

## LA RADIOATTIVITA' NELLE ACQUE POTABILI DELLA PROVINCIA DI LECCO

Risultati della campagna di indagine



Anno 2016

Centro Regionale di Radioprotezione

ARPA LOMBARDIA



*Relazione predisposta da:*

**Maurizio Forte** (CRR Milano)

*con il contributo di:*

**Stefania Costantino** (CRR Milano)

**Giuseppina Gerosa, Maria Tarasi** (Dip. ARPA di Lecco)

*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)

**Angelo Ferraroli e Osvaldo Parolini** (ATS Brianza)

**Paolo Lietti** (Lario Reti Holding SpA)

*Emessa il 16 gennaio 2017*



## 1 - Introduzione

Questo rapporto riassume i risultati dell'indagine condotta sulle acque potabili nella provincia di Lecco, prima fase pilota della campagna regionale realizzata in ottemperanza alle richieste del D.Lgs. 28/2016.

L'indagine è stata effettuata su mandato della Direzione Welfare di Regione Lombardia in stretta collaborazione con ATS Brianza. Scopo dell'indagine è la verifica della conformità delle acque rispetto ai parametri analitici individuati dal citato Decreto e riassunti nella tabella seguente (Tab. 1):

*Tab. 1: Parametri radiometrici riportati nel D. Lgs. 28/2016<sup>1</sup>*

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

ove l'attività alfa e beta totale sono parametri di screening impiegati per assicurare il rispetto del valore di dose totale fissato in 0,1 mSv/anno. La misura della concentrazione di trizio, per cui il succitato Decreto fissa un valore di parametro di 100 Bq/l, non è stata effettuata nel presente studio, sempre ai sensi del Decreto, in quanto non sono presenti nel territorio indagato fonti antropogeniche di questo elemento.

Negli anni passati erano state già effettuate analisi radiometriche riguardanti le risorse idriche di questa provincia<sup>[2,3,4,5]</sup> come di altre zone della Lombardia; nella nuova campagna, pianificata secondo criteri e modalità aderenti al nuovo dettato legislativo, ci si è proposto in particolare quanto segue:

- Aumentare la copertura demografica arrivando ad un minimo del 50%.
- Effettuare per ogni punto di prelievo misure di attività alfa/beta totale e radon 222, con approfondimenti ove questi parametri superino i riferimenti di legge.
- Effettuare, inoltre, misure di radio 226 su ogni prelievo per una migliore caratterizzazione della componente di attività alfa totale.
- 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 – Sistema di approvvigionamento delle acque e inquadramento idrogeologico

In provincia di Lecco il pubblico servizio di acquedotto fa riferimento ad un unico gestore del servizio integrato, Lario Reti Holding SpA, che distribuisce acque provenienti da diverse fonti.

### Approvvigionamento di acque superficiali

Una fonte importante è costituita dalle acque superficiali del lago di Lecco, che viene derivato all'altezza del Comune di Valmadrera. Esiste un'unica captazione dal lago che alimenta l'acquedotto Brianteo che, a sua volta, serve diversi Comuni. L'acqua di questa rete può essere quindi considerata omogenea.

---

<sup>1</sup> Non vengono effettuate specifiche misure di trizio (<sup>3</sup>H) in quanto non esistono in questa provincia fonti antropogeniche note (vedi D.Lgs.28/2016, All II)

## Approvvigionamento di acque sotterranee

Le acque sotterranee vengono captate attraverso numerose opere di presa da sorgenti (bottini, gallerie drenanti, trincee drenanti) e da falda (pozzi) la cui distribuzione è funzione anche delle caratteristiche idrogeologiche del territorio. Le caratteristiche idrogeologiche del territorio della Provincia di Lecco sono molto complesse e articolate ma dal punto di vista della nostra indagine possiamo individuare due settori con caratteristiche distinte: il settore lacuale, che comprende tutta la fascia dal limite settentrionale del territorio della Provincia fino ai laghi, e il settore sublacuale. Nel settore lacuale affiorano soprattutto rocce litoidi e prevalgono le opere di presa da sorgente, nel settore sublacuale affiorano prevalentemente rocce sciolte e prevalgono le opere di presa da falda.

### *a) Settore lacuale*

Nella fascia lacuale gli acquiferi (rocce che immagazzinano l'acqua) sono rappresentati prevalentemente da rocce cristalline e carbonatiche appartenenti al dominio Sudalpino (Alpi Meridionali), mentre nella fascia sublacuale gli acquiferi sono rappresentati prevalentemente da rocce sciolte o da rocce sedimentarie detritiche cementate all'interno delle quali sono presenti livelli sabbioso-ghiaiosi sciolti (Ceppo dell'Adda) che ospitano una falda idrica.

L'esistenza di due settori geografici con caratteristiche idrogeologiche diverse è evidente nella Figura 1 dove le rocce litoidi che affiorano nel settore lacuale sono rappresentate con diverse campiture mentre le aree dove affiorano le rocce sciolte del settore sublacuale vengono lasciate in bianco.

Si fa presente che il radon è presente ovunque nelle rocce, sia sciolte, sia lapidee, sebbene in quantità variabili; alle rocce cristalline sono associate le quantità più alte, ma concentrazioni significative di radon possono essere associate anche alle rocce sedimentarie che contengono clasti di rocce cristalline; il radon sfugge dalle porosità delle rocce e si diffonde nell'acqua in contatto con le rocce e nell'aria presente nei pori e nelle fratture; la presenza di vuoti interconnessi ne consente la migrazione.

Nel territorio lecchese le rocce cristalline affiorano nella fascia più a Nord e sono rappresentate prevalentemente da gneiss, paragneiss e micascisti (basamento cristallino) di età paleozoica (pre-permiano, fino a circa 299 milioni di anni fa - nella figura 1 sono indicate come rocce del "basamento"); le rocce del basamento cristallino sono messe in contatto con le rocce della copertura sedimentaria permo-triassica (da circa 299 a circa 201 milioni di anni) da una struttura tettonica nota come Linea Orobica che si sviluppa in direzione circa est-ovest e interessa il nostro territorio all'altezza dei comuni di Margno, Casargo e Premana (nella figura 1 la linea orobica è rappresentata dal "sovrascorrimento" che mette in contatto il basamento, a Nord, con le rocce della copertura sedimentaria, a Sud). Lungo questa struttura le rocce del basamento cristallino scorrono sopra quelle della copertura sedimentaria. Un precedente studio eseguito da ARPA Lombardia e dal Dipartimento di Statistica dell'Università di Milano-Bicocca<sup>[6]</sup> relativo alla presenza di radon negli edifici aveva evidenziato che in Provincia di Lecco lungo questa struttura si misurano le concentrazioni più alte di radon. Questa particolarità è già stata oggetto di attenzione da parte dell'ARPA<sup>[7]</sup>.

→ *Nel nostro lavoro in questo settore è stato individuato il punto di campionamento "rubinetto funivia", che riceve le acque delle sorgenti del Comune di Margno.*

Le rocce della copertura sedimentaria che affiorano in Provincia di Lecco sono rappresentate da rocce prevalentemente detritiche nella parte basale (“permiano” nella figura 1) seguite da rocce prevalentemente carbonatiche (dolomie, calcari), marne e selci nella parte intermedia (Triassico-Giurassico–Cretacico, da circa 201 a 65 milioni di anni); la successione sedimentaria prosegue con rocce più giovani rappresentate da calcari, marne, arenarie (Paleogene in figura 1, da 65 a 23 milioni di anni). Procedendo da Nord verso Sud affiorano rocce sempre più giovani.

La circolazione idrica sotterranea nel settore lacuale è caratterizzata dalla diffusa presenza di reti acquifere che alimentano sorgenti e dalla presenza subordinata di falde acquifere ospitate da conoidi alluvionali (es. Bellano, Colico), depositi di subalveo e depositi glaciali. In questo settore le captazioni di acque potabili destinate al consumo umano, come abbiamo già anticipato, sono costituite prevalentemente da sorgenti. Laddove la roccia è molto fratturata/fagliata o carsificata la circolazione è più attiva; laddove le fratture/faglie sono profonde possono risalire acque termali.

Ad esempio nella zona di Taceno e dintorni la presenza di strutture tettoniche profonde rende possibile la risalita di acque termali (es. terme di Tartavalle), che non rivestono interesse dal punto di vista del servizio di pubblico acquedotto; fenomeni collegati alla risalita di acque termali sono stati rilevati anche nel letto del torrente Pioverna.

→ Allo scopo di verificare la presenza di eventuali criticità collegate ad apporti di acque termali, nel presente lavoro è stato campionato il pozzo Rimembranze del Comune di Bellano che potrebbe ricevere apporti di acque profonde attraverso la falda subalvea del torrente Pioverna.

Le rocce della copertura sedimentaria sono interessate dalla presenza di ampie pieghe e sovrascorrimenti che si sviluppano in direzione circa Est-Ovest che non sono stati oggetto di approfondimenti come per la linea Orobica, risultata più critica.

#### *b) Settore sublacuale*

Nella fascia sublacuale l'ossatura rocciosa è costituita prevalentemente da arenarie, marne, conglomerati e calcari più giovani (cretacico/paleocene/eocene – da circa 145 a circa 34 milioni di anni). In affioramento prevalgono i depositi sedimentari sciolti rappresentati prevalentemente da depositi fluvio-glaciali, depositi glaciali e glaciolacustri formati nel corso delle tre glaciazioni pleistoceniche (da 455000 a 10000 anni fa), da depositi lacustri e da depositi alluvionali anche recenti ed attuali (aree prive di campitura nella figura 1).

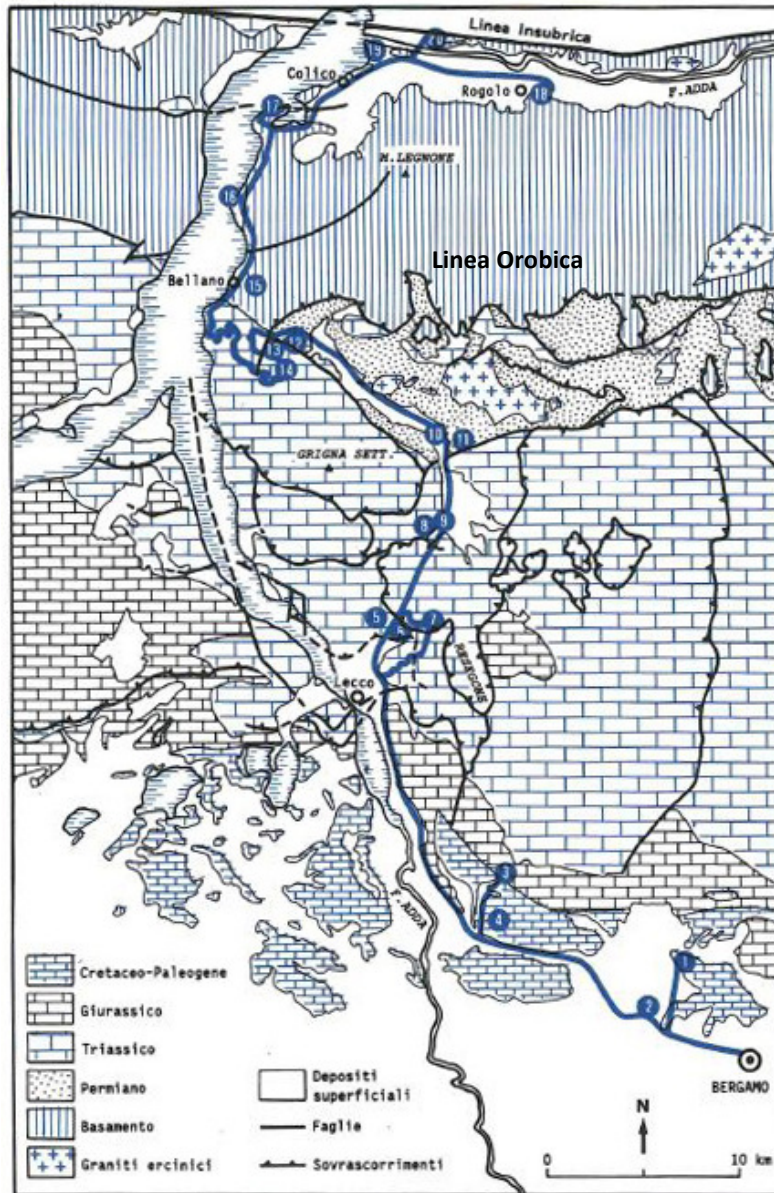
Nella fascia sublacuale in letteratura vengono distinti tre acquiferi sovrapposti, che, procedendo dall'alto verso il basso, sono i seguenti:

Primo acquifero: coincide con i depositi sciolti più recenti, costituiti da sabbie e ghiaie in matrice più o meno fine (depositi glaciali recenti e alluvionali recenti ed attuali).

Secondo acquifero: si rinviene all'interno degli orizzonti sciolti sabbioso-ghiaiosi del Ceppo dell'Adda;

Terzo acquifero: corrisponde ai livelli più permeabili all'interno delle Argille Villafranchiane, limitate inferiormente dal substrato roccioso.

Fig. 1 - Cartina geologica del lecchese



Tratta da "Guide Geologiche Regionali – 11 Itinerari – ALPI E PREALPI LOMBARDE

A cura della SOCIETA' GEOLOGICA ITALIANA", seconda edizione settembre 1991, BE-MA Editrice, itinerario n. 6, A. Bini et al.

Su diverse fasce del territorio si rinvencono solo i primi due acquiferi o addirittura solo il primo. In altri contesti, come ad esempio sotto la Piana di Airuno-Brivio, sotto la conca di Rovagnate o intorno ai laghi di Annone e Pusiano, sopra il substrato roccioso sono presenti solo limi e argille lacustri con lenti di materiali più grossolani che costituiscono l'acquifero.

Nella fascia a Sud dei laghi minori i principali acquiferi sono rappresentati dai depositi di riempimento di valli sepolte (paleovalli), orientate per lo più in direzione N-S; le più importanti sono le seguenti:

- a) paleovalle del Fiume Lambro;
- b) paleovalle del Torrente Molgora;
- c) paleovalle dei Torrenti Molgoretta e Lavandaia
- d) paleovalle del Torrente Bevera.



Le opere di captazione di acque destinate al consumo umano sono rappresentate principalmente da pozzi. La paleovalle del Torrente Molgora riveste particolare importanza in quanto costituisce la fonte di approvvigionamento di acque potabili di diversi comuni (Merate, Cernusco Lombardone, Osnago, Lomagna, Osnago, Montevecchia) e attività produttive.

→ A quest'ultimo contesto appartiene il punto di prelievo indicato come "fontana cimitero" (serbatoio Ceppo) di Merate.

### **3 - Scelta dei punti di prelievo**

I requisiti utilizzati per la scelta dei punti di prelievo si possono così riassumere, coerentemente con quanto indicato nel D.Lgs. 28/2016:

- I campioni sono prelevati all'erogazione, a valle di eventuali miscelezioni
- Devono essere rappresentativi di una "area omogenea"
- Deve essere raggiunta una "copertura demografica" di almeno il 50% per ogni provincia (ex ASL)
- Vanno considerate le aree con accertate specificità geologiche/idrogeologiche
- E' 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, Fig.2). Nella provincia di Lecco risiedono 339.510 abitanti (censimento 2011), il 50% di questi risiedono nei 15 comuni elencati in Tab. 2.

Successivamente l'ATS di Lecco, anche avvalendosi di un questionario predisposto appositamente da ARPA, ha assunto le necessarie informazioni dal gestore del servizio integrato (che nel caso della provincia di Lecco corrisponde esclusivamente a Lario Reti Holding SpA) sulla struttura della rete di distribuzione. Ciò ha permesso di raffinare la prima selezione arrivando ad un secondo elenco. Per due Comuni (Lecco e Calolziocorte) è stato necessario individuare più punti di prelievo data la disuniformità dell'impianto di distribuzione, al contrario, in altri casi, un solo prelievo ha potuto essere considerato rappresentativo per più di un comune data l'omogeneità dell'acqua erogata: in particolare l'acquedotto Brianteo si rifornisce di acqua del lago Lario e la distribuisce a più Comuni (Tab. 3, Fig. 3). Anche alcuni gruppi di Comuni (vedi Costa Masnaga/Nibionno/Rogeno e Cernusco Lombardone/Merate/Montevecchia) hanno potuto essere "accorpati" in quanto serviti da un unico acquedotto. Per sistema di approvvigionamento misto si intende la presenza di diverse fonti di approvvigionamento (sorgenti, pozzi, lago).

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

<b>Progressivo</b>	<b>Comune</b>	<b>Pop. residente totale</b>
1	Lecco	46826
2	Merate	14593
3	Calolziocorte	14017
4	Casatenovo	12678
5	Valmadrera	11625
6	Mandello del Lario	10583
7	Oggiono	8753
8	Galbiate	8597
9	Missaglia	8585
10	Colico	7493
11	Olginate	7112
12	Olgiate Molgora	6190
13	Robbiate	6103
14	Barzanò	5172
15	Calco	5116
	<b>TOTALE</b>	<b>173443</b>

Fig. 2 – Comuni che comprendono il 50% della popolazione della provincia di Lecco

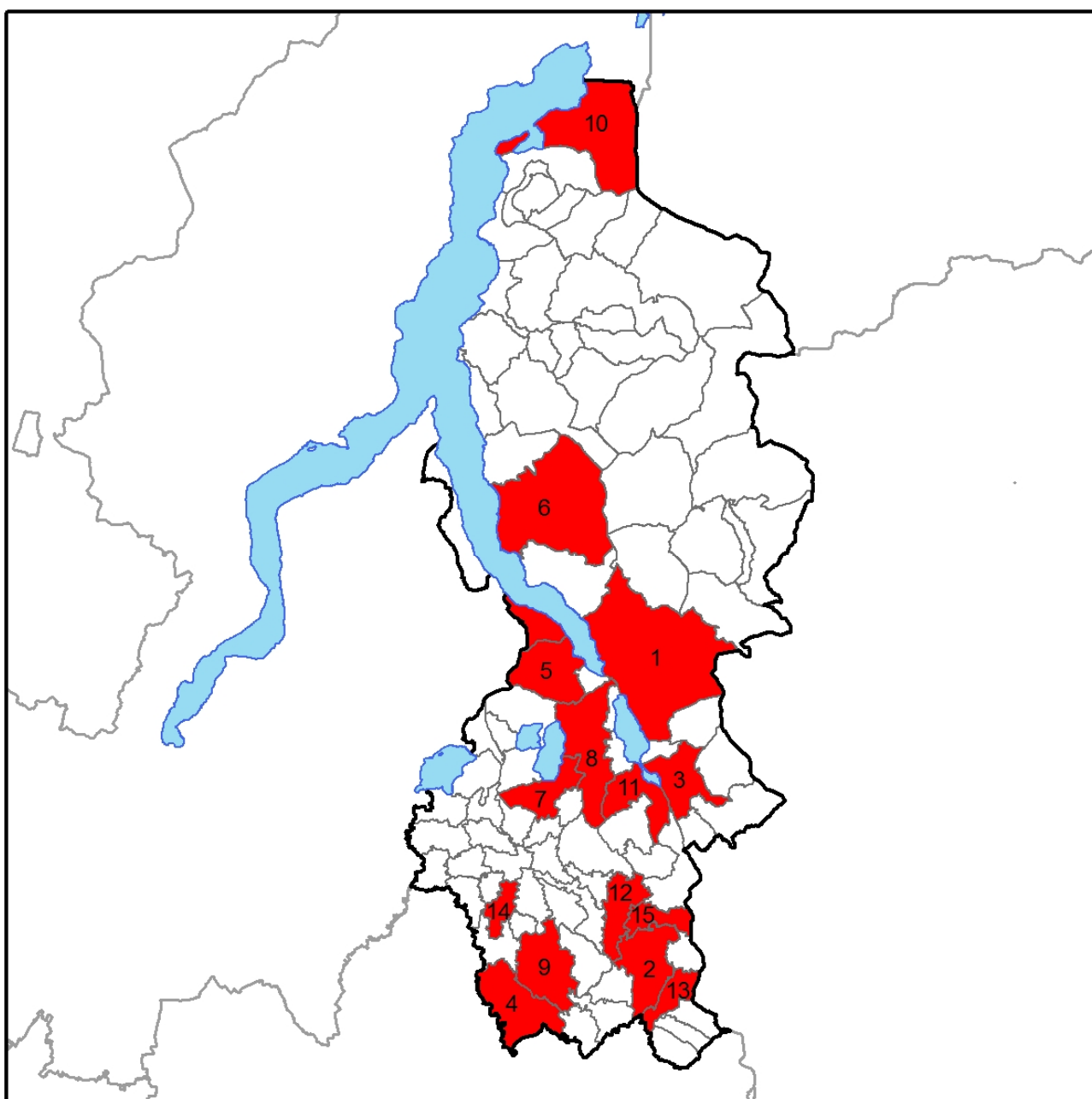
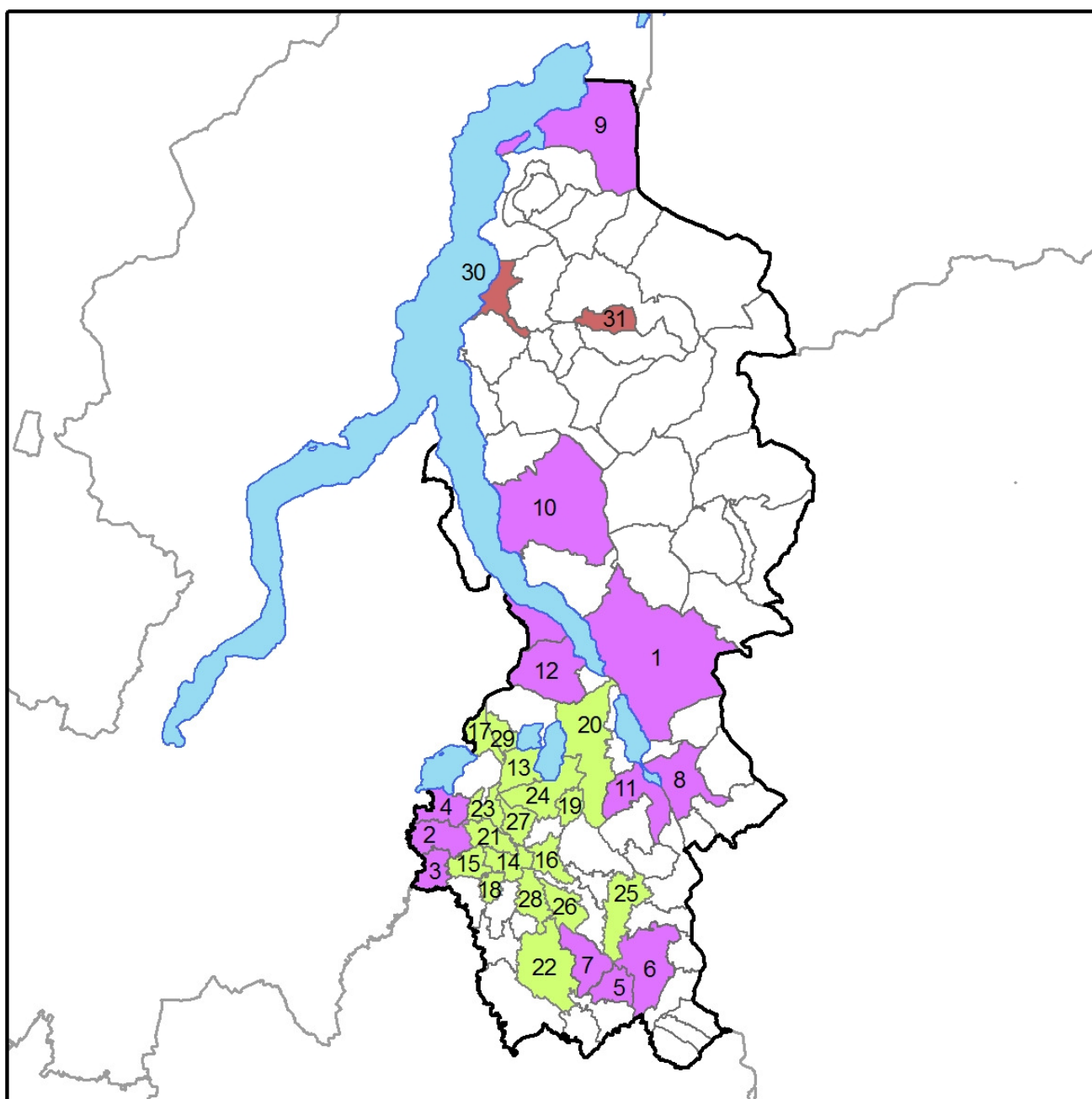


Fig. 3 – Comuni selezionati per la provincia di Lecco



*In viola sono riportati i Comuni con approvvigionamento da acque sotterranee o misto (vedi Tab. 3, da 1 a 12), in verde i Comuni serviti dall'acquedotto Brianteo (acqua di Lago, da 13 a 29), in marrone i Comuni selezionati perché posti sulla linea Orobica e approvvigionati da acqua sotterranea (30 e 31).*

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

Progressivo	Comune	Pop. residente totale	Approvvigionamento	N° prelievi
1	Lecco	46826	Misto	3
2	Costa Masnaga	4756		
3	Nibbionno	3632	Pozzo	1
4	Rogeno	3200		
5	Cernusco Lombardone	3852		
6	Merate	14593	Pozzo	1
7	Montevecchia	2482		
8	Calolziocorte	14017	Misto	2
9	Colico	7493	Misto	1
10	Mandello del Lario	10583	Misto	1
11	Olginate	7112	Misto	1
12	Valmadrera	11625	Misto	1
13	Annone di Brianza	2290		
14	Barzago	2578		
15	Bulciago	2952		
16	Castello di Brianza	2478		
17	Cesana Brianza	2349		
18	Cremella	1765		
19	Ello	1243		
20	Galbiate	8597		
21	Garbagnate Monastero	2431	Lago (Brianteo)	1
22	Missaglia	8585		
23	Molteno	3589		
24	Oggiono	8753		
25	Olgiate Molgora	6190		
26	Perego	1768		
27	Sirone	2392		
28	Sirtori	2926		
29	Suello	1687		
30	Bellano	3275	Pozzo	1
31	Margno	378	Sorgenti	1
	TOTALE	196397		14

### **3.2 Specificità geologiche/idrogeologiche**

Sulla base dell'inquadramento geologico sopra riportato sono stati individuati i seguenti punti di prelievo:

- Comune di Margno, punto di campionamento "rubinetto funivia": zona con presenza di rocce cristalline in cui vi è evidenza dell'esistenza di concentrazioni più elevate di radon indoor (linea Orobica);
- Comune di Bellano, punto di campionamento "pozzo Rimembranze": area interessata da fenomeni di risalita di acque termali (linea Orobica);

### **3.3 Industrie alimentari con approvvigionamento idrico autonomo**

Da un esame condotto da ATS Brianza è emerso che l'unica azienda alimentare di interesse è costituita dallo stabilimento Norda, sito nel comune di Primaluna. Norda, oltre ad imbottigliare acqua minerale naturale che, come sopra ricordato, è esclusa dal campo applicativo del D. Lgs. 28/2016, produce anche bibite mediante un approvvigionamento autonomo di acqua. 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 Lecco.

Parimenti è stata verificata l'assenza di attività produttive che utilizzano sorgenti artificiali non sigillate che possono interferire con la qualità delle acque potabili (l'utilizzo di radiofarmaci a breve emivita nelle attività di tipo sanitario non può influire neppure teoricamente sulla qualità delle acque potabili, considerate le caratteristiche di decadimento dei radionuclidi impiegati).

## **4 - Analisi e risultati**

I campioni sono stati prelevati congiuntamente da tecnici di ARPA e di ATS Brianza 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 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 poi immediatamente portati alla sede di Milano-Juvara del Centro Regionale Radioprotezione di ARPA per le determinazioni analitiche e radiometriche.

Sono state effettuate preliminarmente, 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  $^{40}\text{K}$ ).

Successivamente sono state effettuate le misure radiometriche di attività alfa/beta totale, radon 222 e radio 226 utilizzando le procedure descritte in Tab. 4.

Tab. 4 – Parametri determinati e loro caratteristiche

Parametro	Tecnica	Procedura	Limite di rivelazione sperim. (Bq/kg)	Limite di rivelazione richiesto* (Bq/kg)
Alfa totale	LSC	UNI EN ISO 11704	0,014	0,04
Beta totale	LSC	UNI EN ISO 11704	0,060	0,2
<sup>226</sup> Ra	LSC	ISO 13165-1	0,004	0,04
<sup>222</sup> Rn	LSC	ISO 13164-4	0,5	10

\*D.Lgs. 28/2016, All. II Tab. 2

Alla data delle misure, i metodi di prova per attività alfa/beta totale e radio 226 erano accreditati secondo la norma ISO 17025, il metodo per il radon 222 in corso di accreditamento. Alla data di stesura di questa relazione tutti i metodi sopra citati risultano accreditati secondo la norma ISO 17025. Nelle tabelle seguenti viene riportato l'elenco completo dei punti di prelievo (Tab. 5 e 6) e i parametri chimici (Tab. 7) e radiometrici (Tab. 8) ricavati dalle determinazioni analitiche effettuate. I punti 1-12 sono stati selezionati col criterio demografico (3.1), in particolare il punto 4 (Annone Brianza) è rappresentativo dell'acquedotto Brianteo. I punti 13 e 14 sono posizionati sulla linea Orobica e sono stati scelti per questa specificità geologica (3.2), il punto 15 è relativo ad una industria alimentare (produzione di bibite) (3.3). Data l'assenza di fonti di pressione note, non sono stati selezionati punti in funzione a queste (3.4).

Tab. 5 – Anagrafica punti di prelievo

Nr.	Comune	Indirizzo	Punto prelievo	Serbatoio /punto miscel.	Codice
1	Lecco	via Pizzi	Fontana pubblica	Panigada	RE097042XU2003
2	Lecco	via Pietro Micca	Fontana pubblica	Malavedo	RE097042XU2026
3	Lecco	via Lucia	Fontana pubblica	Acquate	RE097042XU2010
4	Annone Brianza	loc. Fornace	Fontana pubblica	Lago	RE097003XU2008
5	Costa Masnaga	via Manzoni 106	Fontana cimitero	Serbatoio Costa Masnaga	RE097026XU2007
6	Merate	viale Rimembranze	Fontana cimitero	Ceppo (misc.)	RE097048XU2011
7	Calolziocorte	via Padri Serviti	Fontana pubblica	Macorna	RE097013XU2003
8	Calolziocorte	via Toti	Fontana cimitero Lorentino	Moioli	RE097013XU2002
9	Colico	fr. Villatico	Fontana cimitero Villatico	Fevra	RE097023XU2010
10	Mandello del Lario	fr. Luzzeno, v. Segantini	Fontana pubblica	Luzzeno	RE097046XU2007
11	Olginate	via Milano	Rubinetto Trattoria Cantù	Lavello	RE097059XU2002
12	Valmadrera	via per S. Tomaso	Fontana pubblica	Boasel	RE097083XU2000
13	Margno	piazza Funivia	Rubinetto c/o Bar Funivia	Piazzolo	RE097047XU2001
14	Bellano	parco Rimembranze	Pozzo comunale	-	PO097008OU0001
15	Primaluna "NORDA"	via Provinciale 1	Stab. Norda	Sorg. Luna	TR097070XRM004

Tab. 6 – Localizzazione punti di prelievo (coordinate WGS84 GMS) e quota metrica

Nr.	Comune	Indirizzo	Coordinate N	Coordinate E	Quota s.l.m.
1	Lecco	via Pizzi	45°51'01,1"	9°23'44,0"	203
2	Lecco	via Pietro Micca	45°52'06,5"	9°24'09,9"	322
3	Lecco	via Lucia	45°51'41,7"	9°24'36,0"	277
4	Annone Brianza	loc. Fornace	45°48'25,4"	9°20'17,9"	221
5	Costa Masnaga	via Manzoni 106	45°46'08,8"	9°16'55,6"	301
6	Merate	viale Rimembranze	45°42'13,5"	9°24'14,2"	295
7	Calolziocorte	via Padri Serviti	45°47'27,3"	9°25'53,4"	196
8	Calolziocorte	via Toti	45°47'34,4"	9°26'52,8"	383
9	Colico	fr. Villatico	46°07'35,6"	9°22'23,8"	370
10	Mandello del Lario	fr. Luzzeno, v. Segantini	45°55'30,8"	9°19'32,6"	294
11	Olginate	via Milano	45°45'49,5"	9°25'35,3"	201
12	Valmadrera	via per S. Tomaso	45°51'08,2"	9°21'02,0"	394
13	Margno	piazza Funivia	46°01'52,1"	9°22'59,1"	752
14	Bellano	parco Rimembranze	46°02'35,0"	9°18'12,2"	212
15	Primaluna "NORDA"	via Provinciale 1	45°58'46,2"	9°26'49,1"	581

Tab. 7 – Parametri chimici

Nr.	Comune	Codice int.	Data prelievo	pH	Conducib. (mS/cm)	Res. fisso* (mg/l)	K (mg/l)	± (mg/l)
1	Lecco	2016.0528	10/08/16	8,0	355	266	1,0	0,1
2	Lecco	2016.0526	10/08/16	8,0	355	266	0,9	0,09
3	Lecco	2016.0527	10/08/16	8,1	372	279	1,5	0,15
4	Annone Brianza	2016.0377	13/06/16	8,0	348	261	1,9	0,19
5	Costa Masnaga	2016.0376	13/06/16	7,7	595	446	2,2	0,22
6	Merate	2016.0379	13/06/16	8,3	211	158	1,4	0,14
7	Calolziocorte	2016.0530	10/08/16	7,9	370	278	1,2	0,12
8	Calolziocorte	2016.0529	10/08/16	8,0	373	280	1,4	0,14
9	Colico	2016.0543	17/08/16	8,0	65	49	2,6	0,26
10	Mandello del Lario	2016.0544	17/08/16	8,2	273	205	< 0,6	
11	Olginate	2016.0531	10/08/16	7,8	376	282	2,1	0,21
12	Valmadrera	2016.0378	13/06/16	7,7	555	416	0,5	0,05
13	Margno	2016.0546	17/08/16	8,3	83	62	1,1	0,11
14	Bellano	2016.0545	17/08/16	8,1	324	243	1,7	0,17
15	Primaluna "NORDA"	2016.0689	12/10/16	8,0	368	276	2,1	0,21

\* valori ottenuti per calcolo da conducibilità (res. fisso = conducibilità · 0,75)



Tab. 8 – Parametri radiometrici

Camp.	Comune	Cod.int.	$\alpha$ tot (Bq/kg)	$\pm$ (Bq/kg)	$\beta$ tot (Bq/kg)	$^{222}\text{Rn}$ (Bq/kg)	$\pm$ (Bq/kg)	$^{226}\text{Ra}$ (Bq/kg)	$\pm$ (Bq/kg)	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$\pm$ (Bq/kg)
1	Lecco	2016.0528	<b>0,0271</b>	0,0090	< <b>0,061</b>	<b>4,2</b>	1,1	< <b>0,0040</b>		<b>0,0279</b>	0,0028
2	Lecco	2016.0526	<b>0,0316</b>	0,0093	< <b>0,061</b>	<b>2,39</b>	0,70	< <b>0,0040</b>		<b>0,0251</b>	0,0025
3	Lecco	2016.0527	<b>0,0460</b>	0,0104	< <b>0,061</b>	<b>12,8</b>	3,0	< <b>0,0040</b>		<b>0,0418</b>	0,0042
4	Annone Brianza	2016.0377	<b>0,0189</b>	0,0094	< <b>0,069</b>	< <b>0,58</b>		< <b>0,0040</b>		<b>0,0530</b>	0,0053
5	Costa Masnaga	2016.0376	<b>0,098</b>	0,015	< <b>0,069</b>	<b>32,4</b>	7,6	< <b>0,0040</b>		<b>0,0614</b>	0,0061
6	Merate	2016.0379	<b>0,034</b>	0,010	< <b>0,069</b>	<b>8,8</b>	2,2	< <b>0,0040</b>		<b>0,0390</b>	0,0039
7	Calolziocorte	2016.0530	<b>0,0271</b>	0,0090	< <b>0,061</b>	<b>7,2</b>	1,8	< <b>0,0040</b>		<b>0,0335</b>	0,0033
8	Calolziocorte	2016.0529	< <b>0,0136</b>		< <b>0,061</b>	<b>12,0</b>	2,9	< <b>0,0040</b>		<b>0,0390</b>	0,0039
9	Colico	2016.0543	< <b>0,0136</b>		< <b>0,061</b>	<b>13,2</b>	3,1	< <b>0,0040</b>		<b>0,0725</b>	0,0073
10	Mandello	2016.0544	<b>0,0152</b>	0,0082	< <b>0,061</b>	<b>6,1</b>	1,5	< <b>0,0040</b>		< <b>0,017</b>	0,0017
11	Olginate	2016.0531	<b>0,0316</b>	0,0093	< <b>0,061</b>	<b>4,0</b>	1,1	< <b>0,0040</b>		<b>0,0586</b>	0,0059
12	Valmadrera	2016.0378	< <b>0,0170</b>		< <b>0,069</b>	<b>4,0</b>	1,1	< <b>0,0040</b>		<b>0,0139</b>	0,0014
13	Margno	2016.0546	< <b>0,0140</b>		< <b>0,061</b>	<b>61,0</b>	7,1	< <b>0,0040</b>		<b>0,0307</b>	0,0031
14	Bellano	2016.0545	<b>0,077</b>	0,013	< <b>0,061</b>	<b>27,3</b>	6,4	<b>0,0051</b>	0,0024	<b>0,0474</b>	0,0047
15	Primaluna "NORDA"	2016.0689	<b>0,0485</b>	0,0054	< <b>0,074</b>	n.d.		<b>0,0050</b>	0,0024	<b>0,0474</b>	0,0047

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. 9.

Si può osservare che per l'attività alfa totale, e la concentrazione di radon 222, sia i valori medi che quelli massimi sono inferiori ai parametri di legge. Anche la concentrazione di radio 226, determinata per una miglior caratterizzazione delle acque, è risultata sempre trascurabile e comunque largamente inferiore al valore di parametro indicato nel Decreto.

Le attività beta totali sono risultate sempre inferiori al limite di rivelazione e, di conseguenza, anche al valore di parametro indicato nel D. Lgs. 28/2016. Per questo motivo non si è reso necessario riportare i valori

calcolati per il  $^{40}\text{K}$ , che sarebbe stato al contrario importante in caso di elevati valori di attività beta totale per calcolare, come indicato dal D. Lgs. 28/2016, l'attività beta residua.

Tab. 9 - Confronto dei valori medi e massimi misurati con i parametri di legge

	Att. media misurata (Bq/kg)	Att. max misurata (Bq/kg)	Valore di riferimento (D.L. 28/2016) (Bq/kg)
Attività alfa totale	0,041	0,098	0,1
Attività beta totale	< 0,069	< 0,069	0,5
Radio 226	< 0,004	0,0051	0,5
Radon 222	15	61	100

Il valore più elevato registrato per il radon 222 è stato registrato per un comune situato in corrispondenza della "linea Orobica" (Margno), anche per il secondo comune con analogo posizionamento (Bellano) i valori di radon sono risultati al di sopra della media.

Il valore più elevato per l'attività alfa totale (0,098 Bq/kg) è stato registrato a Costa Masnaga (prelievo rappresentativo dei comuni di Costa Masnaga, Nibionno e Rogeno). Questo punto è situato a sud del lago di Pusiano. Data la prossimità del valore misurato per l'attività alfa totale al valore di parametro di 0,1 Bq/kg, si è ritenuto di approfondire l'esame misurando anche gli isotopi dell'uranio, che sono normalmente i maggiori contributori all'attività alfa totale (Tab. 10):

Tab. 10 – Concentrazioni di uranio nel campione "Costa Masnaga"

Nr.	Comune	U tot (Bq/kg)	± (Bq/kg)	$^{234}\text{U}$ (Bq/kg)	± (Bq/kg)	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg)	± (Bq/kg)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$
5	Costa Masnaga	<b>0,0834</b>	0,0025	<b>0,0442</b>	0,0017	<b>0,0391</b>	0,0016	<b>1,13</b>

Appare evidente che l'attività alfa totale misurata è ascrivibile, entro l'incertezza sperimentale, alla presenza di uranio il cui contributo alla dose è relativamente basso<sup>[8]</sup>. Di conseguenza il rispetto del parametro di dose di 0,1 mSv/anno è anche in questo caso garantito. Si può inoltre osservare che il rapporto delle attività di  $^{234}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$  è superiore ad 1, come noto in letteratura<sup>[9]</sup>, nonostante questi radionuclidi siano sempre all'equilibrio secolare nelle rocce costituenti l'acquifero. Va infine rilevato che, per questo campione, anche l'attività di radon 222 è superiore alla media registrata, pur rimanendo ampiamente al di sotto del valore di parametro. Le concentrazioni più alte di radon rilevate nei pozzi in Comune di Costa Masnaga sono probabilmente connesse all'elevata permeabilità dell'acquifero che facilita la liberazione del gas e il suo passaggio in soluzione. Contemporaneamente la geometria dell'acquifero (paleovalle) favorisce il veloce deflusso delle

acque sotterranee, abbreviando i tempi di transito e quindi l'intervallo in cui può avvenire il decadimento, che è importante considerati i brevi tempi di dimezzamento del radon.

## **6 - Conclusioni**

I prelievi effettuati, sulla base delle informazioni fornite da ATS Brianza e dal gestore del servizio integrato Lario Reti Holding, possono essere considerati rappresentativi dei territori comunali coinvolti per un totale di 196.397 abitanti su 339.510 pari a circa il 58%, percentuale superiore a quanto inizialmente prevista grazie all'ottimizzazione nella scelta dei punti di prelievo realizzata con l'analisi puntuale delle reti di distribuzione.

Le origini delle acque considerate sono varie (lago, falda, sorgenti).

La copertura geografica appare ragionevolmente completa anche se, naturalmente, è maggiormente rappresentata la parte meridionale della Provincia, notevolmente più popolosa. Sono stati inclusi 2 comuni in virtù del loro posizionamento sulla "linea Orobica", una profonda frattura che in linea di principio potrebbe costituire una particolarità idrogeologica.

Non sono state identificate specifiche fonti di pressione nella Provincia di Lecco mentre è stata considerata una captazione autonoma di uno stabilimento produttore di bibite.

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

## **Ringraziamenti**

Si ringraziano i dirigenti e i tecnici dell'ATS ex ASL di Lecco ed in particolare il Dott. Angelo Ferraroli e il sig. Osvaldo Parolini per la cooperazione nell'attuazione della campagna. Ringraziamo inoltre i colleghi del dipartimento ARPA di Lecco (Dr.ssa Giuseppina Gerosa e Dr.ssa Maria Tarasi) e l'ing. Lietti di Lario Reti Holding per la collaborazione, la cortesia e le indispensabili informazioni.

## 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) ARPA Lombardia: "La radioattività nelle acque potabili in Lombardia"  
[http://ita.arpalombardia.it/ita/aree\\_tematiche/agentifisici/index-radio-acque-potabili-lombardia.asp](http://ita.arpalombardia.it/ita/aree_tematiche/agentifisici/index-radio-acque-potabili-lombardia.asp)
- 3) 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)
- 4) M. Forte, R. Rusconi, M.T. Cazzaniga e G. Sgorbati "The measurement of radioactivity in drinking water" *Microchemical Journal*, pp. 98-102, 105 (2007).
- 5) R. Rusconi, M. Forte, P. Badalamenti, S. Bellinzona, R. Gallini, S. Maltese, C. Romeo and G. Sgorbati "The monitoring of tap waters in Milano: planning, methods and results" *Radiation Protection Dosimetry*, 111, pp. 373-376, (2004).
- 6) R. Borgoni, A. Cremonesi, G. Somà, D. de Bartolo, A. Alberici: "Radon in Lombardia – dai valori di concentrazione indoor misurati, all'individuazione dei comuni con elevata probabilità di alte concentrazioni. Un approccio geostatistico" AIRP – Convegno Nazionale di Radioprotezione: Sicurezza e qualità in radioprotezione. Vasto Marina, 1 – 3 ottobre 2007.
- 7) Arrigoni, G. Gerosa "Risultati delle campagne di misura in Lombardia e in Provincia di Lecco", Workshop "Radon nemico invisibile ... ma presente in Provincia di Lecco", Lecco 25 ottobre 2013.
- 8) Risica, S., Grande, S. (2000): "Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption: calculation of derived activity concentrations" *Rapporti ISTISAN 00/16*, p.47
- 9) C.R. Cothorn, P.A. Rebers: "Radon, radium and uranium in drinking water" Lewis Publisher, Chelsea - U.S.A. (1990).