



COMUNE  
DI CALDIERO



# ORIGINE DELLE ACQUE CALDE IDROGEOLOGIA E CHIMISMO

A CURA DI ENRICO CASTELLACCIO



AZIENDA SPECIALE TERME DI GIUNONE

Testi e progetto espositivo a cura di Enrico Castellaccio, geologo,  
direttore della concessione mineraria Terme di Giunone.  
[www.geologiaveronese.it](http://www.geologiaveronese.it)

Le immagini del presente opuscolo sono state tratte dal  
volume *Acque calde e geotermia della provincia di Verona -  
aspetti geologici e applicazioni* - Memorie del Museo Civico di  
Storia Naturale di Verona, 2. serie - Sezione Scienze della Terra  
n. 8, anno 2012

© 2013  
Azienda Speciale Terme di Giunone  
Via Delle Terme, 1  
37024 Caldiero (VR)

Copyright © 2013 per testi ed immagini  
Associazione GEOTERMIA VERONESE  
[www.geotermiaveronese.it](http://www.geotermiaveronese.it)

*Tutti i diritti sono riservati e nessuna parte della presente  
pubblicazione potrà essere riprodotta in qualsiasi forma senza il  
permesso scritto dell'Associazione GEOTERMIA VERONESE, salvo per  
quanto necessario ad eventuali recensioni*

Realizzazione grafica e stampa a cura di Scripta  
[www.scriptanet.net](http://www.scriptanet.net)

## PREFAZIONE

Negli ultimi anni i numerosi visitatori delle Antiche Terme di Giunone spesso manifestano il desiderio di conoscere l'origine delle acque calde per meglio comprenderne e condividerne il valore scientifico ed ambientale.

Con la presente pubblicazione, redatta dal Geol. Enrico Castellaccio, l'Amministrazione dell'Azienda Speciale Terme di Giunone si propone di fornire una serie di informazioni geologiche sul Campo termale di Caldiero, che derivano dalla sintesi di recenti ricerche scientifiche sviluppate a livello di un ampio territorio compreso tra Sirmione fino all'area Berico-Euganea, con l'auspicio che le stesse diventino patrimonio comune e che si diffondano ad un sempre più vasto e qualificato pubblico.

La storia di Caldiero è da sempre legata al suo termalismo. La presenza termale in quest'area, da centinaia di anni costituisce un'insolita quanto preziosa manifestazione del fenomeno idrotermale: basti pensare alle storiche piscine Brentella e Cavalla, considerate tra le più rinomate terme d'Europa durante il Rinascimento e che, anche attualmente, costituiscono assieme ad altre vasche un polo di riferimento per migliaia di persone che vogliono godere di un sano relax di tipo balneoterapico. Nel presente opuscolo, che compendia i contenuti didattici dei pannelli divulgativi esposti presso l'ingresso della struttura termale, l'Autore ha dapprima identificato le aree termali della provincia di Verona e le cause geologiche che ne hanno determinato l'origine. A queste, ha fatto seguire la descrizione del contesto geologico delle Antiche Terme di Giunone e, in relazione alle già note proprietà medico-curative, tratta anche alcuni importanti aspetti idro-geochimici, cercando di correlare le concentrazioni degli elementi disciolti con gli aspetti geologici più insoliti e caratteristici del bacino termale.

Questo opuscolo, quindi, si inquadra nell'ambito di una più vasta iniziativa di promozione culturale e, al tempo stesso, di valorizzazione del patrimonio naturalistico e storico presente presso le Antiche Terme di Giunone.

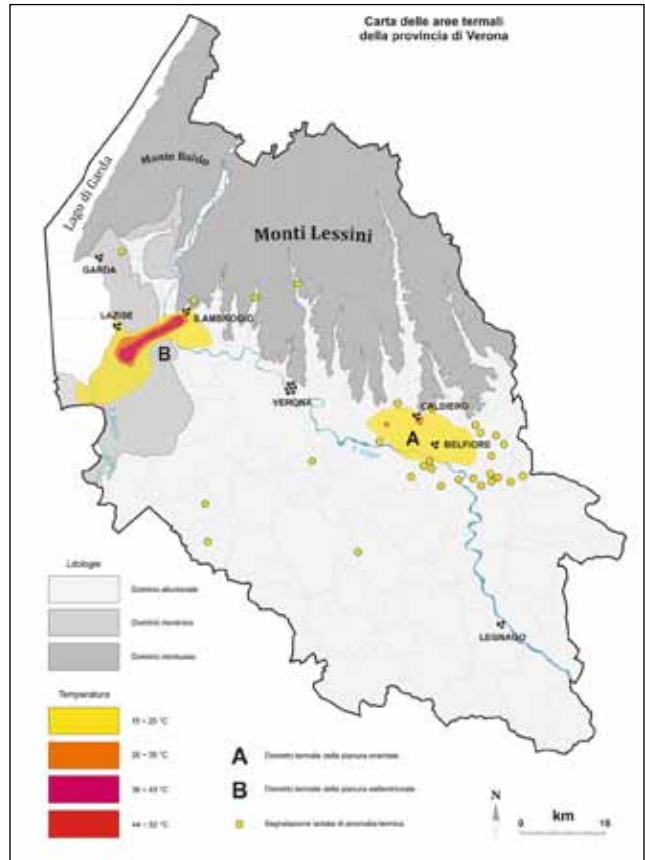
Il Direttore Tecnico  
Dott. Vittorio Gazzabini



## LE ACQUE TERMALI DELLA PROVINCIA DI VERONA

### I Distretti termali del veronese

Nel Veneto occidentale le aree più termalizzate sono comprese nella fascia che collega Sirmione (BS) con S. Ambrogio di V.lla ove la temperatura più alta delle acque rinvenute varia, da Ovest verso Est, tra circa 70 e 46 °C. Procedendo verso il veronese orientale la temperatura dei fluidi tende a diminuire fino a valori compresi tra 20 e 31 °C tra Caldiero e San Bonifacio. Pertanto, nel veronese è possibile identificare due distretti termali denominati l'uno, Distretto termale della pianura orientale (A) e l'altro Distretto termale della pianura settentrionale (B), all'interno dei quali si distinguono "campi termali" più circoscritti e caratterizzati da omogenee condizioni geologiche, termiche e chimiche. Esternamente alle aree ritenute più omogenee per il rinvenimento di acque calde, esistono isolate segnalazioni di pozzi dotati di anomalia termica a basso termalismo (15-22 °C), la cui presenza testimonia, da una parte la vasta diffusione del sistema idrotermale e dall'altra, l'esistenza di complessi fenomeni idrogeologici alla base della circolazione dei fluidi.



### Il Distretto termale della pianura orientale (A)

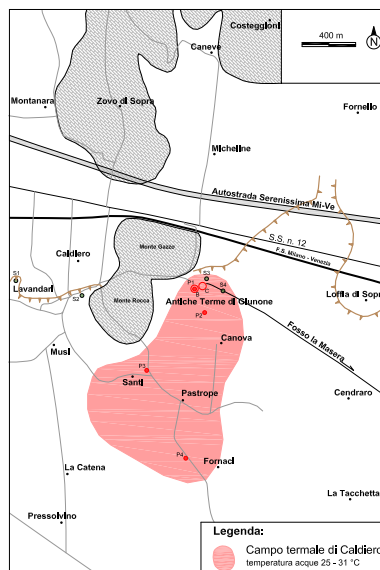
I Comuni interessati sono: Caldiero, Belfiore, Colognola ai Colli, Lavagnolo, San Martino B.A., San Bonifacio, Soave, Zevio, Ronco all'Adige, Arcole, Veronella.

In quest'area le acque termali presentano la temperatura variabile tra 15 °C fino a 31 °C e in esso possono distinguersi i campi termali di

Caldiero e di Lendinara.

Il rinvenimento di acque calde è reso possibile soprattutto dalle perforazioni idriche che sfruttano le locali falde acquifere freatiche ed artesiane che talora vengono termalizzate dalla diffusione di fluidi caldi che fuoriescono dal sottostante substrato roccioso attraverso una serie di "spaccature" di origine tettonica.

In questo distretto i prelievi di acque a più alta temperatura, compresa tra 26 e 31 °C, si verificano dai pozzi che pescano direttamente dal substrato roccioso calcareo localizzato nell'ambito del Campo termale di Caldiero, a cui appartengono le Antiche Terme di Giunone. In questa zona esisterebbe una condizione geologica e tettonica particolare, capace di favorire una facile salita idrotermale fino al piano di campagna dando origine alle storiche sorgenti Brentella e Cavalla, le uniche sorgenti termali della provincia di Verona ritenute tra le più rinomate terme d'Europa durante il Rinascimento e conosciute da oltre 2000 anni.



### Il Campo termale di Caldiero

Il Campo termale di Caldiero presenta una superficie di circa 100 ettari ed è compreso tra le Antiche Terme di Giunone e le località Canova, Pastrope, Santi e Fornaci. Corrisponde a quell'area nella quale si verificano le principali e copiose risalite di fluidi caldi dal substrato roccioso capaci di modificare termicamente e chimicamente le acque presenti nel materasso alluvionale per uno spessore di oltre un centinaio di metri.

Le acque termalizzate contenute nel substrato roccioso presentano un elevato grado di artesianesimo che permette ai fluidi, qualora intercettati dai pozzi per acqua, di zampillare al di sopra del piano di campagna per alcuni metri, fino a +8 m. Presso le Antiche Terme di Giunone è proprio l'elevato artesianesimo della falda idrotermale a mantenere attive le sorgenti Brentella e Cavalla, in quanto le acque calde in pressione dal basamento roccioso risalgono spontaneamente uno strato sabbioso alluvionale dello spessore di 28 m, per poi affiorare in superficie attraverso numerose polle visibili nelle omonime vasche. Dalle piscine termali le acque calde venute così a giorno si scaricano quindi nel fosso La Maserata da cui raggiungono il Fiume Adige dopo alcuni chilometri.

## ORIGINE DELLE ACQUE TERMALI

### I circuiti idrotermali del veneto occidentale

Gli idrogeologi per decine di anni si sono chiesti quali fossero i “meccanismi” naturali che portano alla formazione delle acque calde che si rinvenivano presso Sirmione e la zona morenica del Garda, nelle aree tra Domegliara, Caldiero fino all’area Berico-Euganea.

Una svolta alle conoscenze è iniziata a partire dagli anni ‘70 quando, indagini geologico-stratigrafiche e di ordine geochimico hanno appurato che la presenza delle acque calde è da mettere in relazione all’esistenza di profondi serbatoi carbonatici, sedi di circuiti idrotermali di tipo aperto e chiuso (confinato), in cui si verifica un’intensa circolazione di fluidi, con nulle o minime connessioni con i sistemi idrici freddi superficiali. La profondità di tali circolazioni idriche permette alle acque di riscaldarsi per il costante flusso di calore proveniente dal mantello terrestre, secondo un gradiente geotermico che determina, per ogni chilometro di profondità, un aumento di temperatura di 30 °C.

Di conseguenza, la presunta ipotesi su di un’origine vulcanica del termalismo veronese è stata da allora abbandonata.

### La circolazione idrotermale

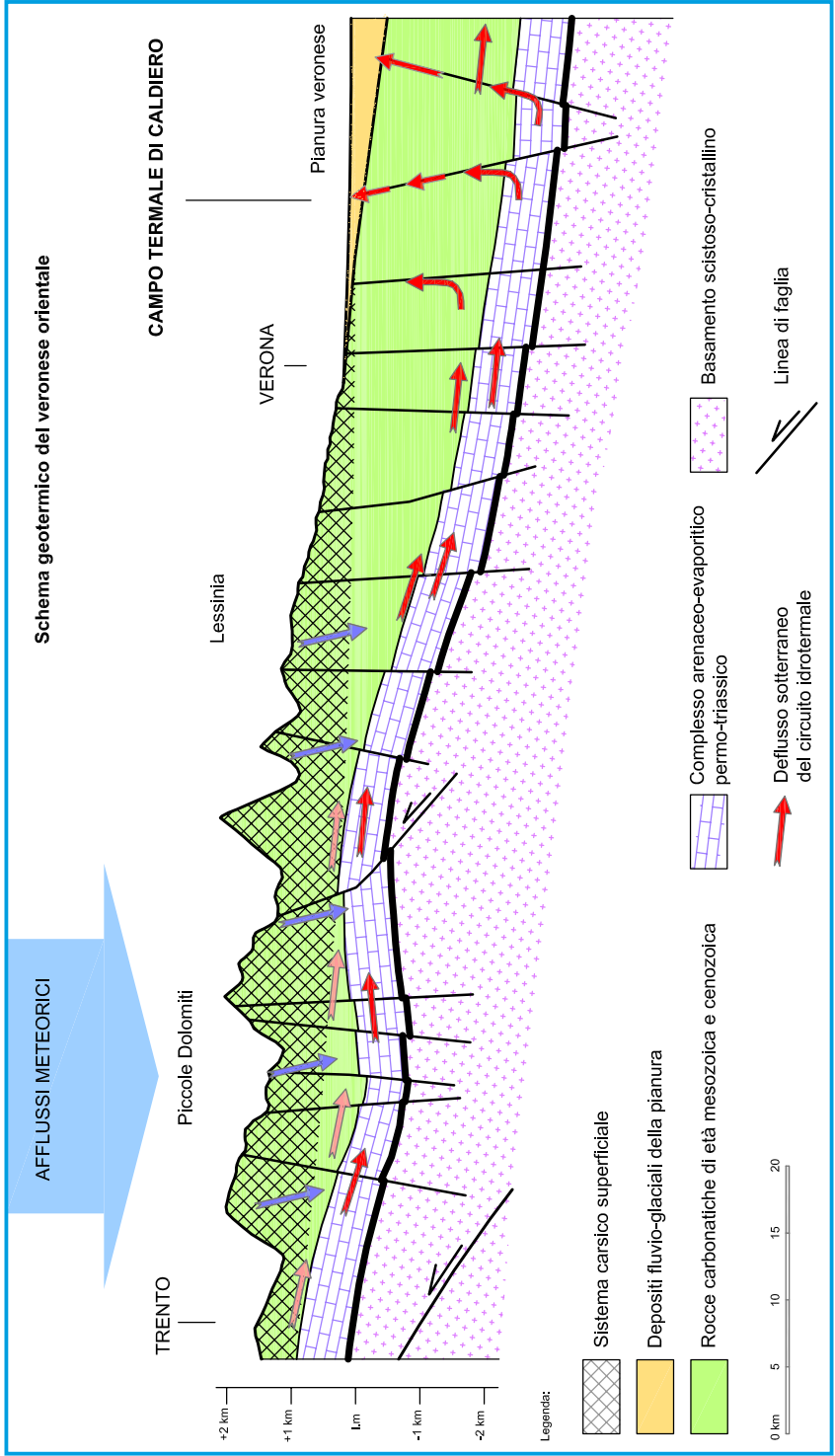
Analizzando il percorso idrotermale nel suo complesso, è stato evidenziato che esso inizia con l’infiltrazione delle acque meteoriche cadute nell’area alpina-prealpina in corrispondenza di superfici localizzate per lo più tra i 1.000-1.500 m di quota.

Da quelle aree le acque meteoriche raggiungono i 1.000-2.000 m di profondità seguendo linee di frattura subverticali impostate nelle rocce carbonatiche dell’Era Mesozoica in cui, verso il basso, si trova il livello acquiclude evaporitico di età Permo-Triassica e il basamento scistoso-cristallino inclinati complessivamente verso la pianura.

Durante la permanenza nel sottosuolo le acque si arricchiscono di sali minerali e aumentano la loro temperatura con un incremento medio di circa 30 °C ogni km di profondità.

Mentre la circolazione nei sistemi carsici superficiali presenta bassi valori di carico idraulico, il circuito idrotermale è invece caratterizzato da elevati gradienti di pressione che permettono di mantenere attiva la circolazione idrica su lunghe distanze e di mantenersi nel tempo.

Il “motore” della circolazione idrotermale è quindi riconducibile ad un significativo carico idraulico esistente tra l’area di ricarica e le fuoriusci-



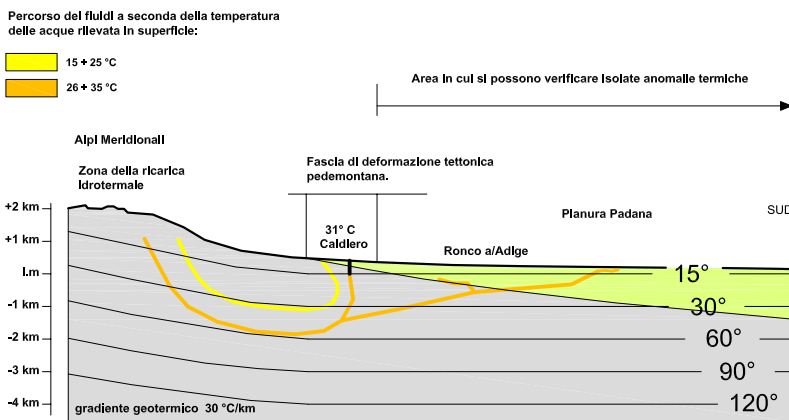
*Schema geotermico del veronese orientale*



te nella fascia pedecollinare, ed esso viene stimato in circa 1.000 metri. Le risalite termali che si rinvergono nell'area pedemontana veronese sono pertanto rese possibili dalla spinta idrostatica secondo il principio dei "vasi comunicanti", il cui fenomeno permette alle acque calde dei distretti termali veronesi di portarsi spontaneamente ad una quota compresa tra 30 e 50 m s.l.m.

Per quanto riguarda il Distretto termale orientale il deflusso profondo delle acque avviene attraverso masse rocciose calcareo-dolomitiche, dotate sia di una permeabilità generalmente ridottissima ma anche di una significativa fratturazione tettonica, all'interno di percorsi della lunghezza complessiva di oltre 80 km.

In relazione alla distanza compresa tra le aree montane ove avviene la ricarica e le Antiche Terme di Giunone, pari a circa 70-90 km, e considerando la bassa conducibilità idraulica degli ammassi rocciosi, il tempo impiegato dalle acque per compiere l'intero tragitto è dell'ordine di alcune migliaia di anni.

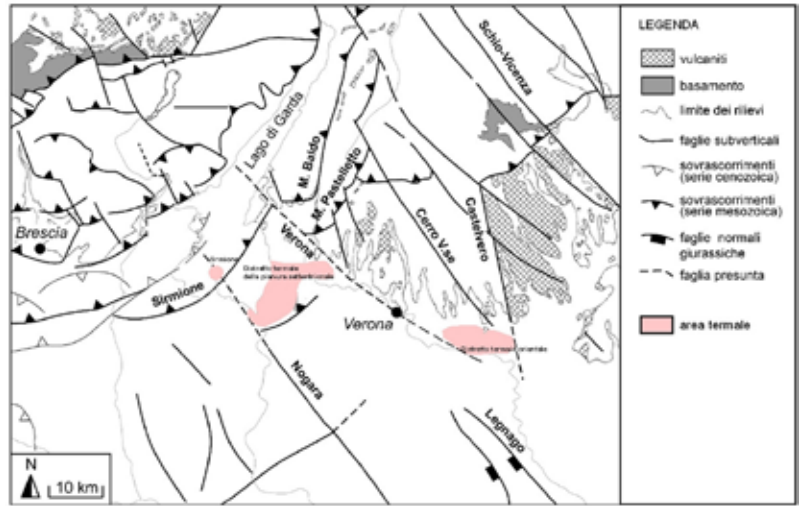


*Schema geotermico veronese. Il Distretto termale orientale*

### Le risalite termali nella fascia pedemontana veronese

Le aree termali del veronese costituiscono l'interazione tra il normale gradiente geotermico e un favorevole contesto tettonico del Veneto occidentale, capace di determinare una profonda ed estesa fratturazione rocciosa che permette sia la lenta circolazione dei fluidi che la risalita delle acque calde in alcune aree circoscritte del veronese.

Pertanto, all'origine della presenza termale vi sarebbero importanti cause legate alla deformazione e alla fratturazione della crosta terrestre che favoriscono la circolazione dei fluidi e caratterizzano le modalità di risalita delle acque calde nella fascia pedecollinare.

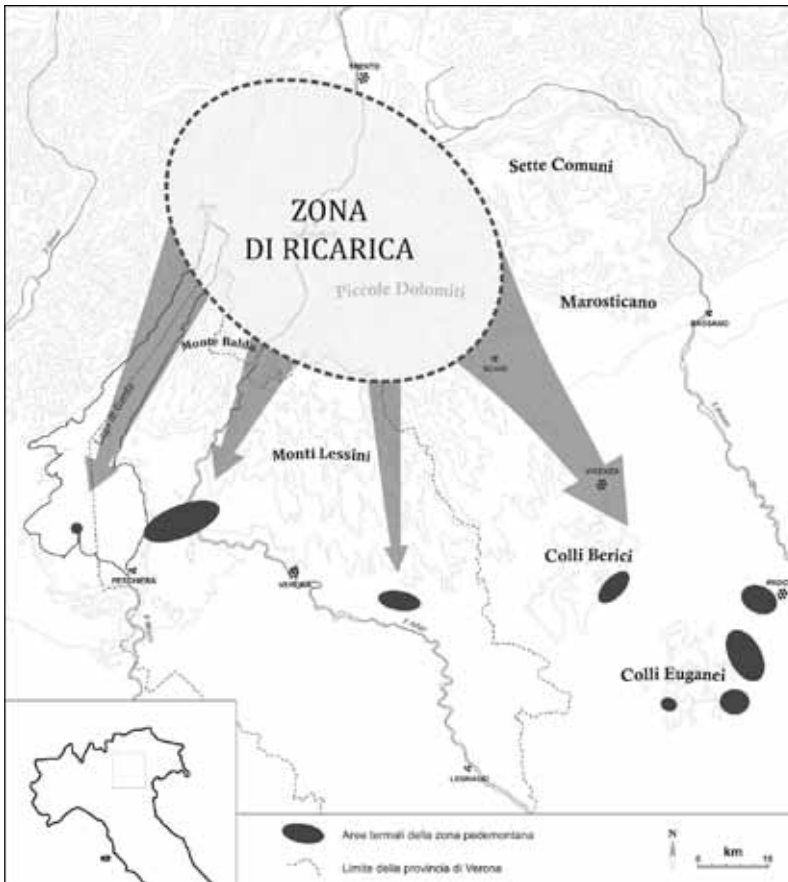


L'acquifero caldo del Campo termale di Caldiero è essenzialmente ospitato nelle compagini rocciose profonde ove la circolazione dei fluidi presenta un andamento verticale dal basso verso l'alto. In quest'area, la veloce risalita delle acque è favorita da una complessa fratturazione del substrato riconducibile alle Faglie di Cerro V.se e di Castelvero, nonché al probabile prolungamento verso Est della Faglia di Verona. Come per le altre aree termali del veronese la presenza delle acque calde denota una persistente attività tettonica, che potrebbe anche essere all'origine di importanti fenomeni sismici. Più precisamente, si ritiene che la veloce risalita dei fluidi presso le aree termali sia legata all'esistenza di "camini idrici preferenziali" che tendono a mantenersi beanti nel tempo proprio a seguito di continui movimenti tettonici che avvengono in corrispondenza alle fratture principali.

### L'area di ricarica dei circuiti idrotermali

Le conoscenze geografiche e geologiche sull'area veronese e trentina, affiancate dai dati sulla distribuzione delle piovosità, suggeriscono l'ipotesi che la zona di ricarica dei circuiti idrotermali del Veneto occidentale coinvolga un vasto territorio della fascia alpina e prealpina, in cui la permeabilità delle rocce si presenta elevata per fratturazione tettonica e per carsismo.

Dai dati a disposizione è verosimile che tale area accorpi le porzioni settentrionali della Lessinia e del Monte Baldo, fino a comprendere le Piccole Dolomiti e probabilmente il settore montuoso e vallivo atesino che continua verso Trento.



Da essa, si dipartono i sottobacini che alimentano le aree termali ubicate nella fascia pedemontana a partire da Sirmione, i distretti A e B del veronese, le aree termali dei M. Berici e dei Colli Euganei.

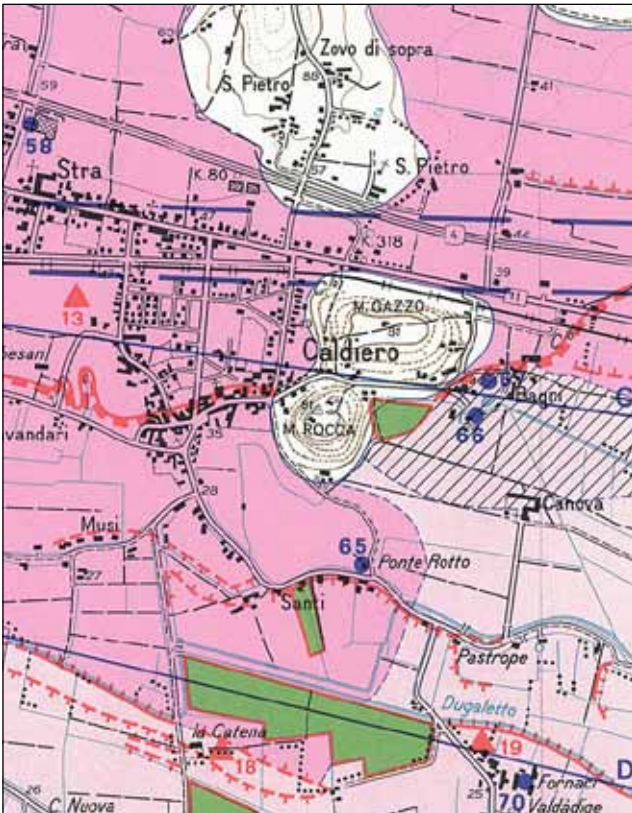
Secondo questo modello, si può ritenere che, dalla principale zona di infiltrazione, i circuiti idrotermali del veronese (A e B) siano tra loro comunicanti verso Nord. Il sottobacino più orientale (Distretto A) sarebbe caratterizzato da una minore profondità, compresa tra 1.000-2.000 m, mentre quello relativo al Distretto della pianura settentrionale (Distretto B) sarebbe dotato di una maggiore profondità che raggiunge i 4.000 m, in analogia a quello di Sirmione.

# INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLE ANTICHE TERME DI GIUNONE

## Caratteristiche geologiche generali

Il Campo termale di Caldiero si trova al passaggio tra unità geomorfologiche diverse:

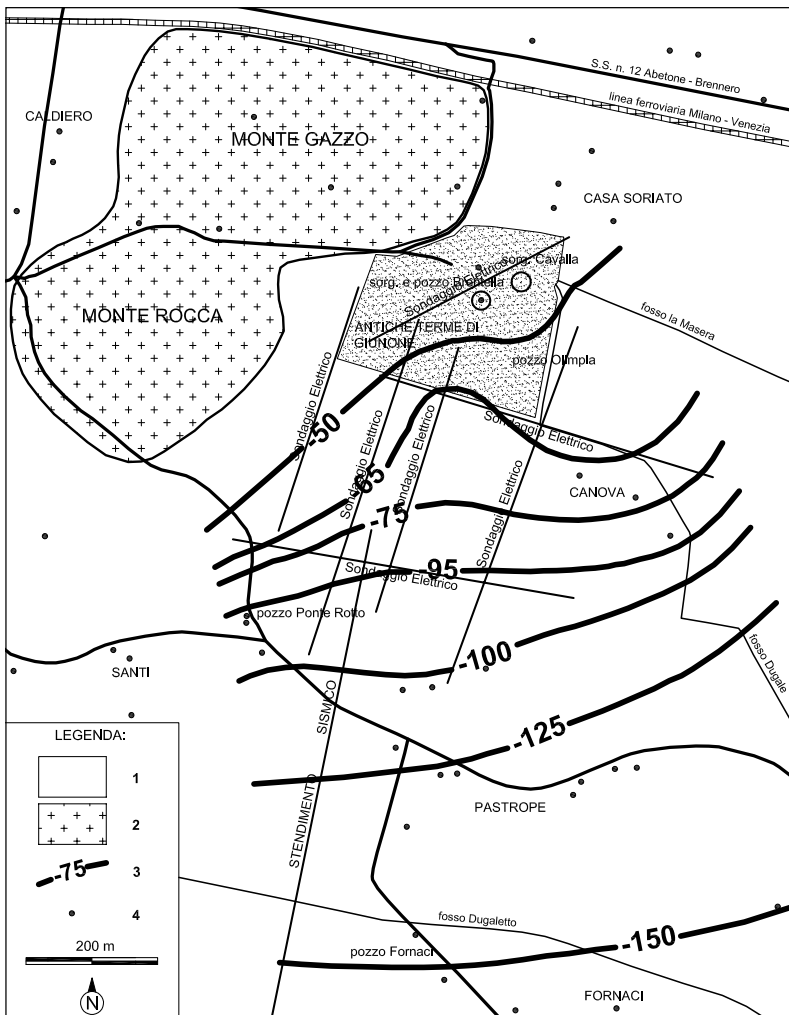
- unità dei sedimenti alluvionali provenienti dalla Val d'Illassi e dalla Val Tramigna;
- unità dei depositi alluvionali di origine atesina;
- unità rocciosa dei rilievi collinari dei Monti Lessini che formano la dorsale che divide la Val d'Illassi dalla Val Tramigna.



Le rocce che formano l'ossatura dell'area collinare di S. Pietro sono per lo più di tipo carbonatico, rappresentate da calcareniti nummulitiche del Paleogene in cui si intercalano rocce vulcaniche di composizione basaltica.

Il Monte Rocca e il Monte Gazzo costituiscono un rilievo isolato nella pianura a ridosso del quale, sul lato orientale, si trovano le Antiche Terme di Giunone ed esso, dal punto di vista geologico, rappresenta la prosecuzione verso Sud della dorsale di S. Pietro. Le rocce di cui è formato testimoniano l'esistenza di antiche colate di basalto all'interno delle compagini sedimentarie carbonatiche di età terziaria che affiorano anche lungo la vicina dorsale collinare.

*Stralcio dalla "Carta geomorfologica di una porzione della pianura a Sud-Est di Verona" Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona - n. 2 - 1984*



*Legenda: 1) depositi alluvionali di fondovalle e della pianura; 2) rocce di origine vulcanica; 3) linea di uguale profondità del substrato roccioso dalla superficie; 4) stratigrafia di pozzo per acqua*

### Il sottosuolo del Campo termale di Caldiero

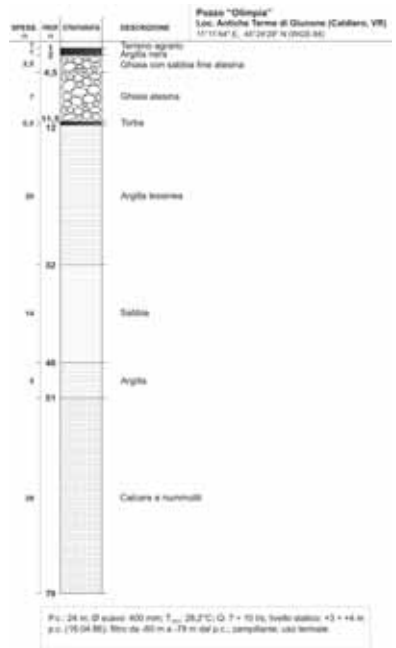
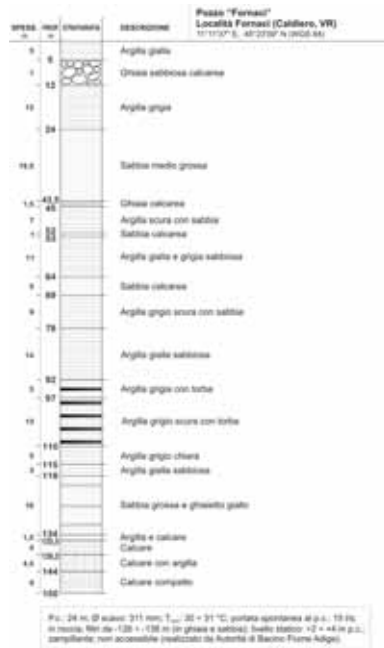
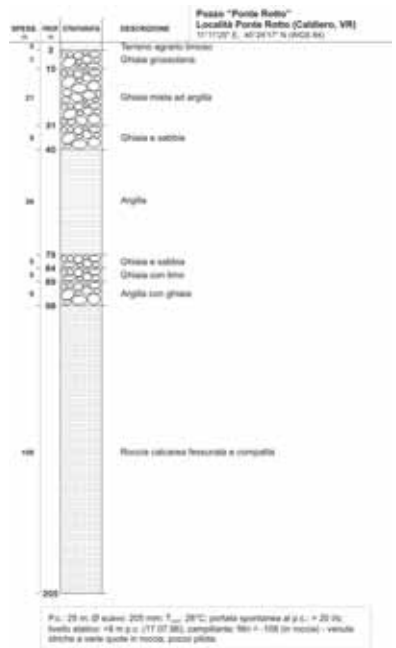
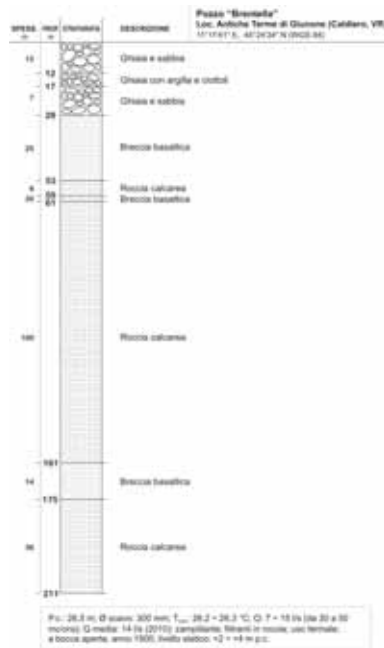
La ricostruzione stratigrafica del Campo termale di Caldiero è stata possibile attraverso lo studio di oltre 40 stratigrafie profonde e da una serie di prospezioni geofisiche di tipo sismico ed elettrico.

La sintesi di tali dati ha permesso di documentare che nel sottosuolo si trovano strutture sedimentarie di origine lessinea ed atesina, entro cui si sviluppano acquiferi artesiani e freatici.

Nelle porzioni più profonde esistono stratificazioni di ghiaia e sabbia disposte secondo la direzione Nord – Sud che sono sede di potenti acquiferi artesiani sviluppati per lo più all'interno della Val d'Illassi.

Verso la superficie si rinvencono due estese e regolari stratificazioni dalla tessitura sabbiosa, comprese tra 2 e 12 m e tra 30 e 45 m di pro-

Alcune stratigrafie del campo termale



fondità, in cui sono sviluppati acquiferi freatici ed artesiani. Tali strutture sedimentarie sono state deposte da corsi d'acqua appartenenti al bacino idrografico del Fiume Adige nel corso dell'ultima glaciazione denominata Würm ed esse, più in generale, appartengono al "conoide antico dell'Adige" che forma gran parte della pianura veronese.

Una datazione radiometrica effettuata col metodo del  $^{14}\text{C}$  su di un campione di torba prelevato alla base del livello sabbioso situato a -12 m dal p.c. durante la costruzione del pozzo Olimpia, ha permesso di attribuire a tali sedimenti artesiani un'età di 23700 anni B.P.  $\pm$  300 anni, confermando la loro appartenenza al pleniglaciale Würm.

Il substrato roccioso del Campo termale di Caldiero, al di sopra del quale esistono i depositi di sedimenti sciolti di età quaternaria, presenta un andamento monoclinale inclinato verso le porzioni più profonde della pianura veronese ed esso raggiunge la profondità di 134 m dalla superficie in corrispondenza di località Fornaci ove è stata accertata la presenza di rocce carbonatiche appartenenti alle formazioni dei Calcari a Nummuliti (Paleogene) e della Scaglia rossa (Cretacico superiore-medio).

### **I pozzi per acqua e i dati stratigrafici**

L'approvvigionamento idrico termale presso le Antiche Terme di Giunone è garantito, oltre che dalle storiche sorgenti Brentella e Cavalla, anche da due pozzi artesiani zampillanti denominati pozzo Brentella e pozzo Olimpia.

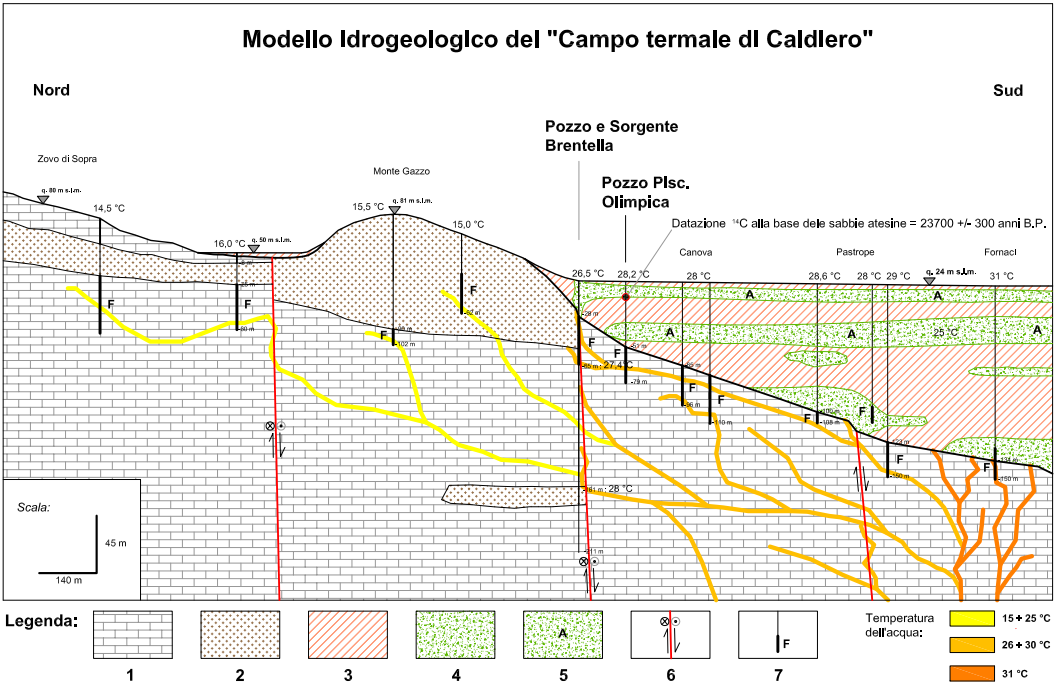
L'ultimo censimento, risalente all'anno 2000, evidenzia l'esistenza di 124 pozzi per acqua dislocati attorno alle Antiche Terme di Giunone la cui densità media corrisponde a 12 pozzi ogni 100 ettari di superficie. I valori maggiori si riscontrano, oltre che presso le Antiche Terme di Giunone, tra le frazioni Pastrope, Santi, Musi e Strà con una progressiva rarefazione dei prelievi nelle zone agricole circostanti.

Tra i pozzi censiti, 57 sono di tipo freatico e 67 risultano artesiani dei quali il pozzo Brentella presenta la maggiore profondità pari a 211 m. I pozzi artesiani con temperatura uguale o maggiore a 15 °C fino a 31 °C, ammontano a 47, di cui 11 pescano direttamente nel substrato roccioso.

### **Il modello idrogeologico del Campo termale di Caldiero**

Nell'ambito del Campo termale di Caldiero la circolazione dei fluidi caldi è condizionata dalla presenza di discontinuità tettoniche ed è favorita da un ramificato sistema di condotti carsici del tipo "a rete con dreni interdipendenti".

Le risalite termali dotate di più alta temperatura (31 °C) sono concen-



*Legenda: 1) rocce carbonatiche; 2) rocce di origine vulcanica; 3) argille; 4) ghiaie con sabbia; 5) sabbie di origine atesina; 6) faglia diretta con movimento trascorrente; 7) pozzo per acqua e suo tratto filtrante (F)*

trate nel sottosuolo di località Fornaci ove, all'interno della compagine rocciosa, esiste un flusso preferenziale di risalita. Le aree situate verso il margine collinare sarebbero interessate da una circolazione di fluidi dotati via via di temperatura minore che, seguendo percorsi ipogei variamente orientati, permettono la diffusione di acque calde con temperatura di poco più di 26 °C presso le Antiche Terme di Giunone.

Le condizioni di pressione che caratterizzano le acque termali in uscita dalla compagine rocciosa sepolta, permette anche una copiosa diffusione dei fluidi nei sedimenti porosi del materasso alluvionale e fenomeni di mescolamento tra acque calde e fredde contenute degli acquiferi artesiani e freatici locali. In questo contesto, le sorgenti Brentella e Cavalla sono dovute alla risalita dei fluidi caldi provenienti dal substrato roccioso che, seguendo la continuità di uno strato di sabbia dello spessore di 28 m, raggiungono spontaneamente la superficie all'interno delle storiche vasche termali.



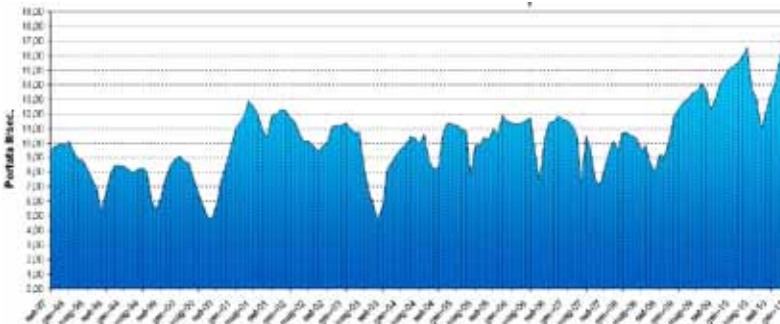
## LA GEOCHIMICA DELLE ACQUE DEL CAMPO TERMALE DI CALDIERO

### Andamento delle portate al pozzo Brentella

Dal 1997 presso il pozzo Brentella è presente un misuratore automatico della portata zampillante le cui letture in continuo hanno permesso la raccolta di una serie di dati che sono elaborati in valori medi mensili e annuali, poi confrontati con i valori delle precipitazioni.

La quantità d'acqua che esce spontaneamente dal pozzo è direttamente correlata al valore dell'artesianesimo della falda termale contenuta in roccia e ciò permette di trarre importanti informazioni sull'equilibrio esistente tra la ricarica idrogeologica e le quantità dei prelievi artificiali. La variabilità del valore dell'artesianesimo, che si manifesta alla scala giornaliera, mensile e annuale, viene ricondotta all'interazione tra due cause principali:

- la prima causa è dovuta ai cospicui prelievi idrici termali attuati attraverso i numerosi pozzi che pescano direttamente in roccia nell'ambito del vasto fronte pedecollinare. Il protrarsi di tali prelievi nel corso degli anni, ha determinato la generale riduzione dell'artesianesimo riscontrato negli ultimi cento anni, mettendo in luce che le quantità idriche attualmente estratte sono complessivamente superiori alla portata di ricarica che dispone il bacino idrotermale;
- la seconda causa, che incide sulle variazioni a livello giornaliero e mensile, non sarebbe indotta da motivazioni antropiche ma dipenderebbe dai ritmi e dalle intensità delle precipitazioni cadute nelle zone collinari circostanti le Antiche Terme di Giunone ove le acque dell'acquifero carsico locale vengono a contatto con quelle in risalita del bacino idrotermale - il cosiddetto effetto "pistone".



*Grafico sull'andamento delle portate medie mensili del pozzo Brentella nel periodo 1997 - 2010. Elaborazione V. Gazzabini*

### Variabilità delle portate e delle temperature presso le fonti storiche

I dati a disposizione evidenziano che negli ultimi cento anni si è verificata una sensibile diminuzione dell'artesianesimo della falda idrotermale il cui effetto ha portato ad una riduzione della portata zampillante di tutti i pozzi termali che pescano in roccia e presso le sorgenti storiche.

anno		1931	1995	1998	1999	2010
<b>POZZO BRETELLA</b>	Temperatura - °C	28	26,3	26,3	26,3	26,4
	Portata - l/s	28	10	8,06	7,65	14,42
<b>SORGENTE BRETELLA</b>	Temperatura - °C	27	26,7	26,3	26,3	26,5
	Portata - l/s	34	7	6,5	5,2	2,0
<b>SORGENTE CAVALLA</b>	Temperatura - °C	26	26	26	26	26
	Portata - l/s	32	2	1,5	1,5	1,5
	<b>Portata totale - l/s</b>	<b>94</b>	<b>19</b>	<b>16,21</b>	<b>14,35</b>	<b>17,92</b>

Le sorgenti Brentella e Cavalla sono state le più penalizzate dalla de-pressurizzazione dell'acquifero. Infatti, pare che prima del 1909, anno di costruzione del pozzo Brentella, il valore della portata complessiva delle sorgenti storiche fosse ben maggiore di 66 l/s complessivi, contro i 3,5-4,0 l/s attuali. Dal 1931 ai nostri giorni la sola sorgente Brentella ha subito una diminuzione di portata pari a 94%, passando dagli originali 34 l/s agli odierni 2-3 l/s. Nello stesso periodo di tempo il pozzo Brentella è passato dai 28 l/s ai 14-16 l/s medi attuali, evidenziando una contrazione di portata di quasi il 50%.

Nel corso degli ultimi due secoli le sorgenti Brentella e Cavalla hanno mantenuto praticamente inalterata la loro temperatura su valori di 26-27 °C, mentre le acque del pozzo Brentella sono passate dai 28 °C nel 1931 a poco più di 26 °C negli ultimi 30-40 anni.

## Classificazione idrochimica delle acque termali

Parametri chimici principali	Unità di misura	Valore medio	Commento geochimico
Temperatura acqua	°C	26,5	Acqua ipotermale
pH		7,4	Valore neutro-basico
Conducibilità el. sp. a 20 °C	uS/cm	664	Acqua oligominerale
Residuo fisso a 180 °C	mg/l	463	Acqua oligominerale
Durezza totale	°F	31,5	Acqua mediamente dura
Nitrati	mg/l	8	Valore di fondo tipico delle acque del circuito idrotermale
Ione idrocarbonico	mg/l	262	Denota una circolazione idrica in rocce carbonatiche
Solfati	mg/l	113	Deriva dagli scambi con le profonde rocce serbatoio caratterizzate da minerali di origine evaporitica (gessi ed anidridi) che caratterizzano le unità triassiche del Veneto occidentale
Cloruri	mg/l	45	Le significative concentrazioni indicano circolazioni idriche lente e percorsi profondi che arrivano a lambire i depositi arenacei e le rocce scistoso-cristalline presenti alla base delle dolomie triassiche
Calcio	mg/l	75,4	Tale concentrazione è tipica di circolazioni idrotermali in rocce carbonatiche ed evaporitiche (gessi e anidriti)
Magnesio	mg/l	34,1	Viene associato alla lenta circolazione idrotermale nelle dolomie e nei calcari dolomitizzati
Sodio	mg/l	27,9	Probabilmente è legato sia alla dissoluzione di rocce vulcaniche di età triassica che di rocce evaporitiche (gessi e anidriti)
Potassio	mg/l	4,8	Probabilmente deriva dalla lenta circolazione idrotermale in rocce vulcaniche di età triassica

Silice	mg/l	16	Deriva da una lenta circolazione idrica profonda in rocce vulcaniche di età triassica
Stronzio	mg/l	1,16	Valore isotopico che denota una circolazione idrica in rocce carbonatiche con particolare riferimento a quelle più profonde di natura evaporitica (gessi e anidriti)
Gas radon in aria	Bq/m <sup>3</sup>	86 – 1,17	Valore medio-basso tipico ambientale
Gas radon in acqua	Bq/l	9,0	Valore significativo - Sottoforma di gas tale elemento radioattivo si libera dalle rocce del basamento scistoso-cristallino ricco di U e Th, da cui risale velocemente lungo fratture di origine tettonica
Elementi in tracce:	mg/l	0,6	Fluoruri
	mg/l	0,2	Bromuri
	mg/l	0,07	Ferro
	mg/l	0,04	Bario
	mg/l	0,03	Litio
	mg/l	0,01	Fosforo
	mg/l	0,005	Alluminio

*I parametri chimici principali dell'acqua termale del pozzo Brentella*

Le acque del Campo termale di Caldiero sono caratterizzate da una particolare composizione salina la cui natura e concentrazione è riconducibile alla tipologia delle rocce attraversate, ai lunghi tempi di giacenza nel sottosuolo, ai valori di temperatura e di pressione dell'acquifero e ai mescolamenti tra acque di circuiti idrodinamici diversi, oltre che alla composizione idrica iniziale prima dell'infiltrazione nel sottosuolo.

Tutte le acque termali del veronese appartengono ad un'unica famiglia del tipo bicarbonato-solfato-alcalinoterroso (cioè con significative quantità di solfati, calcio e magnesio).

Il carattere chimico delle acque delle Antiche Terme di Giunone appartiene alla famiglia bicarbonato calcico-magnesiaca con tendenza verso la facies secondaria solfato-calcica.

Nei diagrammi di Piper, Schöeller e Stiff, normalmente utilizzati per valutare i rapporti delle concentrazioni saline, la proiezione dei cationi (Mg, Ca, Na, K) presenti in soluzione, evidenzia che si tratta di acque calciche moderate in alcali (sodio e potassio) ma con valori significativi di magnesio. La concentrazione degli anioni (HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl) denota, invece, che le acque termali sono bicarbonate, tendenzialmente solfatiche.

Il contenuto salino delle acque termali trova un certo riscontro con quelle fredde della Lessinia che in modo analogo sono classificate bicarbonato-alcalinoterrose. Queste ultime, si distinguono tuttavia da quelle termali per una bassa concentrazione di magnesio, cloruri, solfati e metalli alcalini (sodio e potassio).

In definitiva, le acque che sgorgano dalle Antiche Terme di Giunone, in relazione al loro bilanciato contenuto salino oligominerale, sono dotate di ottimi requisiti di potabilità e particolarmente indicate per l'uso idropinico.

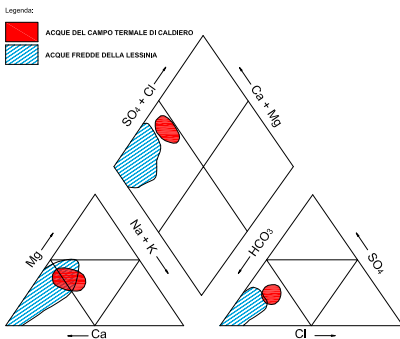


Diagramma di Piper sulle acque delle Terme di Giunone e sulle acque fredde della Lessinia

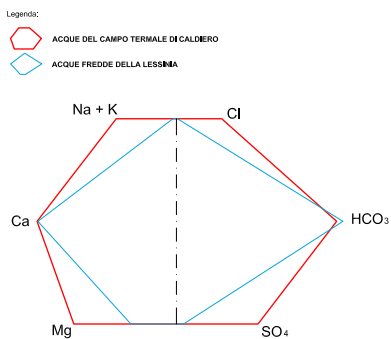


Diagramma qualitativo di Stiff sulle acque delle Terme di Giunone e sulle acque fredde della Lessinia

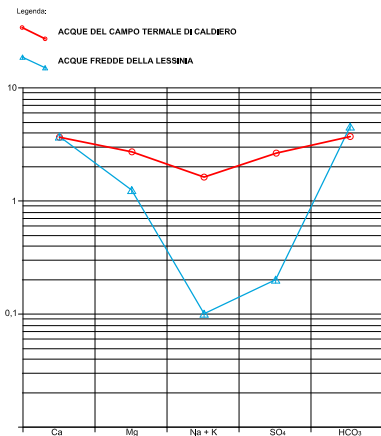


Diagramma di Schoeller sulle acque delle Terme di Giunone e sulle acque fredde della Lessinia

### I tempi di giacenza delle acque nel sottosuolo

In analogia ai circuiti idrotermali dell'area euganea ed altri settori dell'area padana settentrionale, anche per le acque delle Antiche Terme di Giunone i tempi di percorrenza e di giacenza dei fluidi nel sottosuolo sono molto lunghi.

Ciò è legato alla bassa permeabilità dei materiali attraversati e ai lunghi ed articolati percorsi sotterranei, che iniziano dalla superficie e si sviluppano nel sottosuolo per almeno 70-90 km determinando tempi di rinnovamento dell'ordine delle diverse migliaia di anni.

A conferma di tale analisi idrogeologica, alcune indagini radiometriche eseguite col metodo del  $^{14}\text{C}$  su di un campione di acqua termale proveniente da Lendinara (comune di Zevio), hanno misurato permanenze nel sottosuolo di 3400 anni mentre, altre verifiche con gli isotopi del tritio ( $^3\text{H}$ ) avrebbero semplicemente indicato tempi di residenza di oltre 60 anni.

### Le temperature profonde del circuito idrotermale

Le temperature profonde del sistema idrotermale di Caldiero sono state valutate utilizzando due tipi di geotermometri<sup>(\*)</sup>: il primo si basa sulla concentrazione della silice disciolta e il secondo sui rapporti molari tra gli ioni Na, K e Ca.

I risultati ottenuti evidenziano che alle profondità di 1.000-1.500 m i valori di temperatura sono compresi tra 40-50 °C e quindi di poco superiori a quelli massimi effettivamente misurati in superficie pari a 31 °C. Ciò confermerebbe la situazione litologico-strutturale che prevede una circolazione idrica relativamente poco profonda (massima di 2 km) caratterizzata da una veloce risalita accompagnata da scarsi o nulli mescolamenti con acque fredde superficiali.

*(\*) I geotermometri sono particolari minerali presenti nell'acqua termale, le cui concentrazioni danno indicazioni sulla temperatura profonda alla quale si sono formati.*

### La quota media di infiltrazione delle acque meteoriche

Le acque calde affioranti presso le Antiche Terme di Giunone vengono continuamente alimentate e reintegrate da acque meteoriche che si infiltrano nell'area di ricarica del bacino idrotermale, localizzata nella fascia alpina e prealpina lontana molte decine di chilometri dai punti di prelievo situati in pianura.

La quota media d'infiltrazione è stata stimata sulla base della concentrazione dell'isotopo dell'ossigeno  $^{18}\text{O}$  contenuto nelle acque termali studiando, in particolare, il rapporto isotopico  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  i cui valori più negativi variano tra  $-8,2\%$  a  $-9,1\%$ .

Tali elementi di valutazione confermerebbero che l'area di ricarica del bacino termale è situata ad un'altitudine compresa tra 1.000 e 1.500 m s.l.m. ed essa, verosimilmente interessa parte del bacino idrografico del F. Adige e l'area compresa tra le porzioni settentrionali della Lessinia e del Monte Baldo, fino a comprendere le Piccole Dolomiti e probabilmente il settore montuoso e vallivo atesino che continua verso Trento.

WWW.GEOTERMAVERONESE.IT



*Pozzo Brentella, 1909, Caldiero*