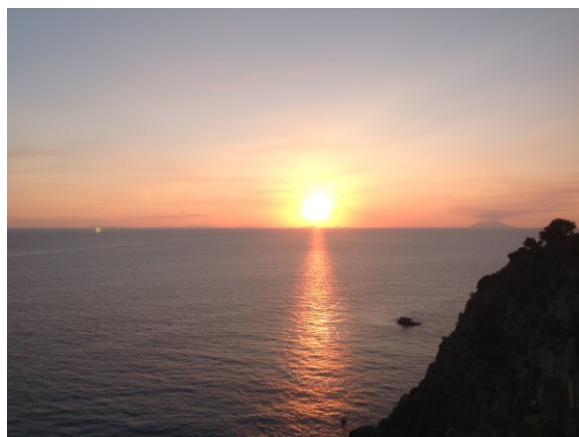


STUDIO - ARPACAL

LE RADIAZIONI DI ROMBIOLO



Riduzione delle fonti di inquinamento indoor

Report semestrale

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

Giugno 2015

INDICE

PREMESSA.....	5
MATERIALI E METODI.....	5
RISULTATI.....	9
CONCLUSIONI.....	14
BIBLIOGRAFIA.....	15

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: <i>punti di misura della concentrazione di attività di radon in aria [Bq/m³] – Comune di Rombiolo (VV)</i>	7
Figura 2: punti di posizionamento degli esposimetri	10
Figura 3: la distribuzione sperimentale delle concentrazioni di attività	11
Figura 4: distribuzione percentuale degli ambienti di vita in base alla concentrazione di radon ..	12
Figura 5: punti di prelievo di campioni di acqua	12

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: scheda di posizionamento esposimetri.....	9
Tabella 2: concentrazione di attività del radon in ambienti di vita	11
Tabella 3: concentrazioni di attività di radon in ambienti di lavoro e negli istituti scolastici	11
Tabella 4: concentrazione di attività di radon nelle acque destinate al consumo umano	13

IL GRUPPO DI LAVORO

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI ROMBIOLO

Vice Sindaco, Luisa Ferrazzo

Vigile Urbano, Francesco Martino

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

DIPARTIMENTO ARPACAL VIBO VALENTIA –

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

- Angela Diano, dip.vv@arpacal.it, Direttore del Dipartimento Arpacal di Vibo Valentia;
- Tina Mancuso, t.mancuso@arpacal.it;
- Pietro Capone, p.capone@arpacal.it;
- Domenico Curcio, d.curcio@arpacal.it
- Salvatore Procopio, s.procopio@arpacal.it;

Si ringrazia il Comune di *Rombiolo* 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 richiesta dell'Amministrazione Comunale, trasmessa al dipartimento Arpacal di Vibo Valentia e al laboratorio Ettore Majorana di Arpacal di Catanzaro, questo ufficio ha proposto alla Giunta Comunale, un piano di attività per il monitoraggio delle radiazioni ionizzanti e non, da realizzarsi sul territorio comunale con l'intento di indagare su alcuni fattori di rischio per la salute della popolazione. In questo documento si dà evidenza delle attività già svolte nei primi sei mesi di attuazione del piano approvato e vengono proposti i risultati parziali delle misure acquisite. Come indicato nel piano è stata misurata la radioattività ambientale e si è proceduto con il posizionamento degli esposimetri per la misura del gas radon negli ambienti di vita. È stata determinata la concentrazione di attività di radon in acqua per il consumo umano su campioni prelevati durante tutto il primo semestre nelle sorgenti di acqua presenti nel territorio e nei punti di prelievo ad uso pubblico. Sono state realizzate delle misure di fondo gamma in diversi punti del territorio, considerando le cinque frazioni e una particolare attenzione è stata riservata alla ex discarica – cava Petroso in località Pernocari. Considerata la densità delle sorgenti elettromagnetiche presenti sul territorio comunale, in prossimità di diversi recettori ritenuti a maggior rischio, sono stati effettuati misure dei livelli di campo elettromagnetico a cui si rimanda per una specifica relazione tenuta dal Ing. Pietro Capone.

MATERIALI E METODI

I criteri di scelta e il posizionamento degli esposimetri per la misura del gas radon negli ambienti confinati hanno avviato l'indagine. L'analisi puntuale delle caratteristiche del territorio e la necessità di rappresentare tutto il perimetro comunale hanno condizionato l'individuazione dei punti di misura, oltre che:

- gli adempimenti normativi ai fini del d.lgs. n. 241/00 s.m.e i.;
- la frequenza lavorativa dei luoghi;
- l'adesione volontaria dei soggetti coinvolti.

Il territorio possiede elementi geologici e litologici predisponenti per l'aumento del rischio radon soprattutto nei luoghi confinati più prossimi alla litosfera. Pertanto sono stati privilegiati i piani più vicini alla litosfera e in ogni punto di misura sono stati posizionati almeno due esposimetri (dosimetri) per una migliore rappresentatività spaziale e superficiale della concentrazione di radon. Nel quadro geologico articolato e assai evolutivo del territorio, il radon, gas "nobile" radioattivo generato principalmente da alcune rocce della crosta terrestre (lave, tufi, graniti,

materiali di origine vulcanica, rocce sedimentarie) può diffondersi più facilmente attraverso le fratture della crosta, fessure e fori fino a raggiungere i piani interrati e seminterrati degli ambienti di vita, determinando un aumento delle concentrazioni di attività volumetrica e di conseguenza del rischio derivante dall'esposizione. In presenza di particolari materiali da costruzione questa grandezza volumetrica può aumentare ed amplificare il rischio fino a renderlo più significativo per la salute dei soggetti esposti. Nel nostro paese la norma ha inteso limitare il rischio per i lavoratori imponendo l'obbligatorietà delle misure della concentrazione di radon e toron - D.lgs n. 241/2000, capo III bis - nei luoghi di lavoro sotterranei, interrati e seminterrati^[i,ii,iii]. Negli ambienti di vita e nei luoghi dove risiedono persone del pubblico, scolari o studenti, la stima del rischio radon viene effettuata a seconda della sensibilità degli enti o dei soggetti privati.

Diversi laboratori dei Centri di Riferimento Regionali per la Radioattività presenti sul territorio italiano, hanno già da tempo intrapreso importanti iniziative per la misura della concentrazione di radon nelle abitazioni domestiche e nelle scuole, facendo riferimento alle indicazioni europee. La Raccomandazione 90/143/Euratom del 21/11/1990, *la tutela della popolazione dall'esposizione al radon in ambienti chiusi*, fissa la concentrazione a 400 Bq/m³ come media annua oltre la quale è necessario intraprendere un'azione di bonifica per gli edifici già esistenti e di 200 Bq/m³ per i nuovi. A partire dal 2006, il Centro Nazionale per la Prevenzione e il Controllo delle Malattie ha promosso la realizzazione di un *Piano nazionale radon* finalizzato alla promozione e al monitoraggio delle attività per la riduzione del rischio di tumore al polmone^[iv] messe in atto sul territorio. L'aspetto sanitario del radon è determinato dai suoi prodotti di decadimento ed in particolare dai radionuclidi emettitori di particelle alfa: ²¹⁸Po, ²¹⁴Po, ²¹⁰Po^[v]. Questi, in quanto ioni metallici, sono chimicamente attivi e possono subire processi di deposizione o legarsi alle particelle di aria ed essere inalate, esponendo al rischio una qualsiasi regione dell'apparato respiratorio: naso-faringe, tratto bronchiale, tratto polmonare^[vi]. La conseguenza per un individuo può essere l'aumento della dose assorbita e della probabilità di insorgenza di tumori polmonari^[vii]. Le particelle "α" emesse dal radon e dai suoi figli, vengono classificate come radiazioni ad alto LET (Trasferimento di Energia Lineare) e quindi con un'alta efficacia biologica e particolarmente pericolose se introdotte per via interna. Per la misura della concentrazione del gas radon in aria sono stati impiegati esposimetri (dosimetri) ad elettrodi di lunga durata (*long term*), dischi di teflon carichi elettricamente montati su una camera di conteggio in plastica conduttiva tipo L. La tecnica di misura è denominata *sistema E - Perm* e si basa sulla rivelazione della radiazione «α» emessa durante il decadimento radioattivo. Il gas

penetra in questi dispositivi per diffusione e per effetto del suo decadimento ionizza il volume della camera di conteggio scaricando il potenziale superficiale del disco. Dalla differenza tra il potenziale elettrico iniziale e quello finale è possibile determinare la concentrazione di attività volumetrica di radon in Bq/m^3 presente in un determinato sito utilizzando la relazione [1]:

$$[^{222}Rn] = \left\{ \frac{V_i - V_f}{C_F \cdot t_e} - C_\gamma \right\} \cdot H \quad [1]$$

dove $[^{222}Rn]$ in Bq/m^3 è la concentrazione di attività di radon in aria; V_i e V_f in *Volt*, il potenziale superficiale iniziale e finale dell'elettrodo; C_F in $[(Volt \cdot m^3)/(Bq \cdot giorno)]$ è il coefficiente di calibrazione; t_e in giorni è il tempo di esposizione, per questa indagine un anno solare suddiviso in due semestri; C_γ in Bq/m^3 è la concentrazione di radon equivalente dovuta alla radiazione gamma; H adimensionale è il fattore correttivo per l'altitudine. Il lettore di potenziale impiegato per la lettura degli elettrodi è un RadElec E-Perm^[viii].

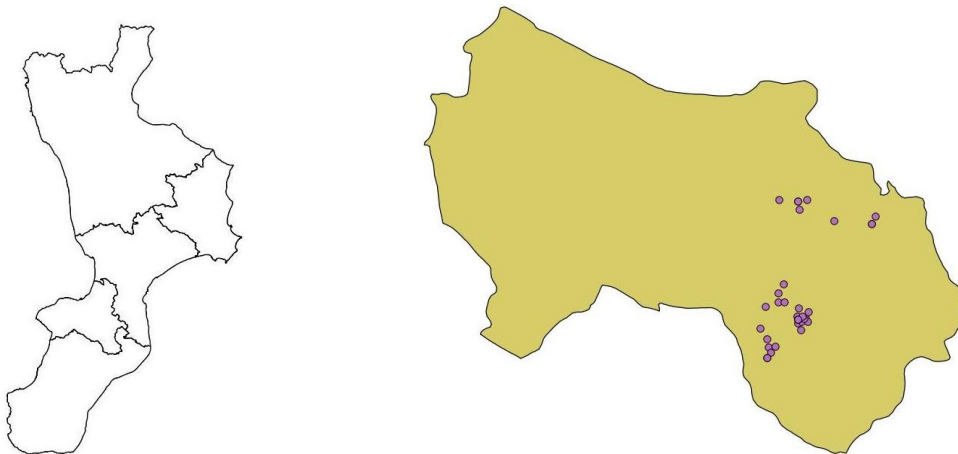


Figura 1: punti di misura della concentrazione di attività di radon in aria $[Bq/m^3]$ – Comune di Rombiolo (VV)

In sintesi la prima parte dell'indagine si compone delle seguenti fasi:

- ✚ la scelta e l'individuazione dei locali utili alla misura^[ix] (Fig. 1);
- ✚ il posizionamento di 36 esposimetri ad elettrodo per la misura della concentrazione del gas radon in aria in più di 30 punti di osservazione indoor, 3 dei quali con obblighi assoluti di misura o di valutazione del rischio considerati i dettami normativi di settore e quelli relativi alla sicurezza nei luoghi di lavoro. A seconda dei casi ogni punto di misura ha ospitato almeno due dosimetri per una valutazione della distribuzione spaziale del radon.

Al fine di contenere le incertezze di misure, il laboratorio fisico Ettore Majorana, impiega una procedura di misura della concentrazione di attività del gas radon di sei mesi e altri sei successivi per un periodo complessivo di un anno. La misura infatti, soprattutto finalizzata alla verifica dei livelli di azione prevista dalla norma e fissata a **500 Bq/m³** per i luoghi di lavoro interrati e seminterrati, è intesa come una concentrazione media annuale, vista la variabilità giornaliera e stagionale del gas radon. I nuovi dettami normativi che integrano tutte le conoscenze sull'argomento e non ancora accolti nel nostro ordinamento giuridico, fanno riferimento ad un livello di riferimento pari a **300 Bq/m³** per i luoghi di vita. Nell'anno 2013 infatti sono stati introdotte due nuove direttive sulla tematica radon:

- la direttiva 2013/59/EURATOM DEL CONSIGLIO del 5 dicembre 2013 che stabilisce il livello di riferimento nazionale per le concentrazioni di radon in ambienti chiusi. I livelli di riferimento per la media annua della concentrazione di attività in aria non devono essere superiori a 300 Bq/m³;
- la direttiva 2013/51/EURATOM DEL CONSIGLIO del 22 ottobre 2013 che stabilisce i requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano. Il valore di parametro per il radon non deve essere superiore ai 100 Bq/l.

Le misure sui campioni di acqua dal volume di 250 ml sono state realizzate presso il laboratorio di fisica del Dipartimento ArpaCal di Catanzaro, adoperando il sistema IDRA della Mi.am srl. La catena strumentale (M.A.R. - Minima Attività Rivelabile - 2 Bq/l) è in grado di determinare la concentrazione di ²²²Rn in acqua con la tecnica del degassamento e la rivelazione delle particelle alfa emesse dal ²¹⁸Po con un diodo planare ricoperto con un foglio di Makrofol. Il tempo di conteggio nella camera elettrostatica del volume di 950 ml è pari a 10 minuti.

Come già evidenziato, le misure realizzate permetteranno la verifica normativa e consentiranno di effettuare una stima accurata del rischio radon sul territorio.

Di seguito vengono proposti alcuni strumenti per la misura del gas radon adoperati durante la campagna.



misuratore di concentrazione di attività di radon



misuratore in continuo del gas radon

RISULTATI

Al fine di stimare il fondo ambientale gamma, dato indispensabile per il calcolo della concentrazione di radon equivalente che è la concentrazione di radon indipendente dal luogo confinato dove si abita o si lavora ma dipende dal territorio, sono stati usati degli esposimetri in configurazione tipica a rivelare la radioattività gamma in aria. Nel comune di Rombiole il valore medio annuo misurato del fondo ambientale ricade in un intervallo compreso tra i $[94 - 120] \pm 11$ nGy h⁻¹. Di seguito (Tab. 1) viene proposta la scheda di registrazione usata per l'acquisizione delle informazioni durante la fase di posizionamento degli esposimetri per la misura radon indoor in aria.

PRIMO SEMESTRE														
N	COMUNE	Comune	Coordinate geografiche UTM	Coordinate geografiche UTM	Codice Elettrete camera LT	Lungo di Posizionamento	Piano	Data inizio misura	Data ritiro misura	V iniziale (Volt)	V finale (Volt)	CARATTERISTICHE EDIFICIO (ANNO TIPOLOGIA)	PARTICOLARI DEL POSIZIONAMENTO	ALTITUDINE

Tabella 1: scheda di posizionamento esposimetri

Il campione scelto per le misure indoor è rappresentativo del territorio ed è stato condizionato dai criteri di selezione già indicati (Fig.1,2).

numero dosimetri	Coordinate geografiche UTM S	Coordinate geografiche UTM	Codice Elettronico camera 1. Elettronici ET	Luogo di posizionamento	Piano	Data inizio misura	
						Data inizio	misura
1	587655	4272280	LR8506		pt	28/10/2014	12.14
2	587360	4272514	LR8524		pt	28/10/2014	10.44
3	587616	4272241	LR8283		pt	28/10/2014	11.4
4	587663	4272235	LR7647		primo piano	28/10/2014	12.22
5	587711	4272207	LR7434			28/10/2014	10.44
6			LR8104		pt	28/10/2014	11.29
7	587740	4272260	LR8269		Piano Terra	28/10/2014	12.05
8	587693	4272295	LR8145		primo piano	28/10/2014	11.2
9	587604	4272322	LR8491		pt	28/10/2014	11.06
10	587618	4272290	Fondo LR8157		primo piano	28/10/2014	11.49
11	587618	4272290	LR8127		pt	29/10/2014	11.49
12	587609	4272325	LR7624		pt	30/10/2014	11.27
13	587618	4272290	LR8230		primo piano	28/10/2014	11.5
14	587651	4272143	LR8079		Piano Terra	28/10/2014	12.36
15	587612	4273835	LR8105		seminterrato	17/12/2014	11.99
16	587230	4271919	LR7342		pt	29/10/2014	10.66
17	5877373	4273834	LR7364		pt	17/12/2014	12.37
18	587637	4273732	LR7724		Piano Terra	17/12/2014	12.18
19	587205	4272034	LR8337		Piano Terra	18/12/2014	12.17
20	587239	4271848	LR8485		Piano Terra	18/12/2014	12.23
21	587435	4272311	LR8119		Piano Terra	29/10/2014	9.46
22	587205	4271783	Fondo LR8591		primo piano	29/10/2014	11.26
23	587612	4273835	LR0463		Piano Terra	17/12/2014	11.99
24	587354	4272636	LR8167		Piano Terra	18/12/2014	12.37
25	587322	4271933	LR8087		pt	29/10/2014	10.20
26	588635	4273635	LR8233		pt	17/12/2014	11.34
27	587205	4271783	LR8094		primo piano	29/10/2014	11.24
28	587192	4272452	LR8481		pt	29/10/2014	10.20
29	587116	4272145	LR80643		Piano Terra	18/12/2014	12.06
30	587428	4272748	LR8532		Piano Terra	18/12/2014	11.41
31	587620	4272450	LR80787		Piano Terra	18/12/2014	12.5
32	5877324	4272381	LR80783		Piano Terra	18/12/2014	11.91
33	588378	4273544	LR8129		Piano Terra	17/12/2014	11.2
34	588206	4273380	LR8011		pt	17/12/2014	11.91
35	588378	4273544	Fondo - LR7396		Piano Terra	17/12/2014	11.2
36	587372	4273832	Fondo - LR8106		pt	17/12/2014	12.37

Figura 2: punti di posizionamento degli esposimetri

Presentiamo di seguito i risultati relativi al primo semestre nei diversi ambienti di vita: scolastica, lavorativa e unità abitativa. In 31 punti scelti per il monitoraggio, cinque esposimetri sono stati dedicati per la misura del fondo gamma negli ambienti di vita, il 55% del campione può essere classificato come ambiente di vita, il 19% ambiente scolastico e l'11% ambienti di lavoro. Nella tabella 2 vengono presentati i risultati parziali con gli indicatori descrittivi più importanti.

	Piano Terra	Piano Primo
Ambienti di vita	17	4
Concentrazione Max (Bq m ⁻³)	164±42	141±40
Media Aritmetica (Bq m ⁻³)	131±41	67±37
Media Geometrica (Bq m ⁻³)	102±3	49±1
Anomalia	1	1

Tabella 2: concentrazione di attività del radon in ambienti di vita

	Piano Terra	
Ambienti di lavoro	4	
Concentrazione Max (Bq m ⁻³)	150±40	150±40
Media Aritmetica (Bq m ⁻³)	98±40	98±40
Media Geometrica (Bq m ⁻³)	92±39	92±39

	Piano Terra	
Ambienti di vita scolastica	7	7
Concentrazione Max (Bq m ⁻³)	179±44	179±44
Media Aritmetica (Bq m ⁻³)	69±37	69±37
Media Geometrica (Bq m ⁻³)	58±3	58±3

Tabella 3: concentrazioni di attività di radon in ambienti di lavoro e negli istituti scolastici

In fig.3 viene proposta la distribuzione delle concentrazioni di attività del gas radon in 16 punti di ambiente indoor al piano terra, dove è stata ricavata la media geometrica rappresentativa della distribuzione sui dati del primo semestre: $102 \pm 3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. Il riferimento nazionale è di $77 \pm 5 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ (campagna di misura del 1990).

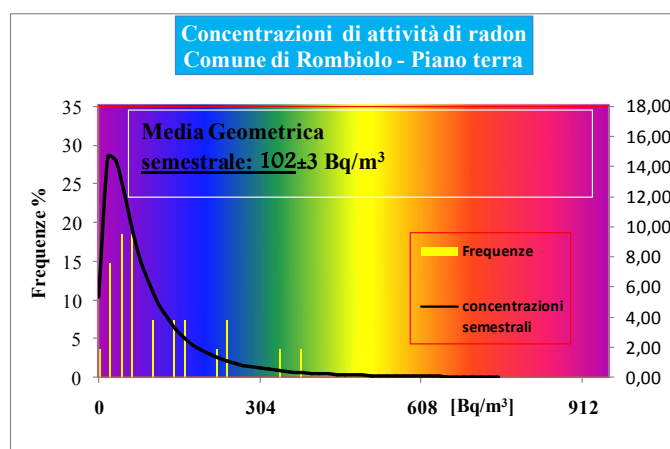


Figura 3: la distribuzione sperimentale delle concentrazioni di attività di radon ambienti di vita

Il confronto più diretto può essere fatto con la carta del rischio radon del Territorio di Catanzaro – Crotone^[x] che riporta una media geometrica pari a $76\pm 3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$; lo stesso studio presenta un valore medio per i comuni con un numero di abitanti maggiori di 3000 pari a $102\pm 2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Nella figura 4 vengono presentate le percentuali di ambienti che hanno una concentrazione media semestrale di radon inferiore a $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, quest'ultimo valore assunto come riferimento per via della nuova direttiva europea in materia di radon. Si osserva che la quasi totalità del campione ha una concentrazione ben al di sotto del limite di riferimento proposto dalla norma.

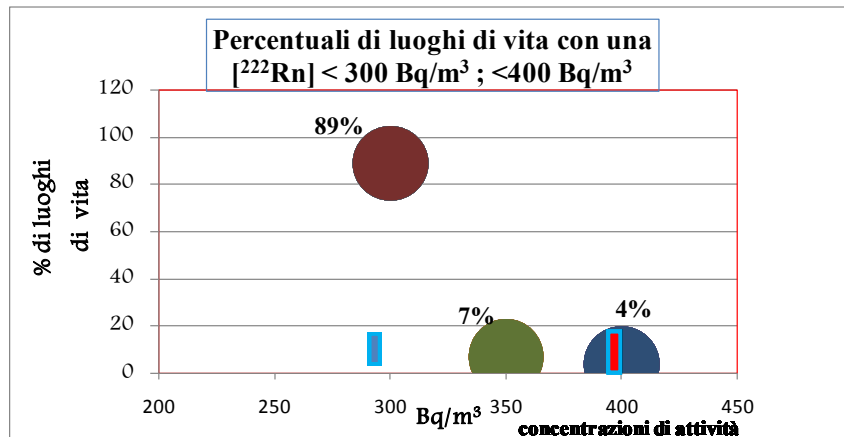


Figura 4: distribuzione percentuale degli ambienti di vita in base alla concentrazione di radon

Le concentrazioni di attività di radon in acqua presentano un territorio che ospita punti di prelievo di acqua destinante al consumo umano prive di interesse dal punto di vista della concentrazione di radon. È stata determinata la concentrazione di attività di radon in acqua per il consumo umano su campioni prelevati durante tutto il primo semestre nelle sorgenti di acqua presenti nel territorio e nei punti di prelievo ad uso pubblico. I campioni acquisiti dal laboratorio sono stati misurati e la concentrazione è stata poi corretta con la costante di decadimento del radon ($\lambda_{222\text{Rn}}=2,11\cdot 10^{-6} \text{ s}$) a partire dalla data di prelievo. La fase di campionamento, fondamentale per la determinazione della concentrazione di attività del gas radon è stata eseguita direttamente dal personale Arpacal.

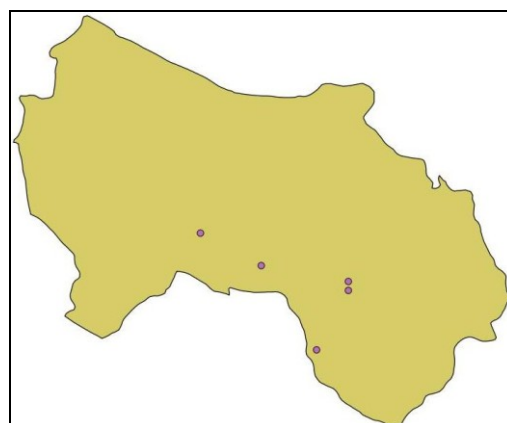


Figura 5: punti di prelievo di campioni di acqua

Di seguito, (Fig. 5, Tab. 4) vengono proposti i risultati delle misurazioni e i punti di prelievo:

- concentrazione di attività in Bq/l;

Punti di campionamento	Tempo di conteggio [s]	Concentrazione di attività del ²²²Rn [Bq/l]
Comune di Rombiolo		
Campione N.176 -Piazza De Gasperi	600	5,6±0,8
Campione N.177 -Tre Fontane	600	3,3±0,5
Campione N.213 -Vena	600	5,9±0,9
Campione N.214 - Brigka	600	4,1±0,6
Campione N.215 Moladi via Gorizia	600	<M.A.R
Limite Direttiva 2013/51/Euratom		100
M.A.R.: minima attività rivelabile		

Tabella 4: concentrazione di attività di radon nelle acque destinate al consumo umano

Come già indicato sono state effettuate delle misure di rivelazione della radiazione gamma in diversi punti del territorio con particolare attenzione nell'area di Pernocari, dove tra l'altro impiegando mezzi messi a disposizione dal comune, sono stati effettuati dei prelievi di terreno per la misura della radioattività con l'analisi di spettrometria gamma. Gli esiti hanno dimostrato la presenza di radioattività naturale tipica dei suoli.

Particolare attenzione è stata riposta al sito dell'ex cava Petroso nella stessa località. Trattasi ovviamente di misure campali che però non hanno registrato alcun interesse dal punto di vista radiometrico. Le misure campali hanno anche riguardato la contaminazione superficiale che nei siti indagati non ha registrato nessuna anomalia. In quanto ex discarica, il sito per un approfondimento completo dovrebbe essere caratterizzato con un numero sufficiente di carotaggi che esulano ovviamente dall'obiettivo di questa indagine.

CONCLUSIONI

I dati se pur parziali presentano allo stato un territorio privo di interesse dal punto di vista radiometrico. I risultati anche se in fase di completamento, considerato che trattasi del primo semestre di misura per il gas radon che è quello generalmente più critico, non vi è al netto della verifica di due anomalie, un interesse specifico dal punto di vista radioprotezionistico. Le concentrazioni di radon in acque sono un ulteriore indicatore che vi è presenza di radioattività naturale come ovvio ma senza particolare interesse da giustificare un aumento di dose per la popolazione. Il quadro cognitivo dovrebbe comunque migliorare e si stima una conoscenza più completa prima della fine dell'anno (settembre – ottobre).

BIBLIOGRAFIA

- [ⁱ] Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Supplemento ordinario n°136 del 13 giugno 1995, *Decreto Legislativo n°230 del 17 marzo 1995*
- [ⁱⁱ] Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Supplemento ordinario n°203 del 31 agosto 2000, *Decreto Legislativo n°241 del 26 maggio 2000*
- [ⁱⁱⁱ] Commissione delle Comunità Europee, *Direttiva 96/29/EURATOM del Consiglio del 13 maggio 1996*, G.U. delle Comunità Europee L159 del 29 giugno 1996
- [^{iv}] Bochicchio et al., *Results of the National Survey on Radon Indoors in All the 21 Italian Regions. Proc. Workshop "RADON in the Living Environment"*, 19-23 April 1999, Athens, Greece, 997-1006; 1999
- [^v] A Nero, *Earth air, radon and home*. Physics Today 42 (1989) pp.32-39
- [^{vi}] L. Tommasino, *Radon*; Encyclopedia of Analytical Science (1998), pp.4359-4368
- [^{vii}] Hickey R.J., Bowers E.J., Spence D.E., et al.: *Low-level ionizing radiation and human mortality: multiregional epidemiological studies*. Health Phys 40: 625-641, 198. 1982
- [^{viii}] *Intercomparison Radon Passive*, BFS-Berlino 2015
- [^{ix}] Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome, *Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei*, Roma 6 febbraio 2003;
- [^x] V. Fuoco, et al, *La carta del rischio radon di Catanzaro e Crotona*, Atti del Convegno, Airp 2014 - Aosta