



Studio del contenuto di radionuclidi e di calore radiogenico delle rocce del complesso plutonico Carbonifero-Permiano sardo

Relatore:

Dott. Fabio Mantovani

Laureando:

Nicola Tesaro

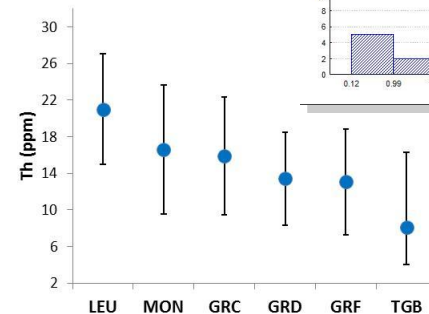
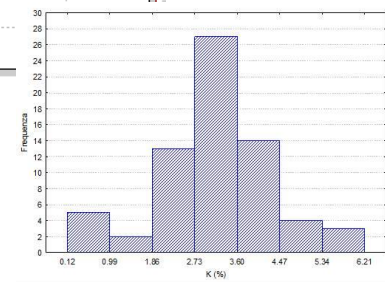
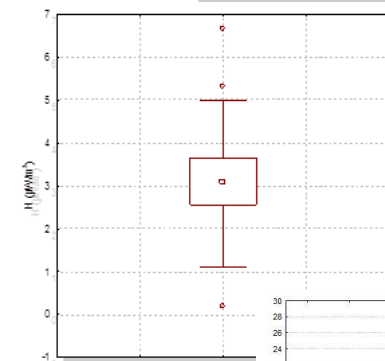
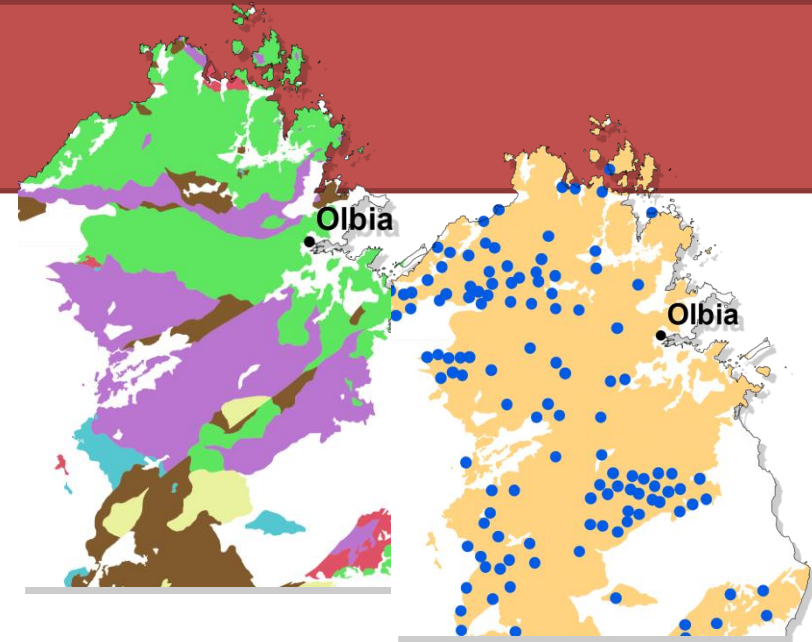
Correlatrice:

Dott.ssa Virginia Strati

Anno Accademico 2016/2017

SOMMARIO

- La radioattività terrestre ed il calore radiogenico
- Il complesso plutonico Carbonifero - Permiano sardo
- Campionamento e strumentazione
- Analisi statistiche di U, Th, K e calore radiogenico
- Sintesi dei risultati
- Conclusioni

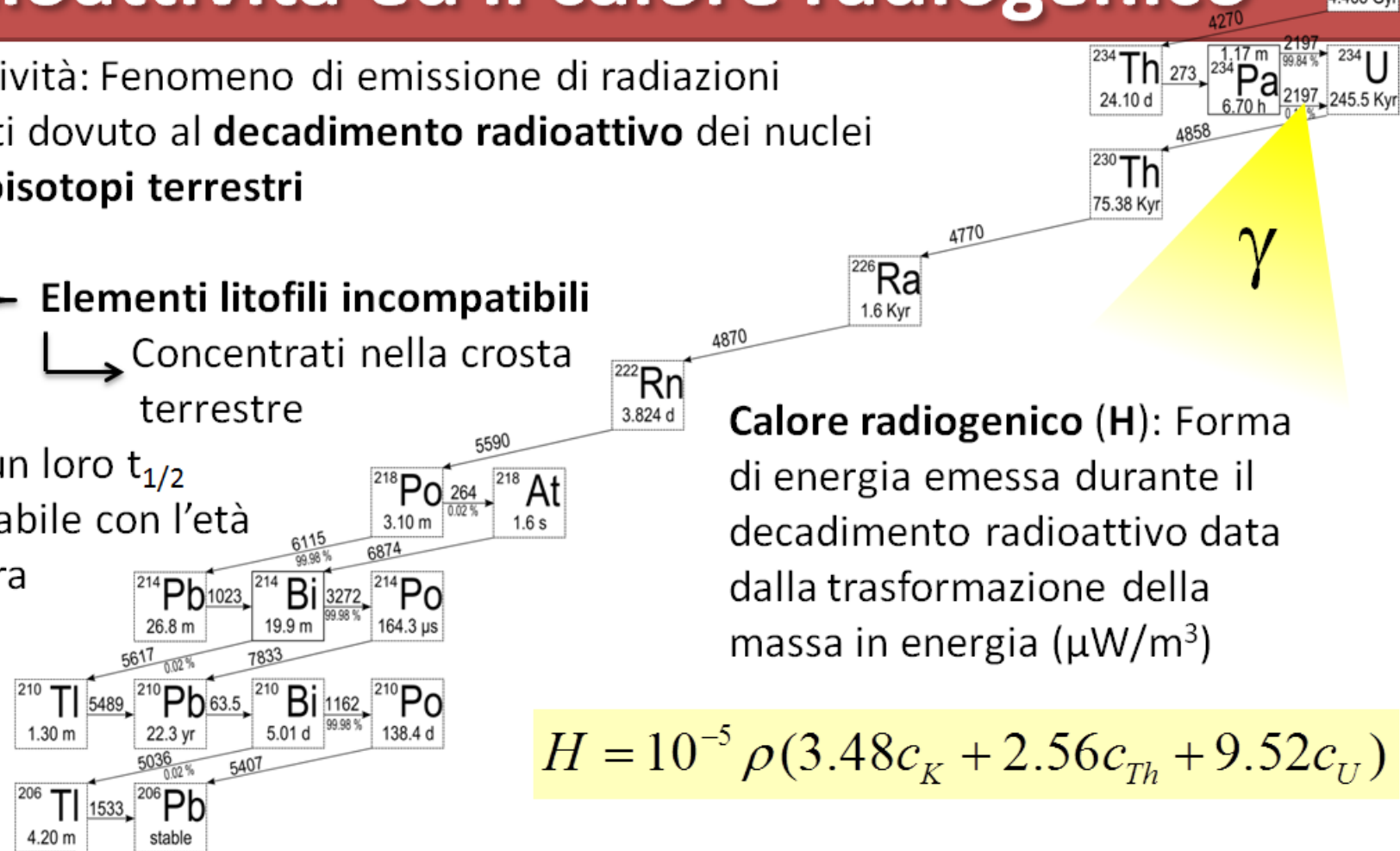


La radioattività ed il calore radiogenico

- Radioattività: Fenomeno di emissione di radiazioni ionizzanti dovuto al **decadimento radioattivo** dei nuclei dei **radioisotopi terrestri**

- ^{40}K
 - ^{238}U
 - ^{232}Th
- Elementi litofili incompatibili
 Concentrati nella crosta terrestre

- Hanno un loro $t_{1/2}$ confrontabile con l'età della Terra



Calore radiogenico (H): Forma di energia emessa durante il decadimento radioattivo data dalla trasformazione della massa in energia ($\mu\text{W}/\text{m}^3$)




$$H = 10^{-5} \rho (3.48c_K + 2.56c_{Th} + 9.52c_U)$$

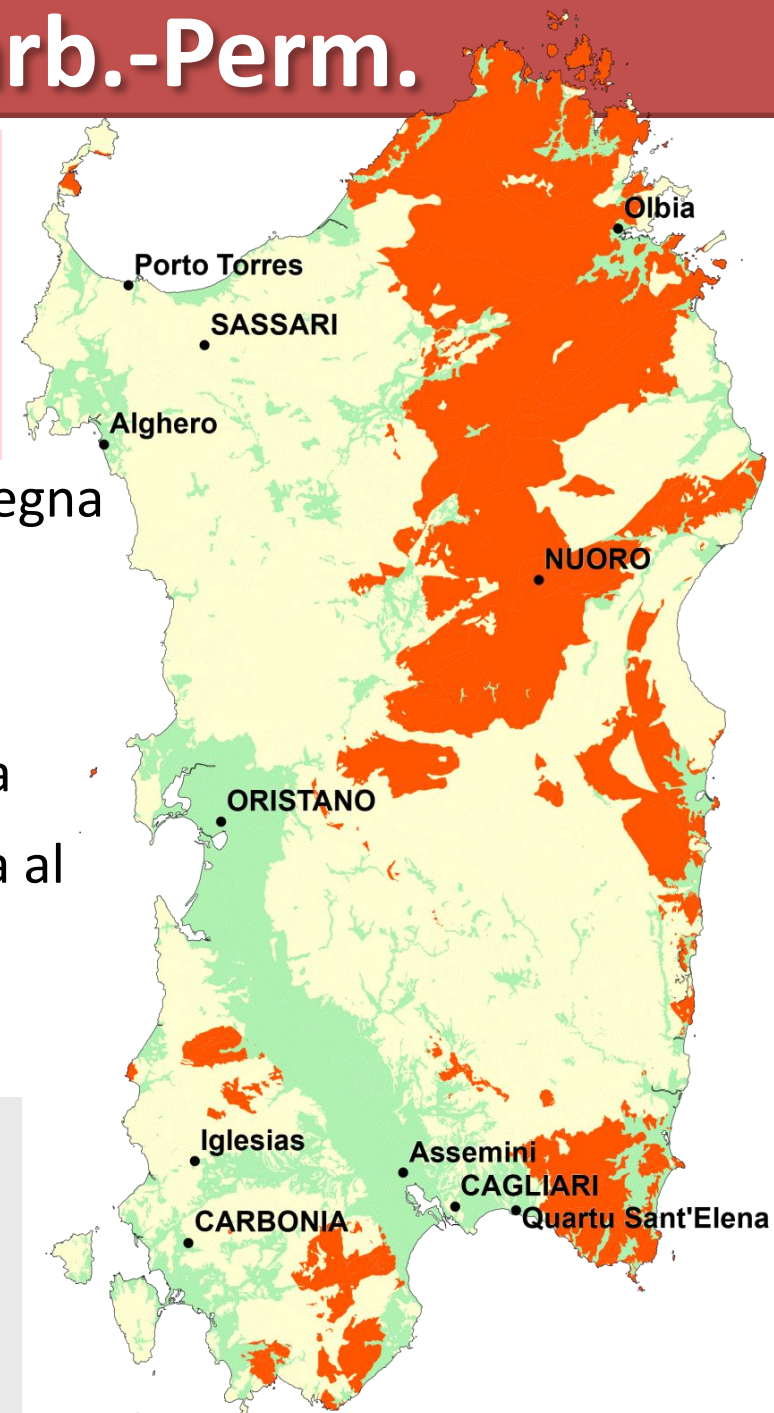
Radionuclide	$\epsilon_H (\text{W} \cdot \text{kg}^{-1})$	Abb. tipica nella crosta cont.	Abb. Isotopiche (%)
K (%)	$3.48 \cdot 10^{-9}$	2.32 ± 0.19	$^{40}\text{K} = 0.01$
U (ppm)	$9.52 \cdot 10^{-5}$	2.7 ± 0.6	$^{238}\text{U} = 99.3; ^{235}\text{U} = 0.7$
Th (ppm)	$2.56 \cdot 10^{-5}$	10.5 ± 1.0	100

Il complesso plutonico Carb.-Perm.

Obiettivo: studiare la distribuzione dei radionuclidi e la produzione di calore radiogenico nel complesso plutonico Carbonifero-Permiano.

- Costituisce il 27% della superficie della Sardegna
- Appartiene al **Batolite sardo-corso**, uno dei Batoliti più importanti della catena Ercinica.
- Messa in posto in ≈ 40 Ma (320 - 280 Ma) da ricondurre alla **tettonica estensionale** legata al collasso gravitativo della catena.
- Caratterizzato da **affinità calcicalina**.

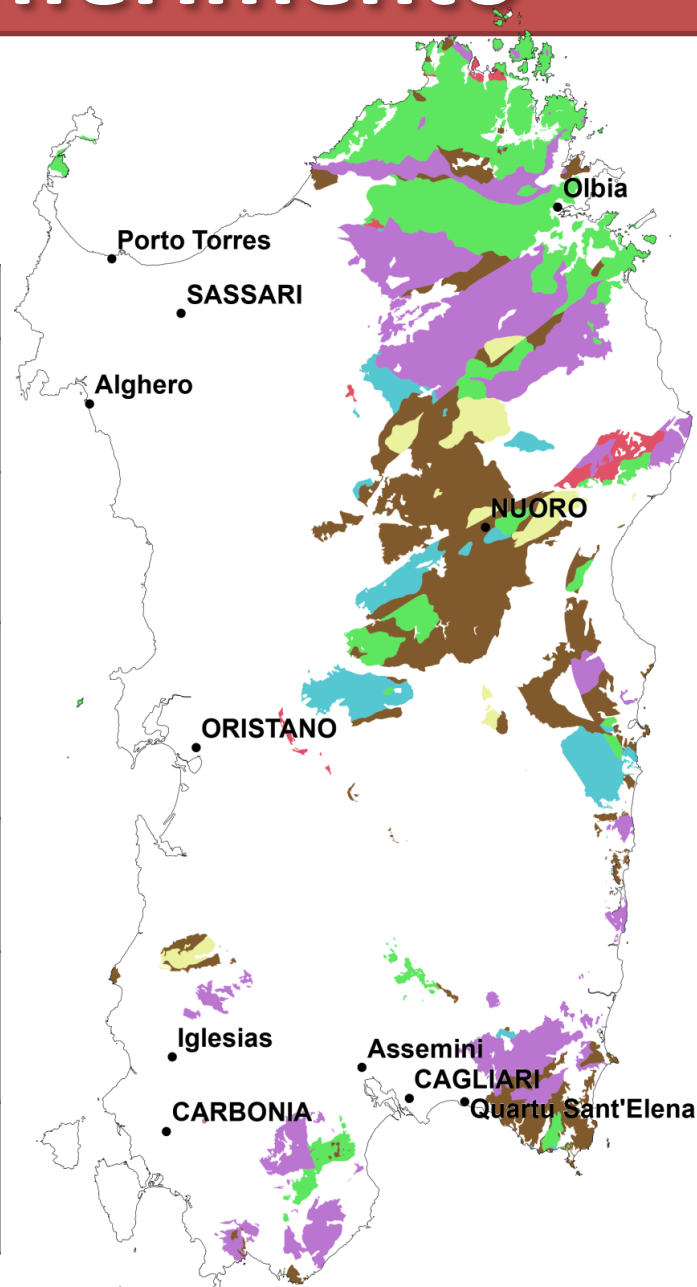
-  Complesso plutonico Carb.-Perm.
-  Depositi quaternari
-  Altre formazioni rocciose



La carta geologica di riferimento

Secondo la Carta Geologica della Sardegna a scala 1:250.000*, utilizzata come riferimento per questo lavoro, il complesso è diviso in **6 unità cartografiche (UC)**:

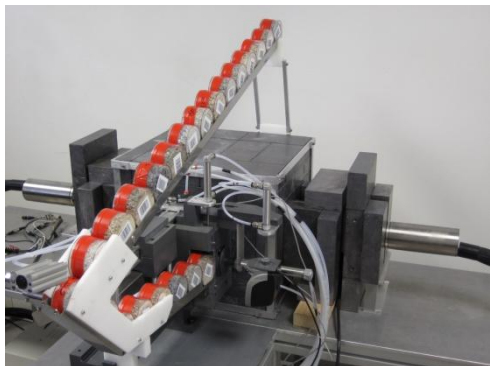
Sigla	Nome	Area (%)	Note
LEU	Leucograniti equigranulari e a granato	29	Ricchi di K-feldspato e poveri in biotite
MON	Monzograniti equigranulari, inequigranulari e sieniti sodiche	27	Presenza di fenocristalli di K-feldspato e poca biotite
GRD	Granodioriti equigranulari, inequigranulari, tonalitiche	29	Presenza di fenocristalli di K-feldspato, biotite e minerali femici isorientati per il flusso magmatico
TGB	Tonaliti, Gabbri e masse gabbro-tonalitiche	8	Rocce intrusive all'interno di granodioriti e monzograniti
GRC	Granitoidi a cordierite	4	Intrusioni granodioritiche e leucogranitiche con carattere peralluminoso
GRF	Granitoidi foliati	2	Granitoidi caratterizzati da forti isorientazioni dei cristalli



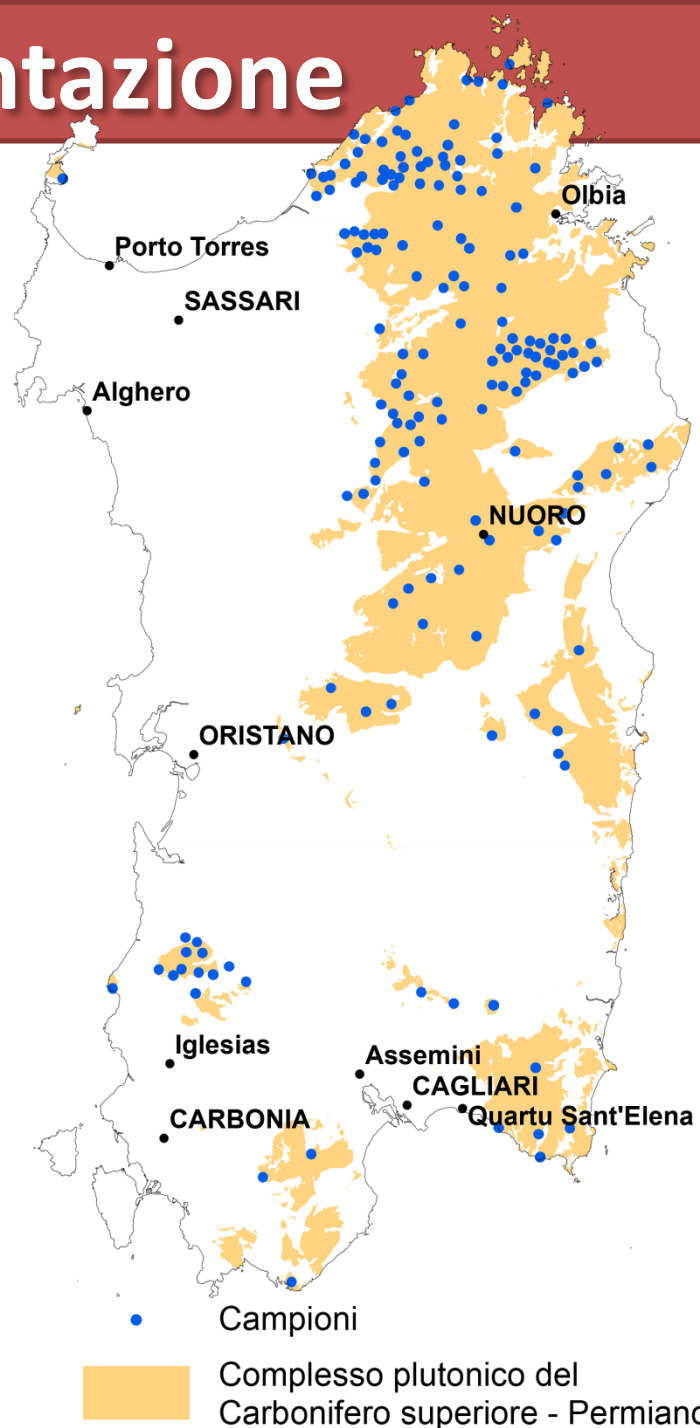
* Carmignani et al. "The geological map of Sardinia (Italy) at 1:250,000 scale. - Journal of Maps - 2015

Campionamento e strumentazione

- 314 campioni di rocce campionate dai geologi dell'Università di Sassari in numero proporzionale alla superficie delle UC
- Strumento per l'analisi: spettrometro gamma (MCA_Rad) con 2 HPGe schermato al Pb e Cu con sistema automatizzato di misura

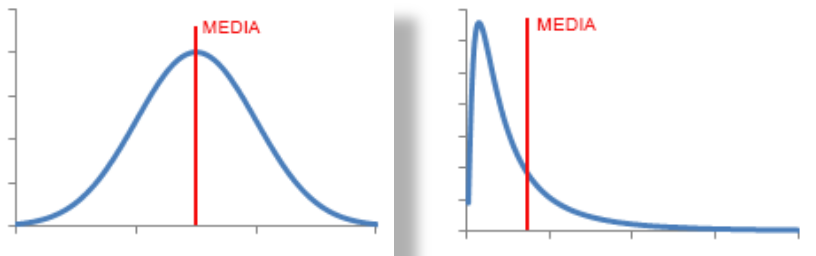


UC	Area (km ²)	Campioni	Distribuzione
LEU	1895	128	1 campione/15 km ²
MON	1762	65	1 campione/27 km ²
GRD	1898	69	1 campione/27 km ²
TGB	517	21	1 campione/25 km ²
GRC	297	17	1 campione/17 km ²
GRF	117	14	1 campione/8 km ²



Analisi statistiche delle misure

A fronte di un grande dataset di valori di abbondanze di U, Th e K è importante applicare strumenti statistici che permettano di estrarre informazioni di qualità



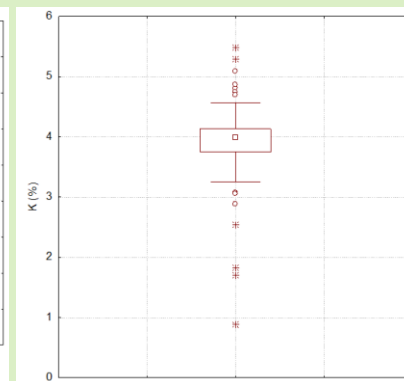
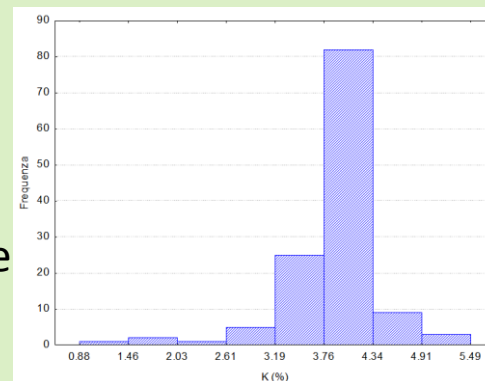
La scelta del valore più rappresentativo di una UC e della relativa incertezza ($a \pm \sigma$) dipende dalla forma della distribuzione

The lognormal distribution of the elements¹
(A fundamental law of geochemistry and its subsidiary)
L. H. AHRENS
Department of Geology and Geophysics, Massachusetts Institute of Technology²
(Received 3 November 1953)
Geochimica et Cosmochimica Acta, 1954, Vol. 5, pp. 49 to 73. Pergamon Press Ltd., London

Per ciascuna delle 6 UC del complesso plutonico Carbonifero-Permiano è stata applicata per $a(U)$, $a(Th)$, $a(K)$ e H una metodologia analisi statistica che comprende le seguenti fasi:

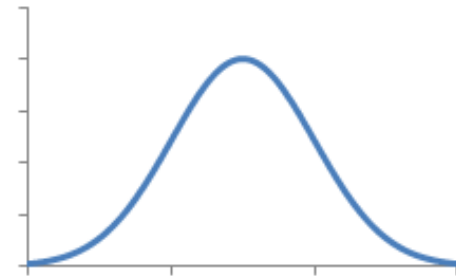
	K	U	Th	H
Massimo	5.49 %	12.2 ppm	43.8 ppm	6.67 $\mu\text{W}/\text{m}^3$
Minimo	0.88 %	0.3 ppm	0.8 ppm	0.21 $\mu\text{W}/\text{m}^3$
Media	3.90 %	5.0 ppm	21.0 ppm	3.16 $\mu\text{W}/\text{m}^3$
Mediana	3.98 %	4.7 ppm	20.8 ppm	3.11 $\mu\text{W}/\text{m}^3$
Dev. Standard	0.57 %	2.1 ppm	6.0 ppm	0.87 $\mu\text{W}/\text{m}^3$
Asimmetria	-1.8	0.9	0.1	0.3

- **statistica descrittiva**
- costruzione dell'**istogramma** di frequenza
- realizzazione del **boxplot**
- studio delle **distribuzioni** ed eventuali asimmetrie
- **scelta** dei parametri descritti della distribuzione

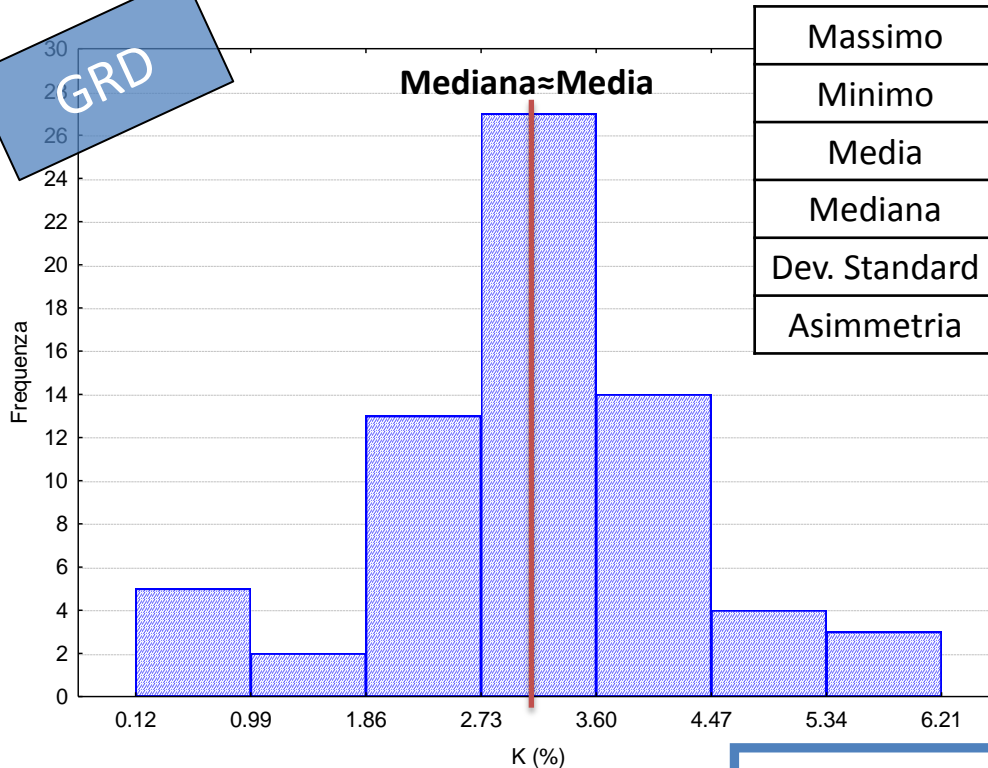


Distribuzione normale del K

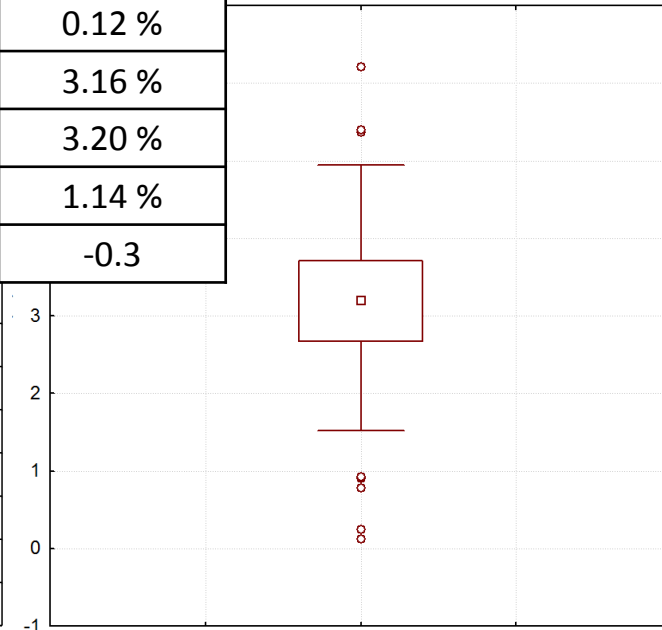
- Si osserva che nelle UC analizzate il K segue sempre una **distribuzione normale**.
- La **media** e la **deviazione standard** sono state utilizzate per descrivere rispettivamente il valore centrale e l'incertezza delle distribuzioni.



GRD



Massimo	6.21 %
Minimo	0.12 %
Media	3.16 %
Mediana	3.20 %
Dev. Standard	1.14 %
Asimmetria	-0.3

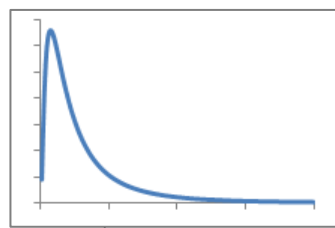


□ Median = 3.195
□ 25%-75% = (2.67, 3.71)
| Non-Outlier Range = (1.52, 4.94)
○ Outliers
* Extremes

$$K = 3.16 \pm 1.14 \%$$

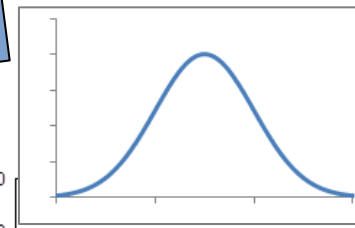
Distribuzione lognormale di U

- Si osserva che nelle UC analizzate l'U tende a seguire una **distribuzione lognormale**.
- Sono state studiate le distribuzioni dei dati **ln(U)**
- Le medie e le deviazioni standard di ln(U) sono state opportunamente trasformate in modo tale da ottenere il **valore centrale**, l'**incertezza positiva e negativa** della distribuzione dei valori di U.

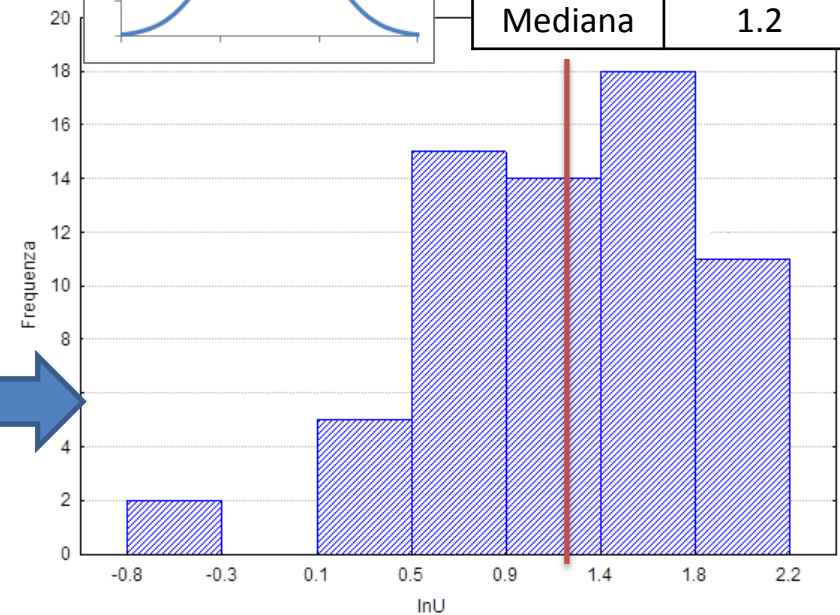
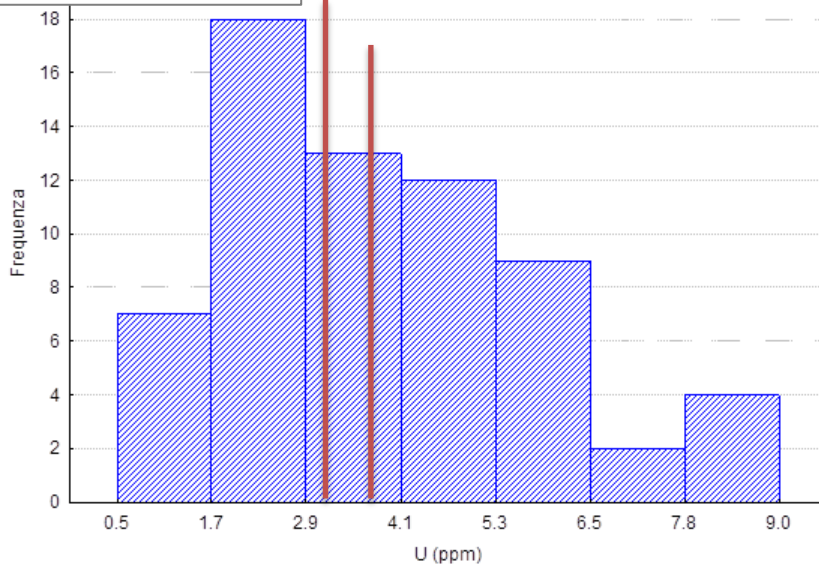


U	Media
Media	3.8
Mediana	3.4

MON

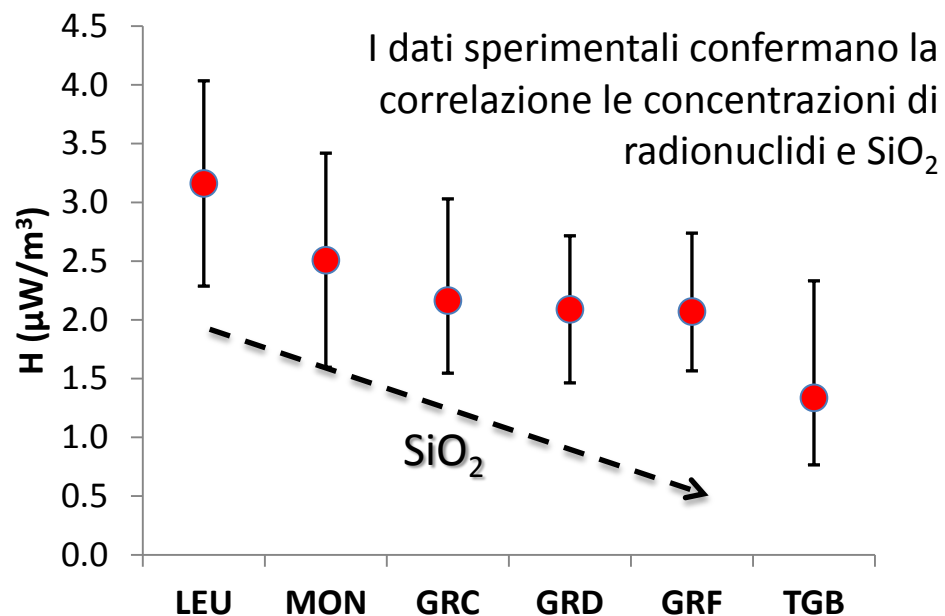
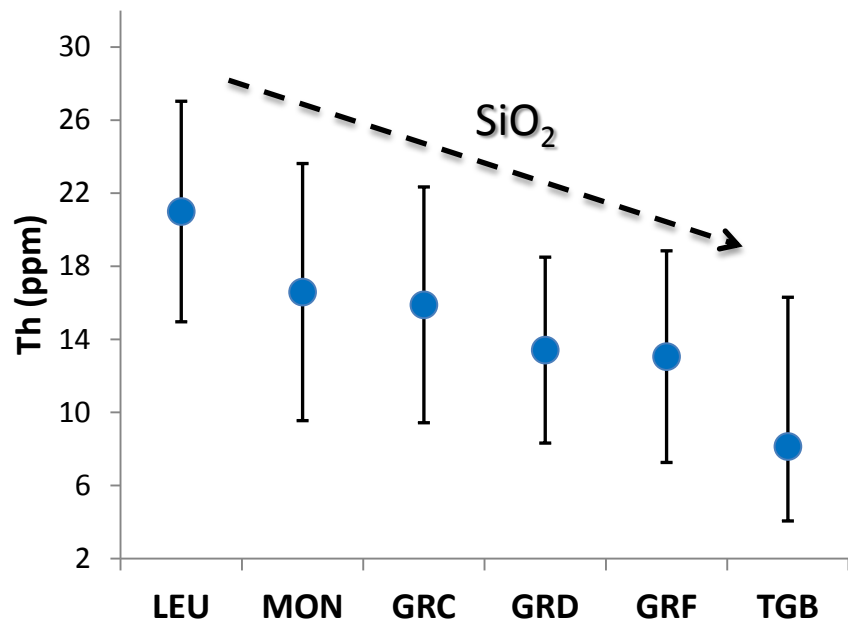
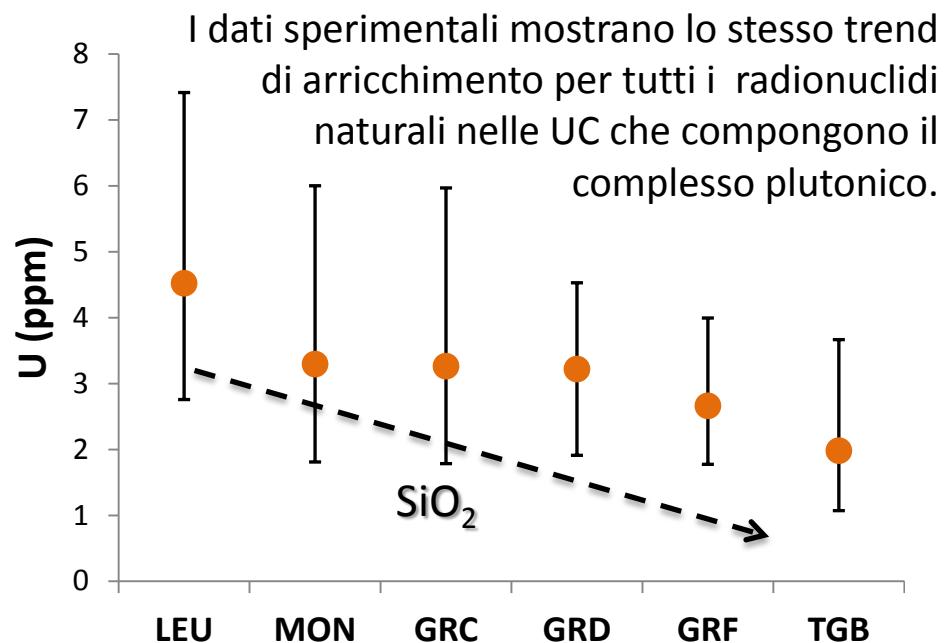
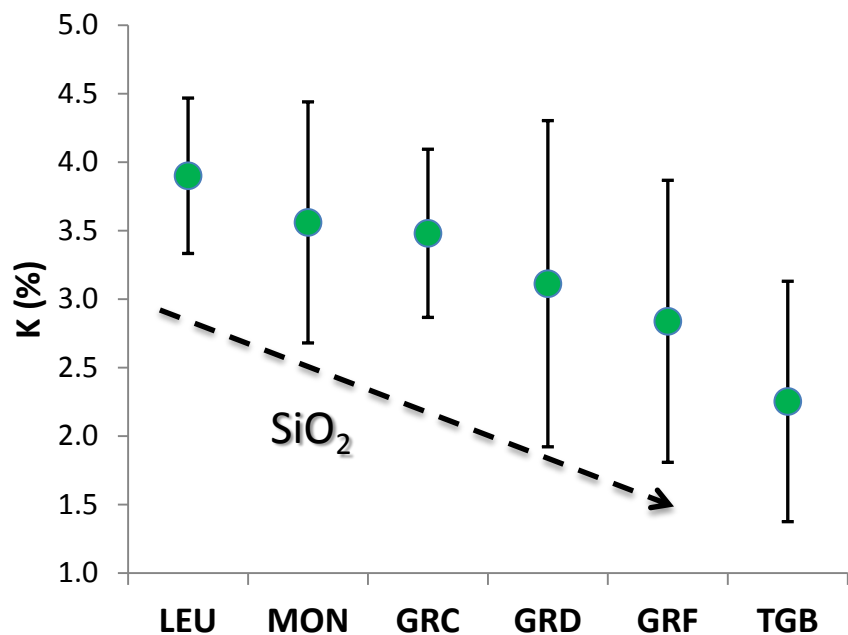


ln (U)	Media
Media	1.2
Mediana	1.2



$$U = 3.3^{+2.7}_{-1.5} \text{ ppm}$$

Risultati ed evidenze sperimentali



CONCLUSIONI

- Le analisi statistiche condotte sul dataset di **314** campioni hanno permesso di stimare i valori medi e le incertezze di **K, U, Th e calore (H)** di ciascuna UC.
- Il **complesso plutonico Carb.-Perm.** presenta valori medi di concentrazioni di radionuclidi naturali superiori a quelle tipiche della crosta continentale.
- Dallo studio delle distribuzioni è emerso che il K segue sempre una **distribuzione normale** mentre l'U (e più raramente il Th) seguono una **distribuzione lognormale**, tipica degli elementi in traccia nelle rocce ignee.
- Si può osservare un incremento della concentrazione dei radioisotopi con l'aumento del contenuto di silice (SiO_2) legato al trend di **differenziazione magmatica**: l'UC **LEU**, costituita da plutoniti più acide, presenta le concentrazioni più elevate. I valori più bassi sono registrati nelle intrusioni più basiche dell'UC **TGB**.

	Campioni	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	H ($\mu\text{W}/\text{m}^3$)
LEU	128	3.90 ± 0.57	$4.5^{+2.9}_{-1.8}$	21.0 ± 6.0	3.16 ± 0.87
MON	65	3.56 ± 0.88	$3.3^{+2.7}_{-1.5}$	16.6 ± 7.0	2.51 ± 0.91
GRD	69	3.16 ± 1.14	3.2 ± 1.3	13.4 ± 5.1	2.09 ± 0.63
TGB	21	2.25 ± 0.88	$2.0^{+1.7}_{-0.9}$	$8.1^{+8.2}_{-4.1}$	$1.34^{+1.00}_{-0.57}$
GRC	17	3.48 ± 0.61	$3.3^{+2.7}_{-1.5}$	13.1 ± 5.8	$2.16^{+0.87}_{-0.62}$
GRF	14	2.84 ± 1.03	$2.7^{+1.3}_{-0.9}$	15.9 ± 6.5	$2.07^{+0.67}_{-0.50}$
Complesso Plutonico	314	3.49 ± 0.95	$3.5^{+2.7}_{-1.5}$	17.0 ± 7.1	2.59 ± 0.96
Crosta continentale	-	2.32 ± 0.19	2.7 ± 0.6	10.5 ± 1.0	1.67 ± 0.25

Grazie per l'attenzione!!