

STUDIO-ARPACAL

**LA “NATURALE RADIOATTIVITÀ” DELLA
COSTA JONICA**



Resoconto di attività

Laboratorio Fisico Ettore Majorana dell'A.r.p.a. Cal di Catanzaro
Gennaio 2017

INDICE

PREMESSA.....	5
MATERIALI E METODI.....	9
LE OSSERVAZIONI SPERIMENTALI E I RISULTATI	11
CONCLUSIONI.....	22
BIBLIOGRAFIA.....	24

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: <i>valori di fondo mesi di ottobre, gennaio rete Ispra – ARPA.Cal</i>	5
Figura 2: <i>influenza dell'attività solare alla radiazione cosmica</i>	6
Figura 3: <i>rateo di dose - altitudine e latitudine</i>	7
Figura 4: <i>punti di misura dell'intensità di dose in aria</i>	10
Figura 5: <i>risposta della strumentazione impiegata</i>	11
Figura 6: <i>distribuzione misure di intensità di dose ad un metro distribuzione misure di intensità di dose a contatto</i>	12
Figura 7: <i>confronto sui due set di misure ad un metro</i>	12
Figura 8: <i>livelli di radioattività comunale</i>	13
Figura 9: <i>fondi medi ambientali di altre località italiane</i>	13

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: <i>dimensione dell'indagine</i>	9
Tabella 2: <i>mappa dei campionamenti</i>	10
Tabella 3: <i>comune di Soverato, intensità di dose</i>	14
Tabella 4: <i>comune di Soverato, intensità di dose</i>	15
Tabella 5: <i>comune di Soverato, intensità di dose</i>	16
Tabella 6: <i>comune di Montepaone, intensità di dose</i>	17
Tabella 7: <i>comune di Montepaone intensità di dose</i>	18
Tabella 8: <i>comune di Montauro, intensità di dose</i>	19
Tabella 9: <i>comune di Staletti, intensità di dose</i>	20
Tabella 10: <i>concentrazioni medie di attività dei radionuclidi</i>	21
Tabella 11: <i>Unsear 1977 concentrazione di attività di Uranio e Torio nelle rocce</i>	21

IL GRUPPO DI LAVORO

ARPACAL

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria

Via Lungomare snc – Loc. Giovino, 88100 Catanzaro Lido - www.arpacal.it

tel. 0961731268 int.20, fax. 096173868;

LABORATORIO FISICO ETTORE MAJORANA DI CATANZARO (fisico.cz@arpacal.it)

- Pietro Capone, p.capone@arpacal.it;
- Roberto Catalano, r.catalano@arpacal.it;
- Giuseppe Pellegrino, g.pellegrino@yahoo.it;
- Giuseppe Lucia, g.lucia@arpacal.it;
- Filomeno Caldarola, f.caldarola@arpacal.it;
- Salvatore Procopio, s.procopio@arpacal.it;

Si ringraziano i comuni di Soverato, Montepaone, Montauro, Staletti per la collaborazione.

Tutti i diritti della pubblicazione sono riservati. È autorizzata la riproduzione anche parziale di quanto pubblicato purché sia citata la fonte e data comunicazione di quanto realizzato.

PREMESSA

Alla fine del 2016 la costa Jonica catanzarese è stata oggetto di un attacco mediatico per una presunta contaminazione da radionuclidi artificiali, generata dalla presenza di rifiuti e/o materiali radioattivi. A partire dal 24 novembre 2016, il personale del laboratorio fisico *E. Majorana* del Dipartimento ARPACal di Catanzaro si è reso disponibile per la verifica dei livelli di radioattività nell'area oggetto di interesse mediatico. Tempestivamente, sono state realizzate delle misure per accertare il livello del fondo di radioattività ambientale che è stato stimato indagando su un'area di circa 0,1 km² di spiaggia ricadente, nel comune di Montauro. Il valore medio del rateo di dose in aria accertato era pari a 138±39 nGyh⁻¹. Dato, confondibile con il riferimento del fondo ambientale misurato nel mese di ottobre e in quelli successivi, dalla rete di sorveglianza per la radioattività ambientale Ispra–Arpacal, disponibile in Calabria. Nel territorio calabrese, il fondo ambientale radioattivo ricade in un intervallo di valori compreso tra i 115 - 130 nGyh⁻¹[Fig. 1].

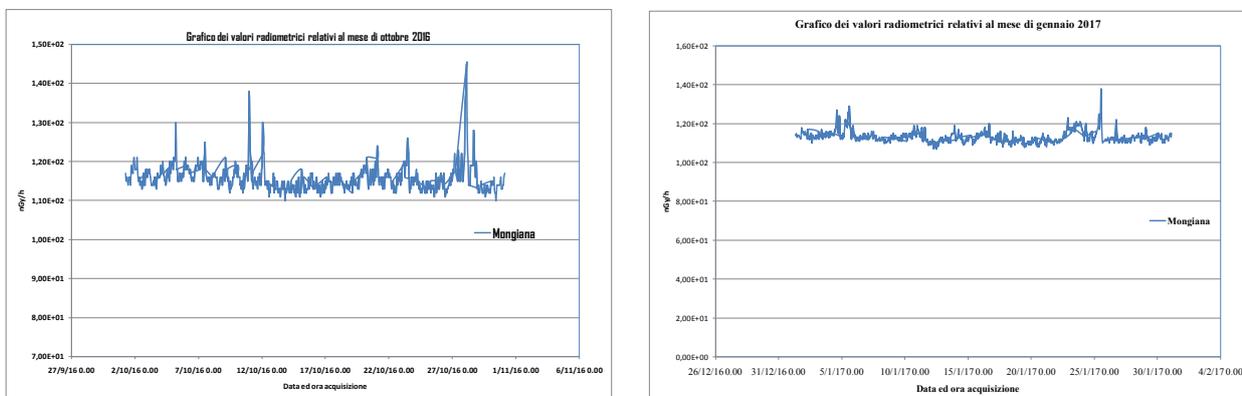


Figura 1: valori di fondo mesi di ottobre, gennaio rete Ispra – ARPA.Cal

Il campo radioattivo naturale^[i] è generato da due componenti principali che si differenziano per l'origine: cosmica e terrestre. Una componente extraterrestre dei raggi cosmici e l'altra dovuta alla geologia del territorio. La componente cosmica diviene importante ad una altezza sopra il livello del mare, intorno ai 1000 metri. A livello del mare, la radioattività dipende soltanto dalla componente generata dal suolo. Negli ambienti confinati, si può considerare un altro contributo prodotto dai materiali da costruzione. La prima componente di tipo spaziale è funzione dell'altitudine e della latitudine, l'altra quasi esclusivamente di tipo gamma^[iii] dipende dalle caratteristiche del suolo. Una relazione semplice con cui è possibile stimare il flusso di ioni radiativi nell'unità di tempo e per unità di massa è data dalla equazione [1]:

$$\Psi_{Naturale} \left(h; \frac{Bq}{kg}; t \right) = \Psi_{Cosmica}(h) + \Psi_{Terrestre} \left(\frac{Bq}{kg} \right) \quad [1]$$

La popolazione mondiale a seconda delle diverse regioni della Terra è sempre e comunque esposta a radiazioni ionizzanti da sorgente naturali. La Terra è continuamente bombardata da particelle ad alta energia, cariche positivamente (protoni, alfa, nuclei pesanti), che risentono dell'azione del campo magnetico terrestre. In particolare vi è, una componente solare fatta quasi per intero da protoni generati dalle esplosioni nucleari del Sole. La parte esterna del Sole, la fotosfera, è caratterizzata da una violenta attività dovuta all'interazione dei gas solari con il campo magnetico solare. La superficie brillante^[iiii] della fotosfera non è omogenea ma costellata

da macchie, variabili per dimensioni, forma e soprattutto per numero. Tra il 1645 e il 1715 poche macchie solari coincisero con un abbassamento della temperatura terrestre di circa 1°K (*Minimo di Maunder*). Queste macchie, sono piccole aree scure rispetto alla superficie circostante nelle quali si distingue una zona centrale detta ombra, circondata da una fascia più chiara denominata penombra. Le macchie solari sono punti freddi della fotosfera, la loro temperatura è circa 1500°K inferiore rispetto a quella solare. Il numero di macchie presenti sulla fotosfera non è costante e passa da valori minimi a volte assenza di macchie, fino a valori massimi con una periodicità che ha permesso di individuare un ciclo di undici anni (ciclo di Schwabe). La presenza di macchie sul disco solare viene rappresentata con il numero di Wolf (*R*). La variazione dell'attività solare, la sua ciclicità e l'influenza sulla irradiazione solare è confermata da misure effettuate direttamente con radiometri spaziali durante gli anni di massima attività solare (1980-1990, corrispondente al 21° e 22° ciclo solare). La strumentazione spaziale ha registrato un incremento dello 0,1% dell'irradiazione solare rispetto al 1986. L'influenza della variazione dell'attività solare sulla produzione di raggi cosmici è dimostrata da una valutazione di dose ricevuta durante un viaggio di ritorno transoceanico tra New York e Francoforte^[iv](Fig.2).

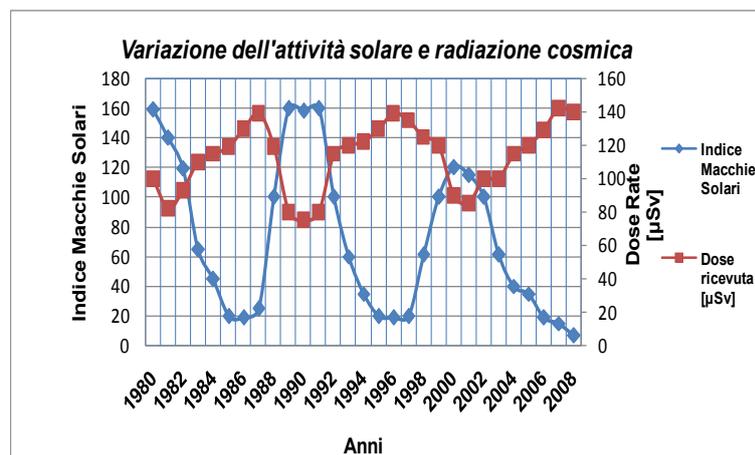


Figura 2: influenza dell'attività solare alla radiazione cosmica

I raggi, denominati cosmici, interagiscono con i nuclei dei costituenti atmosferici producendo una cascata di interazioni e reazioni secondarie. I più noti radionuclidi cosmogenici prodotti sono il ³H ed il ¹⁴C. Quasi tutti i raggi cosmici primari vengono assorbiti dallo strato più alto dell'atmosfera e quelli che giungono sulla Terra, i raggi cosmici secondari, sono costituiti da mesoni, elettroni, fotoni, neutroni e protoni. L'intensità dei raggi cosmici è minima nelle aree equatoriali e massima ai poli. A causa dell'esistenza del campo magnetico della Terra l'intensità dei raggi cosmici cambia a seconda della latitudine. Per esempio, a circa 50 gradi di latitudine nord, l'esposizione da raggi cosmici è di circa 30 - 40% superiore rispetto alle aree con 15 gradi di latitudine su entrambi i lati dell'equatore (Fig.3). In generale è stato dimostrato che il livello di dose aumenta con l'altitudine e con la riduzione dello spessore d'aria che funge da schermo. Al top della troposfera l'esposizione alla radiazione cosmica è mediamente circa 150 volte^[v] più elevata rispetto al livello del mare. La radiazione cosmica è di grande interesse per i lavoratori e le persone del pubblico che utilizzano gli aerei, in particolare per i voli a lunga percorrenza. La

normativa italiana per esempio nell'allegato I bis del decreto legislativo n.241/00 ha stabilito i criteri per la valutazione della dose al personale navigante che sia suscettibile di ricevere, per i voli effettuati, una dose efficace superiore a 1 mSv per anno solare. Nel caso in cui vengano di regola, effettuati voli a quote uguali o superiori a 15.000 metri, la valutazione della dose efficace ricevuta dal personale navigante è eseguita oltre che avvalendosi di codici di calcolo, mediante dispositivi di misura attivi in grado di rivelare variazioni significative di breve durata dei livelli di radiazioni ionizzanti dovuti ad attività solare.

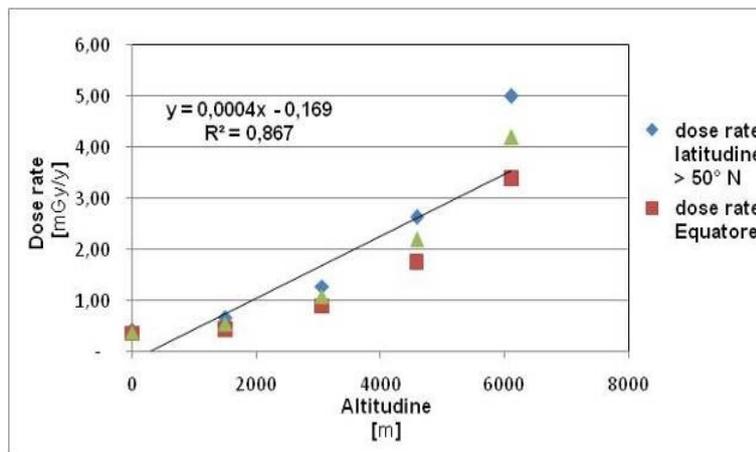


Figura 3:rateo di dose - altitudine e latitudine

La componente terrestre della radioattività naturale è misurabile nei terreni, nelle rocce e nei minerali così come nelle matrici ambientali dove vi è presenza di radionuclidi naturali sia di origine cosmica e che terrestre come il ^{40}K o quelli appartenenti alle tre catene di decadimento radioattivo naturale del ^{238}U , ^{232}Th e ^{235}U . La radioattività naturale abitualmente intesa come fondo ambientale radioattivo dipende dalla presenza di radionuclidi naturali nei primi strati della superficie della Terra ed è dovuta agli emettitori gamma. In generale è stato dimostrato che la radioattività naturale presente negli ambienti confinati è maggiore rispetto a quella che si misura in ambiente esterno. È noto che i materiali da costruzione degli edifici e come gli stessi ambienti abitativi, sono costruiti rispetto al suolo, possono determinare un incremento dei livelli di radioattività naturale.

Si stima che la popolazione mondiale in media per effetto della radioattività naturale (terrestre e cosmica) può essere esposta ad una dose media efficace annua per via esterna pari a 0,9 mSv. La radiazione naturale provoca anche una esposizione interna quando alcuni radionuclidi naturali entrano nel corpo umano per inalazione e/o ingestione. Quella generata dal radon (^{222}Rn) in particolare, si stima essere pari a 1,2 mSv all'anno. Da qui, la media mondiale per la dose annua effettiva sia da esposizione esterna ed interna generata dal fondo radioattivo naturale in un anno è pari a 2,4 mSv^[vi].

Ci sono popolazioni della Terra, esposte a fondi naturali che generano una dose annua circa 20-30 volte il valore di quella calcolata per la popolazione mondiale. Recenti studi^[vii,viii] epidemiologici, su popolazioni esposte a fondi di radioattività naturale elevati tra i 70 e 260 mSv all'anno, soprattutto in alcune aree della Cina, Iran e India, non evidenziano correlazioni con patologie tumorali. Nel caso per esempio degli abitanti di Ramsar, Iran, discendenti di numerose generazioni esposte ad altissimi fondi radioattivi naturali, le analisi

citogenetiche mostrano differenze cromosomiche tra gli abitanti dell'area rispetto a quella parte di popolazione esposta a fondi radioattivi più bassi e meno interessanti. In nessun caso però, si registra un aumento dei tumori per la popolazione ma una risposta adattativa delle cellule viventi all'esposizione di fondo radioattivo più elevato. Non vi è differenza alcuna tra i sistemi immunitari comparati e non ci sono alterazioni ematologiche tra i gruppi di persone studiati.

Nonostante le diverse e numerose indagini, realizzate nella area, oggetto di attenzione mediatica, dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'ambiente^[ix], dalla Procura della Repubblica di Catanzaro che incaricò il Prof. Maurizio Pellicioni dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare^[x], per la stesura di uno studio di ricerca sulla radioattività dei luoghi, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Regione Calabria ha attivato e realizzato a partire dal 14 dicembre del 2016 fino al 27/01/2017, una campagna di misura della radioattività ambientale sul tratto di costa ionica ricadente nei comuni di Soverato, Montepaone, Montauro e Staletti. (Tabella 1). Sono stati monitorati 12 km di costa formata da sabbia silicea e ghiaia e su un'area, di circa 1 km² sono state registrate **1074** misure di intensità di dose gamma in aria, ad un metro dal suolo e a contatto. Al fine di caratterizzare radiometricamente la spiaggia del tratto di costa interessata e con il solo intento di determinare una distribuzione della concentrazioni dei radionuclidi naturali ed eventuali presenze di artificiali anomali, sono stati realizzati 12 campionamenti, rappresentativi della intera area oggetto di studio, fino ad una profondità di 10 cm. I valori di misura sono stati registrati osservando un tempo di integrazione pari a 120 secondi su ogni punto di osservazione, mentre i fondi ambientali di riferimento del giorno di misura sono stati acquisiti per un tempo di 600 secondi.

In generale, il valore di radioattività ambientale viene registrato ad un metro dal suolo. Per questo studio e con il solo intento di acquisire informazioni atte ad escludere qualsiasi tipo di contaminazione, sono stati registrati anche i valori a contatto con la spiaggia in ogni punto di misura. Il valore medio calcolato sui 537 punti di misura è pari a **126±3** nGyh⁻¹ ed è rappresentativo di tutta l'area oggetto del monitoraggio. È stato registrato un valore massimo pari a 312±32 nGyh⁻¹ alla foce del torrente Grizzo, valore quasi due volte e mezzo il fondo ambientale acquisito durante la giornata di misura; e un valore di intensità di dose in aria minima pari a 67±32 nGyh⁻¹. I valori acquisiti presentano un sito privo di interesse radiologico o di anomalia radiometrica e senza alcuna alterazione o incremento del fondo naturale. Nell'area monitorata, infatti, si misurano soltanto valori di radioattività naturale, tipici del territorio calabrese. Su una popolazione così robusta di dati acquisiti in genere si praticano dei filtri statistici per epurare eventuali scostamenti anomali e determinare un valore medio rappresentativo della grandezza esaminata.

Nel caso di specie, questi test sono stati effettuati calcolando un valore medio di **121±1** nGyh⁻¹, identico al valore ricavato dai dati grezzi e corretti per il fattore di taratura degli strumenti che sono stati adoperati per la campagna di monitoraggio. Per gli obiettivi e i presupposti di questo documento il valore di riferimento più conservativo rimane quello osservato e non filtrato di **126±3** nGyh⁻¹.

Punti di osservazione	537
Lunghezza costa monitorata	12 km
Superficie osservata	1 km ²
Campioni di sabbia/ghiaia da 1 kg	16
Misure intensità di dose gamma in aria	1074
Intensità di dose gamma in aria Min (nGyh ⁻¹)	67±32
Intensità di dose gamma in aria Media (nGyh ⁻¹)	126±3
Intensità di dose gamma in aria Max (nGyh ⁻¹)	312±32
Anomalia	-----

Tabella 1: *dimensione dell'indagine*

MATERIALI E METODI

Le misure sono state realizzate adoperando la seguente strumentazione:

- ✓ Camera a ionizzazione LUDLUM 9Dp - Certificato di Taratura N. LAT 014 2016 del 11/01/2016;
- ✓ Automess - Scintillatore Plastico rivelatore Sonda N.159906 con Certificato di Taratura N.LAT 013 2016 del 11/01/2016;
- ✓ Misuratore universale tipo BERTHOLD modello LB123 con le seguenti sonde:
 - Contaminometro per la rivelazione delle radiazioni beta-gamma tipo LB6357;
 - Contatore proporzionale per la rivelazione della radiazione gamma tipo LB6006 con range di misura [10⁻²,10⁴] µSv/h. Certificato di Taratura n. LAT 256 2016 rilasciato dal Politecnico di Milano in data 23/03/2016;
- ✓ Contaminometro, LB 124 Scint della Berthold;
- ✓ GPS V Satellitare, Garming;

Nell'area d'intervento (Fig.4) sono state effettuate misure di tipo campale (tabella 3 – tabella 9):

- intensità equivalente di dose gamma a contatto e ad un metro dal suolo;
- rateo di dose gamma in aria a contatto e ad un metro dal suolo;
- contaminazione superficiale di tipo alfa/beta/gamma.

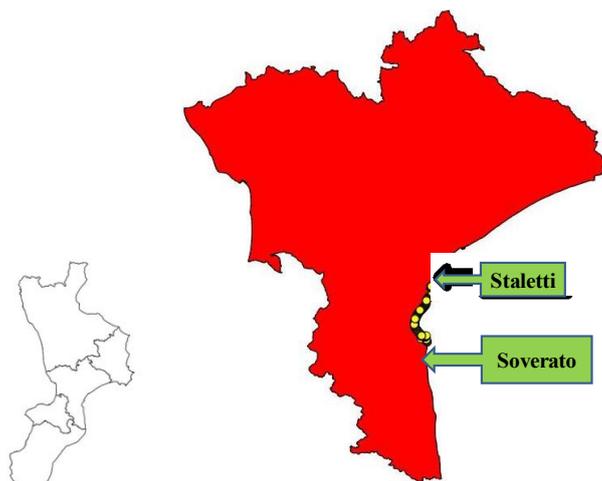


Figura 4: punti di misura dell'intensità di dose in aria

Sono stati prelevati 12 campioni di sabbia/ghiaia da 1 kg, come descritto dalla tabella 2 che, si aggiungono ai quattro già analizzati e sottoposti all'analisi di spettrometria gamma nel laboratorio fisico dell'Arpacal di Cosenza. Sei, dei dodici campioni sono stati ottenuti con i primi 5 cm di sabbia silicea e i rimanenti, per coprire una profondità complessiva di 10 cm^[xi]. La stima del campo radioattivo secondo i protocolli di misura viene effettuata ad un metro dal suolo, indipendentemente dalla sua natura. Nella nostra indagine abbiamo usato due strumenti che hanno sistemi di rivelazione della radiazione diversi ma sono in grado di definire la stessa grandezza.

E, al fine di un controllo di qualità del comportamento in campo è stato verificato che, al netto delle differenze di conteggio della radioattività, le curve di risposta degli strumenti impiegati, sono in buon accordo (Fig.5). Inoltre, sono state effettuate, allo scopo di escludere la presenza di contaminanti artificiale, come già richiamato, misure di intensità di dose gamma e di contaminazione beta/ gamma a contatto.

Spiaggia - costa ionica catanzarese - sabbia/ghiaia	Coordinate		Profondità
	X[E]	Y[N]	cm
Campione N.1	636140	4291997	0-5
Campione N.1	636140	4291997	5-10
Campione N.2	636235	4292181	0-5
Campione N.2	636235	4292181	5-10
Campione N.3	634781	4288413	0-5
Campione N.3	634781	4288413	5-10
Campione N.4	633725	4286995	0-5
Campione N.4	633725	4286995	5-10
Campione N.5	633415	4285621	0-5
Campione N.5	633415	4285621	5-10
Campione N.6	634752	4283625	0-5
Campione N.6	634752	4283625	5-10

Tabella 2: mappa dei campionamenti

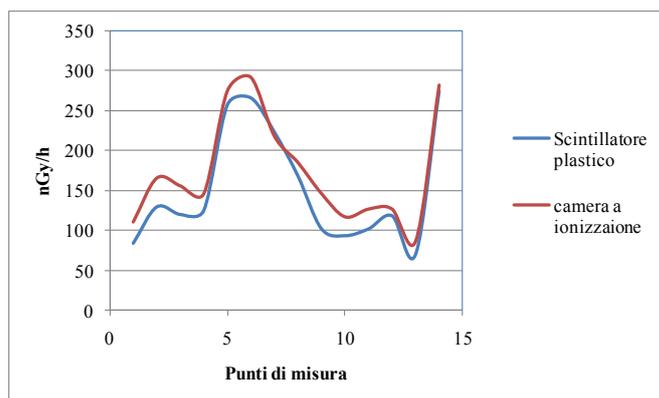
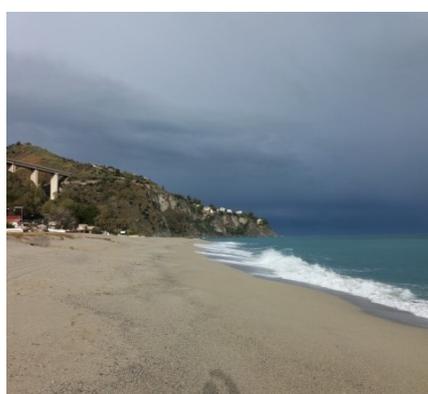


Figura 5: risposta della strumentazione impiegata

LE OSSERVAZIONI SPERIMENTALI E I RISULTATI



Osservazioni e campionamenti



Nelle figure 6,7 vengono presentate le distribuzioni delle frequenze delle misure del rateo di dose gamma in aria ad un metro dal suolo e a contatto. Dal confronto tra le due distribuzioni di misura (figura 7) si comprende che i valori medi della grandezza ricercata sono confondibili, poiché, l'intensità di dose gamma ad un metro è pari a 126 ± 3 nGyh⁻¹ e quella a contatto 128 ± 3 nGyh⁻¹. Entrambi, sono assolutamente in linea con i dati del fondo ambientale relativi al territorio calabrese.

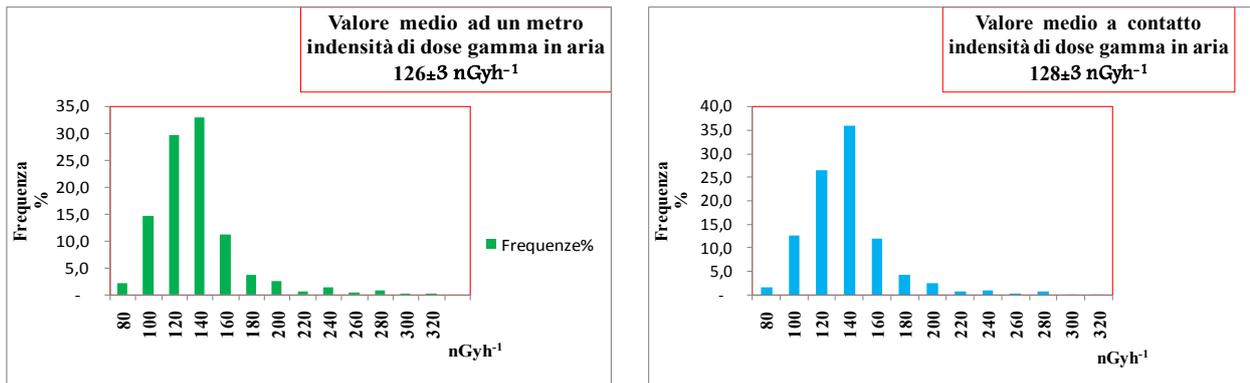


Figura 6: distribuzione misure di intensità di dose ad un metro distribuzione misure di intensità di dose a contatto

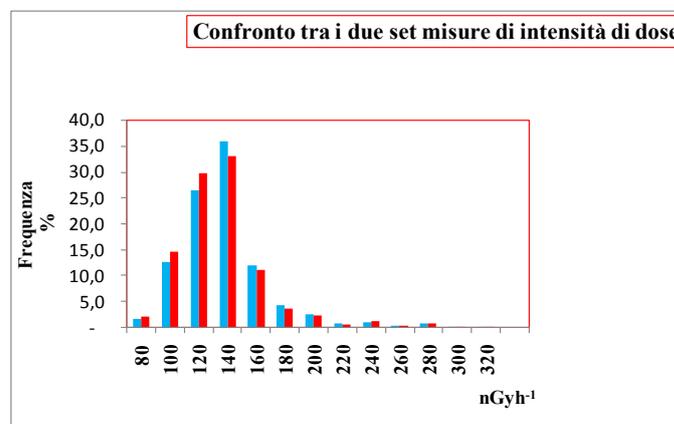


Figura 7: confronto sui due set di misure ad un metro e a contatto

Nella figura 8 si riportano i valori medi di intensità di dose gamma in aria relativi alle spiagge dei quattro comuni interessati dall'indagine e confrontati con i valori di riferimento del fondo ambientale radioattivo che si registra abitualmente nel perimetro comunale.

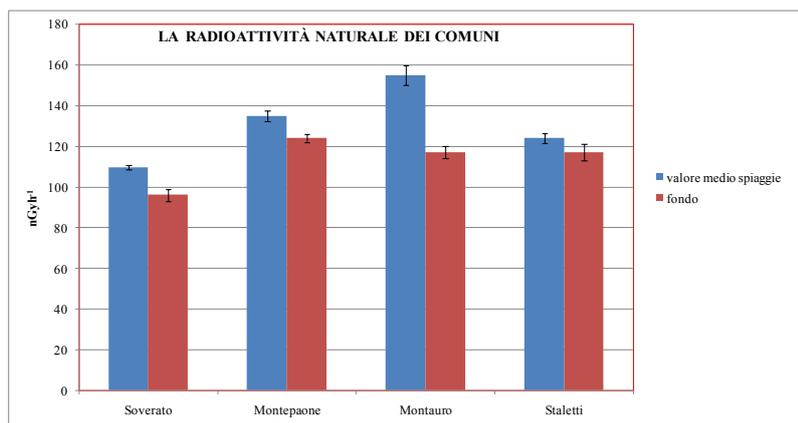


Figura 8: livelli di radioattività comunale

Con la finalità di fornire altri elementi di valutazione, nella figura 9 si passano in rassegna i fondi ambientali radioattivi di alcune località italiane^[vii].

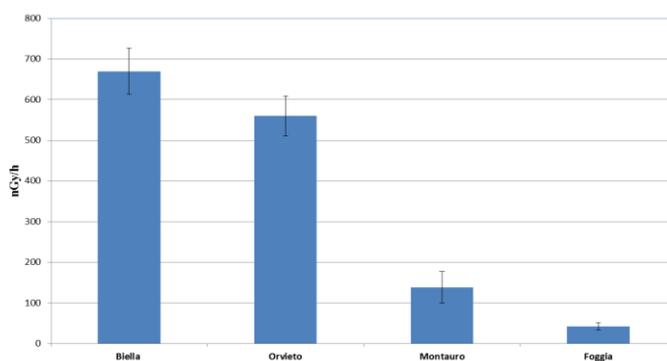


Figura 9: fondi medi ambientali di altre località italiane

Le tabelle (tabella 3 - tabella 9) riportano i valori delle misure di intensità di dose in aria ad un metro e a contatto acquisiti durante la campagna di misura.

Tabella 3: comune di Soverato, intensità di dose

Spiaggia costa ionica catanzarese - sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
1 Fondo	635344	4282965	96	98	600/200
2	635392	4282966	116	129	120
3	635430	4282976	131	146	120
4	635459	4282986	87	76	120
5	635467	4282940	93	98	120
6	635467	4282940	96	111	120
7	635417	4282928	150	148	120
8	635437	4282875	120	126	120
9	635457	4282882	104	105	120
10	635483	4282872	86	94	120
11	635491	4282846	83	86	120
12	635479	4282830	104	105	120
13	635508	4,3E+07	85	95	120
14	635497	4282755	101	129	120
15	635511	4282717	111	114	120
16	635528	4282717	93	89	120
17	635540	4282683	94	120	120
18	635545	4282646	90	98	120
19	635534	4282639	107	97	120
20	635505	4282633	120	124	120
21	635496	4282662	119	122	120
22	635515	4282677	102	104	120
23	635496	4282698	120	129	120
24	635475	4282730	107	113	120
25	635488	4282761	109	115	120
26	635463	4282799	123	128	120
27	635451	4282829	120	124	120
28	635429	4282860	128	131	120
29	635424	4282915	140	141	120
30	635418	4282991	137	124	120
31	635453	4283011	81	83	120
32	635421	4283034	106	108	120
33	635413	4283064	85	108	120
34	634412	4283123	94	95	120
35	635380	4283147	105	109	120
36	635390	4283189	89	111	120
37	635363	4283214	91	103	120
38	635343	4283247	95	120	120
39	635355	4283278	72	77	120
40	635341	4283321	83	87	120
41	635312	4283340	141	145	120
42	635322	4283376	87	89	120
43	635305	4283431	79	81	120
44	635272	4283424	106	117	120
45	635291	4283396	103	107	120
46	635280	4283358	119	124	120
47	635304	4283343	126	129	120
48	635296	4283315	118	124	120
49	635329	4283298	152	160	120
50	635334	4283271	105	111	120

Tabella 4: comune di Soverato, intensità di dose

Spiaggia - costa ionica catanzarese - sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
	51	635321	4283251	134	135
52	635343	4283228	121	131	120
53	635333	4283202	123	128	120
54	635358	4283188	103	107	120
55	635348	4283157	110	111	120
56	635375	4283144	103	109	120
57	635354	4283123	120	129	120
58	635394	4283125	82	88	120
59	635388	4283097	111	116	120
60	635369	4283076	141	148	120
61	635395	4283060	134	141	120
62	635368	4283033	129	134	120
63	635397	4283012	137	142	120
64	635373	4282995	124	135	120
65	635021	4283606	112	121	120
66	635039	4283648	132	134	120
67	635062	4283691	120	123	120
68	635005	4283719	117	117	120
69	635143	4283705	98	99	120
70	635169	4283670	95	98	120
71	635155	4283642	98	106	120
72	635187	4283638	107	111	120
73	635187	4283609	123	131	120
74	635232	4283599	120	120	120
75	635224	4283560	128	128	120
76	635253	4283541	122	124	120
77	635249	4283511	142	144	120
78	635277	4283493	135	136	120
79	635290	4283460	125	128	120
80	635222	4283474	122	124	120
81	635192	4283476	121	128	120
82	635216	4283497	128	128	120
83	635215	4283648	128	129	120
84	635298	4283550	135	143	120
85	635169	4283534	137	139	120
86	635170	4283476	125	128	120
87	635161	4283600	125	126	120
88	635128	4283594	114	117	120
89	635108	4283572	124	128	120
90	635094	4283560	136	137	120
91	635086	4283587	134	136	120
92	635109	4283602	128	131	120
93	635109	4283635	131	134	120
94	635133	4283647	120	126	120
95	635141	4283678	123	126	120
96	635100	4283682	95	96	120
97	635089	4283628	95	96	120
98	635052	4283648	118	123	120
99	635029	4283614	132	134	120
100	634611	4283600	91	91	120

Spiaggia - costa ionica catanzarese - sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
	101	634664	4283636	105	107
102	634720	4283628	103	106	120
103	634727	4283668	118	119	120
104	634744	4283693	120	122	120
105	634765	4283672	121	123	120
106	634738	4283649	131	132	120
107	634757	4283629	132	137	120
108	634743	4283621	112	120	120
109	634750	4283596	128	128	120
110	634776	4283619	109	113	120
111	634783	4283655	99	99	120
112	634404	4283628	121	123	120
113	634841	4283626	123	128	120
114	634865	4283648	126	129	120
115	634866	4283590	130	132	120
116	634900	4283628	125	126	120
117	634941	4283641	120	122	120
118	634952	4283605	114	116	120
119	634989	4283619	100	100	120
120	634988	4283662	96	96	120
121	634975	4283704	103	103	120
122	634927	4283703	87	79	120
123	634916	4283671	91	95	120
124	634864	4283673	79	83	120
125	634820	4283702	66	67	120
126	634772	4283696	74	84	120
127	634718	4283702	79	79	120
128	634674	4283698	82	83	120
129	634602	4283605	99	99	120
130	634593	4283649	81	84	120
131	634609	4283687	91	93	120
132	634574	4283678	92	95	120
133	634557	4283661	105	105	120
134	634561	4283689	108	109	120
135	634554	4283695	106	109	120
136	634544	4283672	106	109	120
137	634533	4283653	107	109	120
138	635428	4283684	109	111	120
139	634555	4283702	103	104	120
140	634519	4283692	68	68	120
141	634550	4283713	73	74	120
142	634518	4283707	99	100	120
143	634521	4283731	114	115	120
144	634495	4283734	119	122	120
145	634494	4283755	123	126	120
146	634470	4283762	120	121	120
147	634471	4283784	123	123	120
148	634456	4283785	129	129	120
149	634455	4283804	130	132	120
150	634446	4283800	148	151	120

Tabella 5: comune di Soverato, intensità di dose

Spiaggia - costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
	151	634444	4283820	148	151
152	634436	4283829	148	149	120
153	634416	4283843	124	128	120
154	634416	4283861	122	123	120
155	634404	4283874	109	109	120
156	634409	4283896	91	93	120
157	634393	4283895	79	81	120
158	634400	4283916	123	123	120
159	634381	4283919	114	115	120
160	634389	4283937	114	118	120
161	634365	4283951	117	120	120
162	634367	4283974	118	118	120
163	634353	4284004	108	109	120
164	634331	4284038	103	104	120
165	634309	4284057	97	102	120
166	634301	4284078	107	109	120
167	634291	4284095	144	146	120
168	634276	4284108	145	153	120
169	634256	4284124	163	165	120
170	634249	4284131	142	142	120
171	634205	4284175	95	96	120
172	634178	4284210	110	110	120
173	634139	4284261	103	105	120
174	634121	4284289	103	103	120
175	634113	4284291	107	114	120
176	634100	4284324	86	87	120
177	634079	4284330	111	114	120
178	634052	4284356	156	160	120
179	634036	4284383	96	99	120
180	633999	4284428	110	110	120
181	633971	4284488	115	115	120
182	633954	4284521	107	109	120
183	633936	4284553	109	111	120
184	633920	4284568	107	109	120
185	633890	4284614	107	109	120
186	633874	4284639	107	111	120
187	633834	4284685	117	120	120
188	633806	4284712	107	115	120
189	633803	4284744	119	120	120
190	633762	4284748	123	124	120
191	633742	4284778	115	117	120
192	633707	4284787	115	120	120
193	633686	4284814	114	116	120
194	633657	4284838	118	122	120
195	633616	4284866	123	124	120
196	633572	4284928	102	104	120
197	633555	4284979	87	87	120
198	633534	4285012	87	89	120
199	633523	4285042	87	90	120
200	633509	4285095	89	95	120

Spiaggia - costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
	201	633510	4285113	81	83
202	633488	4285155	102	104	120
203	633485	4285185	103	105	120
204	633471	4285228	103	105	120
205	633457	4285290	107	109	120
206	633472	4285410	107	111	120
207	633480	4285350	108	108	120
208	633495	4285224	112	112	120
209	633535	4285044	99	100	120
210	633563	4284986	82	82	120
211	633587	4284918	80	79	120
212	633665	4284840	95	97	120
213	633735	4284792	106	108	120
214	633798	4284763	111	116	120
215	633855	4284697	103	103	120
216	633923	4284592	107	109	120
217	633962	4284521	111	112	120
218	634064	4284370	87	88	120
219	634102	4284336	88	88	120
220	634156	4284249	89	91	120
221	634239	4284136	115	121	120
222	634309	4284102	91	91	120
223	634343	4284033	95	95	120
224	634361	4283994	80	80	120
225	634407	4283922	82	86	120
226	634432	4283868	89	91	120
227	634457	4283823	93	95	120
228	634491	4283777	99	99	120
229	634538	4283731	95	96	120
230	634579	4283716	97	97	120
231	634612	4283677	95	97	120

Tabella 6: comune di Montepaone, intensità di dose

Spiaggia - costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
	232	633339	4285665	124	124
233	633418	4285631	165	183	120
234	633425	4285579	239	243	120
235	633438	4285542	247	266	120
236	633440	4285499	245	245	120
237	633428	4285454	224	226	120
238	633427	4285401	222	223	120
239	633424	4285401	188	190	120
240	633431	4285337	223	224	120
241	633431	4285332	129	138	120
242	633447	4285401	202	203	120
243	633455	4285455	112	112	120
244	633465	4285491	118	118	120
245	633447	4285526	126	128	120
246	633442	4285575	149	151	120
247	633437	4285619	155	157	120
248	633445	4285672	146	147	120
249	633439	4285720	132	134	120
250	633445	4285776	130	132	120
251	633442	4285827	122	122	120
252	633437	4285919	112	114	120
253	633439	4285972	110	112	120
254	633425	4286011	112	113	120
255	633444	4286055	120	123	120
256	633433	4286096	114	114	120
257	633454	4286127	120	120	120
258	633461	4286174	133	133	120
259	633462	4286228	121	122	120
260	633489	4286264	108	111	120
261	633489	4286303	99	100	120
262	633506	4286356	108	112	120
263	633528	4286395	110	112	120
264	633523	4286435	122	122	120
265	633543	4286462	113	113	120
266	633549	4286505	105	106	120
267	633569	4286541	100	102	120
268	633564	4286592	92	94	120
269	633594	4286602	95	95	120
270	633544	4286605	109	109	120
271	633516	4286607	123	125	120
272	633525	4286572	137	138	120
273	633499	4286539	133	136	120
274	633519	4286514	156	156	120
275	633510	4286481	127	127	120
276	633480	4286459	132	136	120
277	633509	4286444	123	124	120
278	633474	4286418	130	134	120
279	633487	4286371	138	139	120
280	633464	4286349	137	139	120
281	633483	4286324	137	139	120
282	633459	4286288	121	123	120
283	633462	4286246	124	128	120

Spiaggia costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
	284	633438	4286233	146	148
285	633450	4286202	147	149	120
286	633429	4286200	151	151	120
287	633435	4286168	135	137	120
288	633427	4286135	150	153	120
289	633404	4286077	128	132	120
290	633412	4286033	113	114	120
291	633391	4285997	131	132	120
292	633421	4285998	132	132	120
293	633426	4285961	110	110	120
294	633385	4285955	102	105	120
295	633381	4285936	128	130	120
296	633420	4285923	143	145	120
297	633391	4285904	146	147	120
298	633414	4285892	145	145	120
299	633431	4285874	132	139	120
300	633404	4285859	181	181	120
301	633405	4285844	312	317	120
302	633435	4285811	139	140	120
303	633411	4285805	181	188	120
304	633414	4285786	188	189	120
305	633431	4285753	156	157	120
306	633422	4285731	99	100	120
307	633412	4285723	120	123	120
308	633437	4285694	142	142	120
309	633431	4285648	123	124	120
310	633405	4285612	223	225	120
311	633534	4286629	110	112	120
312	633569	4286619	125	125	120
313	633598	4286614	123	123	600
314	633595	4286655	109	111	120
315	633627	4286689	97	97	120
316	633633	4286736	102	103	120
317	633662	4286774	111	113	120
318	633660	4286820	118	121	120
319	633694	4286847	109	109	120
320	633694	4286899	105	105	120

Tabella 7: comune di Montepaone intensità di dose

Spiaggia costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
321	633731	4286943	108	108	120
322	633731	4286978	109	111	120
323	633756	4287008	114	116	120
324	633755	4287049	114	114	120
325	633791	4287095	117	118	120
326	633803	4287151	122	122	120
327	633827	4287168	121	121	120
328	633836	4287217	108	114	120
329	633869	4287259	142	144	120
330	633871	4287302	145	148	120
331	633916	4287333	128	129	120
332	633936	4287391	134	134	120
333	633991	4287435	116	116	120
334	634010	4287486	128	132	120
335	634052	4287530	114	116	120
336	634069	4287574	128	132	120
337	634108	4287619	113	113	120
338	634123	4287676	116	118	120
339	634157	4287716	120	123	120
340	634175	4287757	135	135	120
341	634212	4287798	138	138	120
342	634232	4287839	132	133	120
343	634290	4287886	114	116	120
344	634306	4287924	103	103	120
345	634320	4287923	92	92	120
346	634276	4287954	107	106	120
347	634253	4287903	114	115	120
348	634248	4287859	112	113	120
349	634215	4287852	152	155	120
350	634201	4287803	139	147	120
351	634165	4287793	140	141	120
352	634159	4287753	132	135	120
353	634114	4287741	118	123	120
354	634117	4287698	133	134	120
355	634079	4287685	151	152	120
356	634088	4287643	146	147	120
357	634056	4287625	159	159	120
358	634045	4287588	142	142	120
359	634006	4287566	137	138	120
360	633998	4287516	114	114	120
361	633962	4287502	118	122	120
362	633969	4287452	133	133	120
363	633928	4287439	158	158	120
364	633936	4287412	161	162	120
365	633902	4287413	168	168	120
366	633901	4287363	160	160	120
367	633879	4287319	162	164	120
368	633847	4287317	172	174	120
369	633840	4287283	163	163	120
370	633818	4287245	158	160	120
371	633803	4287213	155	156	120
372	633779	4287175	141	141	120
373	633775	4287124	129	129	120
374	633734	4287095	128	128	120
375	633741	4287036	122	122	120
376	633706	4287015	123	123	120
377	633710	4286978	118	120	120
378	633683	4286947	99	100	120
379	633686	4286910	132	132	120
380	633641	4286880	132	136	120
381	633646	4286818	120	123	120
382	633603	4286832	116	123	120
383	633620	4286812	118	118	120
384	633617	4286755	120	121	120
385	633586	4286708	123	125	120
386	633593	4286671	118	118	120
387	633543	4286674	132	132	120
388	633570	4286647	139	139	120

Tabella 8: comune di Montauro, intensità di dose

Spiaggia costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
			nGyh-1	nGyh-1	s
	X[E]	Y[N]			
389	634372	4288074	117	117	120
390	634364	4288038	129	138	120
391	634327	4288004	151	155	120
392	634310	4287961	139	140	120
393	634363	4287977	124	124	120
394	634402	4288029	125	128	120
395	634439	4288067	132	132	120
396	634472	4288091	138	141	120
397	634494	4288134	125	125	120
398	634538	4288142	122	122	120
399	634554	4288182	113	114	120
400	634597	4288202	111	110	120
401	634612	4288228	107	108	120
402	634656	4288244	107	106	120
403	634678	4288278	120	123	120
404	634709	4288293	170	170	120
405	634726	4288330	93	93	120
406	634756	4288348	179	180	120
407	634768	4288380	200	203	120
408	634812	4288409	180	182	120
409	634813	4288439	125	128	120
410	634857	4288467	140	140	120
411	634871	4288507	140	140	120
412	634908	4288530	123	123	120
413	634932	4288580	123	124	120
414	634973	4288610	113	114	120
415	634985	4288647	108	111	120
416	635024	4288656	113	114	120
417	635027	4288690	141	144	120
418	635066	4288706	144	144	120
419	635088	4288737	132	132	120
420	635122	4288770	109	110	120

Spiaggia costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
			nGyh-1	nGyh-1	s
	X[E]	Y[N]			
421	635155	4288822	114	117	120
422	635193	4288869	119	120	120
423	635213	4288902	123	126	120
424	635241	4288939	123	124	120
425	635257	488987	128	128	120
426	635288	4289027	121	121	120
427	635305	4289079	130	130	120
428	635334	4289119	146	149	120
429	635366	4289170	153	153	120
430	635346	4289160	124	128	120
431	635320	4289116	128	133	120
432	635280	4289066	159	161	120
433	635268	4289027	123	140	120
434	635248	4289001	195	197	120
435	635232	4288967	165	165	120
436	635234	4288944	162	164	120
437	635214	4188905	157	160	120
438	635170	4288848	139	139	120
439	635138	4288802	153	156	120
440	635115	4288787	170	178	120
441	635090	4288751	172	172	120
442	635045	4288739	182	182	120
443	635020	4288753	181	183	120
444	635020	4288710	226	228	120
445	635003	4288679	188	197	120
446	634951	4288637	214	215	120
447	634926	4288610	193	194	120
448	634909	4288578	164	164	120
449	634876	4288543	167	169	120
450	634841	4288500	197	197	120
451	634803	4288459	235	236	120
452	634786	4288422	272	273	120
453	634762	4288400	271	272	120
454	634754	4288367	288	289	120
455	634714	4288354	262	262	120
456	634701	4288315	262	262	120
457	634662	4288321	218	219	120
458	634651	4288284	190	192	120
459	634613	4288259	173	173	120
460	634595	4288220	163	165	120
461	634535	4288190	132	136	120
462	634495	4288157	148	150	120
463	634507	4288115	163	164	120
464	634453	4288104	148	149	120
465	634452	4288086	160	161	120
466	634419	4288072	139	139	120
467	634400	4288044	124	124	120
468	634373	4288047	137	139	120

Tabella 9: comune di Staletti, intensità di dose

Spiaggia costa ionica catanzarese sabbia/ghiaia	Coordinate		Dose gamma in aria a 1 m	Dose gamma in aria a contatto	Tempo di conteggio
	X[E]	Y[N]	nGyh-1	nGyh-1	s
	469	635369	4289776	117	119
470	635419	4289725	108	109	120
471	635424	4289690	109	109	120
472	635418	4289717	119	121	120
473	635431	4289776	111	112	120
474	635456	4289823	107	108	120
475	635475	4289866	105	106	120
476	635499	4289912	112	114	120
477	635524	4289962	112	114	120
478	635554	4290004	105	105	120
479	635616	4290080	109	107	120
480	635644	4290118	118	118	120
481	635674	4290162	124	125	120
482	635704	4290210	124	126	120
483	635737	4290261	131	131	120
484	635752	4290315	132	133	120
485	635792	4290357	138	141	120
486	635813	4290402	143	143	120
487	635840	4290446	151	153	120
488	635803	4290407	132	134	120
489	635782	4290360	123	128	120
490	635757	4290326	132	136	120
491	635739	4290295	132	133	120
492	635723	4290273	156	158	120
493	635697	4290231	160	163	120
494	635690	4290222	158	159	120
495	635676	4290204	147	150	120
496	635664	4290167	159	163	120
497	635641	4290149	151	153	120
498	635629	4290117	145	146	120
499	635598	4290105	151	155	120
500	635588	4290078	138	139	120
501	635571	4290048	134	144	120
502	635545	4290013	134	136	120
503	635511	4289966	137	137	120
504	635499	4289920	142	143	120
505	635472	4289899	132	134	120
506	635445	4289845	122	123	120
507	635436	4289814	125	125	120
508	635426	4289791	118	120	120
509	635420	4289771	113	114	120
510	636421	4291069	128	128	120
511	636405	4291048	125	139	120
512	636453	4291067	124	128	120
513	636171	4292160	106	107	120
514	636193	4292141	114	120	120
515	636184	4292108	128	128	120
516	636168	4292067	137	137	120
517	636147	4292025	142	142	120
518	636140	4291996	174	178	120
519	636107	4291933	143	146	120
520	636125	4291890	95	93	120
521	636138	4291956	86	86	120
522	636164	4291986	100	103	120
523	636170	4292017	92	92	120
524	636198	4292077	81	81	120
525	636215	4292135	87	87	120
526	636238	4292173	92	95	120
527	636260	4292214	103	103	120
528	636284	4292256	99	100	120
529	636351	4292318	100	100	120
530	636329	4292343	96	100	120
531	636294	4292284	97	99	120
532	636268	4292249	114	114	120
533	636251	4292208	137	137	120
534	636223	4292196	132	135	120
535	636212	4292150	137	137	120
536	636188	4292163	139	139	120
537	636187	4292151	139	139	120

I valori medi ottenuti con le concentrazioni di attività specifiche (tabella 10) su 4 campioni già analizzati dal laboratorio fisico dell'Arpacal di Cosenza (dott.ssa Raffaella Trozzo e Ing. Giacomina Durante), confermano la presenza di radionuclidi di origine naturale, appartenenti alle famiglie radioattive di cui è formata la Terra e quelli di origine cosmogenica. Per la determinazione analitica è stata impiegata la tecnica di misura della spettrometria gamma, usando un rivelatore al germanio puro e un tempo di conteggio di 60.000 secondi sui campioni prelevati nell'area di interesse. E ancora gli stessi risultati analitici, evidenziano l'assenza completa di qualsiasi tipo di contaminazione di origine antropica. Il cesio 137 (^{137}Cs) riportato in tracce, ubiquitario dopo gli incidenti nucleari noti e per i test atomici, è prodotto dal fallout o ricaduta atmosferica.

serie ^{238}U [Bqkg $^{-1}$]		Terrestri [Bqkg $^{-1}$]	serie ^{232}Th [Bqkg $^{-1}$]		Artificiali [Bqkg $^{-1}$]
^{234}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{228}Ac	^{224}Ra	^{137}Cs
23±4	24±4	592±36	229±22	228±20	<0,44

Tabella 10: concentrazioni medie di attività dei radionuclidi presenti in campioni sabbia/ghiaia

Al fine di poter compire una valutazione equilibrata sulle concentrazioni di attività degli elementi radioattivi delle serie naturali trovate nella costa ionica calabrese, si riporta una tabella dell'Unsear^[xiii], 1977 (tabella 11) che, descrive il contenuto radiometrico naturale delle rocce che si trovano sul nostro Pianeta.

Tipo di roccia	^{238}U [Bqkg $^{-1}$]	^{232}Th [Bqkg $^{-1}$]	^{40}K [Bqkg $^{-1}$]
Rocce ignee acide	59,2	81,4	999
Rocce ignee intermedie	22,9	32,6	703
Rocce ignee mafiche	11,5	11,1	240,5
Rocce ignee ultrabasiche	0,4	24,4	148
Calcari	27,7	6,7	88,8
Rocce carbonatiche	26,6	7,8	-
Arenarie	18,5	11,1	370
Argillite	44,4	44,4	703

Tabella 11: Unsear 1977 concentrazione di attività di Uranio e Torio nelle rocce

CONCLUSIONI

La mappa delle rivelazioni radiometriche di tipo campale e le risultanze analitiche da laboratorio, presentano una costa ionica che si mostra con una naturale radioattività, in armonia con la sua indubitabile bellezza. Non vi è traccia alcuna di contaminazione radioattiva di tipo artificiale o antropica. Nei dodici chilometri di costa calpestati, dal comune di Soverato fino alla località Copanello di Staletti, su circa 1 km² di sabbia e ghiaia che caratterizzano questo tratto di costa catanzarese, i livelli di fondo ambientale radioattivo sono assolutamente nella norma. Se paragonati ad altre realtà terrestri, nazionali figura 9 o mondiali (*Kerala, Iran o Cina*)^[xiii], si comprende abbastanza facilmente, senza essere per ciò animatori allarmisti, che la natura ci ha donato un fondo ambientale radioattivo basso; e che gli abitanti della Terra, per il fatto stesso che la occupino, sono immersi in un campo di radioattività naturale prodotta dalla geologia dei territori e da una componente extraterrestre. Se a ciò si aggiunge e si valuta che, la Calabria per la sua storia geologica può essere considerata un pezzo di Alpi, con graniti e rocce uranifere, contenenti radionuclidi naturali appartenenti alle catene radioattive naturali del Torio 232 (²³²Th) e dell'Uranio 238 (²³⁸U), il mistero è presto svelato. Il valore medio stimato sul tratto di spiaggia osservato è pari a **126±3nGyh⁻¹**, confondibile con i valori di riferimento del fondo ambientale calabrese. Dalle informazioni acquisite si può stimare che la popolazione locale è esposta mediamente ad una dose esterna generata dal fondo naturale radioattivo intorno a 0,6–0,7 mSv/anno. Considerata la mole di dati acquisiti è stato possibile stimare anche per ciascun comune, coinvolto nella campagna di misura, il valore medio relativo ai confini amministrativi del territorio (Figura 8). È possibile apprezzare delle differenze infinitesime sui livelli di radioattività nei quattro comuni, per la specificità della sabbia interessata che, presenta delle diversità in termini granulometrici e di tipologia di minerali uraniferi naturali. Si può comunque assumere che dal punto di vista radiometrico e radioprotezionistico per la dose alla popolazione, non vi è alcuna differenza. Insomma, la scelta della località per sconfiggere la calura estiva, deve ricadere su altri parametri, poiché il fondo ambientale radioattivo è eguale nei quattro comuni. Si tratta infatti di livelli assolutamente tollerabili e senza conseguenze alcune per l'organismo umano. A tal proposito, così come richiamato nella figura 9, la radioattività ambientale è una grandezza assai variabile. Per esempio, nella città di Orvieto il fondo ambientale in media è pari a 560±20 nGyh⁻¹; così come a Biella e provincia, dove è presente la sienite della Balma il valore di fondo medio stimato è di 670±10 nGyh⁻¹. E infine, per rappresentare la variabilità di questa grandezza naturale si riporta il valore della città di Foggia che è pari a 43±7 nGyh⁻¹.

Nelle tabelle, dalle 3 alla 9, vengono presentati i valori puntuali del rateo di dose gamma, che è, la grandezza derivata o misurata che si considera per quantificare il campo radioattivo di una certa area. Il valor più alto registrato in prossimità della foce del torrente Grizzo 312±32 nGyh⁻¹ è circa due volte e mezzo il fondo radioattivo, dato peraltro non meritevole di nessuna fantasia, poiché, come confermato dalle analisi derivanti dal campionamento, si tratta di materiale granitico portato quasi certamente dall'apporto fluviale. Da una lettura più attenta del database di misure proposto in questo studio, è possibile tranne alcune informazioni:

- in prossimità della foce dei torrenti indagati, si può osservare qualche valore più alto di dose gamma in aria rispetto al valor medio, per la presenza di detriti rocciosi di tipo granitico e comunque sempre trascurabili;

- se si approssima la costa sabbiosa ad un rettangolo, i cui lati maggiori rappresentato uno, la linea della battigia e l'altro, il confine delle case o dei tratti di lungo mare costruito, si possono apprezzare delle differenze in termini di dose gamma registrata. Il valore medio delle misure realizzate in prossimità della battigia è stimato a $112 \pm 3 \text{ nGyh}^{-1}$; mentre il valore medio del lato che rappresenta il confine tra la sabbia e tutto ciò che risulta edificato, compreso la barriera frangiflutti è pari a $129 \pm 2 \text{ nGyh}^{-1}$. Quest'ultimo dato si accorda con qualche considerazione circa la natura dei materiali inerti usati per le protezioni delle case o dei tratti di lungo mare, così come le barriere che proteggono l'abitato dalle mareggiate. Oltre a poter apprezzare la differenza in termini di contenuto d'acqua, secco-umido, che c'è tra la battigia e l'altro lato della spiaggia. Quasi tutti i materiali riportati dall'uomo per opportune necessità, sono di natura rocciosa di tipo granitico o con componenti uranifere.

La radioattività naturale della spiaggia così come risulta anche dalle indagini^[x] già effettuate sulla costa ionica è prodotta in larga parte dalla monazite, un minerale contenente i radionuclidi capostipiti e i figli delle catene naturali: Uranio 238 (^{238}U) e Torio 232 (^{232}Th). La densità volumetrica nell'ordine dei $100\text{--}500 \text{ gcm}^{-3}$ sul tratto di costa analizzato non è costante e pertanto, complice anche il materiale d'apporto, soprattutto di natura granitica, proveniente dai corsi d'acqua e dalle esigenze costruttive, modulano il rateo di dose gamma in aria. Come si evince dalla misura campale e dai campioni già esaminati, non vi è presenza alcuna di contaminazione da radionuclidi di origine antropica. Dalle determinazioni analitiche, si possono trarre altre informazioni: il Cesio 137 (^{137}Cs) è presente in tracce e comunque oramai ubiquitario e proveniente dalla ricaduta dei test atomici degli anni 60 e dall'incidente nucleare di Chernobyl, 1986. Vi è assenza quasi completa di Cesio 134 (^{134}Cs) e la presenza nella norma di ^7Be . Lo studio restituisce una costa marina priva di qualsiasi interesse radiologico. La mappa della intensità di dose gamma in aria lungo la costa ha orientato i campionamenti di sabbia nei punti ritenuti più significativi. La caratterizzazione radiometrica di tipo analitico e quantitativo non ha evidenziato nessuna anomalia radiometrica. La costa ionica non è contaminata da radionuclidi.

BIBLIOGRAFIA

- [ⁱ] A.Rania, R. Santorelli, S. Procopio, *Le fluttuazione del livello di fondo gamma in Calabria*, Airp, Convegno Nazionale di Radioprotezione 12-14 Ottobre 2011, Auditorium Nicola Calipari, Palazzo Tommaso Campanella - Reggio Calabria
- [ⁱⁱ] M. Magnoni et al., *Misure del profilo verticale della radiazione gamma e beta in troposfera e nella bassa stratosfera: aspetti teorici e impiego pratico nelle situazioni di emergenza*. ARPA Piemonte – Centro Regionale Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti. Convegno Airp, Catania 15-17 settembre 2005
- [ⁱⁱⁱ] G. Cini, G. Bonino, P. della Monica, S. Procopio and C. Taricco, *On The Solar Origin of the 200y Suess wiggles. Evidence from Thermoluminescence in sea sediments*. Il Nuovo Cimento Vol. 21C-Marzo-Aprile '98 N.2
- [^{iv}] Unsear 2008, *Sources and effects of ionizing radiation* Volume I
- [^v] Unsear 2000, *Radiation from Sources*, Annex B 1958
- [^{vi}] Unsear 2003, *Exposures from natural radiation sources*, Annex B
- [^{vii}] M. Ghiassi-nejad, S. M. J. Mortazavi,* J. R. Cameron,§ A. Niroomand-rad,_ and P. A. Karam¶ *Very High Background Radiation areas of Ramsar.Iran: preliminary biological studies*. Health Physics, 82 (1): 87-93; 2002
- [^{viii}] Tao Z., Akiba S, Zha Y, Sun Q, Zou J, J Li, Liu Y, Y Yuan, Tokonami S, Morishoma H, Koga T, Nakamura S, T Sugahara, Wei L. *Cancer and non cancer mortality among inhabitants in the high background radiation area of Yangjiang, China (1979–1998)*. Health Physics, 2012 Feb; 102 (2): 173-81.
- [^{ix}] Pubblicazione ANPAISBN 88–448-0002-0 La radioattività ambientale sulle coste della Basilicata e della Calabria (1996-1997)
- [^x] Consulenza Tecnica Richiesta in data 25/05/95 Procura della Repubblica di Catanzaro in ordine al procedimento N.2940/95
- [^{xi}] Manuale Emergenze nucleari e Radiologiche – CEVAD ISPRA n. 57/2010
- [^{xii}] Commissione scientifica delle Nazioni Unite sugli effetti delle radiazioni ionizzanti
- [^{xiii}] Nair RR, Rajan B, Akiba S, Jayalekshmi P, Nair MK, Gangadharan P, Koga T, Morishima H, Nakamura S, Sugahara T. *Background radiation and cancer incidence in Kerala, India-Karanagappally cohort study*. Health Physics, 2009 Jan; 96(1):55-66.