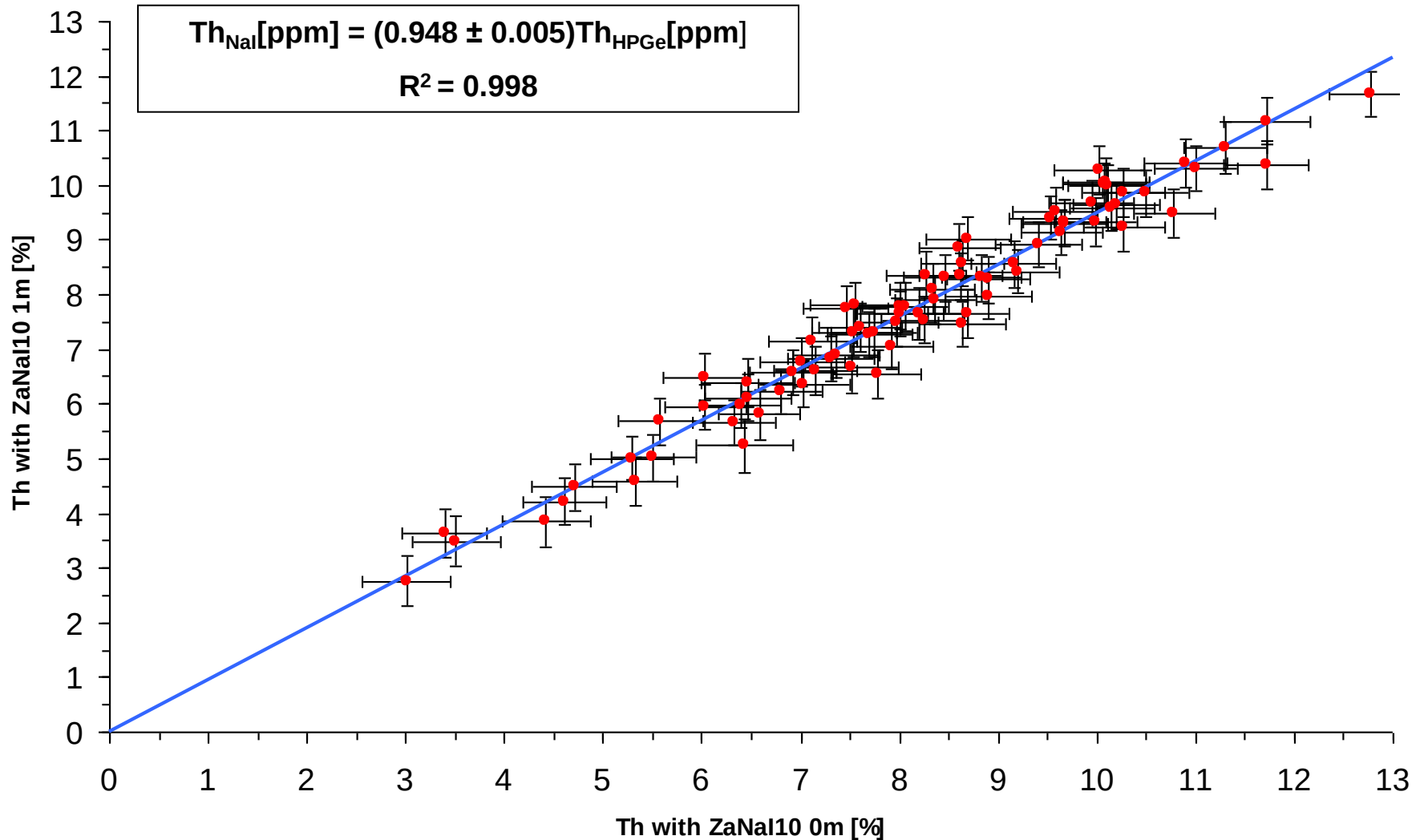
ZaNaI a 0m vs ZaNaI a 1m Potassio



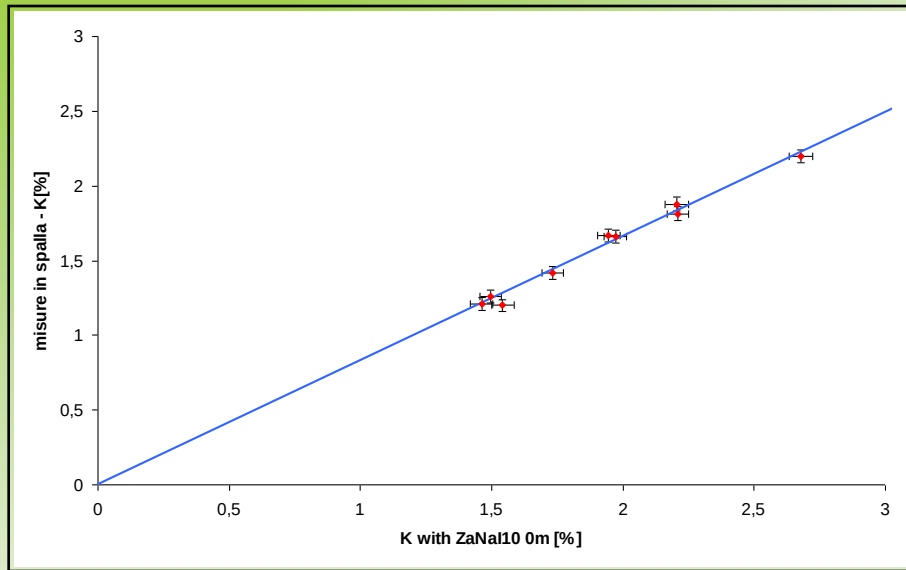
ZaNaI a 0m vs ZaNaI a 1m Uranio



ZaNaI a 0m vs ZaNaI a 1m Torio

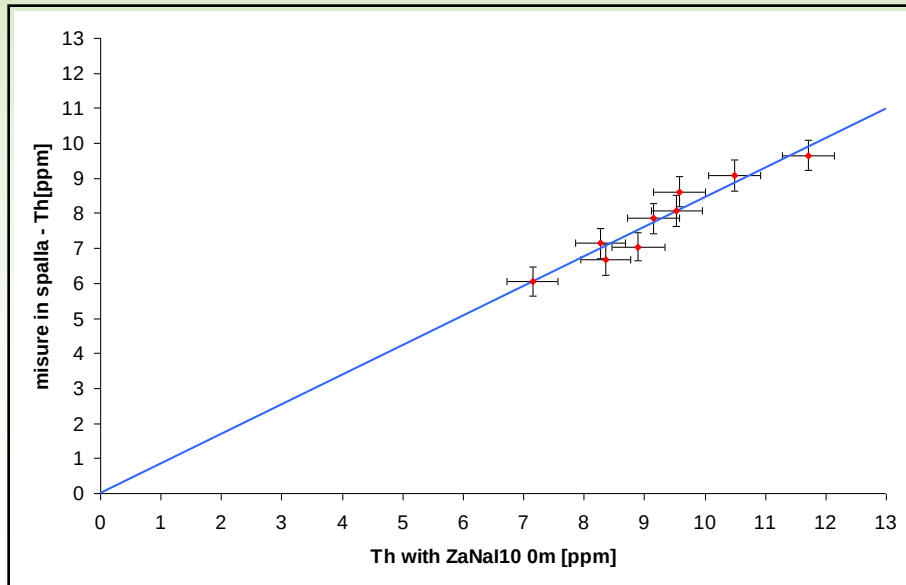


(ZaNaI_10 0m) vs (ZaNaI_10 spalla)



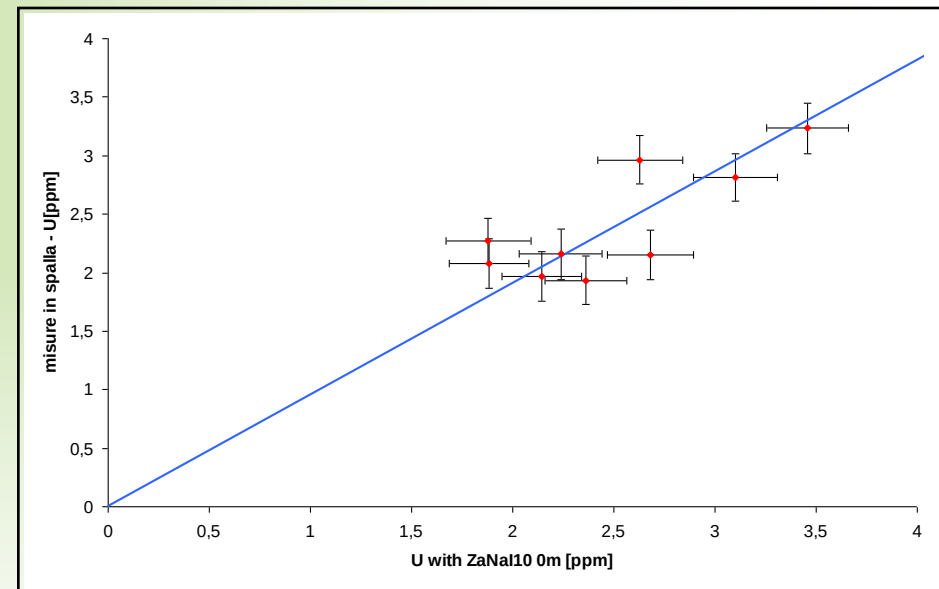
$$K_{\text{NaI}}[\%] = (0.83 \pm 0.01) K_{\text{HPGe}}[\%]$$

$$R^2 = 0.999$$



$$Th_{\text{NaI}}[\text{ppm}] = (0.84 \pm 0.01) Th_{\text{HPGe}}[\text{ppm}]$$

$$R^2 = 0.999$$



$$U_{\text{NaI}}[\text{ppm}] = (0.95 \pm 0.04) U_{\text{HPGe}}[\text{ppm}]$$

$$R^2 = 0.985$$

Conclusioni e Prospettive

- ✓ Dall'analisi dei dati è emerso che la correlazione delle abbondanze ottenute tra misure in situ e misure sui campioni in laboratorio è sempre eccellente (R^2 sempre maggiore di 0.98);
- ✓ Confrontando le abbondanze ottenute con lo ZaNal_10 nelle configurazioni a terra, ad 1m di altezza e in spalla, è stato possibile valutare sperimentalmente le correzioni da apportare tra le diverse configurazioni:

	Correzione ad 1m d'altezza rispetto alla misura a terra	Correzione dovuta alla presenza di un operatore rispetto alla misura a terra
^{40}K	$(5.7 \pm 0.4) \%$	$(17 \pm 1) \%$
eTh	$(5.2 \pm 0.5) \%$	$(15 \pm 1) \%$

- ✓ Grazie al metodo d'analisi NNLS, all'alto numero di siti investigati ed alla loro omogeneità si arriva ad valutazione dei parametri di correzione con incertezze dell'ordine dell'1%.
- ✓ Come atteso dai modelli teorici, le correzioni per diverse configurazioni sono inferiori per raggi gamma di energia maggiore.

Conclusioni e Prospettive

✓ Nel caso dell'Uranio la correzione è molto più complessa: durante la misura in situ, la presenza di Rn in aria perturba il segnale, che è influenzato pertanto non solo dalla configurazione geometrica dell'acquisizione ma anche da altri parametri fisici.



✓ Uno studio più approfondito delle influenze dei parametri fisici e geologici raccolti nel database durante la campagna di misura potranno fornire informazioni per un'analisi più raffinata.

✓ Alla luce delle prestazioni misurate, lo Za_Na10 si candida come un ottimo strumento per il monitoraggio della radioattività naturale ed artificiale in siti naturali ed in discariche

Grazie per l'attenzione

