Radionuclidi naturali nelle rocce del Piemonte: verso la definizione del potenziale geogenico radon

Paolo Falletti(*), Enrico Chiaberto(§), Elena Serena(§), Anna Prandstatter(§), Rosamaria Tripodi(§), Mauro Magnoni(§), Anselmo Cucchi(^)

(*) Arpa Piemonte, Dipartimento Geologia e dissesto, Biella;
(§) Arpa Piemonte, Dipartimento Radiazioni;
(^) Arpa Piemonte, Dipartimento di Alessandria e Asti;

VI CONVEGNO NAZIONALE AGENTI FISICI

ALESSANDRIA 7 GIUGNO 2016

Questo studio ha come base dati
le concentrazione di radionuclidi
nelle rocce e nei terreni piemontesi
(220 campioni)
e le misure di radon indoor
(3700 misure)

Il punto di arrivo è la classificazione
del territorio regionale sotto diversi aspetti:

potenziale geogenico

mappatura del radon

componente terrestre del rateo di dose gamma

Potenziale geogenico del radon

Non c'è un modo univoco di definire
il potenziale geogenico:

è noto e diffuso* l'approccio di Neznal**

$$RP = \frac{C_{\infty}}{-\log(k) - 10}$$

indipendente dall'edificio, misura "istantanea" e puntuale,
incertezza di misura elevata

** European Geogenic Radon Mapper (EGRM)
*Neznal M. et al. (2004): The new method for assessing the radon risk of building sites.- Czech. Geol. Survey Special Papers, 47. p., CGS Prague.

non siamo in grado di applicarlo per due motivi:

1) la difficoltà di valutare il radon nel suolo (C_∞) laddove la copertura è ridotta o assente (territori montani)
o rielaborata a causa dell'intensa antropizzazione.

2) La geologia del Piemonte presenta un contesto geomorfologico, geologico e tettonico reso complesso e articolato dall'orogenesi alpina ed appenninica: difficile valutare la permeabilità k

L’approccio da noi utilizzato per definire un potenziale geogenico del radon in Piemonte è di tipo sperimentale.

Sono state classificate le litologie in classi “radiogeolitologiche” facendo uso delle misure di contenuto radioattivo delle rocce (ma non solo) per poi calcolare la media sperimentale radon in tali unità.

potremmo chiamarlo potenziale “geoantropogenico”:
si utilizzano le misure annuali del radon che mediano
sulla tipologia edilizia
e sulle fluttuazioni stagionali

Mappatura radon

Compito istituzionale demandato alle Regioni e svolto da ARPA.

Si è scelta una suddivisione del territorio in unità amministrative e si impiega un modello che utilizza
da un lato
le concentrazioni sperimentali su base comunale
e dall'altro
le concentrazioni sovrapposte ad una classificazione radiogeolitologica del territorio

(potenziale geogenico)

Costruzione della mappa radon

Nelle unità amministrative con scarsità di punti sperimentali si ottiene un valore di radon dalle medie sperimentali delle aree “radiogeolitologiche” che insistono sul territorio comunale.

$$MA_j = \sum_{k=1}^{p} \frac{AL_k \cap AC_j}{AC_j} \cdot ML_k$$

Il modello supera in parte alcuni problemi legati alla variabilità antropogenica del radon che elaborazioni basate puramente sulla geolitologia non risolvono.

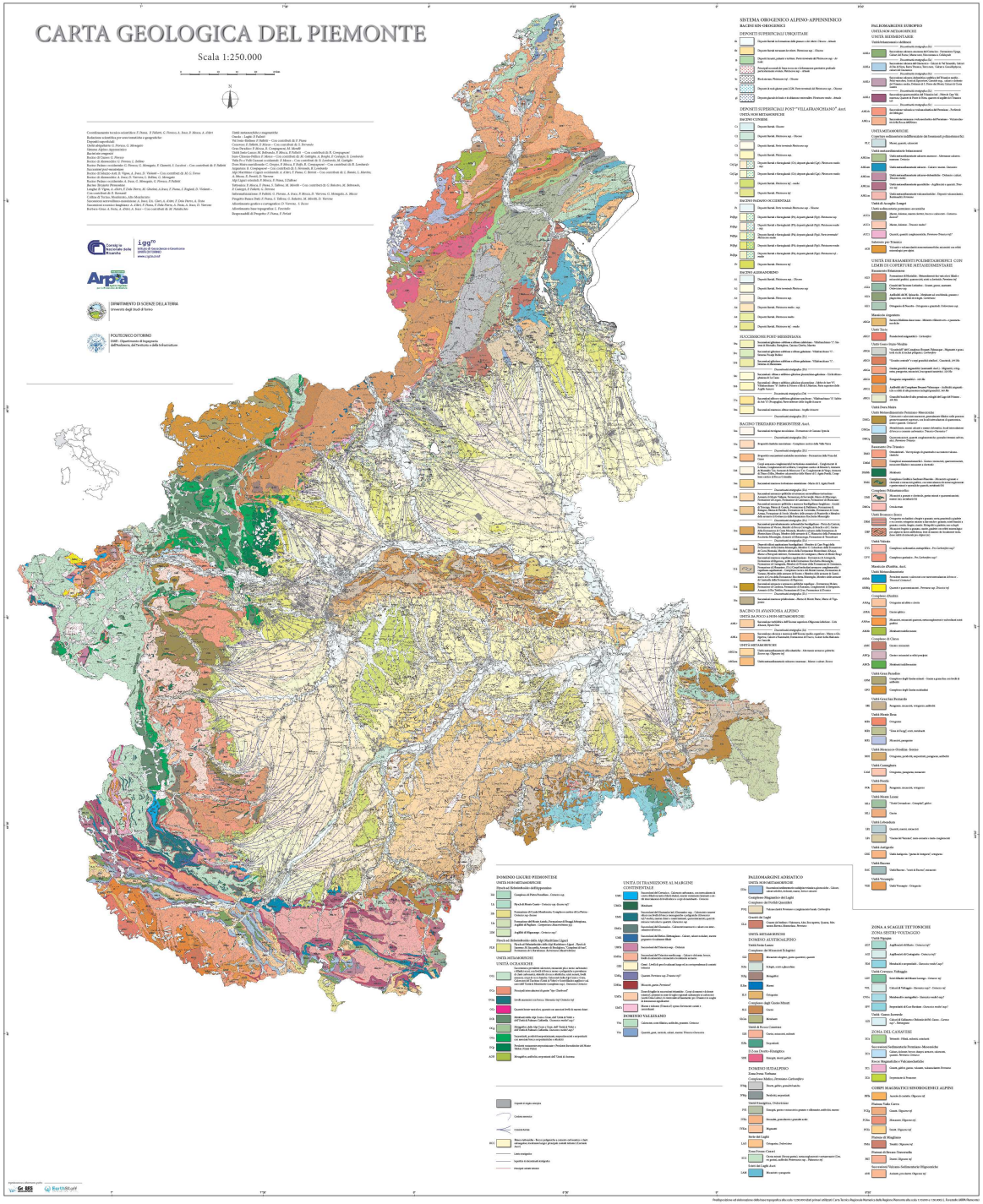
Questo perché nel calcolo delle ML_k per le unità “radiogeolitologiche” ci basiamo sempre su misure di concentrazione radon

(~3700 misure per 26 classi radiogeolitologiche)

La componente terrestre della dose gamma

La radioattività delle rocce e del suolo costituisce uno dei principali contributi al fondo di radiazione naturale, che dal punto di vista ambientale rappresenta un elemento di conoscenza di base necessario ad esempio per la valutazione dell'eventuale dispersione in ambiente di contaminazione radioattiva di origine antropica.

Per tale elaborazione sono state utilizzate le concentrazioni di di uranio, torio e potassio ottenute sulle classi radiogeolitologiche e i noti coefficienti di Beck nell'approssimazione di suolo piano infinito



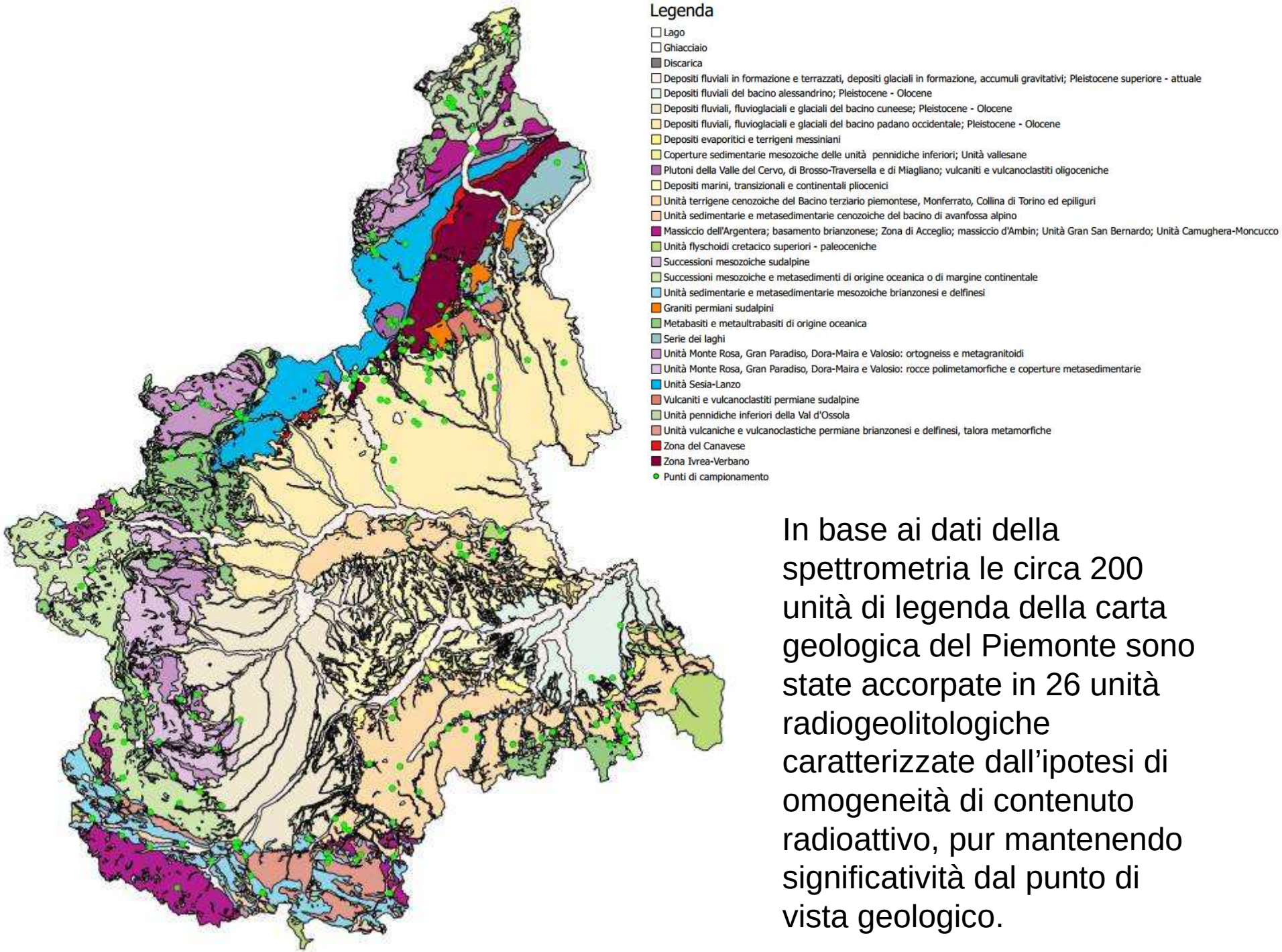
Carta geologica del Piemonte alla scala 1:250.000: sintesi della cartografia geologica esistente, comprendente le diverse edizioni della carta geologica d'Italia e i lavori pubblicati.

200 unità di legenda, definite da criteri litologici, stratigrafici e genetici.
Le unità alpine e appenniniche sono individuate in base ai classici criteri connessi all'evoluzione strutturale e metamorfica della catena e all'ubicazione delle unità nel quadro paleogeografico anteriore alla chiusura dell'oceano ligure-piemontese e alla formazione della catena stessa.

Campione	Litologia	Comune	Prov.	Unità	^{232}Th	^{238}U	^{40}K
05/01889	Marna	CASTAGNOLE DELLE LANZE	AT	7	38,37	26,44	623,60
05/01893	Marna argillosa	MONASTERO BORMIDA	AT	7	25,23	24,80	470,26
07/001619	Calcescisto	LIMONE PIEMONTE	CN	8	71,78	31,52	856,15
07/001672	Porfiroide	FRABOSA SOPRANA	CN	12	62,01	37,64	<46,62
07/011125	Pirossenite	BALME	TO	19	1,11	1,38	238,97
07/011129	Metaultrabasite	ALA DI STURA	TO	19	<0,21	<0,31	<3,04
07/011133	Gneiss occhiadino	CERESOLE REALE	TO	16	70,54	68,04	1308,20
07/011171	Marna siltosa	ARQUATA SCRIVIA	AL	7	52,50	28,34	511,86
07/021229	Conglomerato poligenico	BAGNASCO	CN	7	6,46	33,39	122,55
07/021232	Arenaria	CORTEMILIA	CN	7	33,56	21,35	389,58
07/034318	Diorite	TRAVERSELLA	TO	9	87,37	39,86	1423,80
07/035131	Arenaria	MOLARE	AL	7	9,57	11,90	170,95
08/002622	Calcescisto	PRAGELATO	TO	18	55,18	29,13	1125,20
08/002619	Micascisto	NOVALESA	TO	13	36,32	31,45	952,93
08/002652	Serpentinite	CASTELDELFINO	CN	19	0,45	0,89	34,42
08/002660	Calcescisto	CRISSOLO	CN	18	85,42	30,08	796,31
08/002654	Marmo	CASTELMAGNO	CN	18	27,42	10,13	278,27
14/021490	Gneiss aplitico	CHIOMONTE	TO	13	31	31	1196
14/014294	Peridotite	VOLTAGGIO	AL	19	0,10	<0,15	1,31
14/026113	Sienite	SAN PAOLO CERVO	BI	9	369,10	336,13	1670,60
14/026120	Micascisto	SAGLIANO MICCA	BI	20	53,19	33,07	1034,70
14/026127	Gabbro	PIATTO	BI	26	0,48	<0,40	87,04
14/050851	Scisto a glaucofane	SCOPELLO	VC	20	0,70	1,51	23,46
14/050873	Ortogneiss	VALDUGGIA	VC	25	41,73	78,58	1313,90
14/050878	Micascisto	ALAGNA VALSESIA	VC	17	41,40	29,68	817,44
15/019269	Marmo	BORGOFRANCO D'IVREA	TO	24	1,56	2,26	29,82
15/019279	Sabbia limosa	BELLINZAGO NOVARESE	NO	3	62,41	44,22	619,86
16/008668	Micascisto	BAVENO	VB	15	45,33	33,82	980,47
16/08672	Calcescisto	FORMAZZA	VB	14	33,42	24,60	600,06
16/008690	Marna	TORTONA	AL	7	33,78	19,63	502,37
16/008691	Arenaria	PONZANO MONFERRATO	AL	7	17,80	13,89	414,10

Spettrometria gamma

222 campioni analizzati



In base ai dati della spettrometria le circa 200 unità di legenda della carta geologica del Piemonte sono state accorpate in 26 unità radiogeolitologiche caratterizzate dall'ipotesi di omogeneità di contenuto radioattivo, pur mantenendo significatività dal punto di vista geologico.

Media in Bq/kg di ^{232}Th,^{238}U,^{40}K e rateo di dose γ in aria per unità radiogeolitologica

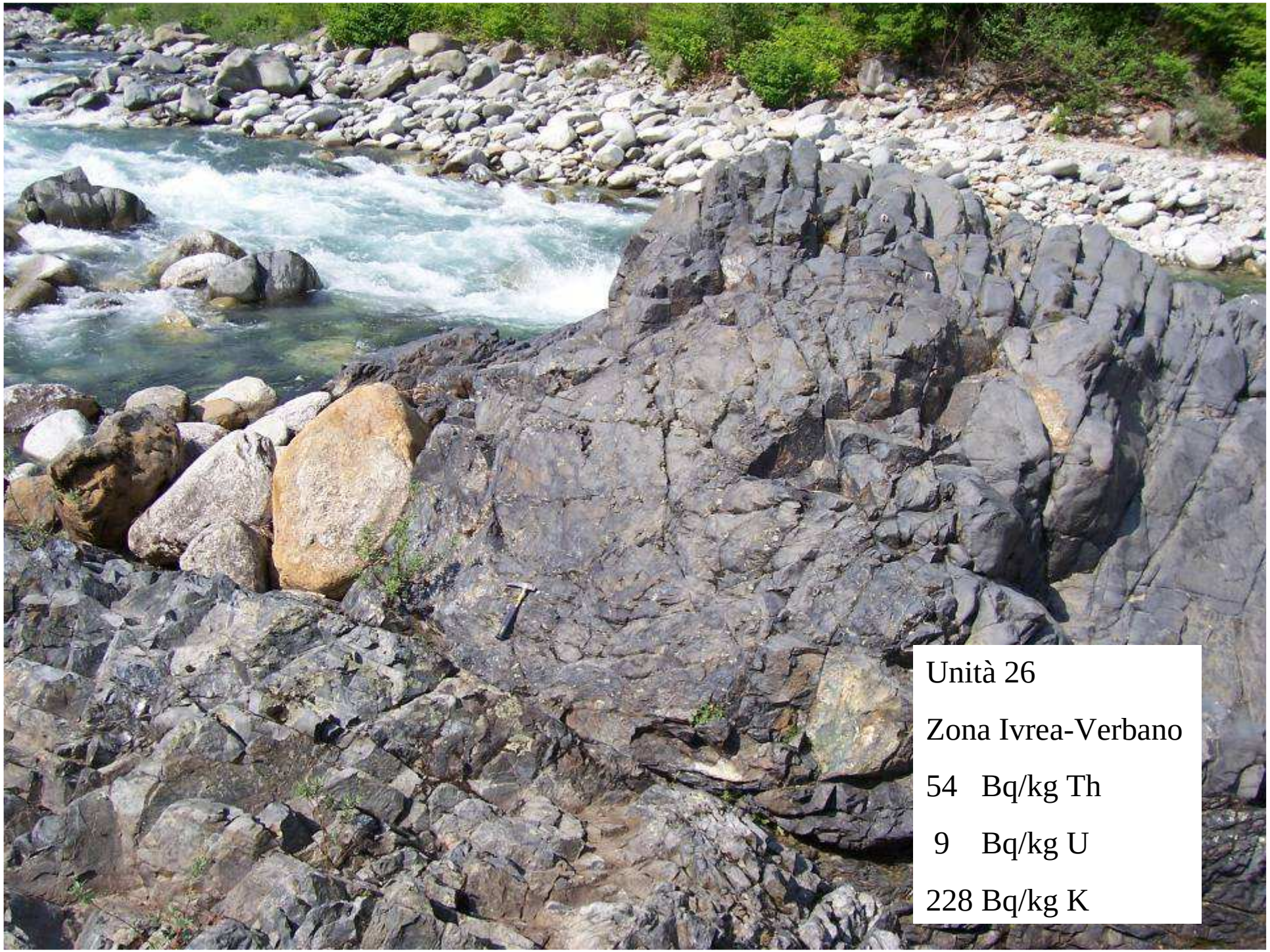
	unità radiogeolitologche	**^{232}Th**	**^{238}U**	**^{40}K**	**Dose (μ Gy/h)**
1	Depositi fluviali in formazione e terrazzati, depositi glaciali in formazione, accumuli gravitativi; Pleistocene superiore - attuale	**44**	**33**	**938**	**0,069**
2	Depositi fluviali, fluvioglaciali e glaciali del bacino cuneese; Pleistocene - Olocene	**38**	**29**	**461**	**0,057**
3	Depositi fluviali, fluvioglaciali e glaciali del bacino padano occidentale; Pleistocene - Olocene	**47**	**35**	**455**	**0,065**
4	Depositi fluviali del bacino alessandrino; Pleistocene - Olocene	**29**	**23**	**468**	**0,048**
5	Depositi marini, transizionali e continentali pliocenici	**26**	**18**	**456**	**0,044**
6	Depositi evaporitici e terrigeni messiniani	**53**	**37**	**644**	**0,078**
7	Unità terrigene cenozoiche del Bacino terziario piemontese, Monferrato, Collina di Torino ed epiliguri	**33**	**24**	**450**	**0,051**
8	Unità sedimentarie e metasedimentarie cenozoiche del bacino di avanfossa alpino	**31**	**17**	**398**	**0,045**
9	Plutoni della Valle del Cervo, di Brosso-Traversella e di Miagliano; vulcaniti e vulcanoclastiti oligoceniche	**164**	**140**	**1141**	**0,217**
10	Unità flyschoidi cretacico superiori - paleoceniche	**13**	**14**	**257**	**0,025**
11	Unità sedimentarie e metasedimentarie mesozoiche brianzonesi e delfinesi	**32**	**21**	**627**	**0,057**
12	Unità vulcaniche e vulcanoclastiche permiane brianzonesi e delfinesi, talora metamorfiche	**100**	**53**	**1805**	**0,165**
13	Massiccio dell'Argentera; basamento brianzonese; Zona di Acceglio; massiccio d'Ambin; unità Gran San Bernardo; unità Camughera-Moncucco	**33**	**42**	**787**	**0,073**
14	Coperture sedimentarie mesozoiche delle unità pennidiche inferiori; unità vallesane	**34**	**28**	**1018**	**0,077**
15	Unità pennidiche inferiori della Val d'Ossola	**43**	**37**	**1066**	**0,089**
16	Unità Monte Rosa, Gran Paradiso, Dora-Maira e Valosio: ortogneiss e metagranitoidi	**66**	**56**	**1321**	**0,124**
17	Unità Monte Rosa, Gran Paradiso, Dora-Maira e Valosio: rocce polimetamorfiche e coperture metasedimentarie	**76**	**35**	**737**	**0,096**
18	Successioni mesozoiche e metasedimenti di origine oceanica o di margine continentale	**40**	**19**	**532**	**0,057**
19	Metabasiti e metaultrabasiti di origine oceanica	**3**	**3**	**111**	**0,008**
20	Unità Sesia-Lanzo	**34**	**33**	**809**	**0,070**
21	Zona del Canavese	**75**	**31**	**651**	**0,091**
22	Successioni mesozoiche sudalpine	**0,4**	**11**	**12**	**0,006**
23	Vulcaniti e vulcanoclastiti permiane sudalpine	**77**	**46**	**1285**	**0,124**
24	Graniti permiani sudalpini	**45**	**29**	**912**	**0,081**
25	Serie dei laghi	**49**	**43**	**805**	**0,085**
26	Zona Ivrea-Verbano	**54**	**9**	**228**	**0,049**

I valori più alti di concentrazione naturale di radionuclidi si riscontrano nelle rocce intrusive con elevata contaminazione crostale e nelle rocce vulcaniche acide.

Al contrario le rocce basiche e ultrabasiche presentano sempre valori bassi e molto bassi indipendentemente dall'aver subito o meno trasformazioni metamorfiche.

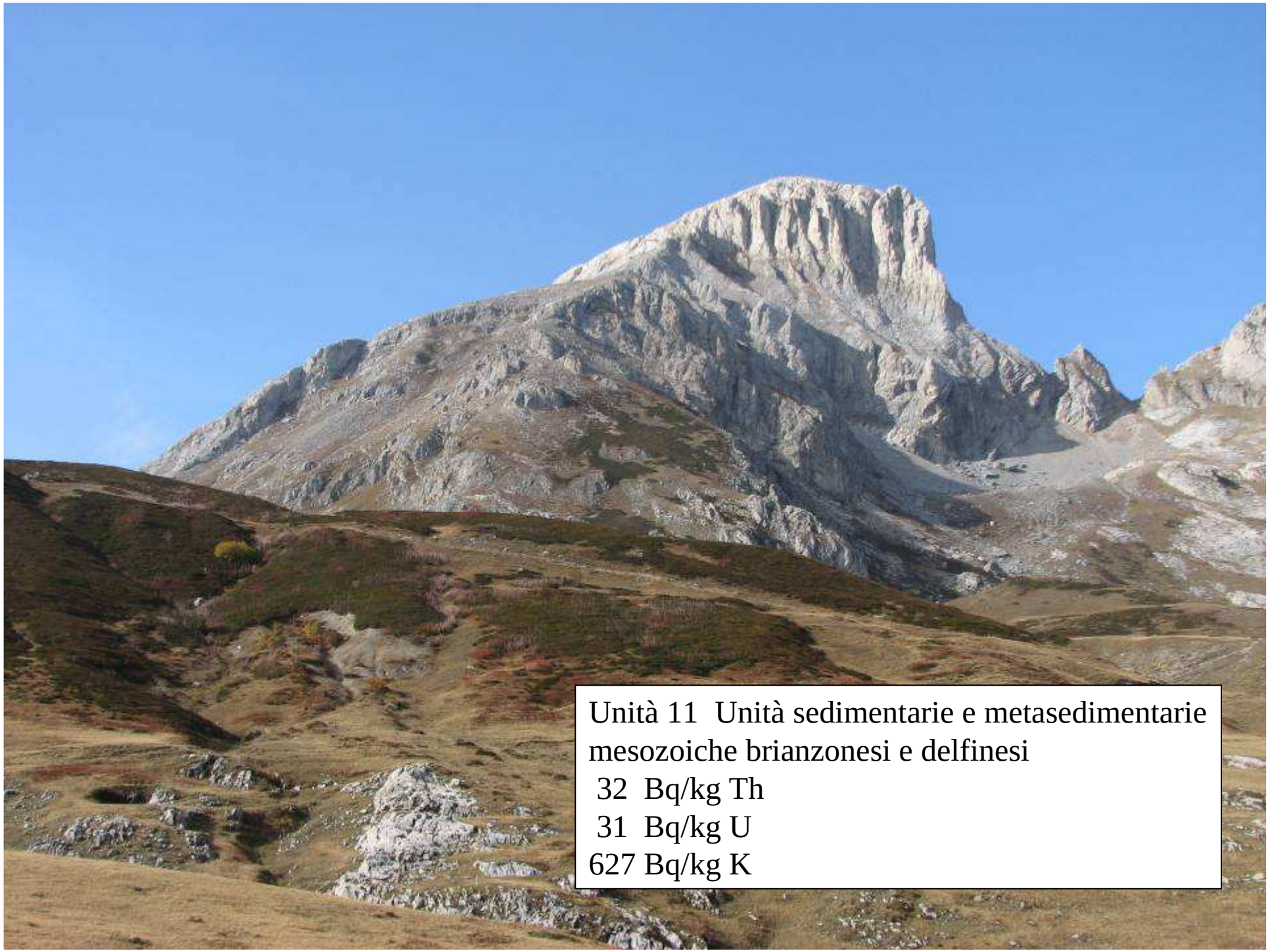
Le rocce sedimentarie presentano in genere valori bassi, in particolare le rocce carbonatiche.

I depositi fluviali, fluvioglaciali e glaciali quaternari in generale non hanno valori elevati; tuttavia si osserva una significativa variabilità rispetto alla radioattività naturale in relazione alla natura litologica degli apporti clastici, in quanto in alcuni bacini la componente detritica derivante da rocce ad elevato potenziale radiogenico è quantitativamente significativa.


Unità 26
Zona Ivrea-Verbano
54 Bq/kg Th
9 Bq/kg U
228 Bq/kg K

Unità 20
Zona Sesia-Lanzo
34 Bq/kg Th
33 Bq/kg U
809 Bq/kg K

Unità 19 Metabasiti e metaultrabasiti di origine oceanica
3 Bq/kg Th
3 Bq/kg U
111 Bq/kg K



Unità 11 Unità sedimentarie e metasedimentarie mesozoiche brianzonesi e delfinesi

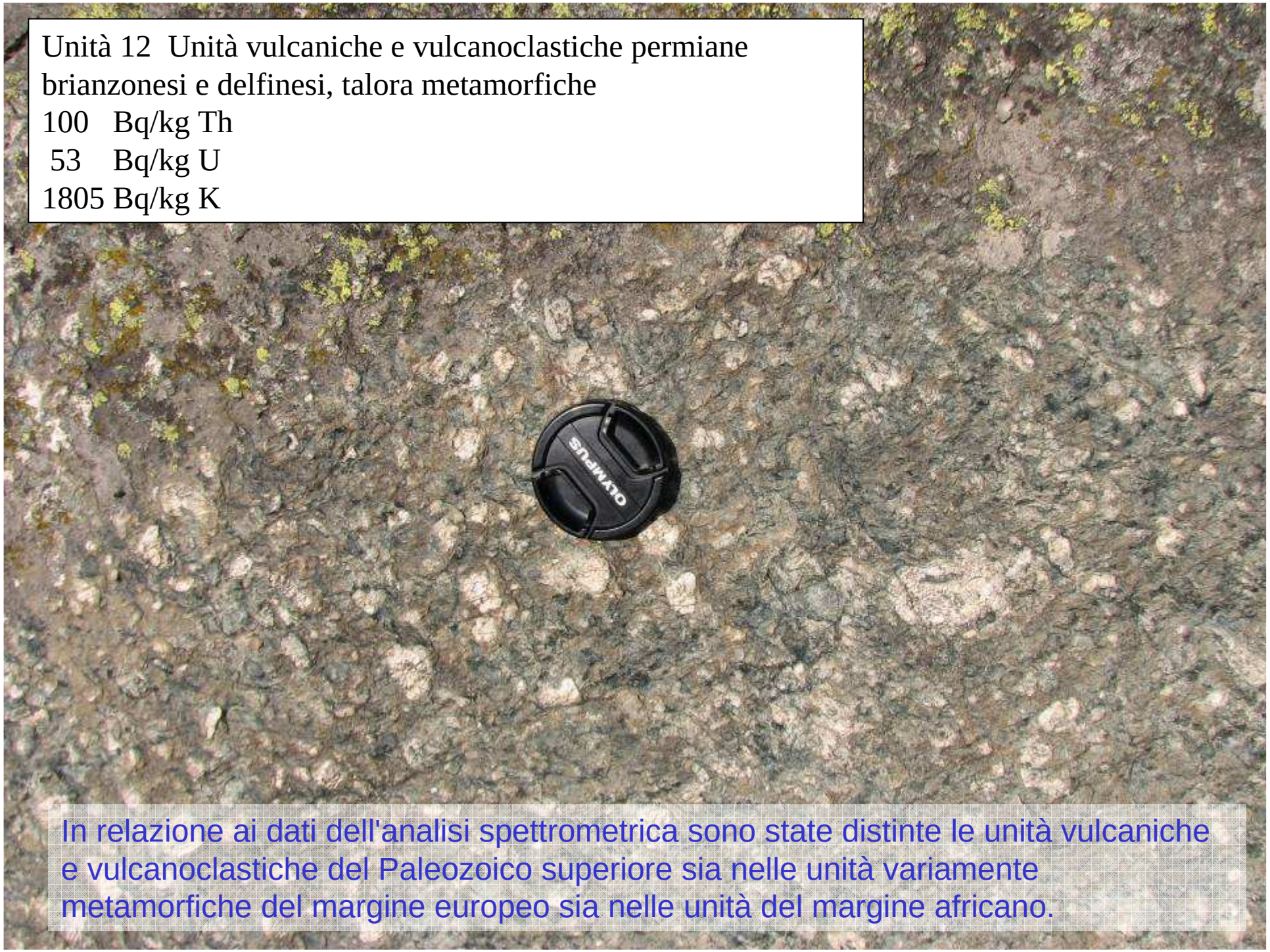
32 Bq/kg Th

31 Bq/kg U

627 Bq/kg K

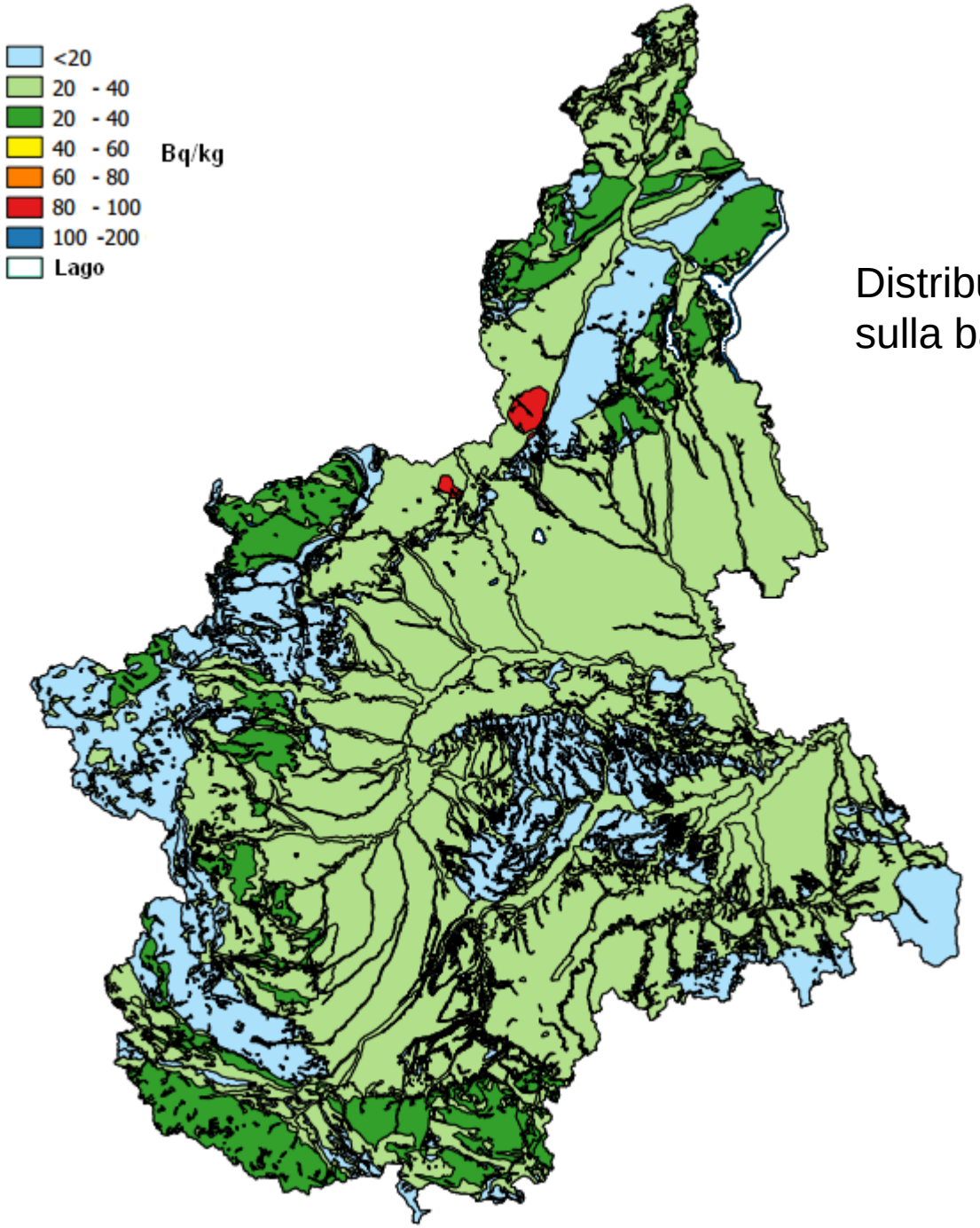
Unità 12 Unità vulcaniche e vulcanoclastiche permiane brianzonesi e delfinesi, talora metamorfiche

100 Bq/kg Th
53 Bq/kg U
1805 Bq/kg K



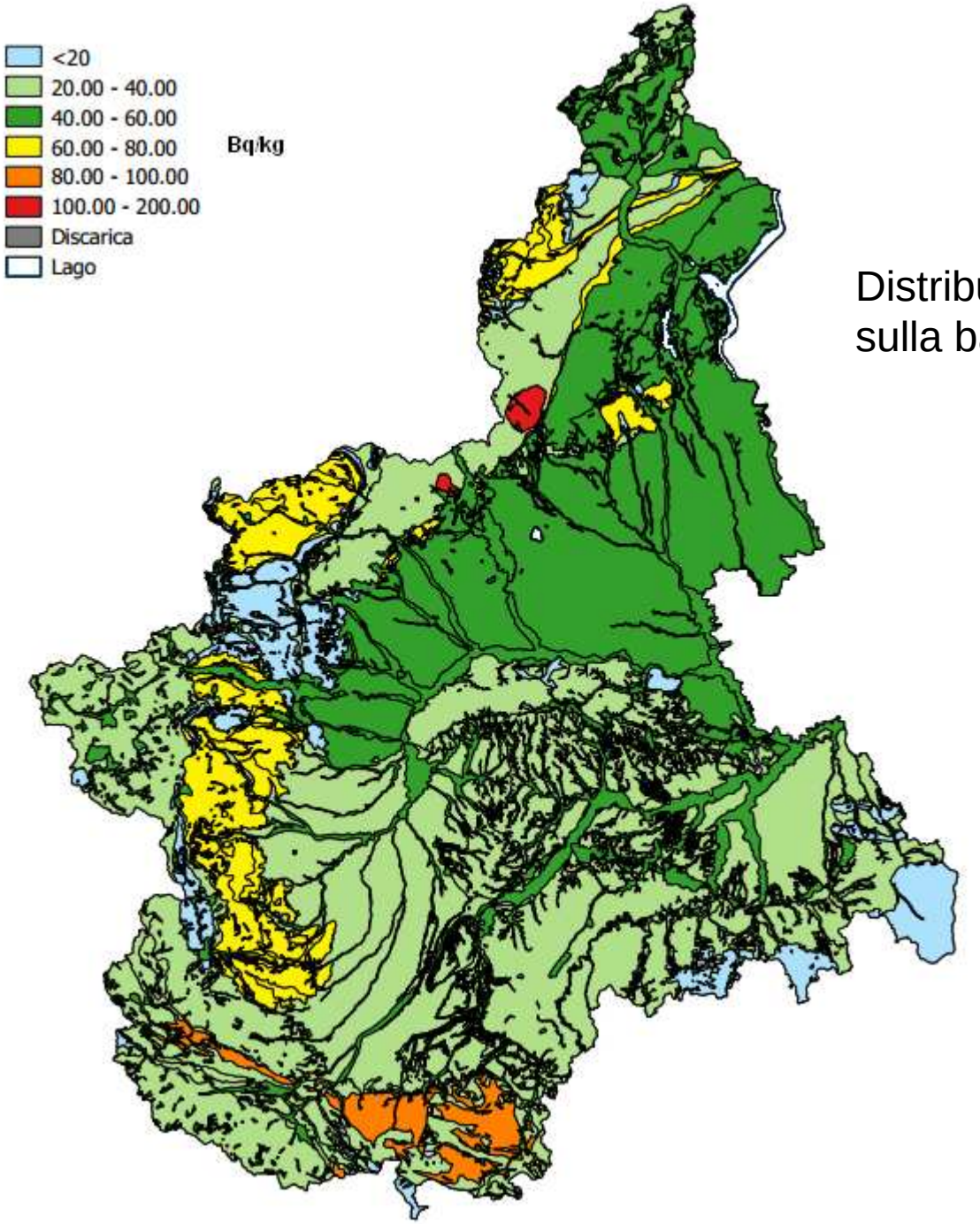
In relazione ai dati dell'analisi spettrometrica sono state distinte le unità vulcaniche e vulcanoclastiche del Paleozoico superiore sia nelle unità variamente metamorfiche del margine europeo sia nelle unità del margine africano.

Unità 9
Plutoni della Valle del Cervo, di Brosso-Traversella e di Miagliano; vulcaniti e vulcanoclastiti oligoceniche
164 Bq/kg Th
140 Bq/kg U
1141 Bq/kg K
Sienite della Balma
369 Bq/kg Th
336 Bq/kg U
1670 Bq/kg K

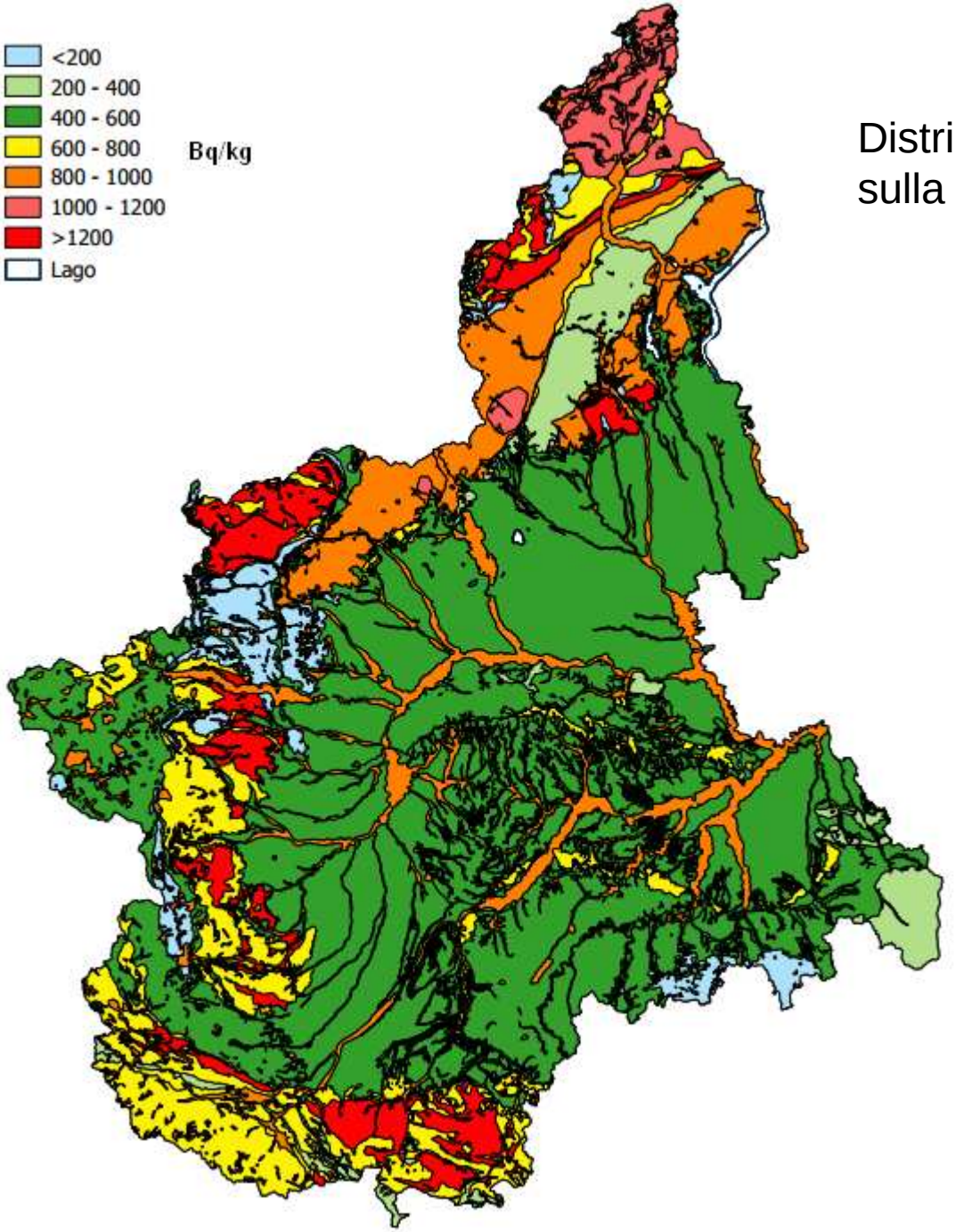


Distribuzione di ^{238}U in Bq/kg
sulla base delle unità radiogeolitologiche

La revisione delle unità di legenda della carta geologica sulla base dei dati sperimentali consente una valutazione delle concentrazioni di radionuclidi sul territorio regionale mantenendo un quadro geologico generale coerente.



Distribuzione di ^{232}Th in Bq/kg
sulla base delle unità radiogeolitologiche

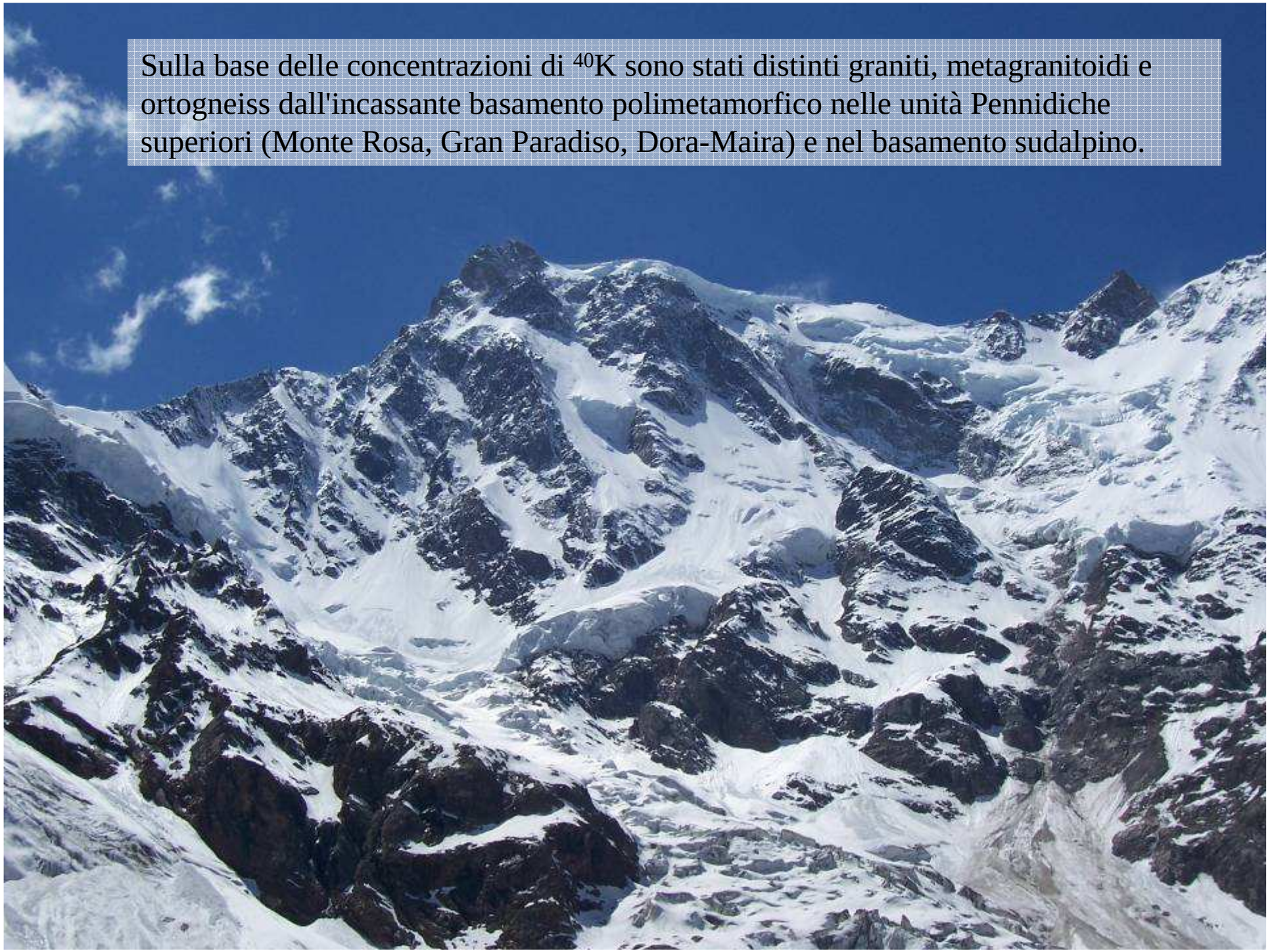


Distribuzione di ^{40}K in Bq/kg
sulla base delle unità radiogeolitologiche

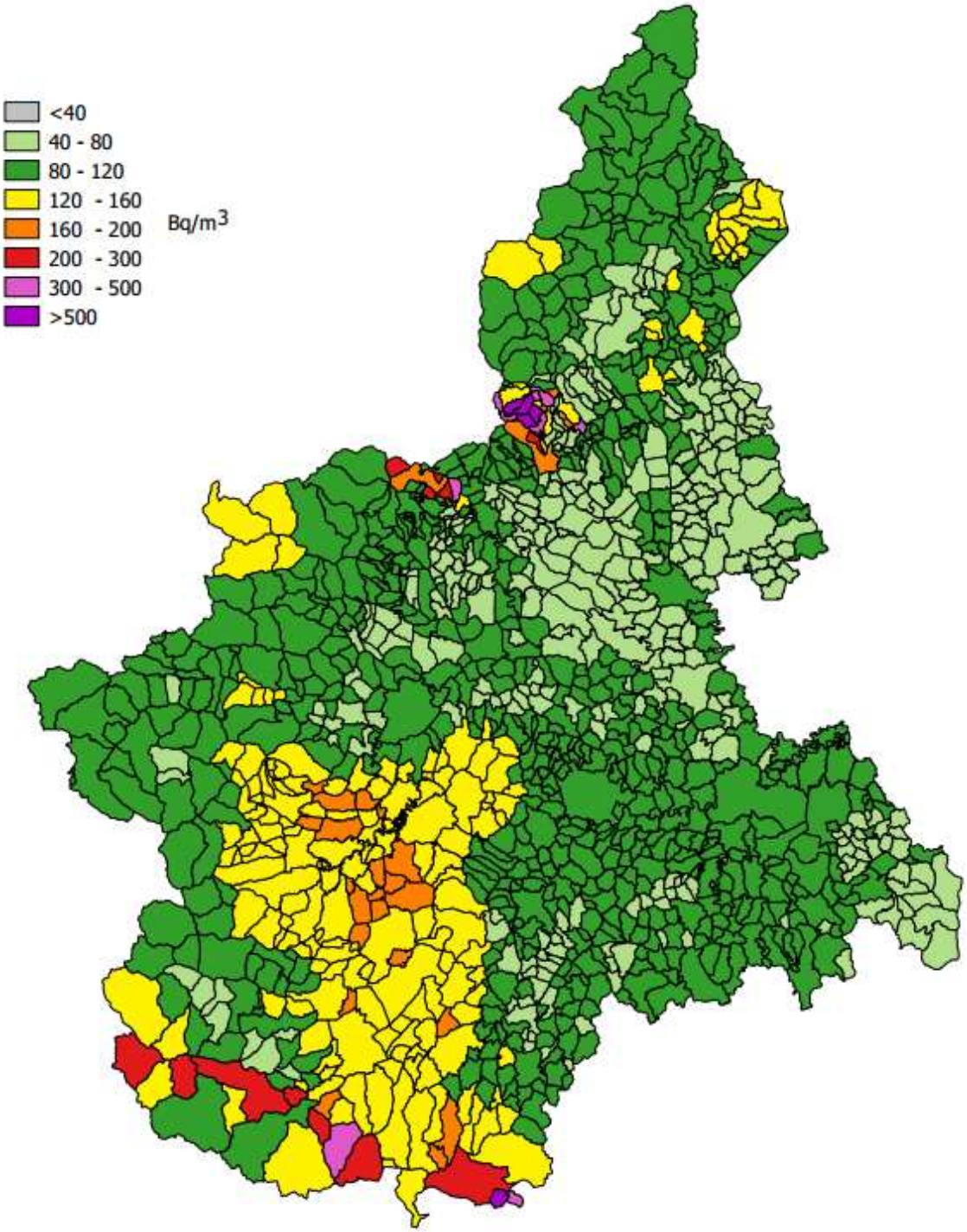
È presente in molti minerali tra i più comuni costituenti delle rocce ignee

È importante nella composizione della radiazione naturale di origine terrestre.

Sulla base delle concentrazioni di ^{40}K sono stati distinti graniti, metagranitoidi e ortogneiss dall'incassante basamento polimetamorfico nelle unità Pennidiche superiori (Monte Rosa, Gran Paradiso, Dora-Maira) e nel basamento sudalpino.



Unità 16
Unità Monte Rosa, Gran Paradiso, Dora-Maira e Valosio: ortogneiss e metagranitoidi
66 Bq/kg Th
56 Bq/kg U
1321 Bq/kg K

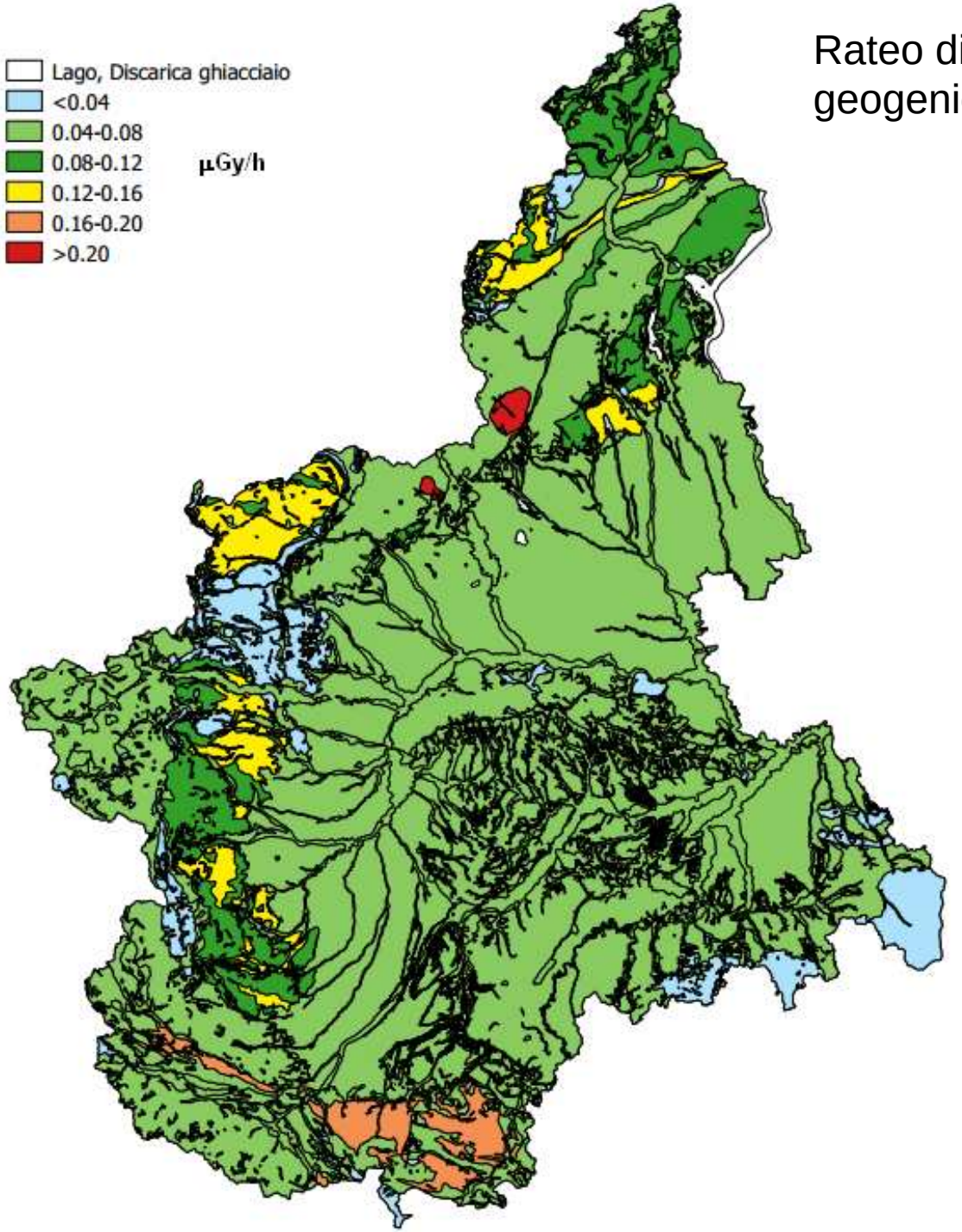


nziale geogenico:
a sperimentale del Rn
unità radiogeolitologiche

Mappatura radon sulle unità amministrative ottenute dalle classi radiogeolitologiche

Sovrapponendo le concentrazioni radon sperimentali alle nuove classi radiogeolitologiche si ottengono i valori medi di radon suddivisione, presupposto necessario per elaborare la mappatura del radon, in particolare nelle unità in cui non sono al momento disponibili misure sperimentali.

Sienite della Balma
rateo di dose
0,458 µGy/h



Rateo di dose gamma geogenico in aria

Sulla base delle unità radiogeolitologiche è possibile stimare il rateo di dose in aria dovuto al contributo di ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K , componente terrestre del rateo di dose complessivo del fondo naturale.

Il segnale geologico è ben riconoscibile, con i valori più elevati in corrispondenza delle magmatiti oligoceniche di Biella e Traversella e delle unità vulcaniche e vulcanoclastiche variamente metamorfiche del Paleozoico superiore nel cuneese.

Conclusioni

Le elaborazioni mostrate sono in continua evoluzione e miglioramento con l’arricchimento dei dataset (misure radon e di spettrometria gamma)

I criteri adottati sono applicabili in linea di principio con dettagli via via maggiori o considerando altre unità come ad esempio le aree edificate.