

QUALITÀ DI ALCUNI ACQUIFERI DELL'ALTOPIANO CARBONATICO DEI MONTI LESSINI VERONESI (VR)

RIASSUNTO

Vengono esposti i risultati di un'indagine sulla qualità degli acquiferi, prevalentemente carsici, di un'ampia porzione centromeridionale dei Monti Lessini Veronesi. Nell'arco di 5 mesi (autunno-inverno 2000 ed inverno-primavera 2001) sono stati prelevati n° 130 campioni d'acqua da 16 sorgenti distribuite a varie quote. Su ogni campione sono state eseguite analisi chimiche e/o microbiologiche che hanno permesso di valutare la qualità delle acque oggetto di studio. Inoltre, ad ogni prelievo sono stati registrati i principali parametri fisici. In tutti i campioni è stata rilevata la presenza, anche massiccia, di coliformi totali mentre i valori dei parametri chimico-fisici rientrano, per lo più, nei limiti stabiliti per le acque potabili.

SUMMARY

This study presents the findings of a research about the quality of the aquifers mainly of karst nature in a large, Center-South area of the Lessini Mountains (Verona). The study has been realised jointly by the Civic Museum of Natural History, and the IPSIA "E. Fermi". The former has been studying the main springs and their hydrogeological asset of the Veronese plateau since 1997. Over a period of five months (Fall-Winter 2000, and Winter-Spring 2001), one hundred and thirty (130) samples of water have been taken from sixteen (16) springs situated at different heights. Each sample has been chemically and microbiologically analysed in order to evaluate the quality of the waters.

INTRODUZIONE

L'indagine è stata realizzata nell'ambito di una collaborazione tra il Museo Civico di Storia Naturale di Verona e l'I.P.S.I.A. (Istituto Professionale Statale Industria Artigianato) E. Fermi di Verona. Tale collaborazione ha lo scopo di collegare l'esigenza didattica della scuola con l'attività di ricerca del Museo già operante nel territorio.

D'altra parte il Museo, avendo già da tempo avviato una serie di ricerche idrogeologiche e speleologiche nei Monti Lessini veronesi comprendenti anche le analisi chimico-fisiche delle acque, ha inteso avvalersi della collaborazione dell'Istituto per completare la ricerca; ha perseguito, così, anche la finalità di responsabilizzare i giovani nella valorizzazione del patrimonio naturalistico del territorio veronese.

Sono stati gli stessi studenti delle classi quarte ad indirizzo chimico-biologico dell'Istituto che hanno realizzato le analisi chimiche e microbiologiche di campioni di acqua prelevati da personale esperto del Museo e della Commissione Speleologica Veronese.

AREA DI STUDIO

I Monti Lessini

I Monti Lessini Veronesi hanno un'estensione di circa 800 km² e si elevano fino alla quota di 1865 m s.l.m. Costituiscono l'estremo promontorio prealpino nella Pianura Padana, rappresentato dal versante meridionale delle Alpi Centro-Orientali. Si tratta di un altopiano prevalentemente carbonatico, leggermente immerso verso SW, modellato in un complesso sistema di ampie dorsali divergenti da N che risultano separate da profonde incisioni vallive. I Monti Lessini Veronesi sono delimitati, ad W dalla Val d'Adige, a N dalla Valle dei Ronchi, ad E dalla dorsale che separa la Valle d'Alpone dalla Valle di Chiampo ed infine, a S dall'alta Pianura Veronese.

Il paesaggio dei Monti Lessini non è quello tipico delle aree carsiche anche se risulta praticamente assente una idrografia superficiale degna di nota. Esiste, infatti, un apparente contrasto tra la morfologia carsica superficiale non molto evidente e la idrologia di tipo carsico (fluviocarso) che può essere spiegato con la presenza di un fitto reticolo di fratture e faglie (tectocarso) che drenano l'acqua verso le porzioni più profonde del massiccio carbonatico lessineo.

Le ricerche geologiche ed idrogeologiche sui Monti Lessini hanno una lunga storia. È trascorso oltre un secolo da quando NICOLIS (1898) pubblicò i primi lavori su questi argomenti. Dovevano trascorrere quasi cinquant'anni prima che un altro autore (PASA, 1954) pubblicasse un lavoro di carattere generale sull'idrografia carsica della Montagna Veronese. Infine, altri studi più recenti hanno approfondito le conoscenze sul carsismo e sull'idrogeologia (ZAMPIERI, ZORZIN, 1994).

La serie stratigrafica affiorante nel territorio preso in considerazione è costituita prevalentemente da rocce sedimentarie di età mesozoica. I litotipi più antichi affioranti sono rappresentati dai Calcari Grigi (Giurassico inferiore). La formazione è costituita da calcareniti oolitiche in banchi, localmente anche intensamente dolomitizzate, lumachelle a ostreidi, micriti laminate e micriti con intercalazioni argillose. La colorazione varia dal grigio, al nocciola, al bianco. Nell'area di studio lo spessore dell'unità è di circa 300-350 m. Segue verso l'alto il Gruppo di S. Vigilio (Giurassico medio p.p.). Si tratta di calcari marnosi basali con selce cui fanno seguito verso l'alto calcareniti ad oncoliti, bioclasti ed ooliti. Seguono, poi, calcari oolitici bianchi a laminazione obliqua, calcari micritici gialli a spugne e calcari biohermali. La formazione ha, nel complesso, uno spessore di circa 25-30 m. Al di sopra troviamo poi i calcari pelagici nodulari con hard grounds del Rosso Ammonitico (Giurassico medio p.p. e superiore). Lo spessore della formazione è pari a circa 20-25 m. Seguono, poi, i calcari bianchi fittamente stratificati del Biancone (Cretaceo inferiore - Cretaceo superiore p.p.). La porzione superiore della formazione è caratterizzata da calcari argillosi grigi, con intercalazioni di marne ed argilliti grigie o verdastre. Lo spessore dell'unità, che varia tra circa 140 e 170 m, non può essere correttamente definito poiché la formazione risulta dislocata da numerose faglie. Infine, la formazione più recente affiorante nell'area oggetto d'indagine ha un'età cenozoica ed è rappresentata dai Calcari Nummulitici (Eocene medio e inferiore p.p.). La formazione è suddivisa in due subunità dall'interposizione di un livello vulcanoclastico dello spessore massimo di qualche decimetro. Il membro inferiore presenta una fitta stratificazione piano-parallela mentre, quello superiore è caratterizzato da stratificazioni più potenti che danno origine a versanti molto acclivi, con pareti. I Calcari Nummulitici presentano evidenti morfologie carsiche superficiali (doline). Lo spessore complessivo della formazione si aggira attorno ai 150 metri.

La successione carbonatica sopra descritta è attraversata da filoni e necks basaltici (Paleogene), di colore nero o bruno scuro, molto spesso alterati che affiorano prevalentemente in prossimità delle sorgenti Covolo dell'Acqua e Grotta "C" di Veja. Inoltre, sono presenti piroclastiti ed epiclastiti basaltiche a grana prevalentemente fine, spesso fittamente stratificate (Paleogene).

Infine, una certa importanza assumono i materiali di riempimento delle depressioni carsiche e del fondo delle vallette (Pleistocene-Attuale). Si tratta di litotipi prevalentemente limo-argillosi, prodotto residuale dell'alterazione di rocce calcaree, frammenti a frammenti rocciosi, localmente molto abbondanti. Tali materiali costituiscono, frequentemente, il fondo delle doline ed intasano i condotti carsici situati al di sotto degli stessi. Lo spessore varia da pochi decimetri a parecchi metri.

Il massiccio carbonatico dei Monti Lessini è stato interessato, durante il Paleogene, da una tettonica distensiva che ha determinato uno stile strutturale a *horst* e *graben*. Successivamente, durante il Neogene si è sovrainposta una tettonica compressiva che ha prodotto un accavallamento subvergente e la riattivazione delle faglie dirette come faglie trascorrenti.

Il territorio oggetto d'indagine è caratterizzato da un *karst* ricoperto prevalentemente da boschi cedui mentre le aree sommitali (oltre i 950 m s.l.m.), da superfici a prato e pascolo, per lo più modellati da un pronunciato carsismo superficiale, ove sono presenti numerose doline e rare zone con rocce affioranti. Le coperture boschive sono limitate ai versanti più ripidi e alle incisioni dei vaj. Inoltre, le superfici rocciose sono nettamente più frequenti lungo i versanti delle valli, specialmente quelle incise nelle formazioni triassiche e giurassiche.

Le forme carsiche prevalenti sono rappresentate da doline, generalmente impostate nel Biancone, e da *karren* che interessano in genere le formazioni mesozoiche. Le doline presentano per lo più forme a ciotola, con diametri compresi tra circa 15 e 100 m.

Le sorgenti e le grotte-sorgenti studiate

Vengono qui elencate e descritte le sorgenti e le cavità/sorgenti oggetto d'indagine (Fig. 1), procedendo da S verso N e da E verso W.

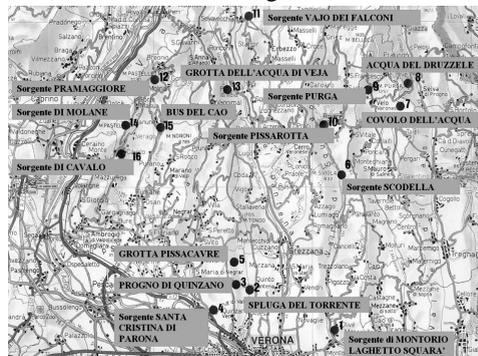


Fig. 1 - Ubicazione delle sorgenti oggetto d'indagine.

Sorgenti di Montorio (Comune di Verona)

Le sorgenti di Montorio scaturiscono ai piedi dei Monti Lessini, nei pressi dello sbocco della Valle di Squaranto nell'alta Pianura Veneta, tra 56 e 62 m s.l.m. Si tratta di un gruppo di sorgenti carsiche situate a poche decine di metri l'una dall'altra e denominate, procedendo da N a S, Laghetto Squarà, Tondello, Madonnina e Fontanon. Le sorgenti di Montorio sono state oggetto di uno studio iniziato nel 1988 e concluso nel 1991. Le portate complessive presentano valori minimi di circa 1.4 m³/s dopo eccezionali periodi di siccità, mentre quelli massimi sono pari a circa 12 m³/s; la portata media nell'arco di tre anni è stata di circa 5 m³/s. Sulla base delle numerose misure di portata, delle precipitazioni e di altre variabili è stato calcolato in circa 200 km² il bacino idrogeologico delle sorgenti di Montorio.

Spluga del Torrente (Comune di Verona)

Si tratta di una cavità (n° di catasto: 407 V VR) percorsa da un corso d'acqua attivo, intercet-

tata durante i lavori di scavo in galleria nella cava Zampieri. Poiché il torrente sotterraneo è stato captato mediante la realizzazione di un'opera di presa (sbarramento), da cui attingono acqua una abitazione privata ed un maneggio di cavalli, l'ingresso della grotta, ubicato all'interno della cava in galleria, è stato chiuso con un manufatto. Attualmente, l'accesso alla cavità può avvenire anche attraverso un manufatto agibile situato nel piazzale antistante la cava a cielo aperto. La grotta, che si sviluppa interamente nei Calcari Nummulitici, presenta un marcato andamento meandriforme.

Sorgente Progno di Quinzano (Comune di Verona)

L'opera di presa si trova sul greto del Progno di Quinzano, ad una quota di circa 220 m s.l.m. Un cunicolo artificiale in discesa, realizzato nel materasso alluvionale, conduce ad una lunga galleria a volta sul cui fondo è stato realizzato un canale in calcestruzzo che raccoglie le acque in una piccola vasca. L'ultimo tratto di galleria risulta scavato nei Calcari Nummulitici che affiorano in corrispondenza del fondovalle.

Sorgente Santa Cristina di Parona (Comune di Verona)

La sorgente scaturisce ad una quota di 74 m s.l.m., sotto il pavimento della chiesa omonima, da una serie di fratture incarsite ed impostate nei Calcari Nummulitici. Si tratta di una sorgente perenne, di origine carsica, la cui acqua viene parzialmente convogliata ad una fontana con lavatoio (Fig. 2) ed in una canaletta per irrigazione. In età Romana, invece, le acque della sorgente Santa Cristina, congiuntamente a quelle di altre due sorgenti (Nòvare e Villa Monastero), furono intensamente sfruttate per l'approvvigionamento idrico della città di Verona. Infatti, all'epoca fu realizzato un acquedotto, le cui notizie risalgono al XVI secolo, che fu in parte esplorato negli anni 1888, 1960 e 1961.



Fig. 2 - Una lezione teorico-pratica presso la fontana con lavatoio della sorgente Santa Cristina di Parona (foto A. Allegrezza).

Grotta Pissacavre (Comune di Verona)

Si tratta di una cavità carsica (n° di catasto: 1128 V VR) al cui interno scaturisce una piccola sorgente. In prossimità dell'ingresso esiste un manufatto che riduce alla metà la sezione dello stesso. Il fondo della galleria è quasi completamente costituito da sedimenti fini. Nella parte terminale della cavità è stata realizzata una piccola vasca di raccolta delle acque.

Sorgente Scodella (Comune di Roverè Veronese)

La sorgente scaturisce in fregio alla strada che percorre il fondo della Valle di Squaranto, ad una quota di 400 m s.l.m. Una piccola vasca raccoglie le acque che poi si disperdono lungo la strada. La roccia serbatoio è costituita dai Calcari Grigi, permeabili per fratturazione. La sorgente è nota per essere stata lungamente inquinata, negli anni '80, da probabili pratiche agronomiche scorrette mediante l'utilizzo di liquami suini.

Covolo dell'Acqua (Comune di Velo Veronese)

La sorgente Covolo dell'Acqua (n° di catasto: 42 V VR) si trova sul versante idrografico destro della Valle del Covolo. L'acqua sorgiva scaturisce dalla cavità carsica omonima che si apre alla base di una falesia impostata nei Calcari Grigi in parte dolomitizzati, su cui si individuano altre grotte. Il tratto iniziale della cavità è facilmente percorribile fino al primo sifone, lungo oltre 10 m, superato il quale la grotta prosegue con un tratto di galleria parzialmente allagata fino al secondo sifone. Inutili sono stati i recenti e ripetuti tentativi di svuotamento da parte del C.R.N. Monti Lessini.

Acqua del Druzzele (Comune di Selva di Progno)

L'ingresso della cavità (n° di catasto: 1313 V VR), da cui scaturisce la sorgente omonima che alimenta il locale corso d'acqua, si apre sul versante idrografico sinistro della Valle del Covolo. Una volta superato il piccolo sifone situato nei pressi dell'ingresso, la grotta prosegue per una quindicina di metri con una galleria allagata e concrezionata. Segue, poi, un meandro attivo lungo circa 130 m che termina su una frana non ancora superata, caratterizzata da una discreta circolazione d'aria. A seguito di modificazioni naturali avvenuti in corrispondenza del sifone iniziale nei primi giorni di agosto 1998, la cavità risulta emettere aria durante il periodo estivo ed aspirare aria in quello invernale. Questo funzionamento è direttamente collegato al regime del corso d'acqua sotterraneo e, pertanto, alle portate. Infatti, si attiva e risulta più accentuato quando le portate sono molto ridotte.

Sorgente Purga (Comune di Velo Veronese)

L'opera di presa si trova ad una quota di 1102 m s.l.m. in prossimità delle pendici Nord-occidentali del Monte Purga di Velo Veronese e dell'omonima contrada. La sorgente scaturisce da piroclastiti ed epiclastiti basaltiche a grana prevalentemente fine, spesso fittamente stratificate, ascrivibili al Paleogene.

Sorgente Pissarota (Comune di Roverè Veronese)

La sorgente scaturisce ad una quota di 620 m s.l.m. da una piccola frattura impostata nei Calcari Grigi. La piccola opera di presa si trova in fregio alla strada provinciale, ad un centinaio di metri dal punto in cui quest'ultima attraversa il fondo delle Valle di Squaranto in direzione Roverè Veronese. E' una sorgente perenne, con portate che raramente superano il litro al secondo.

Sorgente Vajo dei Falconi (Comune di Erbezzo)

Si tratta di una piccola sorgente perenne che scaturisce ad una quota di 1031 m s.l.m., in prossimità del ponte che attraversa il Vajo dei Falconi. Le portate sono sempre molto ridotte anche dopo intensi periodi piovosi. La sorgente è captata mediante un tubo che esce da una piccola placca di detrito addossata ad un'alta parete rocciosa impostata nei Calcari Grigi.

Sorgente Pramaggiore (Comune di Fumane)

Si tratta di una sorgente captata che scaturisce lungo il versante orientale della dorsale del Monte Pastelletto ad una quota di 815 m s.l.m., proprio sotto il piatto ed ondulato ripiano di Pramaggiore. La roccia serbatoio è costituita dai Calcari Nummulitici in posto ed in frana e, inoltre, dalla potente coltre detritica sovrastante.

Grotta "C" di Veja (Comune di S. Anna d'Alfaedo)

La cavità (n° di catasto 466 V VR) fa parte di uno dei complessi di grotte forse più noto dei Monti Lessini Veronesi: il Ponte di Veja. Il complesso carsico di Veja è costituito da cinque ampie grotte che si aprono entro il perimetro della vasta depressione di crollo che ha dato origine ad uno dei più grandi e famosi ponti naturali in roccia d'Europa. Al piede del versante settentrionale della depressione, ove affiorano i calcari del Gruppo di S. Vigilio, si apre la Grotta "C" di Veja o Grotta dell'acqua (Fig. 3), il cui torrente sotterraneo alimenta il locale corso d'acqua anche attraverso una serie di perdite che presumibilmente avvengono in corrispondenza dell'ingresso della cavità. La porzione di grotta esplorata, che si sviluppa grossomodo in direzione E-W per circa 75 m, ha andamento subparallelo alla Grotta "A" di Veja ove una datazione sui riempimenti basaltici ha fornito un'età di 38.2 +/- 1.6 milioni di anni (ROSSI, ZORZIN, 1993).



Fig. 3 - Ingresso del covolo dell'acqua (foto R. Zorzin).

Sorgente Molane (Comune di Fumane)

Si tratta di una sorgente perenne, captata, che scaturisce ad una quota di 895 m s.l.m. La roccia serbatoio è costituita dalla potente coltre detritica sovrastante. Le portate sono risultate sempre molto basse e, comunque, per quanto riguarda quelle più elevate sempre in stretta relazione con le precipitazioni meteoriche. Alcuni rilievi effettuati successivamente al periodo d'indagine con l'IPSIA E. Fermi, avvenuti durante l'estate 2001, hanno confermato che anche dopo lunghi periodi in assenza di precipitazioni la sorgente risultava attiva, sebbene con un modesto stillicidio.

Buso del Cao (Comune di S. Anna d'Alfaedo)

E' un esutore attivo (n° di catasto: 448 V VR), con andamento leggermente ascendente e meandriforme, scavato nei calcari dolomitizzati del Lias. La parte iniziale è caratterizzata dalla presenza di un lago-sifone di morbida. Più all'interno, invece, si incontrano alcuni piccoli tratti di galleria allagati fino a giungere ad un sifone terminale che risulta impraticabile.

Sorgente di Cavalò (Comune di Fumane)

L'opera di presa si trova ad una quota di 605 m s.l.m. Si tratta di una sorgente perenne, di origine carsica, la cui acqua viene parzialmente convogliata ad una fontana con lavatoio presente nell'omonimo abitato. La portata della sorgente è estremamente variabile e, comunque, dipende dall'intensità delle precipitazioni meteoriche.

Analisi chimico-fisiche e microbiologiche delle acque

Il lavoro si è svolto nel periodo da novembre 2001 ad aprile 2001 con cadenza quindicinale. Complessivamente sono stati prelevati 130 campioni di acqua di cui 50 destinati all'analisi microbiologica e 80 all'analisi chimica (si veda Tab. 1).

Sono state 16 le sorgenti monitorate, dislocate nel territorio della Lessinia veronese. L'acqua di ognuna è stata prelevata in tempi successivi da un minimo di due volte fino ad un

Tab. 1 - Risultati delle analisi chimiche e microbiologiche delle sorgenti.

| Sorgente | | Grotta "C" di Veia | | | | | | Purga | | | | | |
|------------------|-----------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | | 25-11-2000 | 19-12-2000 | 12-01-2001 | 25-01-2001 | 25-01-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 20-04-2001 | 25-01-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 20-04-2001 |
| Data prelievo | | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch A | 4 ch A | 4 ch C | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch C |
| Classe | | torbido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido |
| Aspetto | | 6,86 | 7,69 | 7,75 | 7,20 | 7,20 | 7,68 | 7,87 | 8,3 | 7,93 | 7,59 | 7,89 | 7,76 |
| pH | | 356 | 421 | 444 | 342 | 342 | 323 | 326 | 325 | 323 | 324 | 333 | 325 |
| Cond. a 20°C | µS/cm | 3,8 | 3,4 | 4,5 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,6 | 3,3 | 3,5 | 3,6 |
| Alcalinit totale | meq/L | 20,8 | 25,1 | 27 | 19,1 | 19,1 | 17,5 | 17,3 | 17,5 | 19,1 | 18,3 | 19,2 | 19,9 |
| Durezza | °F | 10 | 10 | 18 | 50 | 50 | 10 | 5 | 9 | 8,5 | 5 | 10,1 | 9 |
| Nitrali | mg/L | 0,02 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitriti | mg/L | 0,3 | 0 | 0 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Ammonio | mg/L | 10 | 6 | 8 | 10 | 5 | 5 | 3 | 4 | - | 3 | 4 | - |
| Cloruri | mg/L | 4,2 | 0,6 | 1,72 | 4,8 | 6,4 | 6,4 | 1,4 | 1,2 | 0,6 | 1,4 | 1,2 | 0,6 |
| Ossid. (Kubel) | mg O2/L | 0,5 | 0,05 | 0,17 | 0,55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,8* | 0 | 0 | 5,8* |
| Fosfati | mg/L | - | 7,000 | 9,200 | >15,000 | - | - | 3,100 | 490 | - | 3,100 | 490 | - |
| CBT 32°C | JFC/100mL | - | 1,100 | 1,800 | >15,000 | - | - | 2,510 | 140 | - | 2,510 | 140 | - |
| Coliformi totali | JFC/100mL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Sorgente | | Spiluga del Torrente | | | | | | Montorio-Laghetto Squar | | | | | | |
|------------------|-----------|----------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | | 25-11-2000 | 12-01-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 16-03-2001 | 20-04-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 30-03-2001 | 20-04-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 30-03-2001 |
| Data prelievo | | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch C | 4 ch C |
| Classe | | limpido | limpido | - | limpido | - | limpido | - | limpido | - | limpido | limpido | limpido | limpido |
| Aspetto | | 7,64 | 7,84 | - | 8,03 | - | 7,66 | - | 7,66 | - | 7,59 | 7,89 | - | 7,63 |
| pH | | 397 | 400 | 119 | 383 | - | 409 | - | 409 | - | 324 | 333 | - | 316 |
| Cond. a 20°C | µS/cm | 4,5 | 4,3 | 3,9 | 4,3 | - | 4,9 | - | 4,9 | - | 3,3 | 3,5 | - | 3,3 |
| Alcalinit totale | meq/L | 23,7 | 25,4 | 21,5 | 22,3 | - | 24 | - | 24 | - | 18,3 | 19,2 | - | 16,8 |
| Durezza | °F | 10 | 11 | 25 | 6 | - | 10 | - | 10 | - | 5 | 10,1 | - | 10 |
| Nitrali | mg/L | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | 0 | - | 0 | 0 | - | 0 |
| Nitriti | mg/L | 0 | 0,1 | - | 0,05 | - | 0,05 | - | 0,05 | - | 0,05 | 0,05 | - | 0,05 |
| Ammonio | mg/L | 10 | 4,2 | 10 | 5,1 | - | 6 | - | 6 | - | 6 | 4,8 | - | 5 |
| Cloruri | mg/L | 1,8 | 1,0 | 1,5 | 2,6 | - | 1,12 | - | 1,12 | - | 2,2 | 1,2 | - | 0,9 |
| Ossid. (Kubel) | mg O2/L | <0,05 | 0 | 0 | 0 | - | 0,79* | - | 0,79* | - | 0,14 | 0,10 | - | 0,08 |
| Fosfati | mg/L | 620 | 825 | 11,000 | 600 | 1,100 | 3,200 | - | 3,200 | - | - | - | - | 37,000 |
| CBT 32°C | JFC/100mL | 570 | 405 | 8,200 | 315 | 260 | 360 | - | 360 | - | - | - | - | 70,000 |
| Coliformi totali | JFC/100mL | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12,210 |

| Sorgente | Pregno di Quinzano | | | Pissarota | | | Molano | | | Prampognone | | | |
|------------------|--------------------|------------|---------|-----------|------------|---------|------------|------------|--------|-------------|------------|------------|------------|
| | 25-11-2000 | 16-12-2000 | 4 ch C | 2-03-2001 | 30-03-2001 | 4 ch C | 16-03-2001 | 30-03-2001 | 4 ch A | 1-12-2000 | 15-03-2001 | 30-03-2001 | 20-04-2001 |
| Data prelievo | 25-11-2000 | 16-12-2000 | 4 ch C | 2-03-2001 | 30-03-2001 | 4 ch C | 16-03-2001 | 30-03-2001 | 4 ch A | 1-12-2000 | 15-03-2001 | 30-03-2001 | 20-04-2001 |
| Classe | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch A | 4 ch A | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C |
| Aspetto | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | - | limpido | - | limpido | - | limpido | limpido |
| pH | 7,62 | 7,78 | 7,84 | 8 | 7,87 | 7,84 | - | 7,44 | 6,92 | 7,43 | 7,64 | 7,83 | |
| Cond. a 20°C | 413 | 391 | 287 | 287 | 297 | 287 | - | 419 | 365 | 392 | 340 | 340 | |
| Alcalinit totale | 3,8 | 3,7 | 3,3 | 3,2 | 3,3 | 3,1 | - | 4,4 | 3,9 | 4,2 | 3,5 | 3,5 | |
| Durezza | 23,8 | 22,9 | 17,4 | 17,1 | 17,4 | 18 | - | 17,9 | 22,2 | 21,8 | 18 | 21,4 | |
| Nitrati | 20 | 20 | 5 | 4,5 | 5 | 1 | - | 10 | 5 | 8 | 5 | 4,5 | |
| Nitriti | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Ammonio | 0,05 | 0 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0,05 | 0 | 0,05 | 0,05 | |
| Cloruri | 20 | 8,5 | 3 | 3,7 | 3 | - | - | 3 | 2,1 | - | 5 | - | |
| Ossid. (Kubel) | 1,1 | 0,56 | 0,8 | 1,1 | 0,8 | 1 | - | 1,4 | 1,8 | 1 | 1,2 | 0,9 | |
| Fosfati | <0,05 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 5,7* | - | 0 | 0 | 1,0* | 0 | 0,93* | |
| CBT 32°C | 530 | 555 | - | - | - | - | 4,800 | 39,000 | 1900 | 2850 | 138,000 | >150,000 | 1,700 |
| Coliformi totali | 210 | 190 | - | - | - | - | 120 | 13,700 | 425 | 7,900 | 11,450 | 155 | |

| Sorgente | S. Cristina di Perona | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | 25-11-2000 | 1-12-2000 | 5-12-2000 | 16-12-2000 | 12-01-2001 | 25-01-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 30-03-2001 | 19-12-2000 | 12-01-2001 | 25-01-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 30-03-2001 |
| Data prelievo | 25-11-2000 | 1-12-2000 | 5-12-2000 | 16-12-2000 | 12-01-2001 | 25-01-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 30-03-2001 | 19-12-2000 | 12-01-2001 | 25-01-2001 | 16-02-2001 | 2-03-2001 | 30-03-2001 |
| Classe | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch B |
| Aspetto | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | deposito | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido |
| pH | 7,41 | 7,46 | 7,3 | 7,31 | 7,38 | 7,28 | 7,28 | 7,76 | 7,4 | 7,2 | 7,4 | 7,25 | 7,34 | 7,63 | 7,39 |
| Cond. a 20°C | 430 | 435 | 426 | 414 | 440 | 422 | 431 | 493 | 424 | 558 | 584 | 590 | 590 | 595 | 576 |
| Alcalinit totale | 4,8 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | - | 6,1 | 6,2 | 5,8 | 6,0 | 6,0 |
| Durezza | 21,8 | 26,7 | 25,8 | 25 | 27,5 | 17,4 | 24,8 | 25,2 | 15,4 | 22,7 | 38,4 | 29,4 | 27,3 | 31,0 | 23,1 |
| Nitrati | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 35 | 10 | 13,5 | 10 | 20 | 29 | 50 | 20 | 33 | 20 |
| Nitriti | 0,006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ammonio | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,05 |
| Cloruri | 10 | 7,1 | 8 | 6 | 7 | 10 | 6 | 7,8 | 6 | 6 | 8 | 10 | 7 | 10,5 | 6 |
| Ossid. (Kubel) | 1,7 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | - | 0,9 | 1,4 | 1,4 | 0,9 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,6 |
| Fosfati | 0,05 | <0,05 | <0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | <0,05 | 0 | <0,05 | 0,46 | <0,05 | <0,05 | 0,08 |
| CBT 32°C | 8,600 | - | 1,940 | 6,100 | 7,900 | - | - | 50,000 | - | - | - | - | - | 900 | 600 |
| Coliformi totali | 1,400 | - | 655 | 1,700 | 6,000 | - | - | 8,800 | - | - | - | - | - | 285 | 395 |

| Sorgente | Acqua dei Druzele | | | | | | | | | | Pisascavre | | | | | |
|------------------|-------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|------------|-----------|------------|------------|------------|--|
| | 25-11-2000 | 19-12-2000 | 12-01-2001 | 18-02-2001 | 2-03-2001 | 20-04-2001 | 4 ch C | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 25-11-2000 | 1-12-2000 | 16-12-2000 | 12-01-2001 | 25-01-2001 | |
| Data prelievo | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch C | limpido | limpido | limpido | limpido | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch A | |
| Aspetto | limpido | limpido | limpido | limpido | - | - | - | - | - | - | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | |
| pH | 7,8 | 7,58 | 8,11 | 8,27 | - | - | 8,15 | 327 | 361 | 7,24 | 7,56 | 7,56 | 7,87 | 7,56 | 7,56 | |
| Cond. a 20°C | 303 | 364 | 355 | 338 | - | - | 327 | 361 | 361 | 361 | 356 | 345 | 365 | 363 | 363 | |
| Alcalinit totale | 4,3 | 4,2 | 4,1 | 4,0 | - | - | 3,9 | 4,1 | 4,1 | 4,1 | 4,0 | 4,1 | 4,0 | 4,3 | 4,3 | |
| Durezza | 22,9 | 22,5 | 21,4 | 21,1 | - | - | 20,7 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 11,2 | 21,7 | 22,7 | 20,7 | 20,7 | |
| Nitrati | <5 | 5 | - | 5 | - | - | 4,2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 7 | 25 | 25 | |
| Nitriti | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Ammonio | 0 | 0 | 0 | 0,05 | - | - | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Cloruri | 5 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | - | - | 1,8 | 5 | 5 | 5 | 4,2 | 3 | 3 | 10 | 10 | |
| Ossid. (Kubel) | 1,5 | 0,72 | 1,4 | 1,3 | - | - | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 0,6 | 0,72 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | |
| Fosfati | 0 | 0 | - | <0,05 | - | - | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | - | <0,05 | <0,05 | 0,09 | 0,09 | |
| CBT 32°C | - | - | - | 3950 | 2900 | 2900 | 2900 | 950 | 950 | 950 | 2.300 | 1.165 | 2.500 | 5.400 | 5.400 | |
| Coliformi totali | - | - | - | 3200 | 1040 | 1040 | 1040 | 870 | 870 | 870 | 920 | 375 | 580 | 3.300 | 3.300 | |

| Sorgente | Covolo dell'Acqua | | | | | | | | | Falconi |
|-------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Data prelievo | 25-11-00 | 01-12-01 | 16-01-00 | 12-01-01 | 25-01-01 | 16-02-01 | 02-03-01 | 20-04-01 | 30-03-01 | |
| Classe | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch A | 4 ch B | 4 ch C | 4 ch C | 4 ch B | |
| Aspetto | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | limpido | |
| pH | 7,83 | 8,06 | 7,54 | 7,56 | 8,01 | 8,04 | 8,40 | 8,14 | 7,81 | |
| Cond. a 20°C | 301 | 297 | 288 | 282 | 270 | 277 | 275 | 267 | 295 | |
| Alcalinità totale | 3,5 | 5,3 | 3,4 | 3,2 | 3,4 | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 3,4 | |
| Durezza | 18,6 | 18,0 | 17,7 | 18,5 | 15,9 | 21,0 | 16,3 | 17,4 | 17,6 | |
| Nitrati | <5 | 0 | 2 | - | 10 | 0 | 3 | 4 | 5 | |
| Nitriti | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Ammonio | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | |
| Cloruri | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | - | 1 | |
| Ossid. (Kubel) | 1,7 | 1,2 | 0,72 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 0,6 | 1,0 | |
| Fosfati | <0,05 | - | <0,05 | - | 0 | 0 | 0 | 8,6* | 0 | |
| CBT 32°C | - | - | - | - | - | >15.000 | 3700 | - | - | |
| Coliformi totali | - | - | - | - | - | 1210 | 1060 | - | - | |

massimo di nove per le sorgenti più accessibili. Pertanto, tali indagini forniscono valide informazioni sullo stato di salute delle acque del territorio preso in considerazione.

Per l'analisi microbiologica il campionamento è stato realizzato con recipienti sterili; i campioni venivano recapitati al laboratorio dell'IPSIA E. Fermi in tempi brevi e conservati a bassa temperatura fino al momento dell'analisi, che veniva effettuata entro le 24 ore.

Per consentire ai campioni di essere analizzati in tempo utile, si è dovuto tener conto degli orari scolastici eseguendo i prelievi, la domenica per le analisi chimiche, il giovedì o il venerdì per le analisi chimiche e microbiologiche.

Alcune rilevazioni come il pH, la portata, la conducibilità, la temperatura dell'acqua e dell'aria, sono state fatte ogni volta all'atto del prelievo.

I parametri chimico-fisici misurati in laboratorio sono stati: pH, conducibilità a 20°C, alcalinità, durezza, nitrati, nitriti, ammonio, cloruri, ossidabilità (Kubel) e fosfati.

I metodi analitici per le varie determinazioni hanno utilizzato gli strumenti in dotazione al laboratorio di chimica come lo spettrofotometro il pH-metro e il conduttimetro, oltre alla normale attrezzatura per le titolazioni volumetriche. Per alcuni parametri come i nitriti e lo ione ammonio sono stati utilizzati kit colorimetrici MERK (Ammonium test 0,05-0,8 mg/L NH_4^+ , Aquaquant 0,1-2,0 mg/L NO_2^-).

Il pH è stato determinato con pH-metro HANNA HI 9017, l'alcalinità totale per via pH-metrica con punto di fine identificato con linearizzazione di Gran; la conducibilità a 20°C con conduttimetro CRISON 01-524-01; la durezza, i cloruri e l'ossidabilità (Kubel) attraverso una titolazione, fosfati e nitrati con spettrofotometro UV/VIS PERKIN ELMER Lambda 3, secondo le metodiche stabilite dalla normativa per l'analisi delle acque.

I parametri microbiologici determinati su ogni campione, sono stati la carica batterica totale (CBT) e i coliformi totali. È stato utilizzato il metodo per filtrazione su membrana (porosità 0,45m).

La determinazione viene fatta su 100 ml di campione, opportunamente diluito, e successivamente filtrato su membrana. Questa viene poi appoggiata su apposito terreno di coltura, AGAR/ENDO per coliformi totali e P.C.A. (Plate Count Agar) per CBT, e posta in incubazione a 36°C per 24 ore. Quindi si effettua il conteggio delle colonie. Ogni campione è stato analizzato in doppio e i risultati sono stati ottenuti da una media dei due valori.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati a disposizione permettono di classificare la maggior parte delle acque sorgive dell'area, da un punto di vista chimico, come oligo-mediominerali.

I risultati delle analisi, anche se hanno interessato un periodo di monitoraggio non molto lungo, ma comunque che interessa complessivamente tre stagioni, possono considerarsi di un certo interesse. Infatti, durante questa prima fase di ricerca sono stati analizzati 80 campioni di acqua per verificare i parametri chimici e 50 per quelli microbiologici. La qualità chimica delle acque, a parte qualche sporadico caso, è risultata ampiamente entro i limiti delle acque destinate al consumo umano. Per quanto riguarda, invece, l'aspetto microbiologico è risultata una situazione generalizzata di inquinamento fecale, che nella maggior parte dei casi appare aumentare a seguito di precipitazioni meteorologiche (Fig. 4).

Il problema della qualità delle acque delle sorgenti monitorate è, per lo più, legato al grado di antropizzazione dei bacini di ricarica e dalla loro debole profondità. Infatti, esiste uno stretto collegamento tra le attività umane presenti nel territorio d'indagine e la qualità delle acque stesse. Per migliorare la qualità di queste acque si dovrebbe intervenire, in primo luogo, realizzando una efficiente rete fognaria, vasche a tenuta per i liquami e corrette pratiche agronomiche di spargimento dei liquami bovini e suini.

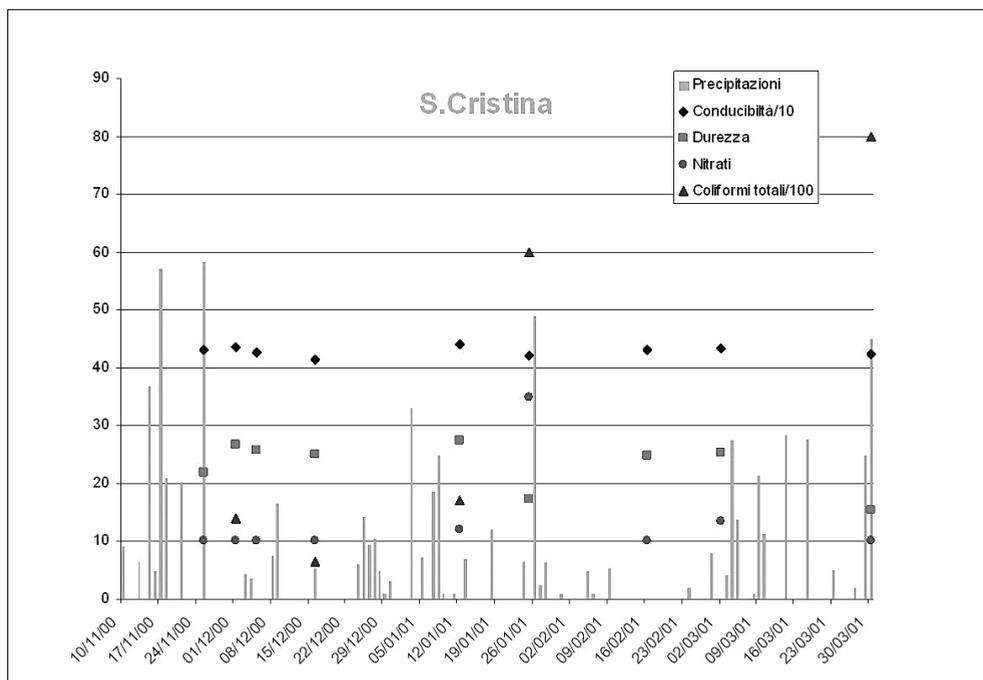


Fig. 4 - Sorgente Santa Cristina di Parona: parametri chimico-microbiologici a confronto con le precipitazioni.

RINGRAZIAMENTI

Si desidera esprimere riconoscenza agli speleologi della Commissione Speleologica Veronese che hanno prelevato tutti i campioni delle acque, al prof. U. Bonomi per aver fornito i dati della stazione pluviometrica di Roverè V.se, al Catasto Grotte della Provincia di Verona per i rilievi aggiornati delle cavità carsiche oggetto d'indagine, ai proff. F. Totola, P. Mignone, E. Girella, R. Bonomo, L. Parenti, S. Partelli, G. Farinati, M. Feriotti, V. Zusi, N. Carlini, L.

Segala, V. Spalluto dell'Istituto IPSIA Fermi per aver coordinato il lavoro delle analisi chimico-fisico e microbiologiche svolte dagli studenti, i ragazzi delle classi quarte ad indirizzo chimico-biologico dell'Istituto per aver realizzato le analisi ed alla dr.ssa A. M. Torriglia per la traduzione in inglese del riassunto.

BIBLIOGRAFIA

- MIETTO P., SAURO U., 1989 - Grotte del Veneto. Regione del Veneto & La Grafica Editori, Vago di Lavagno (VR): 415 pp.
- NICOLIS E., 1898 - Circolazione interna e scaturigini delle acque nel rilievo sedimentario-vulcanico della regione veronese e della finitima. Accademia di Verona, 54, s. 3: 209 pp.
- PASA A., 1954 - Carsismo e idrografia carsica nel gruppo del M. Baldo e nei Lessini Veronesi. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Centro di Studi per la Geografia Fisica, Tipografia Mareggiani, Bologna: 150 pp.
- PERETTI A., SAURO U., 1994 - Geologia, Idrogeologia e qualità dei principali acquiferi veronesi: Caratteri idrochimici delle acque della Lessinia in relazione a parametri ambientali. In: SORBINI L. (a cura di) - Mem. Mus. Civ. St. Nat. di Verona, Sez. Sc. della Terra, 4: 40-44 .
- ROSSI G., ZORZIN R., 1993 - Nuove osservazioni sul complesso carsico del Ponte di Veja (M.ti Lessini - VR). Atti XVI Convegno Nazionale di Speleologia, Serie 4°, vol. XV, (1990-1991), Udine 6-9 settembre 1990: 41-49.
- SAURO U., 1973 - Il paesaggio degli Alti Lessini. Studio geomorfologico. Mus. Civ. St. Nat. Verona, Memorie fuori serie n° 6: 161 pp.
- SAURO U., 1974 - Aspetti dell'evoluzione carsica legata a particolari condizioni litologiche e tettoniche negli Alti Lessini. Boll. Soc. Geol. It., 93: 945-969.
- ZAMPIERI D., ZORZIN R., 1994 - Carta Geologica dei Lessini centro-occidentali, tra la Valpantena e la Val d'Ilasi (Prealpi Venete). In: Geologia, idrogeologia e qualità dei principali acquiferi veronesi (a cura di L. SORBINI). Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, s. II, Sez. Sc. Della Terra, 4, 150 pp.