

LA RADIOATTIVITA' NELLE ACQUE POTABILI NELLA PROVINCIA DI VARESE

Risultati della campagna di indagine



Novembre 2017

Centro Regionale di Radioprotezione

ARPA LOMBARDIA

Relazione predisposta da:

Maurizio Forte (CRR Milano)

con il contributo di:

Stefania Costantino (CRR Milano)

Vincenzo Maffei (Dip. ARPA di Varese)

Verificata da:

Rosella Rusconi

Responsabile CRR

Approvata da:

Maurizio Bassanino

Responsabile U.O.C. Agenti Fisici e Radioprotezione

Si ringraziano per la preziosa collaborazione

Emanuela Ammoni (Regione Lombardia, Direzione Welfare)

Christian Malacrida e **Gerardo Mirra** (ATS Insubria)

Emessa il 10 novembre 2017

1 – Introduzione

Questo rapporto riassume i risultati dell'indagine condotta nel corso del 2017 sul contenuto di radioattività nelle acque potabili nella provincia di Varese, nell'ambito della campagna regionale in corso di svolgimento il cui scopo è acquisire le conoscenze e le informazioni necessarie ad effettuare le "valutazioni preliminari" sulla qualità radiometrica delle acque potabili lombarde, in ottemperanza alle richieste del D.Lgs. 28/2016^[1], meglio precisate nel Decreto del 2 agosto 2017^[2], ed al fine di stabilire, ove necessario, un piano di controllo.

L'indagine è stata effettuata su mandato della Direzione Generale Welfare di Regione Lombardia in stretta collaborazione con ATS Insubria.

Il Decreto individua, ai fini della verifica del contenuto di radioattività nelle acque, i seguenti parametri analitici (Tab. 1):

Tab. 1: Parametri radiometrici riportati nel D. Lgs. 28/2016

Attività alfa totale	0,1 Bq/l
Attività beta totale	0,5 Bq/l
Radon 222	100 Bq/l
Trizio	100 Bq/l

ove l'attività alfa e beta totale è da intendersi come parametro di screening impiegato (come proposto dal Decreto) per assicurare il rispetto del valore di dose totale, fissato in 0,1 mSv/anno. Il Decreto prevede inoltre che quando almeno uno dei parametri di screening sia superato è necessario approfondire l'esame con la determinazione dei singoli radionuclidi ed il calcolo puntuale della dose totale.

Negli anni passati erano state già effettuate analisi radiometriche riguardanti le risorse idriche di questa provincia^[3,4,5] come di altre zone della Lombardia; nella nuova campagna, pianificata secondo criteri e modalità aderenti al nuovo dettato legislativo, ci si è proposto quanto segue:

- aumentare la copertura demografica arrivando ad un minimo del 50%;
- effettuare per ogni punto di prelievo misure di attività alfa e beta totale, radon 222 e trizio (misura non indispensabile in assenza di fonti antropogeniche di H-3 - vedi D.Lgs. 28/2016^[1] All. Il p.to 3 – nella presente campagna prevista in modo sistematico in quanto contemporanea – in virtù delle procedure analitiche adottate dal laboratorio - alla misura dell'attività alfa e beta totale);
- effettuare su tutti i campioni la misura di radio 226, per una migliore caratterizzazione della componente di attività alfa totale;
- nei campioni con attività alfa totale maggiore di 0,1 Bq/l effettuare la determinazione dei singoli nuclidi (in particolare gli isotopi di uranio) e calcolare la dose;
- effettuare la misura (per via chimica) della concentrazione di potassio e, per calcolo, la determinazione dell'attività di K-40. Nel caso di attività beta totale maggiore di 0,5 Bq/l, utilizzare la concentrazione stimata di K-40 per la determinazione della concentrazione di attività beta residua e formulare le opportune valutazioni.

Nella pianificazione della nuova campagna inoltre si dovrà:

- tenere in considerazione le specificità geologiche ed idrogeologiche note;
- valutare le possibili fonti di pressione;
- verificare l'esistenza di industrie alimentari con approvvigionamento autonomo.

2 – Approvvigionamento delle acque e inquadramento idrogeologico

Nella provincia di Varese operano diversi gestori che sono stati interpellati da ATS Insubria per le informazioni relative alla rete di distribuzione. L'acqua distribuita è quasi sempre di origine sotterranea. Le fonti di approvvigionamento idrico sono caratterizzate da una prevalenza di sorgenti nella parte nord della provincia mentre nel sud sono più diffuse le opere di captazione sotterranee come pozzi. Esiste sul territorio solo un acquedotto che capta acqua superficiale dal Lago Maggiore e che serve il comune di Leggiuno.

I punti monitorati in questa campagna sono distribuiti su tutta la Provincia di Varese ed ubicati sia nella zona montana che collinare e di pianura, dove le caratteristiche idrogeologiche risultano estremamente differenziate.

Il settore montano si estende nella parte settentrionale della provincia occupata dai principali rilievi montuosi interrotti da sistemi vallivi: E' caratterizzato dall'affioramento del substrato lapideo cristallino e carbonatico pre-pleistocenico e da depositi alluvionali e di versante del fondovalle.

La struttura idrogeologica nei sistemi vallivi è definita da acquiferi porosi a geometria nastriforme di limitata estensione areale e ridotta potenzialità, normalmente captata da pozzi, mentre nei rilievi montuosi gli acquiferi più significativi sono in rocce carbonatiche permeabili per fessurazione e carsismo. I punti di captazione sono le zone sorgentizie di venuta a giorno della falda.

Il settore collinare è caratterizzato da morfologie controllate dalla geometria del substrato roccioso affiorante o subaffiorante e/o dai depositi glaciali e fluvioglaciali plio-quadernari. La struttura idrogeologica è caratterizzata da acquiferi porosi di limitata estensione areale e ridotta potenzialità. Gli acquiferi più produttivi sono quelli di tipo nastriforme, all'interno delle valli principali (Olona, Arno, Ticino. etc.)

Il settore di pianura corrispondente all'area di massima estensione delle piane fluvioglaciali, è caratterizzato da un importante acquifero superficiale e da una serie di acquiferi più profondi compresi tra l'asta drenate dei Fiumi Ticino ed Olona e riferibili all'alta pianura lombarda.

I caratteri idrogeologici sono riconducibili essenzialmente ad acquiferi diversamente sviluppati con alimentazione principalmente per infiltrazione delle acque meteoriche nelle unità maggiormente permeabili di monte. Le principali unità idrogeologiche vengono suddivise in unità idrostratigrafiche corrispondenti ai seguenti gruppi acquiferi a diversi profondità, ove l'acquifero A è il più superficiale e l'acquifero C il più profondo:

- *il gruppo acquifero A (Olocene-Pleistocene medio)* è rappresentato da depositi in facies sedimentaria continentale, caratterizzati in prevalenza da ghiaie, sabbie e ciottoli, con subordinate intercalazioni di conglomerati (nel settore orientale), argille e limi sabbiosi privi di continuità laterale. L'unità presenta uno spessore complessivo di 80÷100 m ed è sede dell'acquifero superiore di tipo libero o localmente semiconfinato con soggiacenza media di circa 30÷35 m dal piano campagna. Si presenta discretamente omogeneo su tutta la zona meridionale del territorio provinciale con direzione del

- flusso idrico verso N-S. Tale acquifero è tradizionalmente captato dai numerosi pozzi ad uso industriale. Gli strati acquiferi presentano uno spessore complessivo medio stimato di circa 30-40 m;
- *il gruppo acquifero B (Pleistocene medio)* è rappresentato da depositi in facies sedimentaria continentale e transizionale, caratterizzati da ghiaie e sabbie con livelli arealmente continui di argille e limi argillosi. L'unità è sede di falde idriche intermedie e profonde di tipo confinato e semiconfinato, generalmente riservate all'uso potabile e captate dai pozzi profondi. L'isolamento degli acquiferi profondi rispetto all'acquifero superficiale viene generalmente confermato dalle buone caratteristiche qualitative delle acque captate ad uso idropotabile. Gli strati acquiferi presentano uno spessore complessivo medio stimato di circa 40 m;
 - *il gruppo acquifero C (Pleistocene medio)* è rappresentato da depositi in facies transizionale e marina caratterizzati da argille fossilifere, limi sabbiosi e torbe, omogeneamente riscontrate in tutta l'area ad una profondità di circa 170 -180 m da p.c.. Questa unità forma il substrato della falda tradizionalmente sfruttata. L'unità, delimitata a tetto da superfici erosionali irregolari, può essere sede di rari acquiferi profondi di tipo confinato contenuti in livelli ghiaioso-sabbiosi di limitato spessore.

Nel settore più settentrionale affiora il basamento scistoso cristallino del Precarbonifero, sovrastato da conglomerati e arenarie ad esso correlate. Sempre in questo settore del varesotto e fino alla zona del luganese sono presenti depositi vulcanici costituiti da coltri di tufi, porfiriti, breccie e dalla grande intrusione magmatica ipoabissale del granofiro di Cuasso al Monte. Il passaggio tra il Permiano ed il Triassico è interessato dai sedimenti delle arenarie della Formazione del Servino. Nell'alto varesotto sono presenti unità potenzialmente interessate da radionuclidi naturali.



Fig. 1 – La provincia di Varese

3 - Scelta dei punti di prelievo

I requisiti utilizzati per la scelta dei punti di prelievo si possono così riassumere, coerentemente con quanto indicato nella legislazione vigente:

- i campioni sono prelevati all'erogazione, a valle di eventuali miscelazioni
- devono essere rappresentativi di una "area omogenea"
- deve essere raggiunta una "copertura demografica" di almeno il 50% per ogni provincia
- vanno considerate le aree con accertate specificità geologiche/idrogeologiche
- è necessario tenere in considerazione eventuali "fonti di pressione" e.g. industrie con possibili scarichi di materiali radioattivi ancorché naturali (NORM – Naturally Occurring Radioactive Materials)
- non sono ricomprese nell'indagine le acque minerali naturali
- sono al contrario interessate le acque non minerali imbottigliate e i prodotti alimentari in cui l'acqua, derivante da captazioni indipendenti, è parte preponderante del prodotto (birra, bibite, alimenti liquidi ecc.)

3.1 Criterio demografico

Il primo passaggio è consistito nello stilare l'elenco di Comuni più popolosi della Provincia fino a giustificare il 50% dell'intera popolazione (Tab. 2). Nella provincia di Varese risiedono 863.229 abitanti (censimento 2011), di cui il 50% risiede nei 17 comuni elencati in tabella.

Successivamente l'ATS Insubria, anche avvalendosi di un questionario predisposto da ARPA, ha assunto le necessarie informazioni dai gestori del servizio sulla struttura delle reti di distribuzione. Per due Comuni (Varese e Luino) è stato necessario individuare più punti di prelievo data la disuniformità dell'impianto di distribuzione. In particolare, nel caso di Varese, sono stati aggiunti anche due punti di prelievo fuori dal territorio comunale, riferiti a pozzi che riforniscono sia l'acquedotto di Varese che alcuni piccoli centri vicini (Barasso, Comerio e Cadrezzate).

3.2 Specificità geologiche/idrogeologiche

I punti di prelievo selezionati mediante il criterio demografico sono distribuiti in tutte e tre le zone descritte nel cap. 2 (settore montano, collinare e di pianura). Si è ritenuto di inserire un addizionale punto di prelievo nel comune di Angera in quanto è noto, da studi compiuti dall'Università di Milano negli anni '80^[6,7], che in tale località sono presenti fonti di acque particolarmente ricche di radon. Nonostante queste fonti non riforniscano direttamente l'acquedotto si è ritenuto doverosamente cautelativo un esame specifico.

3.3 Industrie alimentari con approvvigionamento idrico autonomo

Da un esame condotto da ATS Insubria è emerso che l'unica azienda alimentare di interesse è costituita dallo stabilimento Carlsberg, sito nel comune di Induno Olona, che produce birra utilizzando acqua emunta da un pozzo proprio ("Fontana degli ammalati"). Per questa ragione tale fonte è stata inclusa nel monitoraggio.

3.4 Possibili fonti di pressione

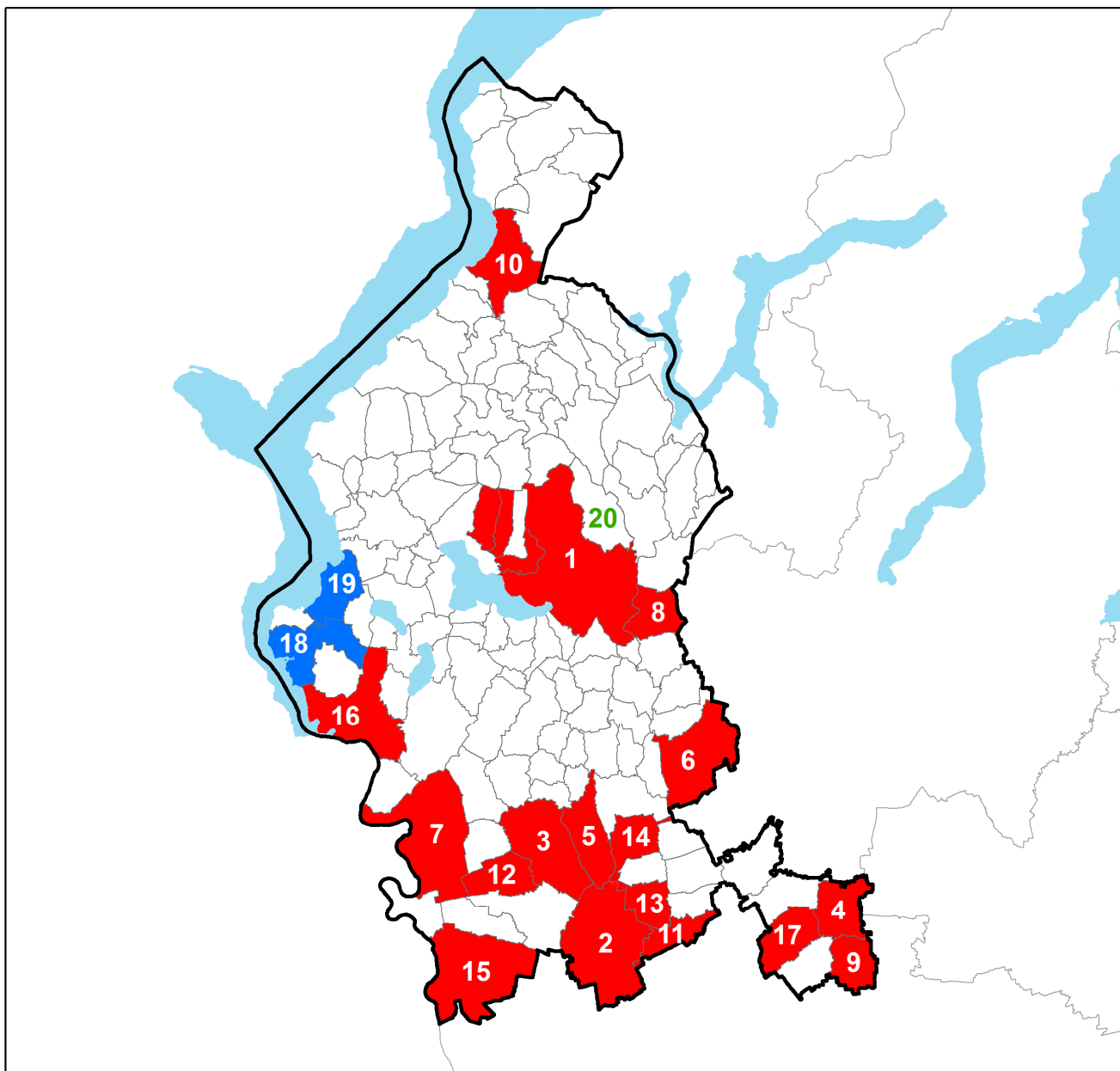
Allo scopo di individuare possibili “fonti di pressione” è stato esaminato l’elenco delle aziende “NORM” presenti nella zona facendo riferimento alle tipologie indicate nell’allegato I-bis al D.Lgs. 230/95 s.m.i., già integrato con quanto previsto dalla Direttiva 59/2013 in corso di recepimento; in particolare sono state considerate le aziende in regime di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) ex D.Lgs. 152/06 s.m.i., nessuna delle quali è risultata ubicata nella provincia di Varese.

Nel comune di Ispra è ubicato il Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea (DG-JRC) in cui sono presenti installazioni nucleari, attualmente in fase di decommissioning, ed in cui da decenni si fa uso di sorgenti radioattive anche non sigillate. Indagini condotte nel 2006-2007 avevano già appurato l’assenza di punti di captazione di acque destinate ad uso potabile posti idrogeologicamente a valle del JRC. Si è comunque scelto di individuare un punto di prelievo presso il comune di Ispra, rappresentativo dell’acqua erogata dall’acquedotto comunale.

Tab. 2 –Elenco dei Comuni che comprendono il 50% della popolazione della provincia di Varese

Progressivo	Comune	Pop. residente totale
1	Varese	79959
2	Busto Arsizio	79909
3	Gallarate	50576
4	Saronno	38733
5	Cassano Magnago	21419
6	Tradate	17760
7	Somma Lombardo	16932
8	Malnate	16619
9	Caronno Pertusella	16417
10	Luino	14300
11	Castellanza	14259
12	Cardano al Campo	14158
13	Olgiate Olona	12223
14	Fagnano Olona	12143
15	Lonate Pozzolo	11753
16	Sesto Calende	10837
17	Uboldo	10456
	TOTALE	438453
	% Pop. Totale	50,7

Fig. 2 – Comuni che comprendono il 50% della popolazione della provincia di Varese (in rosso)



Legenda:

- | | | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| 01 Varese | 08 Malnate | 15 Lonate Pozzolo |
| 02 Busto Arsizio | 09 Caronno Pertusella | 16 Sesto Calende |
| 03 Gallarate | 10 Luino | 17 Uboldo |
| 04 Saronno | 11 Castellanza | 18 Angera |
| 05 Cassano Magnago | 12 Cardano al Campo | 19 Ispra |
| 06 Tradate | 13 Olgiate Olona | 20 Induno O. (Carlsberg) |
| 07 Somma Lombardo | 14 Fagnano Olona | |

Tab. 3 –Elenco dei Comuni selezionati e numero di prelievi effettuati

Progressivo	Comune	Pop. residente totale	Gestore	N° prelievi
1	Varese ⁽¹⁾	88165	ASPEM	4
2	Busto Arsizio	79909	ALFA ⁽²⁾	1
3	Gallarate	50576	ALFA ⁽³⁾	1
4	Saronno	38733	Saronno Servizi	1
5	Cassano Magnago	21419	ALFA ⁽³⁾	1
6	Tradate	17760	Prealpi Servizi	1
7	Somma Lombardo	16932	ALFA ⁽³⁾	1
8	Malnate	16619	ASPEM	1
9	Caronno Pertusella	16417	Lura Ambiente	1
10	Luino	14300	ASPEM	3
11	Castellanza	14259	AMIACQUE	1
12	Cardano al Campo	14158	ALFA ⁽³⁾	1
13	Olgiate Olona	12223	ALFA ⁽²⁾	1
14	Fagnano Olona	12143	ALFA ⁽²⁾	1
15	Lonate Pozzolo	11753	ALFA ⁽⁴⁾	1
16	Sesto Calende	10837	ALFA ⁽³⁾	1
17	Uboldo	10456	Saronno Servizi	1
18	Angera	5632	Comune	1
19	Ispra	5187	Prealpi Servizi	1
20	Induno Olona (Carlsberg)		Carlsberg	1
TOTALE		457478		25
% popolazione		53,0		

⁽¹⁾ Compresi i comuni di Barasso, Comerio e Cadrezzate

⁽²⁾ ex AGESP

⁽³⁾ ex AMSC

⁽⁴⁾ ex SAP

4 - Analisi e risultati

I campioni sono stati prelevati congiuntamente da tecnici di ARPA e di ATS Insubria con le seguenti modalità:

- tutti i campioni sono stati prelevati presso un punto di erogazione di rete, pubblico o privato;
- per il prelievo dell'acqua destinata alle analisi di attività alfa/beta totale sono state utilizzate bottiglie in polietilene riempite sino all'orlo e chiuse con tappo e controtappo;

- per i prelievi finalizzati alle analisi di radon sono state utilizzate fiale da 50 ml circa in vetro con tappo dotato di setto in silicone; il riempimento è stato condotto lasciando trascinare il contenitore per alcuni minuti ed evitando la presenza di bolle d'aria. I campioni sono stati trasportati in laboratorio e preparati per la misura radiometrica nell'arco di 24 ore.

I campioni sono stati portati alla sede di Milano-Juvara del Centro Regionale Radioprotezione di ARPA per le determinazioni analitiche e radiometriche.

Preliminarmente sono state effettuate, col supporto del Settore Laboratori di ARPA Lombardia, misure di pH, conducibilità (per la determinazione del residuo fisso) e di concentrazione di potassio (per l'eventuale valutazione indiretta di ^{40}K).

Successivamente sono state effettuate le misure radiometriche di attività alfa/beta totale, trizio, radon 222 e radio 226 utilizzando le procedure descritte in Tab. 4. L'uranio è stato determinato solo nei casi in cui l'attività alfa totale eccedeva il valore di parametro di 0,1 Bq/kg.

Tab. 4 – Parametri determinati e loro caratteristiche

Parametro	Tecnica	Procedura	D.L. ⁽¹⁾ sperimentale (Bq/kg)	D.L. richiesto ⁽²⁾ (Bq/kg)
Alfa totale	LSC	UNI EN ISO 11704	0,014	0,04
Beta totale	LSC	UNI EN ISO 11704	0,060	0,2
Trizio	LSC	MT.M1.530 (met. interno)	8	10
^{226}Ra	LSC	ISO 13165-1	0,004	0,04
^{222}Rn	LSC	ISO 13164-4	0,5	10
^{234}U e ^{238}U	LSC	MT.M1.502 (met. interno)	0,001 ⁽³⁾	0,02

⁽¹⁾ *Detection Limit – Limite di rivelazione*

⁽²⁾ *D.Lgs. 28/2016, All. II Tab. 2*

⁽³⁾ *Riferita all'uranio totale*

I metodi di prova per attività alfa/beta totale, radon 222 e radio 226 sono accreditati secondo la norma ISO 17025. Nelle tabelle seguenti viene riportato l'elenco completo dei punti di prelievo (Tab. 5) e i parametri chimici (Tab. 6) e radiometrici (Tab. 7) ricavati dalle determinazioni analitiche effettuate.

Tab.5 - Anagrafica e localizzazione punti di prelievo con coordinate WGS84 GMS e quota metrica

Camp.	Comuni rappresentati	Punto prelievo	Indirizzo	Comune	Codice	Data prelievo	Coordinate N	Coordinate E	Quota s.l.m.	Codice int.
1	Varese	Fontana cimitero Bellorite	V.le Bellorite	Varese	RE012133XU0042	20/10/16	45°48'30,6"	08°51'22,9"	352	M2016.0705
2	Varese	Fontana cimitero S. Ambrogio	via dei Mulini Grassi	Varese	RE012133XU0045	20/10/16	45°50'35,1"	08°48'49,3"	487	M2016.0706
3	Varese	Fontana cimit. Barasso Comerio	Via Chiesa	Comerio	RE012133XU0044	20/10/16	45°50'28,7"	08°44'37,3"	398	M2016.0707
4	Varese	Fontana cimitero Casciago	via S. Agostino	Casciago	RE012133XU0043	20/10/16	45°50'02,9"	08°47'07,2"	422	M2016.0708
5	Busto Arsizio	Presa via Piemmarini	via Piemmarini	Busto Arsizio	RE012026XU0101	21/02/17	45°37'49,2"	08°51'03,7"	226	M2017.0146
6	Gallarate	Fontana cimitero urbano	Via De Magri	Gallarate	RE012133XU0006	26/10/16	45°39'13,7"	8°48'14,2"	238	M2016.0754
7	Saronno	Cimitero	Via Milano	Saronno	RE012119XU0015	20/03/17	45°37'13,1"	9°02'07,7"	212	M2017.0235
8	Cassano Magnago	Fontana cimitero urbano	viale Rimembranze	Cassano Magnago	RE012133XU0004	26/10/16	45°39'57,1"	8°49'38,4"	261	M2016.0755
9	Tradate	Fontana cimitero Abbate	viale Rimembranze	Tradate	RE012127XU0003	26/10/16	45°42'00,4"	8°55'27,4"	303	M2016.0752
10	Somma Lombardo	Fontana cimitero urbano	via Leonardo Da Vinci	Somma Lombardo	RE012123XU0005	06/03/17	45°38'21,8"	8°42'49,1"	282	M2017.0186
11	Malnate	Rete municipio	piazza Vittorio Veneto 2	Malnate	RE012096XU0002	26/10/16	45°47'59,6"	8°52'49,4"	355	M2016.0753
12	Caronno Pertusella	Rete municipio	via Martiri di Via Fari	Caronno Pertusella	RE012034XU0005	20/03/17	45°35'46,2"	9°03'00,1"	194	M2017.0236
13	Luino	Rete municipio	Fontanella Poppino	Luino	RE012092XU0002	16/05/17	46°00'57,0"	8°45'45,0"	202	M2017.0563
14	Luino	Rete municipio	Scuole Longhirorio	Luino	RE012092XU0007	16/05/17	46°00'29,0"	8°44'05,0"	202	M2017.0564
15	Luino	Rete municipio	Macello comunale	Luino	RE012092XU0004	16/05/17	45°59'40,0"	8°44'09,0"	202	M2017.0565
16	Castellanza	Presa via Gerenzano	via Gerenzano	Castellanza	RE012042XU0013	21/02/17	45°36'44,3"	8°54'36,2"	226	M2017.0147
17	Cardano al Campo	Fontana cimitero urbano	via S. Francesco	Cardano al Campo	RE012032XU0004	07/03/17	45°38'39,0"	8°46'07,6"	240	M2017.0185
18	Olgiate Olona	Presa via Pascoli	via Pascoli	Olgiate Olona	RE012108XU0021	21/02/17	45°37'27,2"	8°52'40,0"	239	M2017.0148
19	Fagnano Olona	Presa via Rovereto	via Rovereto	Fagnano Olona	RE012067XU0029	21/02/17	45°39'57,0"	8°52'41,8"	265	M2017.0149
20	Lonate Pozzolo	Fontana cimitero urbano	viale Rimembranze	Lonate Pozzolo	RE012090XU0006	07/03/17	45°36'02,3"	8°44'55,0"	205	M2017.0184
21	Sesto Calende	Fontanella via Roma	via Roma	Sesto Calende	RE012120XU0005	03/04/17	45°43'26,9"	8°37'54,4"	198	M2017.0314
22	Uboldo	Fontana cimitero	via per Origgio, 15	Uboldo	RE012130XU0006	20/03/17	45°36'35,9"	9°30'30,6"	205	M2017.0237
23	Ispra	Rete scuola elementare	via Banetti 7	Ispra	RE012084XU1002	03/04/17	45°48'52,9"	8°36'36,2"	220	M2017.0315
24	Angera	Rete scuola elementare	via Dante 2	Angera	RE012003XU0003	03/04/17	45°46'30,8"	8°34'38,1"	205	M2017.0316
25	Carlsberg	Stabilimento-Fontana degli ammalati	via Olona 103	Induno Olona	SG012083OU0100	30/05/17	45°50'41,0"	8°49'16,4"	394	M2017.0723

Tab. 6 – Parametri chimici

Camp.	Comuni rappresentati	Codice int.	pH	Conducib. (mS/cm)	Res. fisso (mg/l)		K (mg/kg)	K (±)
1	Varese	MI2016.0705	7,6	466	350		1,50	0,15
2	Varese	MI2016.0706	7,7	350	263	<	1,0	-
3	Varese	MI2016.0707	7,8	256	192		1,00	0,10
4	Varese	MI2016.0708	7,7	366	275		1,00	0,10
5	Busto Arsizio	MI2017.0146	7,7	352	264		1,20	0,12
6	Gallarate	MI2016.0754	7,9	296	222		1,10	0,11
7	Saronno	MI2017.0235	8,2	266	200	<	1,0	-
8	Cassano Magnago	MI2016.0755	7,8	561	421		1,40	0,14
9	Tradate	MI2016.0752	8,0	182	137		1,30	0,13
10	Somma Lombardo	MI2017.0186	8,0	378	284		1,90	0,19
11	Malnate	MI2016.0753	7,7	572	429		3,10	0,31
12	Caronno Pertusella	MI.2017.0236	8,2	227	170	<	1,0	-
13	Luino	MI.2017.0563	7,3	69	52		1,00	0,10
14	Luino	MI.2017.0564	7,6	259	194		1,60	0,16
15	Luino	MI.2017.0565	7,9	244	183		2,10	0,21
16	Castellanza	MI2017.0147	8,0	207	155		1,10	0,11
17	Cardano al Campo	MI2017.0185	7,9	373	280		1,50	0,15
18	Olgiate Olona	MI2017.0148	8,0	180	135		1,00	0,10
19	Fagnano Olona	MI2017.0149	7,8	348	261		2,00	0,20
20	Lonate Pozzolo	MI2017.0184	8,3	261	196		1,20	0,12
21	Sesto Calende	MI2017.0314	8,2	305	229		3,20	0,32
22	Uboldo	MI.2017.0237	8,0	369	277		1,10	0,11
23	Ispra	MI2017.0315	8,2	357	268		3,20	0,32
24	Angera	MI2017.0316	8,3	332	249		2,50	0,25
25	Carlsberg	MI2017.0723	7,8	432	324	<	1,00	-

NOTA: i valori del residuo fisso sono stati ottenuti per calcolo dalla conducibilità (res. fisso = conducibilità · 0,75)

Tab. 7 - Parametri radiometrici

Camp.	Comuni rappresentati	Codice Int.	α_{tot} (Bq/kg)	α_{tot} (\pm)	β_{tot} (Bq/kg)	β_{tot} (\pm)	Rn-222 (Bq/kg)	Rn-222 (\pm)	Ra-226 (Bq/kg)	Ra-226 (\pm)	K-40 (Bq/kg)	K-40 (\pm)	H-3 (Bq/kg)	U tot (Bq/kg)	U tot (\pm)	U-234 (Bq/kg)	U-234 (\pm)	U-238 (Bq/kg)	U-238 (\pm)
1	Varese	M/2016.0705	0,045	0,012	< 0,077	-	16,3	3,9	< 0,0031	-	0,042	0,004	< 7,8						
2	Varese	M/2016.0706	0,037	0,013	< 0,076	-	10,6	2,6	0,0061	0,0022	< 0,028	-	< 7,8						
3	Varese	M/2016.0707	0,032	0,012	< 0,083	-	5,48	1,39	< 0,0034	-	0,028	0,003	< 7,8						
4	Varese	M/2016.0708	0,040	0,013	< 0,083	-	5,98	1,50	< 0,0034	-	0,028	0,003	< 7,8						
5	Busto Arsizio	M/2017.0146	0,060	0,010	0,059	0,024	19,9	4,7	< 0,0032	-	0,033	0,003	< 5,4						
6	Gallarate	M/2016.0754	0,035	0,012	< 0,076	-	18,3	4,4	< 0,0030	-	0,0307	0,003	< 7,8						
7	Saronno	M/2017.0235	0,0210	0,0086	< 0,046	-	8,70	2,1	< 0,0032	-	< 0,028	-	< 7,8						
8	Cassano Magnago	M/2016.0755	0,101	0,016	< 0,080	-	13,5	3,2	< 0,0033	-	0,0390	0,004	< 7,8	0,0883	0,0052	0,0515	0,0038	0,0368	0,0032
9	Tradate	M/2016.0752	0,023	0,011	< 0,078	-	20,0	4,4	< 0,0032	-	0,0363	0,004	< 7,8						
10	Somma Lombardo	M/2017.0186	0,0358	0,0092	0,068	0,024	15,9	3,8	< 0,0031	-	0,053	0,005	< 8,4						
11	Malnate	M/2016.0753	0,032	0,012	0,086	0,044	30,9	7,3	< 0,0034	-	0,086	0,009	< 7,8						
12	Caronno Pertusella	M/2017.0236	0,0162	0,0084	< 0,046	-	6,0	1,5	< 0,0032	-	< 0,028	-	< 7,8						
13	Luino	M/2017.0563	< 0,0160	-	< 0,040	-	21,8	5,4	< 0,0032	-	0,0279	0,003	< 7,8						
14	Luino	M/2017.0564	< 0,0160	-	0,048	0,024	28,2	6,8	< 0,0032	-	0,0446	0,004	< 7,8						
15	Luino	M/2017.0565	0,0235	0,0096	0,080	0,028	25,5	6,2	0,0048	0,0020	0,059	0,006	< 7,8						
16	Castellanza	M/2017.0147	0,0272	0,0078	0,049	0,024	8,1	2,0	< 0,0033	-	0,0307	0,003	< 5,4						
17	Cardano al Campo	M/2017.0185	0,0359	0,0099	0,074	0,026	19,9	4,7	< 0,0034	-	0,0418	0,004	< 8,4						
18	Olgiate Olona	M/2017.0148	0,0111	0,0066	0,048	0,024	13,2	3,1	< 0,0033	-	0,0279	0,003	< 5,4						
19	Fagnano Olona	M/2017.0149	0,061	0,011	0,078	0,026	27,6	6,5	< 0,0034	-	0,056	0,006	< 5,4						
20	Lonate Pozzolo	M/2017.0184	< 0,0150	-	0,045	0,024	25,7	6,0	< 0,0034	-	0,0335	0,003	< 8,4						
21	Sesto Calende	M/2017.0314	0,212	0,024	0,139	0,032	37,0	8,7	0,0037	0,0038	0,089	0,009	< 7,8	0,206	0,010	0,105	0,013	0,100	0,013
22	Uboldo	M/2017.0237	0,039	0,010	< 0,047	-	5,7	1,5	< 0,0034	-	0,0307	0,003	< 7,8						
23	Ispra	M/2017.0315	0,256	0,028	0,166	0,034	49	11	0,0040	0,0010	0,089	0,009	< 7,8	0,270	0,015	0,1364	0,0084	0,1334	0,0082
24	Angera	M/2017.0316	0,168	0,020	0,119	0,029	22,6	5,3	< 0,0032	-	0,070	0,007	< 7,8	0,182	0,010	0,0930	0,0054	0,0890	0,0052
25	Carsberg	M/2017.0723	0,038	0,010	< 0,040	-	3,3	0,9	0,0047	0,0010	< 0,028	-	< 7,8						

Tutte le incertezze (\pm) sono espresse in termini di incertezza estesa e calcolate al livello di confidenza del 95% ($k=2$). La minima attività rilevabile è calcolata assumendo per gli errori di prima e seconda specie il valore 0,05.

5 – Esame dei dati ottenuti

Una sintesi dei risultati completi ottenuti è riportata nella seguente Tab. 8: si può osservare che l'attività beta totale, la concentrazione di radon 222, di radio 226 e di trizio sono risultate sempre largamente inferiori ai valori di riferimento indicati dalla normativa.

L'attività alfa totale è risultata superiore al valore di riferimento di 0,1 Bq/l in 4 campioni: in questi è stata effettuata la determinazione dell'uranio totale. Come si evidenzia nella tabella 7, l'attività alfa totale è ascrivibile, entro l'incertezza sperimentale, all'uranio.

Tab. 8 - Confronto dei valori medi e massimi misurati con i parametri di legge

	Att. max misurata (Bq/l)	N. campioni eccedenti il valore di riferimento (Bq/l)	Valore di riferimento (D.L. 28/2016) (Bq/l)
Attività alfa totale	0,256	4	0,1
Attività beta totale	0,166	0	0,5
Radio 226	0,0061	0	0,5
Radon 222	48,9	0	100
Trizio	< 8,4	0	100

Una valutazione conservativa della dose totale, effettuata per questi quattro campioni, ha evidenziato che questa risulta sempre inferiore al valore di parametro (0,1 mSv/anno).

Va infine rilevato che i valori più elevati di radon sono stati misurati nella zona di Ispra-Angera in accordo con le indicazioni della letteratura ^[5,6].

6 - Conclusioni

I prelievi effettuati sulla base delle informazioni fornite da ATS Insubria possono essere considerati rappresentativi dei territori comunali coinvolti per un totale di 457.478 abitanti pari a circa il 53% della popolazione totale. Le acque esaminate sono tutte di origine sotterranea e i punti di campionamento sono stati scelti nella parte settentrionale (settore montano), centrale (settore collinare) e meridionale (settore di pianura) della provincia di Varese.

La copertura geografica appare ragionevolmente completa anche se, naturalmente, è maggiormente rappresentata la parte meridionale della Provincia, notevolmente più popolosa. Sono stati inclusi i comuni di Angera e Ispra dal momento che indagini precedenti avevano messo in luce la possibilità di concentrazioni

elevate di gas radon e a causa della vicinanza del centro di ricerca JCR in cui sono presenti installazioni nucleari.

E' stato altresì considerato uno stabilimento per la produzione di birra dotato di captazione idrica autonoma.

L'esame dei dati ha portato a constatare la loro piena conformità rispetto ai valori di parametro indicati nel D.Lgs. 28/2016 in tutti i casi esaminati.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Unità Operativa Igiene Alimenti e Nutrizione del Dipartimento di Igiene e Prevenzione Sanitaria della ATS Insubria per la cooperazione nell'attuazione della campagna. Ringraziamo inoltre i colleghi del dipartimento ARPA di Varese per la collaborazione ed in particolare il Dr. Maffei per le valutazioni idrogeologiche.

Appendice 1

Principali gestori nella provincia di Varese

	Gestore	Indirizzo	Telefono	Sito web
1	ALFA srl	Piazza Libertà 1, 21100 Varese	0331 226.766	www.alfasii.it
2	AMACQUE	Via Rimini, 34-36, 20142 Milano	800 428 428	www.gruppocap.it
3	ASPEM	Via S.Giusto 6, Varese	0332 290308	www.aspem.it
4	Lura Ambiente	Via Lainate 120, 21042 Caronno Pertusella (Va)	02 9655646	www.lura-ambiente.it
5	Prealpi Servizi	Via Peschiera 20, 21100 Varese	0332 274911	www.prealpiservizi.it
6	Saronno Servizi	Via Roma 16/18, 21047 Saronno (Va)	02 9628821	www.saronnoservizi.it

Nota: AGESP, AMSC e SAP successivamente alla campagna di misura sono confluiti in ALFA srl

Bibliografia

- 1) Decreto Legislativo 15 febbraio 2016, N. 28: "Attuazione della direttiva 2013/51/EURATOM del Consiglio, del 22 ottobre 2013 che stabilisce requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano".
- 2) Decreto 2 agosto 2017: "Indicazioni operative a carattere tecnico-scientifico, ai sensi dell'articolo 8 del decreto legislativo del 15 febbraio 2016, n.28".
- 3) ARPA Lombardia: "La radioattività nelle acque potabili in Lombardia" vedi sito ARPA Lombardia, http://ita.arpalombardia.it/ita/aree_tematiche/agentifisici/index-radio-acque-potabili-lombardia.asp
- 4) M. Forte, R. Rusconi, M.T. Cazzaniga e G. Sgorbati "La radioattività nelle acque potabili lombarde: impostazione dei controlli" *Acqua e aria*, pp. 32-36, 5 (2005)
- 5) M. Forte, R. Rusconi, M.T. Cazzaniga e G. Sgorbati "The measurement of radioactivity in drinking water" *Microchemical Journal*, pp. 98-102, 105 (2007).
- 6) D'Alessio D., Morlotti R., Ravasini G.: "Misura del livello di radon in acque di pozzo e in sorgenti lungo la costa lombarda del Lago Maggiore" *Acqua & aria* 287, 3 (1985)
- 7) Facchini U., Sesana L., Agostoni G., Testa V., Bianchi-Santamaria A. Radon risk in Lombardy and in Emilia Romagna *Med. Biol. Environm.* 93, 25(1) (1997)