

ANDREA FUGANTI, FRANCO DEFRANCESCO & GUIDO BOLLETTINARI

LA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA
NEL MASSICCIO DELLA VIGOLANA (TRENTO)
CON CONSIDERAZIONI
SULLA GEOCHIMICA DEL MAGNESIO

ABSTRACT - The groundwater circulation in the Vigolana massif (Trento, Italy), with considerations on the geochemistry of magnesium.

The study concerns the groundwater circulation in the Vigolana massif, near Trento (Dolomite area, N. Italy). Vigolana has an altitude of 180 to 2150 m. Seventeen karst springs emerging from the dolomitic rock, three wells in alluvial deposits at the base of Vigolana and a spring emerging from the crystalline basement consisting of phyllite with basic magmatic veins, were checked weekly for one year (1990).

Vigolana is formed by Paleozoic crystalline basement and by Permian, Triassic and Jurassic sediments. Triassic dolomitic rock is the most common (about 1000 m thick), covered by about 300 m of Jurassic limestone. The karst phenomena are well developed in the limestone, less in the dolomite. The position of the strata is slightly dipping from east to west.

It was found that rain water passes rapidly through the karstic limestone at the top of Vigolana and then circulates more slowly in the underlying less karstic dolomite. Two types of spring flow out of the dolomite; springs with shallow underground circulation immediately affected by the rain and air temperature; springs with deep underground circulation that are not affected or little affected by air temperatures with flow increases delayed for about 15 days compared with melting snow in spring or heavy rain. The water gushing out of the crystalline basement circulates through fractures in the karst free rock. All the water from the dolomite is low in mineral content, with calcium and magnesium contents as in the literature on karst phenomena (Ca: from 35 to 68 mg/l; Mg: from 10 to 27 mg/l). The karst water is often polluted by coliform bacteria. The water from the crystalline basement, consisting of phyllite with basic magmatic veins rich in amphiboles and pyroxenes, has a magnesium content of between 204 and 225 mg/l as described in the literature for similar situations. The high magnesium content of these waters is connected with the presence of amphiboles and pyroxenes.

KEY WORDS - Hydrogeology, Karst, Magnesium geochemistry, Vigolana, Trento, Italy.

RIASSUNTO - *La circolazione idrica sotterranea nel massiccio della Vigolana (Trento) con considerazioni sulla geochimica del magnesio.*

Lo studio riguarda la circolazione idrica sotterranea nel massiccio della Vigolana, montagna presso Trento (Italia settentrionale). La Vigolana si sviluppa da 180 a 2150 m di altitudine. È stato fatto il controllo settimanale per un anno (1990) di diciassette sorgenti carsiche emergenti dalle dolomie, di tre pozzi entro alluvioni alla base delle dolomie, nonché di una sorgente emergente dal basamento cristallino costituito da filladi con filoni basici.

La Vigolana è costituita dal basamento cristallino paleozoico, nonché da sedimenti permiani, triassici e giurassici. Le rocce più rappresentate sono dolomie triassiche (circa 1000 m di spessore), ricoperte da circa 300 m di calcari giurassici. Il carsismo è molto sviluppato nei calcari, meno nelle dolomie. La giacitura degli strati è leggermente inclinata da est verso ovest.

È risultato che l'acqua piovana passa rapidamente attraverso i calcari molto carsificati posti alla sommità della Vigolana per penetrare e circolare più lentamente nelle sottostanti dolomie meno carsificate. Dalle dolomie sgorgano due tipi di sorgenti; sorgenti con circolazione sotterranea poco profonda che risentono immediatamente della piovosità e delle temperature dell'aria; sorgenti con circolazione sotterranea profonda che non risentono o risentono poco delle temperature dell'aria con aumenti di portata ritardati di circa 15 giorni rispetto allo scioglimento primaverile della neve o a forti precipitazioni. L'acqua che sgorga dal basamento cristallino circola attraverso fratture della roccia priva di carsismo. Tutte le acque emergenti dalle dolomie sono oligominerali con contenuti in calcio e magnesio in accordo alla letteratura sul carsismo (Ca: da 35 a 68 mg/l; Mg: da 10 a 27 mg/l). Le acque carsiche sono frequentemente inquinate per coliformi. L'acqua che sgorga dal basamento cristallino, costituito da filladi con filoni magmatici basici ricchi di anfiboli e pirosseni, ha un contenuto di magnesio compreso fra 204 e 225 mg/l e ciò in accordo alla letteratura che descrive situazioni analoghe.

Il maggior contenuto di magnesio di queste acque è connesso con la presenza di anfiboli e pirosseni.

PAROLE CHIAVE - Idrogeologia, Carsismo, Geochimica magnesio, Vigolana, Trento, Italia.

1. PREMESSA

Il massiccio della Vigolana (Trento) si erge isolato delimitato da quattro valli, da quota 180 a 2150 m sul livello del mare. Questa caratteristica morfologica e la presenza di rocce metamorfiche e sedimentarie, in prevalenza dolomitiche, ha fatto ritenere agli Autori particolarmente interessante lo studio della circolazione idrica sotterranea che fu controllata per un anno (1990) mediante l'esame di sorgenti a varia quota, nonché di pozzi entro le alluvioni che delimitano lateralmente la Vigolana. È stato possibile controllare diciassette sorgenti nelle dolomie, tre pozzi nelle alluvioni, ed una sorgente che esce da rocce metamorfiche attraversate da filoni basici. Vengono illustrati: la situazione morfologi-

ca e geologica, il regime delle precipitazioni, le variazioni di portata e di livello statico delle sorgenti e dei pozzi, il chimismo ed il grado di inquinamento delle acque. Sono poi eseguite deduzioni sulle modalità della circolazione idrica sotterranea e sulla geochimica del magnesio, elemento che caratterizza sia le sorgenti nelle dolomie che nelle rocce metamorfiche con filoni basici. Il Dr. G. Bollettinari ha curato in particolare gli aspetti geomorfologici della ricerca.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

I dati riportati sono frutto di rilevamenti originali e di informazioni desunte dalla letteratura e riferibili principalmente ai fogli Trento e Schio della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100000 ed ai lavori di G. A. VENZO (1961) e S. VENZO (1944). Il massiccio della Vigolana, situato poco a Sud di Trento, è limitato a Ovest e a Est rispettivamente dalle valli del fiume Adige e del torrente Centa, a Nord dalla Valsorda e a Sud dalla Val di Gola.

Il massiccio, che si affaccia con alte scarpate sulle valli circostanti, è costituito, nella sua parte centro-occidentale, da un altopiano inclinato a Sud Ovest dal quale si elevano, lungo il bordo orientale, una serie di rilievi, i maggiori dei quali sono il Becco di Filadonna (2150 m), il Cornetto (2060 m) e la Cima del Campigolet (2028 m) (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4).

La Vigolana è costituita principalmente da rocce dolomitiche e calcaree appartenenti alle formazioni della *Dolomia Principale* (Trias) e dei *Calcarei Grigi di Noriglio* (Giura). Solo alla base del suo versante orientale, presso Centa, affiorano i termini più antichi della successione litostratigrafica (Fig. 5, Fig. 6).

Il termine più antico della serie è rappresentato dal *Basamento Cristallino* pre-Permiano, costituito da una serie filladica attraversata, presso Centa, da numerosi filoni basici. Seguono verso l'alto, con uno spessore di pochi metri, le *Arenarie di Val Gardena* del Permiano inferiore. Sovrapposta ad esse è la *Formazione a Bellerophon* del Permiano superiore, costituita da calcari dolomitici più o meno marnosi e da calcari dolomitici oolitici con intercalazioni siltose: lo spessore delle due formazioni non supera i 50 metri. Segue la *Formazione di Werfen* (Trias inferiore) costituita da sedimenti evaporitici e detritici quali calcari con lenti di gesso, calcari marnosi, arenarie. Questa formazione ha uno spessore di circa 200 metri. Un successivo termine litostratigrafico è costituito da dolomie di età anisico-ladinica (spessore di 200 m) che nell'area

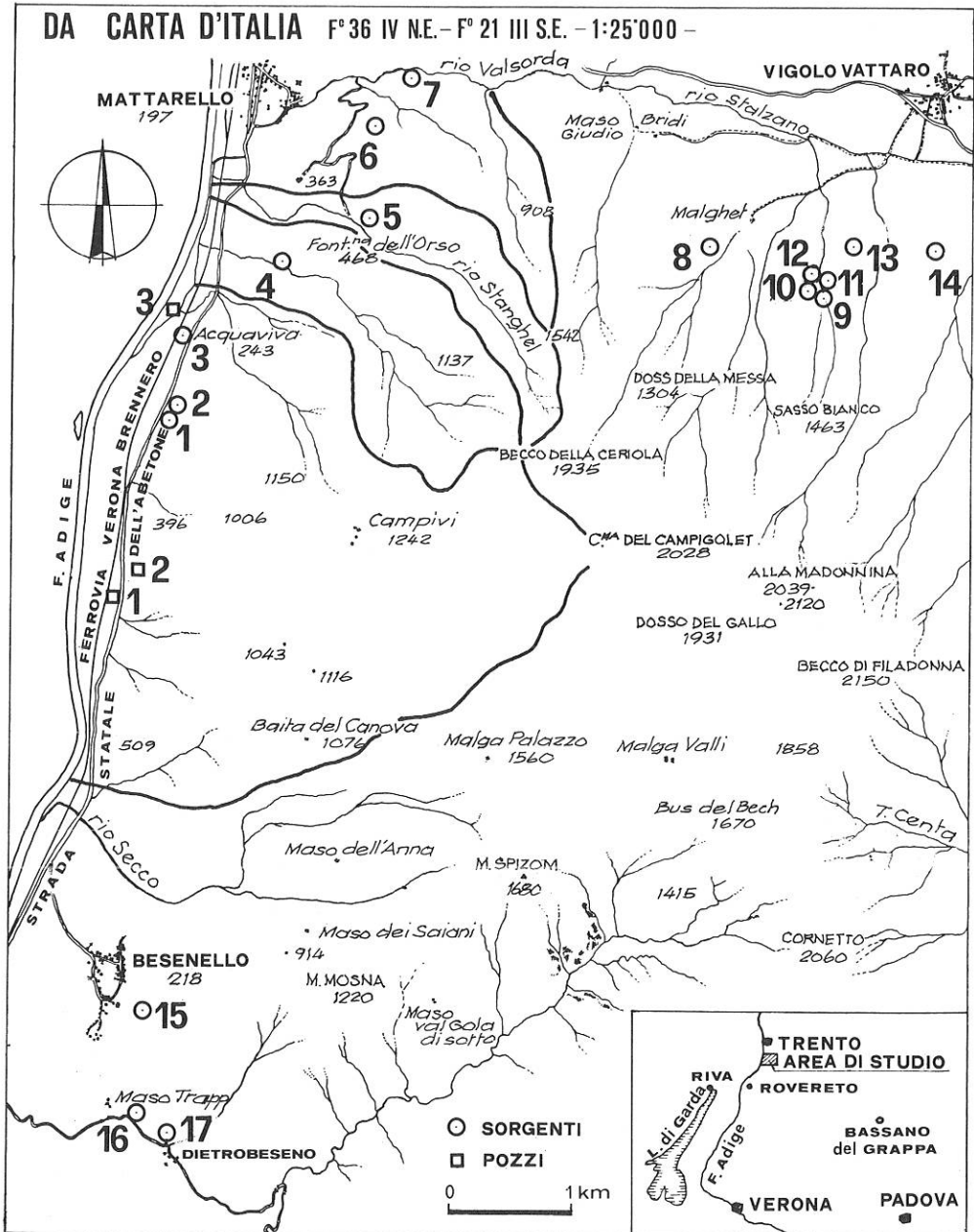


Fig. 1 - Schizzo del massiccio della Vigolana con ubicati le sorgenti ed i pozzi studiati, la rete idrografica e gli spartiacque superficiali.



Fig. 2 - Versante nord occidentale della Vigolana visto dalla Valle dell'Adige. Distinguibili le dolomie (D) in basso dai calcari (C) in alto. I numeri 1, 2, 3 indicano le sorgenti Presa Santo, Minerale, Acquaviva.



Fig. 3 - Versante sud occidentale della Vigolana visto dal versante destro della Valle del fiume Adige, che corre nella piana alluvionale in primo piano (A).

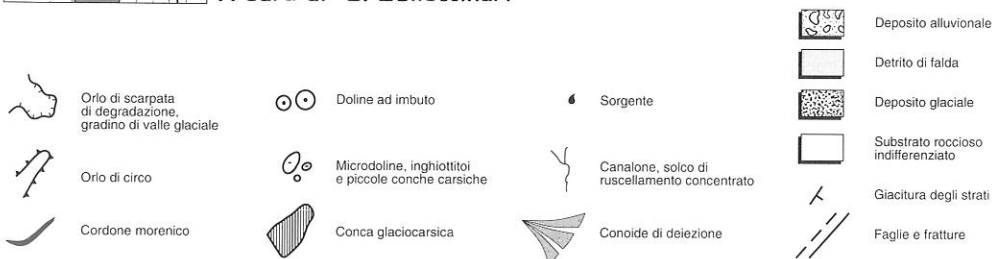


Fig. 4 - Schema morfologico del Massiccio della Vigolana.

sono per lo più coperte dalle estese falde detritiche derivanti dal progressivo smantellamento ed arretramento delle sovrastanti pareti. Sovrapposta a questi sedimenti vi è la *Dolomia Principale* del Trias superiore, costituita da dolomie bianche e grigie, saccaroidi, con stratificazione marcata spesso da stiloliti. Questa formazione, con 800 m circa di spessore, è il litotipo predominante della Vigolana. Infine, vi sono i *Calcari Grigi di Noriglio* del Giurese inferiore sovrapposti alla *Dolomia Principale* e osservabili nelle parti più elevate del massiccio. Questi, costituiti da calcari organogeni e da calcari oolitici di colore grigio (Fig. 7), sono distinguibili dalla dolomia sottostante grazie alla stratificazione netta e regolare ed alla presenza di sottili intercalazioni marnose.

Nello schema geologico di Fig. 5 sono rappresentate anche le formazioni calcaree del Giurassico superiore, del Cretaceo e del Terziario inferiore del versante destro della valle del fiume Adige. L'assetto strutturale è caratterizzato da strati con giacitura abbastanza costante: l'immersione prevalente è verso Sud Ovest con inclinazioni mediamente intorno a 20°-25°; solo in prossimità dell'Adige, per la presenza di una struttura anticlinale, gli strati si orientano ad Est e a Sud Est. Questa disposizione strutturale e l'azione erosiva tardo terziaria e quaternaria sono la causa del modellamento della superficie sommitale immergente a Sud Ovest.

Le discontinuità tettoniche possono essere raggruppate in due sistemi principali: l'uno di direzione giudicariense (NE-SW), l'altro scledense (NW-SE). I rapporti intercorrenti tra i due sistemi sembrano variare sensibilmente procedendo dai settori meridionali dell'area a quelli settentrionali. Nel settore Sud-occidentale infatti prevalgono gli effetti della tettonica scledense (basse valli di Gola e della Scaletta), mentre in quello settentrionale, sui versanti che degradano verso la Valsorda, sembrano prevalere quelli legati alla tettonica giudicariense. Gran parte delle discontinuità individuate e rappresentate nello schema geomorfologico sono marcate da elementi della rete idrografica, da scarpate rettilinee, contropendenze e trincee naturali; queste ultime sono situate in prossimità del crinale di Campigolet. Sulle fratture tettoniche si è sviluppato il carsismo (Fig. 8, Fig. 9).

L'attuale assetto geomorfologico dell'area è principalmente imputabile alle diverse fasi erosive succedutesi dal Pliocene al ritiro dei ghiacciai würmiani. In questo intervallo di tempo gli attuali rilievi subirono un sollevamento di almeno 2000 m con conseguente approfondimento delle valli per erosione fluviale e glaciale.

Secondo quanto sostenuto concordemente da vari Autori (TREVISAN, 1943; VENZO S., 1944; CORRÀ, 1974), i corsi d'acqua, alla fine del

Terziario, scorrevano nelle depressioni delle sinclinali con andamento prevalente da NNE a SSW, così il Noce sembra defluisse per Andalo-Molveno mentre l'Adige defluiva per Terlagò-Dro, sino al Garda. In quest'epoca la conca di Trento era sbarrata a Sud dal motivo anticlinale trasversale Bondone-Marzola-Chegul e a Nord da quello Calisio-Candriai. Le acque di questa conca non potendo defluire verso Nord, cioè nell'Adige, si dirigevano verso l'Alta Valsugana, dove confluivano anche i torrenti Avisio e Fersina. Le acque, percorrendo quindi le valli ora sospese di Vigolo Vattaro e di Cei potevano versarsi nella conca tettonica di Rovereto. Quivi confluivano anche le acque degli altipiani di Folgaria e Lavarone. Infine tutte queste acque, per effetto di uno sbarramento localizzabile tra il M. Baldo e gli Alti Lessini, passavano nella depressione di Arco, attraverso la sella di Loppio, dove confluivano nell'Adige. La successiva deviazione del corso dell'Adige è probabilmente in connessione con l'escavazione glaciale mindeliana, che poté completare lo smantellamento dei due sbarramenti trasversali situati tra Trento e Rovereto: quello Bondone-Chegul, a Nord, e quello di Calliano, a Sud. Non sembra che le modificazioni della idrografia siano avvenute a seguito di catture, ma di deviazioni; nel caso del torrente Fersina, ad esempio, la deviazione è stata causata dall'accrescimento del grande conoide alluvionale di Susà, presso Pergine che ostacolò il deflusso per la Valsugana, obbligando il Fersina a defluire in Val d'Adige. Nel Mindel l'Adige aveva oramai abbandonato la valle di Terlagò che appariva sospesa. Le deviazioni dai corsi d'acqua laterali, oltre ai depositi dell'Adige, alluvionarono nell'interglaciale Riss-Wurm il fondo roccioso, ultraescavato, determinando un fondovalle del tutto simile all'attuale. Attualmente nella valle dell'Adige la profondità del substrato roccioso, sepolto dalle alluvioni, è di circa 200 m (G. A. VENZO, 1954).

Legenda della figura 5:

- | | |
|---|--|
| 1. Detrito di versante (Quaternario); | 11. Calcari dolomitici e dolomie (Trias Inferiore); |
| 2. Depositi di conoide alluvionale (Quaternario); | 12. Dolomia Principale (Trias Medio); |
| 3. Depositi alluvionali del F. Adige (Quaternario); | 13. Formazione di Werfen (Trias Inferiore); |
| 4. Depositi morenici (Quaternario); | 14. Formazione a Bellerophon (Permiano Superiore); |
| 5. Calcari e marne (Terziario); | 15. Arenarie di Val Gardena (Permiano Inferiore); |
| 6. Scaglia Rossa (Cretaceo); | 16. Basamento Cristallino (Pre-Permiano); |
| 7. Biancone (Cretaceo); | 17. Faglia; |
| 8. Rosso Ammonitico (Giurassico); | 18. Traccia della sezione geologica; |
| 9. Calcari oolitici di S. Vigilio (Giurassico); | 19. Direzione e immersione degli strati; |
| 10. Calcari Grigi (Giurassico); | 20. Emergenze principali di acqua del sistema carsico. |

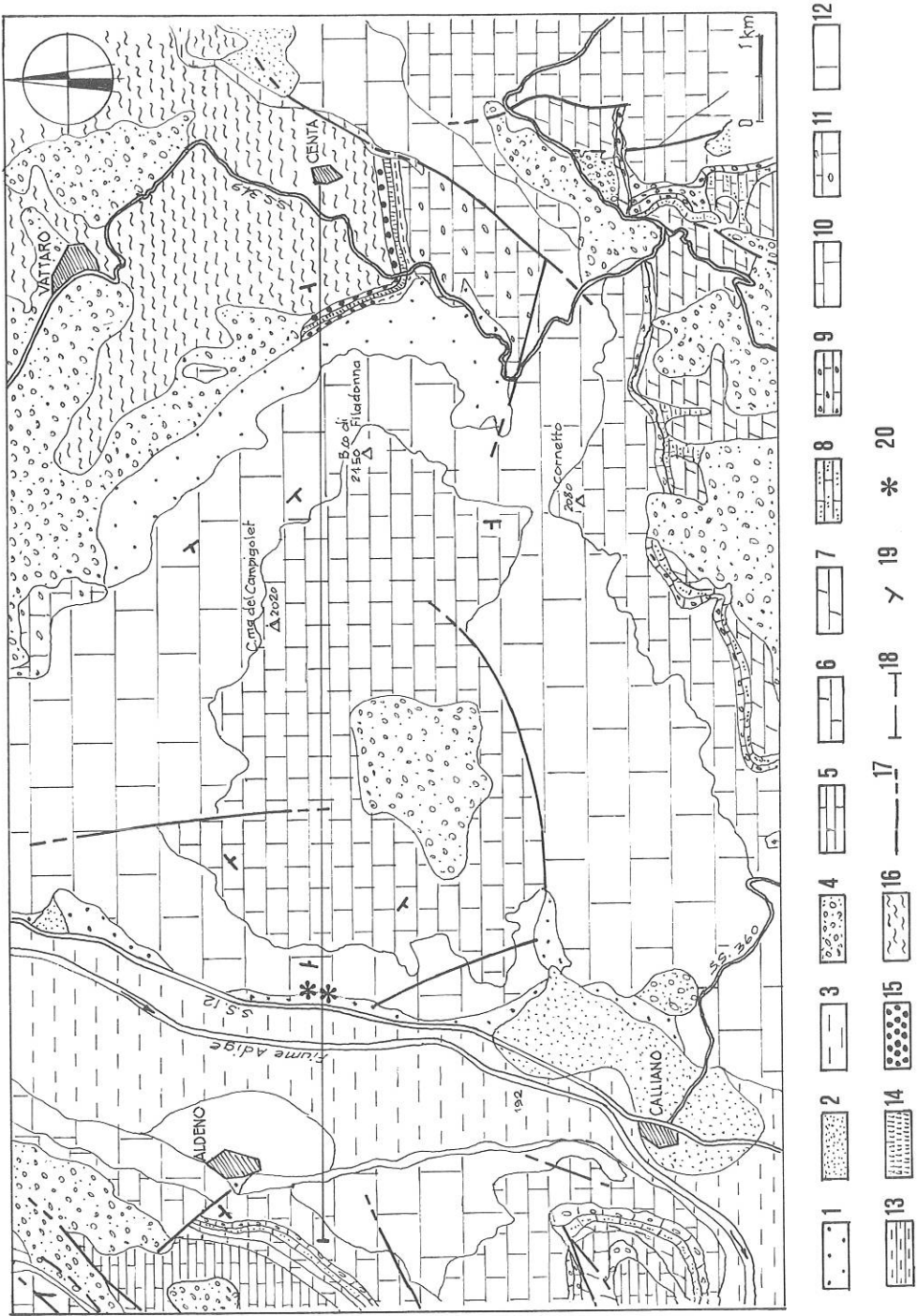


Fig. 5 - Carta geologica della Vigolana.

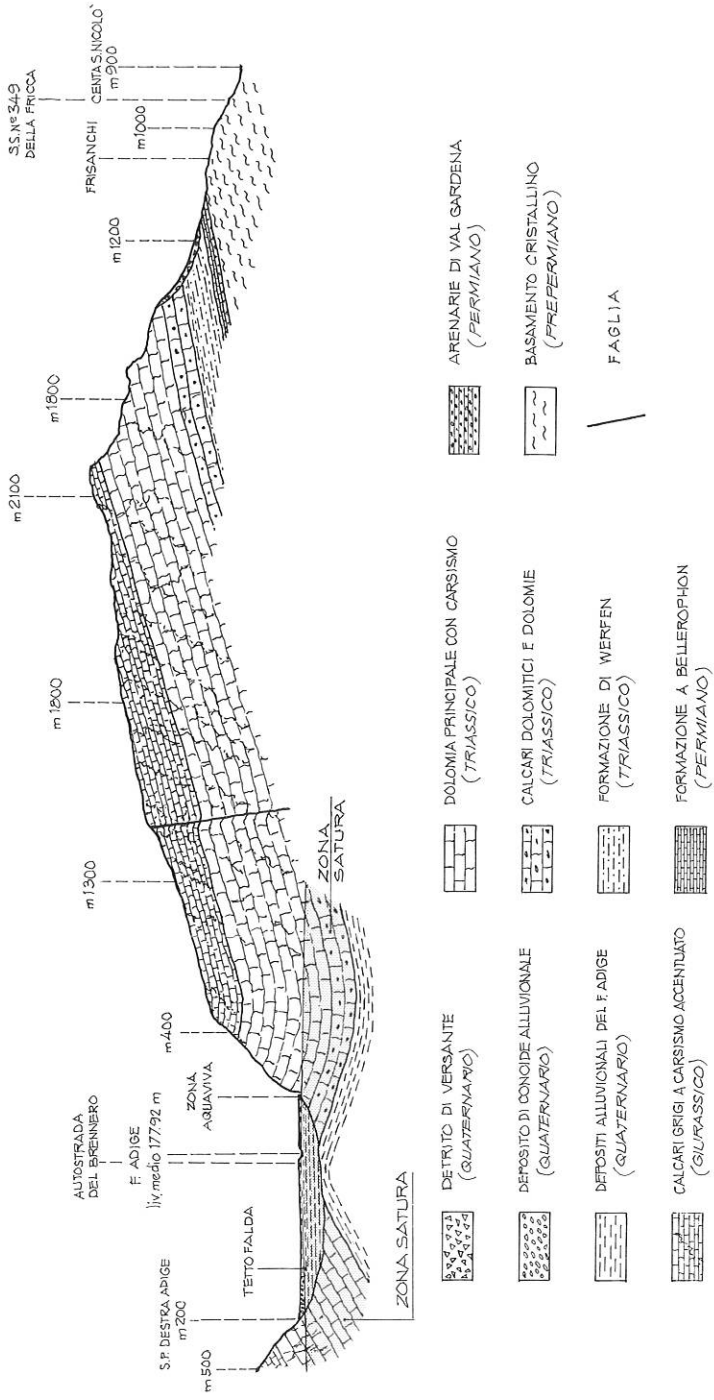


Fig. 6 - Sezione geologica E - W attraverso la Vigolana.

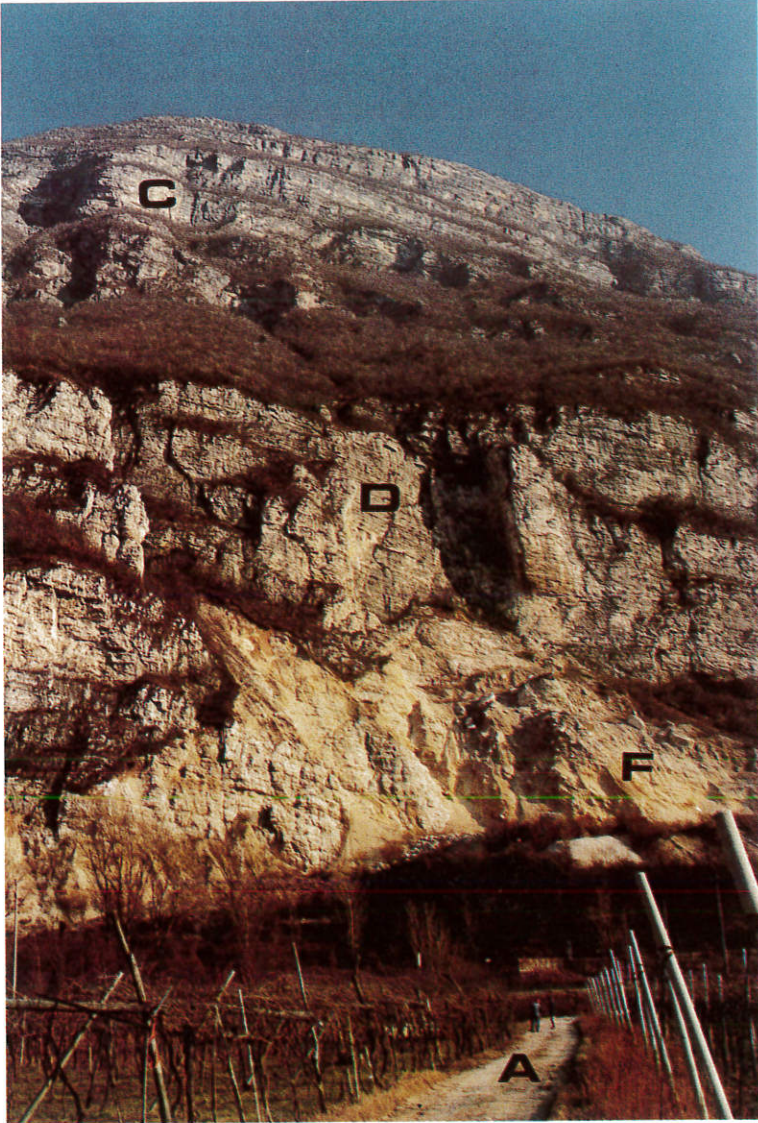


Fig. 7 - Successione stratigrafica sul versante occidentale della Vigolana.
D = dolomie, C = calcari, F = detrito di falda, A = alluvioni del fiume Adige.



Fig. 8 - Campi carreggiati di origine carsica nei calcari alla sommità della Vigolana.



Fig. 9 - Dissoluzione carsica lungo le fratture nei calcari alla sommità della Vigolana.

Durante l'ultima grande espansione glaciale, che ha avuto il suo massimo circa 20000 anni fa, la valle dell'Adige e tutto il territorio del Trentino furono quasi interamente coperti da una coltre di ghiaccio che nelle valli principali poteva raggiungere i 2000 m di spessore. Tra 15000 e 10000 anni fa, la coltre glaciale subì un progressivo ritiro anche se irregolare, perchè interrotto da soste e da episodi di nuove e più o meno cospicue avanzate, testimoniate da una serie di archi morenici stadiali. Sul massiccio della Vigolana tracce del passaggio dell'esteso ghiacciaio atesino si rinvennero sino a 1600-1700 m di quota. È in particolare intorno a 1600 m, tra Busa Alta, Malga Imprec e Pra di Gola, che appare con continuità un argine morenico; poco più a monte, alla base dei versanti di Prati Alti, Scannupia, Prati di Mezzo e Sciopadore, è presente una netta rottura di pendio attribuibile anch'essa al modellamento prodotto dal ghiacciaio atesino. Evidente appare inoltre nel settore orientale, tra lo spartiacque e i 1650 m di quota, l'impronta del glacialismo locale esaltata dalla concomitante azione glaciale e carsica che ha scolpito i due ampi circhi del Campigolet e di Becco di Filadonna. Quello del Campigolet ha forma complessa per la presenza a quota 1930, di un dosso centrale che lo separa dando luogo a due valli: la Val Tedesca a NW e la Valle di Malga Valli-il Marocco a SE. In quest'ultima confluiva inoltre la lingua glaciale proveniente dal circo di Filadonna. I depositi ad essi attribuibili occupano prevalentemente il settore mediano e terminale delle valli. I cordoni morenici appaiono ben conservati soprattutto nella Val Tedesca mentre in quella di Malga Valli e di Filadonna sia le forme che i depositi hanno fortemente risentito del modellamento indotto dalla dissoluzione carsica.

Il versante sinistro della valle dell'Adige, in corrispondenza dell'area in esame, mostra dal basso verso l'alto le caratteristiche seguenti (Fig. 10).

- Un complesso di falde detritiche, non cementate, che bordano più o meno uniformemente la base del versante: si tratta di materiale granulometricamente eterogeneo (dai grossi blocchi alla sabbia) con elementi a spigoli vivi (Fig. 11); la parte più profonda è generalmente a disposizione caotica, mentre quella superiore mostra cenni di stratificazione. A luoghi, sotto il detrito, affiora la roccia dolomitica, in scarpate subverticali e qua e là con tracce di montonature, striature e scanellature di evidente origine glaciale. Verso la parte superiore delle falde detritiche si intercalano alcuni livelli nerastri umici (rendzina), dello spessore di qualche decimetro, indice di parziale stabilizzazione da parte della vegetazione. Sul suolo la copertura vegetale recente ed attuale riveste uniformemente questi accumuli, indicando l'avvenuta stabilizzazione delle pareti soprastanti.

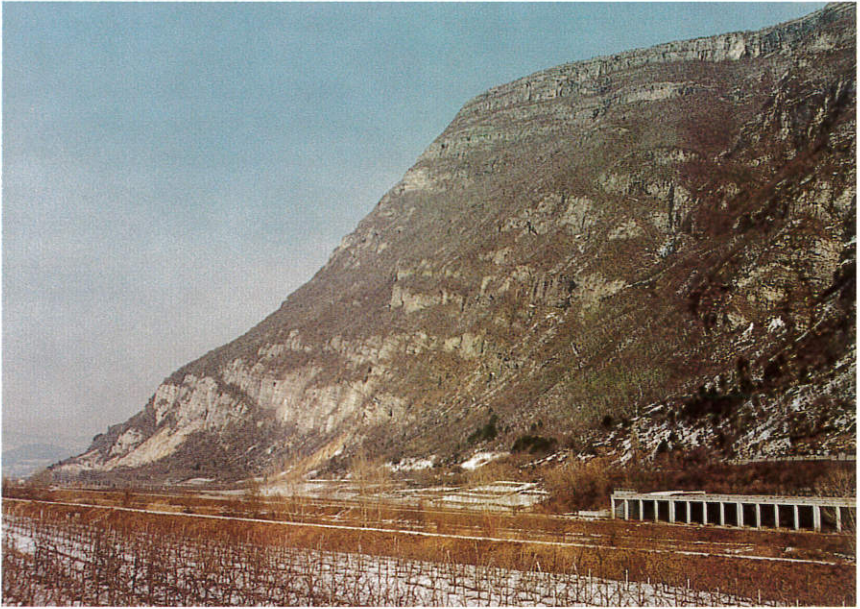


Fig. 10 - Versante occidentale della Vigolana delimitante la Valle dell'Adige. Si noti come il versante sia modellato con tratti a differente inclinazione.



Fig. 11 - Detrito di falda alla base delle pareti dolomitiche subverticali.

- Un versante subverticale in dolomia di altezza sui 130 m, circa fra 270 e 400 m di quota.
- Un pendio di roccia dolomitica con acclività di 35°-40°, più o meno uniformemente ricoperto da un'esile coltre di detrito in posto, su cui vi è una vegetazione cespugliosa e arborea.
- Un pendio a gradini irregolari di roccia calcarea, costituito da una serie di scarpatine subverticali, interrotte da piccoli ripiani suborizzontali in parte ricoperti da blocchi di detrito e da una coltre di vegetazione a luoghi anche arborea.
- Un ripiano sommitale che si diparte dagli 800-1000 m influenzato dalla giacitura suborizzontale degli strati calcarei, modellato da processi carsici (*campi carreggiati, vaschette, doline*, etc.) e parzialmente ricoperto da depositi morenici wurmiani.

A partire dal ritiro del ghiacciaio che occupava la valle dell'Adige, il ripido versante venne a trovarsi in disequilibrio morfoclimatico e con masse rocciose soggette a rapida decompressione. Esso fu sottoposto a un'intensa degradazione che determinò la formazione di ampie falde detritiche. Del tutto subordinati furono altri processi geomorfologici come la dissoluzione carsica, l'erosione lineare, il dilavamento laminare, etc. Questo tipo di evoluzione si può in parte identificare con il modello regolarizzato detto anche di RICHTER (1901), che è caratterizzato dall'aver il profilo rettilineo impostato in una roccia omogenea. Successivamente tale modello è stato precisato da LEHMANN (1933), da BAKKER & LE HEUX (1952) e da SCHEIDEGGER (1961).

Questo modello fornisce un valido strumento di interpretazione della genesi di un pendio rettilineo, che viene identificato come il risultato della trasformazione di una iniziale parete più o meno acclive in un versante che tende via via ad assumere un angolo pari a quello della pendenza di distacco che è l'acclività minima necessaria perchè possa iniziare un processo di spostamento di un certo tipo di detrito su un versante ora soggetto a crioclastismo, ora soggetto alla sola forza di gravità (PANIZZA, 1988). Al piede della parete in recessione si formano degli accumuli detritici più o meno cospicui che hanno ugualmente un profilo rettilineo, con angolo pari a quello della pendenza d'accumulo che è l'acclività massima alla quale si arresta il movimento del detrito. Di norma l'angolo della pendenza di accumulo è sui 30°-35°. La roccia del versante in esame è rappresentata da dolomia massiccia o in grosse bancate, nella parte inferiore, e da calcari ben stratificati, a luoghi con livelli marinosi, nella parte superiore. È verosimile dedurre che la porzione di versante in dolomia si sia comportata come roccia sufficientemente omogenea per poter evolversi secondo il modello della regolarizzazione di

RICHTER: l'acclività è infatti di 35° per la parte in roccia e di 30° per quella costituita da falde di detrito. La porzione di versante in calcare deve la sua morfologia sia alle discontinuità di litologia, sia all'incompiuta regolarizzazione, bloccata prima che venisse raggiunta la completa riduzione dell'acclività del versante. L'arresto della regolarizzazione deve essere avvenuto infatti al sopraggiungere di condizioni climatiche più temperate. Le indicazioni paleoecologiche, palinologiche e cronologiche relative e assolute indicano nell'optimum climatico dell'Atlantico (6000 anni dal presente) la fine di questi processi di tipo periglaciale (BARTOLOMEI, 1974). Successivamente la vegetazione ha fossilizzato questa morfologia in tutti i tratti di versante che lo hanno consentito: falde di detrito, versante regolarizzato in dolomia, sommità del ripiano e dei gradini in calcari, ad eccezione delle scarpatine dei gradini stessi.

Dal periodo Atlantico fino ad oggi le condizioni climatiche non hanno più consentito una ripresa di processi di degradazione di tipo periglaciale; la morfogenesi attualmente prevalente sull'altipiano è quella carsica.

Il carsismo, particolarmente sviluppato sulla superficie sommitale costituita da *Calcari Grigi di Noriglio*, condiziona nettamente la circolazione idrica superficiale e sotterranea. Essa appare peraltro influenzata dalla orientazione dei principali piani di discontinuità rilevati nell'area che, oltre alla stratificazione, comprendono sistemi di fratture di direzione NE-SW, N-S e NW-SE.

Le forme epigee più numerose e sviluppate sono localizzate nel settore orientale nelle aree interessate dalla sovraescavazione glaciale. Questa potrebbe infatti aver messo in luce orizzonti carbonatici più carsogeni. Alle forme indicate si affiancano, tra Dosso del Gallo, Buso del Calderon e lo spartiacque, enormi doline ad imbuto.

Le conche di sovraescavazione, ma più in generale i circhi glaciali di Campigolet e Filadonna, presentano frequentemente campi di piccole doline e inghiottitoi spesso allineati secondo le direzioni precedentemente indicate. Testimonianze minori del carsismo sono costituite da *campi solcati* sia di tipo libero sia coperto, *karren a scannellature*, *superfici alveolate*, *campi solcati con solchi a doccia* e *crepacci di diacalse*. Anche le forme ipogee (sono 15 le grotte sino ad ora conosciute sull'altipiano) (BORTOLAMEOTTI, 1985) sono ampiamente condizionate da tali discontinuità tettonico-strutturali; la grotta Gabrielli, che si diparte da quota 1900 sul versante NE del Campigolet, si sviluppa dapprima da NW a SE e successivamente da N a S raggiungendo uno sviluppo planimetrico di oltre 1 km ed una profondità complessiva di oltre 200 m, determinata dalla presenza lungo il tracciato di alcuni pozzi naturali. Tra le altre

grandi strutture ipogee note agli speleologi ricordiamo la Caverna del Frate e il Bus de Val Lavinella (SAT, 1990).

Il carsismo che ha raggiunto un elevato grado di maturità si sviluppa in profondità fino alla Val d'Adige. Alla base delle pareti dolomitiche è infatti evidenziato da condotti, laghetti carsici e sorgenti.

Il livello di base più basso a cui riferire il potenziale recapito delle acque coincide infatti con quello della falda freatica contenuta nelle alluvioni di fondovalle.

3. REGIME DELLE PRECIPITAZIONI

Per poter valutare le modalità della circolazione idrica sotterranea è indispensabile poter confrontare le precipitazioni con la portata delle sorgenti ed il livello dei pozzi. Vengono quindi illustrati i diagrammi che riportano i valori delle precipitazioni piovose (Fig. 12) e nevose (Fig. 13) per il periodo compreso tra gennaio e dicembre 1990. Questa distinzione delle precipitazioni in piovose e nevose è necessaria perchè sulla Vigolana le precipitazioni piovose caratterizzano le basse quote mentre la neve, presente generalmente da novembre a aprile, caratterizza le quote sopra i 1400-1500 m. I dati sono stati forniti rispettivamente dal Centro Meteorologico di S. Michele all'Adige, Stazione Sperimentale Agraria Forestale della Provincia Autonoma di Trento (dati riferiti alla stazione 6 - Trento sud - 180 m s.l.m.) e dall'Ufficio Neve e Valanghe della Provincia Autonoma di Trento (dati riferiti al nivometro posto in località Casermette di Viotte, 1495 m s.l.m., Monte Bondone). Per quanto riguarda i dati nivometrici vengono date le misure della neve caduta e della neve al suolo. La stazione Trento sud è sita all'interno dell'aeroporto di Mattarello, cioè 3,5 Km più a N rispetto alle due emergenze d'acqua principali che escono dalla Vigolana. Nel corso del 1990 sono stati registrati a Trento Sud 844,6 mm di pioggia, cioè poco meno della media registrata nel periodo 1983-1989 che è stata di 889 mm. Dall'analisi dei grafici si può notare come vi siano tre periodi dell'anno in cui le precipitazioni sono particolarmente concentrate:

seconda metà di marzo-aprile, caratterizzato da precipitazioni sia piovose che nevose frequenti e di media intensità (da 3 a 15 mm per giorno piovoso);

giugno-prima metà di luglio, caratterizzato da sole precipitazioni piovose frequenti ed intense (da 5 a 40 mm per giorno piovoso);

ottobre-novembre, caratterizzato da precipitazioni piovose e nevose frequenti e molto intense (da 5 a 50 mm per giorno piovoso).

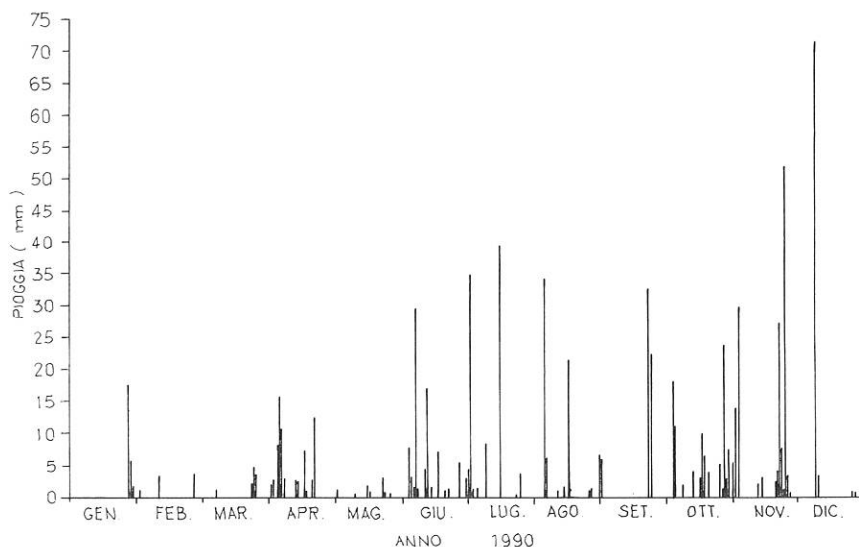


Fig. 12 - Precipitazioni piovose durante il 1990 registrate alla stazione Trento Sud (quota 180 m s.l.m.).

Assenza o quasi di precipitazioni si nota nei periodi fra gennaio e prima metà di marzo, maggio, seconda metà di agosto-settembre. Nella prima metà di agosto si hanno acquazzoni intensi (30 mm) ma non frequenti, mentre il mese di dicembre è caratterizzato da precipitazioni, sia piovose che nevose, non frequenti ma molto intense (da 50 a 70 mm per giorno piovoso); alle alte quote è pure caratteristica la permanenza di neve al suolo.

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In base alle osservazioni geologiche si può formulare il seguente schema della circolazione idrica sotterranea che interessa: *Dolomia Principale*, *Calcari Grigi* e alluvioni del fiume Adige.

I *Calcari Grigi* affiorano alla sommità del massiccio e sono noti per lo sviluppato carsismo testimoniato da campi carreggiati, doline, inghiottitoi e grotte. Questa fascia litologica è una zona dove l'acqua si infiltra e circola rapidamente fino a giungere alle sottostanti dolomie dove il carsismo è molto meno sviluppato perchè la dolomite è meno solubile della calcite. Anche nelle dolomie le acque circolano secondo una com-

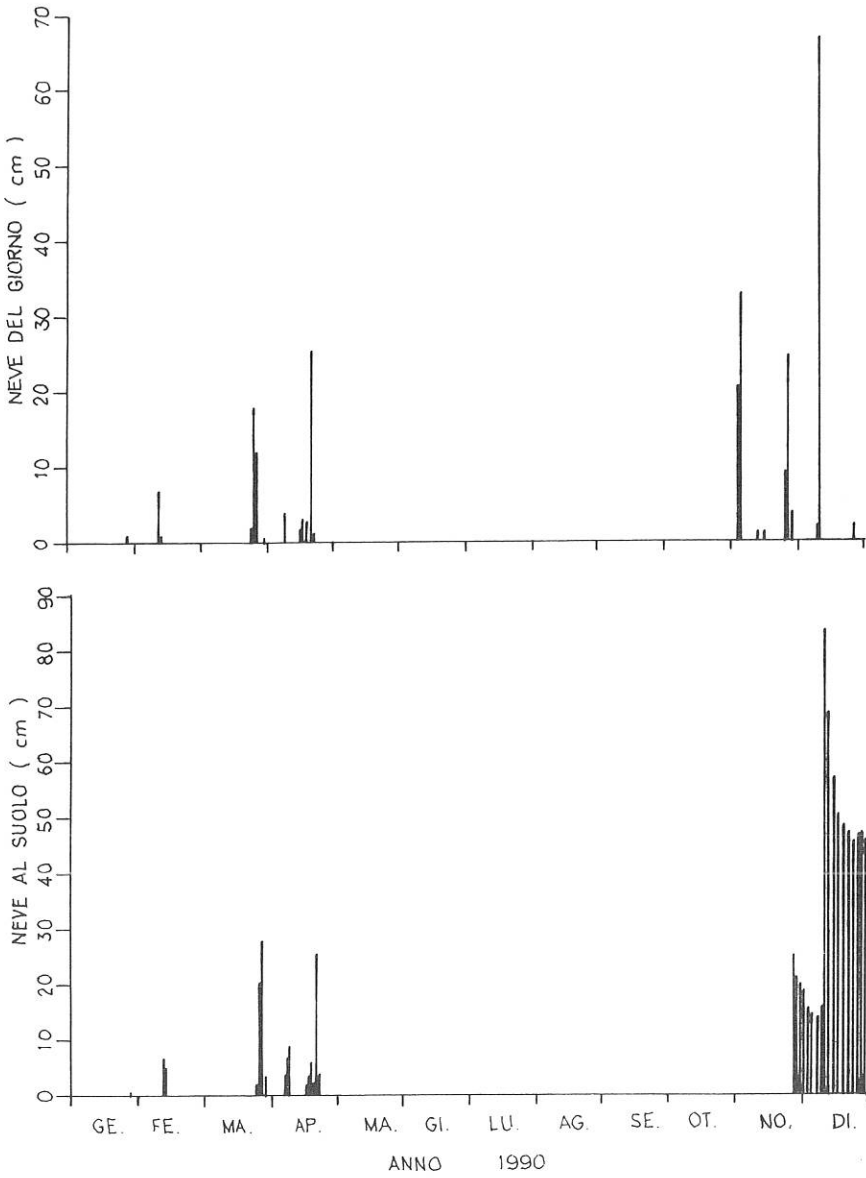


Fig. 13 - Precipitazioni nevose durante il 1990 registrate alla stazione del Monte Bondone (1495 m s.l.m.).

ponente prevalentemente verticale, seguendo l'andamento delle fratture. Alla componente verticale del movimento si affianca una componente orizzontale, con direzione circa SW, determinata dall'andamento della stratificazione. Il deflusso in direzione verticale continua sino a che non viene raggiunto il livello di base della circolazione carsica, rappresentato dalla falda freatica della valle del fiume Adige. Sotto questo livello le fratture sono sature d'acqua (zona satura), mentre sopra di esso rappresentano una via di transito per l'acqua (zona vadosa). Sotto le dolomie della zona satura gli strati della *Formazione di Werfen* costituiscono il livello impermeabile (Fig. 6). Le alluvioni del fiume Adige riempiono, per uno spessore di circa 200, il fondovalle glaciale. Esse sono costituite da alternanze di limi, ghiaie e sabbie in eteropia laterale e verticale, condizionata dalla capacità di trasporto dell'acqua del fiume Adige e dagli apporti laterali degli affluenti. Queste alluvioni sono sature di acqua, più abbondante nei terreni permeabili. L'alimentazione dell'acquifero alluvionale è attuata dalle acque del fiume Adige, dalle acque entranti dai conoidi laterali, nonché dall'apporto delle acque dei massicci carbonatici che delimitano la valle.

5. SORGENTI E POZZI RELATIVI AL SISTEMA CARSIKO

Scopo dei controlli è quello di acquisire dati per la comprensione delle modalità di movimento delle acque sotterranee sia nel massiccio carbonatico che nelle alluvioni della valle dell'Adige. È stata esaminata la situazione geologica ed il regime di diciassette sorgenti e tre pozzi. L'ubicazione dei punti d'acqua è riportata nella Fig. 1, dove vi sono anche i numeri di riferimento sotto elencati.

SORGENTI

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Presa Santo</i> | 12. <i>Sorgente Scudelari Bivio</i> |
| 2. <i>Sorgente Minerale</i> | 13. <i>Fontana dell'Orso</i> |
| 3. <i>Sorgente Acquaviva</i> | 14. <i>Sorgente Gazoti</i> |
| 4. <i>Sorgente Guidolin</i> | 15. <i>Sorgente Masera</i> |
| 5. <i>Vasche Zortea</i> | 16. <i>Fontanello Trapp</i> |
| 6. <i>Sorgente Ferrari</i> | 17. <i>Fontana Dietrobeseno</i> |
| 7. <i>Sorgente Pretti</i> | |
| 8. <i>Sorgente VV.FF.</i> | |
| 9. <i>Sorgente Scudelari Alta</i> | |
| 10. <i>Sorgente Scudelari Media</i> | |
| 11. <i>Sorgente Scudelari Bassa</i> | |

POZZI

1. *Pozzo Penner*
2. *Sondaggio Strada Statale*
3. *Pozzo Acquaviva*

6. REGIME DELLE SORGENTI E DEI POZZI

Vengono descritti i punti d'acqua controllati, con commenti in relazione alle portate, alla temperatura dell'aria e alla temperatura dell'acqua registrate nel periodo gennaio-dicembre 1990.

6.1 SORGENTI

1. *Presa Santo* (q. 184 m s.l.m., località Cà del Santo, Fig. 1); la presa consiste in una piccola vasca di raccolta dell'acqua carsica, scavata entro la dolomia. Il livello dell'acqua è misurabile mediante un'asta graduata immersa nella vasca. Era utilizzata fino al 1981 dal finitimo stabilimento Acqua Minerale Acquaviva mediante una pompa ancora installata che estraeva circa 10 l/s. In Fig. 14 sono visibili le variazioni del livello statico, rispetto allo zero dell'asta. Come si può osservare, il livello si mantiene pressochè stabile tra gennaio e marzo (1.8 m), aumenta quindi fino a maggio (2.51 m) per poi tornare a diminuire nel periodo maggio-prima metà di giugno (minimo 2.2 m). Tra la seconda metà di giugno e la prima metà di luglio vi è di nuovo un incremento ed il livello arriva fino a 2.52 m; a questo fa seguito un periodo di diminuzione che culmina a metà settembre con un valore di 1.81 m e quindi un nuovo ciclo di incremento per il restante periodo dell'anno. Quest'ultimo periodo di incremento mostra un'interruzione della sua continuità nella prima quindicina di novembre con valori che scendono 2.07 m. La curva di andamento della temperatura dell'acqua mostra che i valori sono complessivamente stabili sugli 8 °C e non sembrano risentire delle variazioni termiche dell'aria. Sintetizzando quanto visto, possiamo dire che la temperatura è praticamente costante e che il livello statico mostra un netto incremento nei periodi aprile-luglio e ottobre-dicembre; i picchi di alimentazione sono quindi in relazione sia con lo scioglimento delle nevi che con le precipitazioni più intense.

2. *Sorgente Minerale* (184 m s.l.m., località Cà del Santo, Fig. 1). L'acqua è visibile entro un laghetto carsico naturale entro la roccia dolomitica. Questa sorgente, assieme alla Presa Santo precedentemente descritta, è stata utilizzata fino al 1981 dallo stabilimento Acqua Minerale Acquaviva. Si pompava circa 10 l/s dal laghetto carsico. In Fig. 15 sono visibili le variazioni del livello statico, rispetto allo zero di un'asta messa nel laghetto. Come si può osservare, il livello si mantiene pressochè stabile tra gennaio e marzo (3.25 m circa), aumenta quindi fino a luglio (3.96 m). Dalla metà di luglio inizia un periodo di diminuzione che

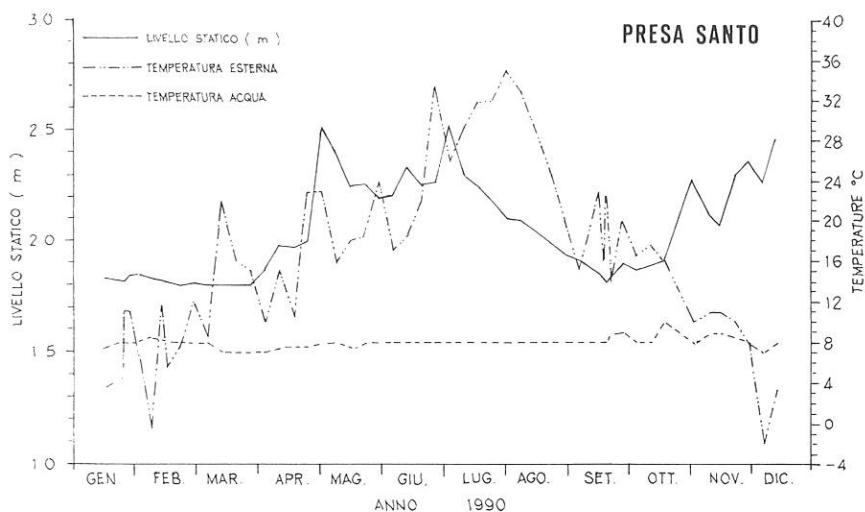


Fig. 14 - Presa Santo. Variazioni del livello statico, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

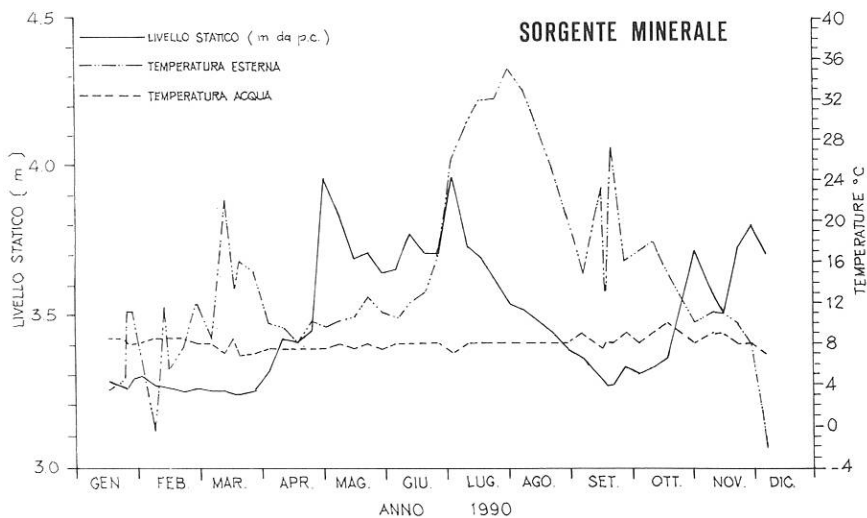


Fig. 15 - Sorgente Minerale. Variazioni del livello statico, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

culmina a metà settembre con un valore di 3.27 m, vi è quindi un nuovo ciclo di incremento per il restante periodo dell'anno (3.71 m in dicembre). Quest'ultimo periodo di incremento mostra un'interruzione della sua continuità nella prima quindicina di novembre con valori che scendono a 3.51 m. La curva di andamento della temperatura dell'acqua mostra che i valori sono complessivamente stabili, sugli 8°C, e non sembrano risentire delle variazioni termiche dell'aria. Sintetizzando quanto visto, possiamo dire che la temperatura è praticamente costante ed il livello statico mostra un incremento nei periodi aprile-luglio e ottobre-dicembre, in relazione allo scioglimento delle nevi e delle principali precipitazioni piovose.

3. *Sorgente Acquaviva* (185 m s.l.m., località Palazzo Acquaviva, Fig. 1). Si tratta di una sorgente periodica e non utilizzata. L'acqua sgorga da un tubo in sinistra orografica del fosso alimentato dal laghetto di Villa Acquaviva. Dal grafico di Fig. 16 si può vedere come la portata, nulla da gennaio a fine marzo, aumenti rapidamente passando dai 2.1 l/s dell'inizio di aprile agli 8 l/s dell'inizio di maggio. Si mantiene quindi su questo valore fino alla prima metà di luglio. Dalla seconda metà di luglio alla prima metà di ottobre la portata decresce abbastanza regolarmente arrivando a 0.64 l/s; torna poi ad aumentare fino all'inizio di novembre (7.5 l/s). Il mese di novembre è caratterizzato da un inizio con alti valori di portata seguita da un loro progressivo abbassamento con minimo alla metà del mese (3 l/s) e quindi una nuova risalita fino ad 8 l/s, valore poi mantenuto anche nel mese di dicembre. La temperatura dell'acqua sembra risentire, seppure in modo molto debole, delle variazioni della temperatura esterna; si mantiene su valori mediamente compresi tra 8 e 9 °C con minima in dicembre (6.8 °C, in corrispondenza alla minima esterna di 2°C) e massima in ottobre (10.5 °C). La sorgente risente vistosamente dello scioglimento delle nevi e della piovosità.

4. *Sorgente Guidolin* (256 m s.l.m., località Grezzi di Mattarello, Fig. 1). L'opera di presa è in sinistra idrografica del vallone della Cestara. Il cunicolo drenante si spinge probabilmente sino alla roccia dolomitica. La portata è misurabile su un tubo metallico. È una sorgente perenne con portata mediamente stabile attorno a valori di 0.6 - 0.7 l/s (Fig. 17); solo a cavallo tra aprile e maggio, in giugno e tra la seconda metà di novembre e fine dicembre si notano dei bruschi aumenti di portata: nei primi due periodi si arriva attorno ai 2 l/s, mentre tra novembre e dicembre i valori salgono a 2 e poi fino a 3.5 l/s. L'andamento della curva dei valori di temperatura dell'acqua mostra che questi si mantengono mediamente stabili attorno ai 10 - 11°C con valore minimo in

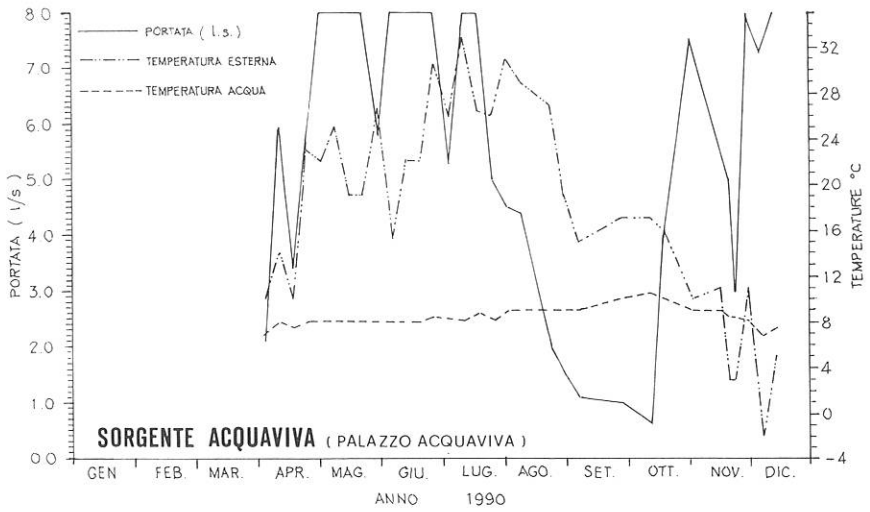


Fig. 16 - Sorgente Acquaviva. Variazioni del livello statico, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

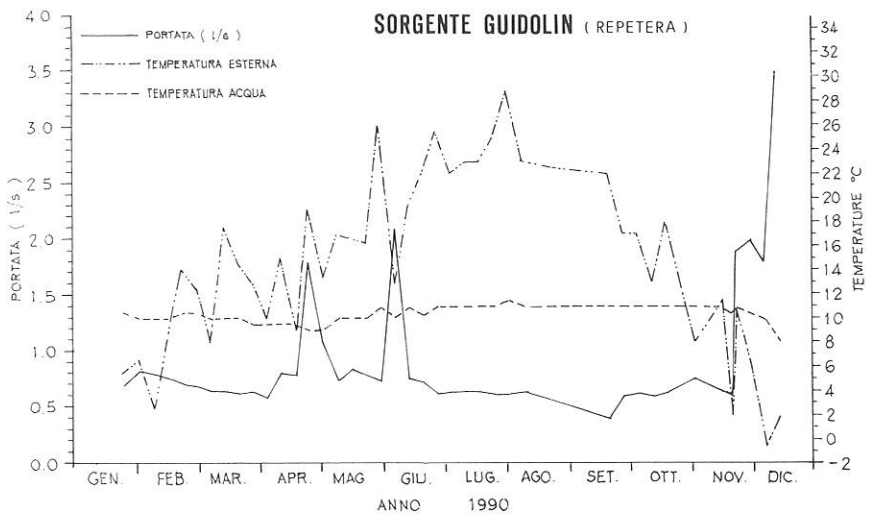


Fig. 17 - Sorgente Guidolin. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

dicembre (8.1°C) e massimo in agosto (11.5°C). Il confronto fra portate e precipitazioni evidenzia che gli aumenti di portata sono correlati ad eventi piovosi di forte intensità o lunga durata.

5. *Vasche Zortea* (450 m s.l.m., in sinistra del rio Stanghetti, Fig. 1). L'acqua, captata dal detrito sopra la dolomia mediante una trincea aperta lunga una cinquantina di metri, è convogliata per scopo irriguo a delle vasche mediante un tubo in gomma. Le misure di portata sono state eseguite all'uscita di detto tubo. Dal grafico di Fig. 18 si può osservare come i valori delle portate si aggirino per tutta la durata dell'anno attorno a 0.4-0.6 l/s; si nota però che a cavallo tra gennaio e febbraio, tra marzo ed aprile, agli inizi di giugno, tra settembre ed ottobre e tra la seconda metà di novembre e tutto dicembre, i valori delle portate mostrano dei repentini incrementi arrivando a 1.5 l/s in febbraio e a 1 l/s in giugno e dicembre. Osservando l'andamento dei valori di temperatura dell'acqua si nota come questi siano legati all'andamento dei valori della temperatura esterna: entrambe le curve vanno infatti crescendo tra gennaio e luglio per poi decrescere per il restante periodo dell'anno. La temperatura nell'arco dell'anno è variata tra 3°C (febbraio) e 27°C (luglio). Il confronto tra i dati riguardanti le portate e le precipitazioni mette in evidenza come le repentine crescite dei valori di portata siano in relazione con fenomeni piovosi di discreta intensità. L'acqua della sorgente ha inoltre un percorso poco profondo.

6. *Sorgente Ferrari* (350 m s.l.m., località Ferrari, Fig. 1). Si tratta di una sorgente intermittente che si origina dalla coltre morenica sopra la dolomia. Una rudimentale opera di presa ripartisce l'acqua in quattro vaschette uguali che servono altrettante abitazioni. L'analisi dei dati, riportati nel grafico di Fig. 19, mostra che le portate si mantengono generalmente basse da gennaio a settembre con valori inferiori a 0.2 l/s; solo nella seconda metà di giugno e la prima metà di luglio si nota un certo incremento e le portate iniziano ad aumentare in modo considerevole raggiungendo in dicembre valori di 3.6 l/s. La temperatura dell'acqua è sempre prossima a quella esterna e, come quest'ultima, aumenta gradatamente da gennaio a luglio per poi gradatamente diminuire; l'oscillazione è compresa tra 3.5 °C (febbraio) e 19°C (luglio). Dal confronto con i dati delle precipitazioni si vede chiaramente come questa sorgente risenta in modo diretto del regime delle precipitazioni. L'acqua della sorgente ha inoltre un percorso poco profondo.

7. *Sorgente Pretti* (315 m s.l.m., località Valli di Mattarello, Fig. 1): si tratta di una piccola sorgente, captata in destra del rio Valsorda, che

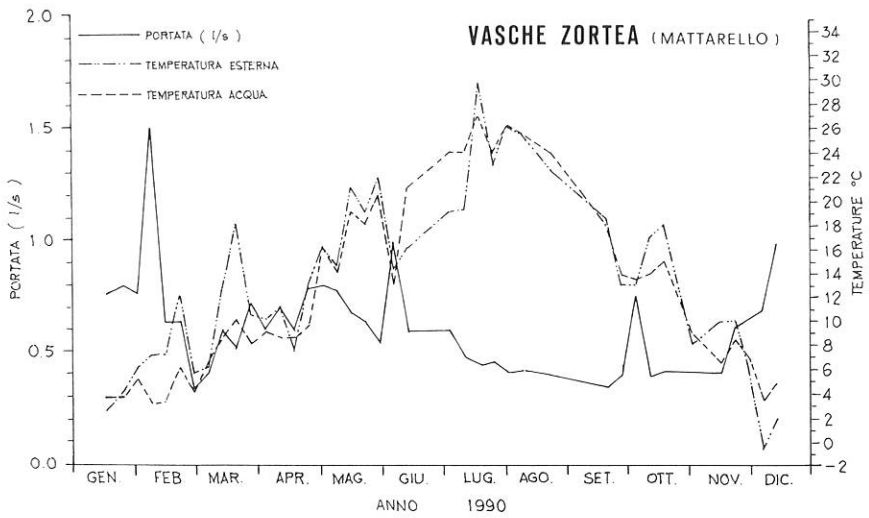


Fig. 18 - Vasche Zortea. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

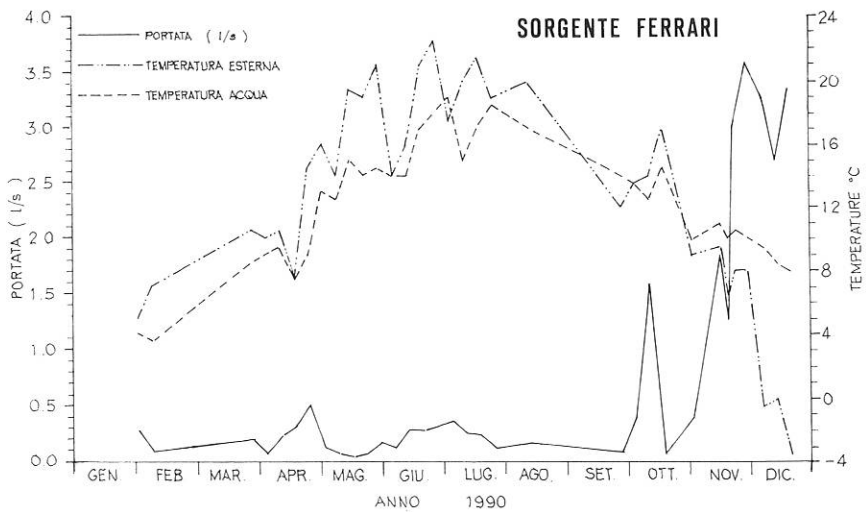


Fig. 19 - Sorgente Ferrari. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

fuoriesce dalla fascia morenica di copertura della roccia dolomitica. Serve una casa. L'analisi dei valori delle portate (Fig. 20) mostra che esse vanno diminuendo tra gennaio (0.13 l/s) e la fine di marzo (0.09 l/s), aumentano poi repentinamente fino ai 0.2 l/s di metà aprile e altrettanto repentinamente scendono agli 0.1 l/s di maggio. Da maggio vanno decrescendo fino al minimo di giugno (0.05 l/s), risalgono fino agli 0.1 l/s di luglio per poi scendere ed assestarsi sui 0.08 l/s di agosto. Dalla metà di agosto a tutto dicembre la sorgente è rimasta asciutta. Osservando le temperature dell'acqua vediamo che si mantengono relativamente stabili attorno agli 8°C tra gennaio e metà aprile (con una minima di 7°C all'inizio di marzo). Vanno poi aumentando in modo abbastanza regolare fino alla prima metà di agosto (12°C) per poi scendere repentinamente a 8°C. La sorgente risente dello scioglimento delle nevi e delle precipitazioni.

8. *Sorgente VV.FF.* (833 m s.l.m., località Cava del Friz, Fig. 1). La presa, utilizzata per uso antincendio dai Vigili del Fuoco, intercetta una sorgente perenne emergente dalla coltre di copertura detritica che ricopre la dolomia. L'analisi dei valori di portata (Fig. 21) mostra come questa diminuisca da fine gennaio (0.48 l/s) a fine marzo (0.27 l/s), aumenta nel mese di aprile (1.10 l/s) per poi diminuire nel periodo maggio-prima metà di ottobre (0.28 l/s). All'interno del periodo maggio-prima metà di ottobre si notano dei picchi di incremento di portata a metà giugno, primi di luglio e a cavallo tra settembre ed ottobre. Tra la seconda metà di ottobre e la fine dell'anno vi è una generale tendenza all'incremento della portata con picchi a cavallo tra ottobre e novembre e tra novembre e dicembre (portata massima a fine novembre con 3.3 l/s). Osservando l'andamento delle temperature dell'acqua si nota come queste seguano l'andamento generale delle variazioni termiche dell'aria: diminuzione tra gennaio e marzo (da 4.5 a 3.5 °C), incremento fino a luglio - agosto (massima 10 °C) e quindi diminuzione per il rimanente periodo (5 °C in dicembre); oltre a questa rispondenza generale si nota pure, anche se molto smorzata, una relazione con le variazioni termiche giornaliere. Confrontando l'andamento delle portate con i dati concernenti le precipitazioni si può vedere molto chiaramente come ogni incremento di portata corrisponde ad un periodo di abbondanti precipitazioni.

9. *Sorgente Scudelari Alta* (835 m s.l.m., località val dei Scudelari, Fig 1). Serve l'acquedotto di Vigolo Vattaro. È captata da due cunicoli entro il detrito ricoprente la dolomia in destra della valle omonima. Vengono misurate le portate del cunicolo di sinistra. L'analisi dei valori di portata (Fig. 22) mostra come questa diminuisce da fine gennaio (0.21

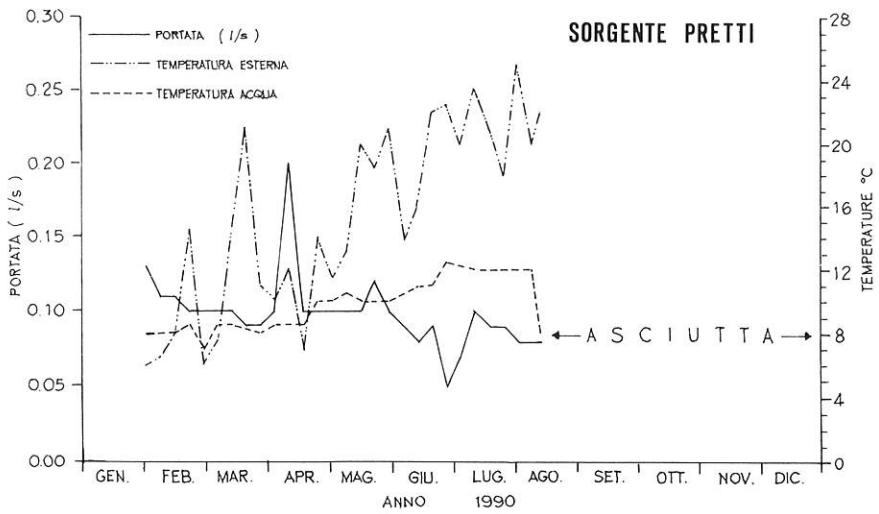


Fig. 20 - Sorgente Pretti. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

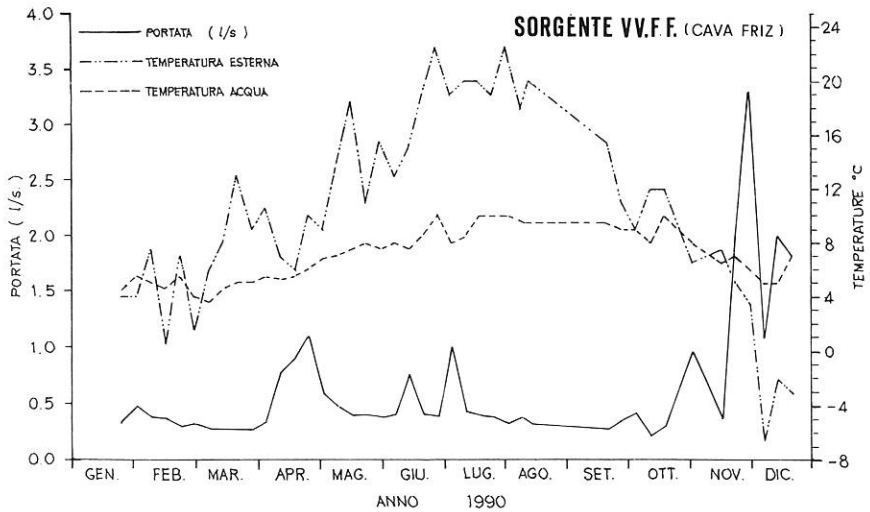


Fig. 21 - Sorgente VV.F.F. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

l/s) a fine marzo (0.09 l/s), aumenta nel mese di aprile (1 l/s) per poi diminuire nel periodo maggio-prima metà di ottobre (0.07 l/s). All'interno del periodo maggio-prima metà di ottobre si notano dei picchi di incremento di portata a metà giugno e ai primi di luglio. Tra la seconda metà di ottobre e la fine dell'anno vi è una generale tendenza all'incremento della portata con picchi a cavallo tra ottobre e novembre e tra novembre e dicembre (portata massima a fine novembre con 4.2 l/s). Osservando l'andamento delle temperature dell'acqua si nota come queste non mostrino di risentire in modo apprezzabile delle variazioni termiche esterne e siano mediamente stabilizzate su valori di 7-8 °C anche se lasciano intravedere un andamento che può essere definito stagionale: diminuzione tra gennaio e marzo (da 7.5 a 5.5 °C), incremento fino a ottobre-novembre (8.2 °C) e quindi diminuzione (7 °C a dicembre). Confrontando l'andamento delle portate con i dati delle precipitazioni si può vedere molto chiaramente come ogni incremento di portata corrisponde ad abbondanti precipitazioni.

10. *Sorgente Scudelari Media* (830 m s.l.m., località val dei Scudelari, Fig. 1). Serve l'acquedotto di Vigolo Vattaro. La sorgente, emergente dal detrito ricoprente la dolomia in destra della valle omonima, è intercettata da due cunicoli drenanti ai fianchi dell'opera di presa. Vengono misurate le portate al tubo del cunicolo di destra guardando la presa. L'analisi dei valori di portata (Fig. 23) mostra come questa diminuisce da fine gennaio (0.28 l/s) a fine marzo (0.1 l/s), aumenta nel mese di aprile (1.25 l/s) per poi diminuire nel periodo maggio-prima metà di ottobre (0.09 l/s). All'interno del periodo maggio-prima metà di ottobre si notano dei picchi di incremento di portata a metà giugno e ai primi di luglio. Tra la seconda metà di ottobre e la fine dell'anno vi è una generale tendenza all'incremento della portata con picchi a cavallo tra ottobre e novembre e tra novembre e dicembre (portata massima a fine novembre con 4.70 l/s). Osservando l'andamento delle temperature dell'acqua si nota come queste non mostrino di risentire in modo apprezzabile delle variazioni termiche esterne e siano stabilizzate su valori di 7-8 °C anche se lasciano intravedere un andamento che può essere definito stagionale: diminuzione tra gennaio e marzo (da 6.5 a 5.5 °C), incremento fino a settembre-ottobre (8.5 °C) e quindi diminuzione (7 °C in dicembre). Confrontando l'andamento delle portate con le precipitazioni si può vedere molto chiaramente come ogni incremento di portata corrisponde ad un periodo di abbondanti precipitazioni.

11. *Sorgente Scudelari Bassa* (825 m s.l.m., località val dei Scudelari, Fig. 1). Serve l'acquedotto di Vigolo Vattaro. La sorgente fuoriesce dalla

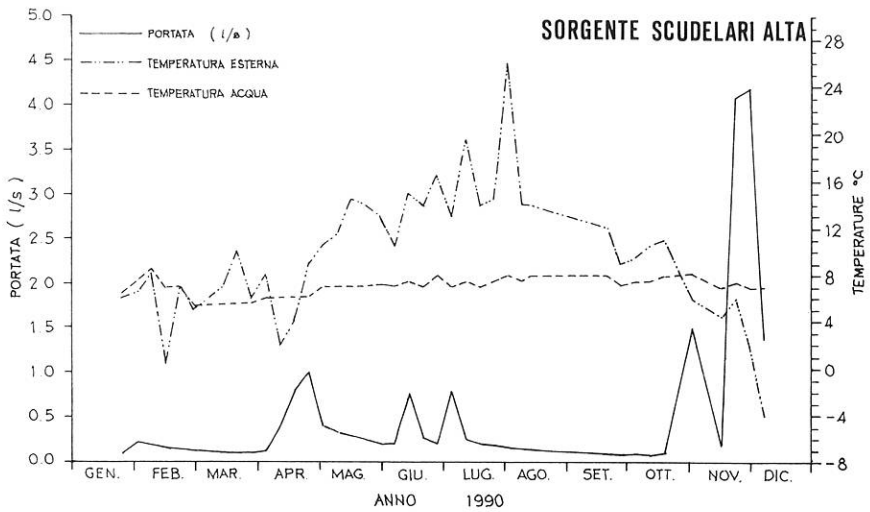


Fig. 22 - Sorgente Scudelari alta. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

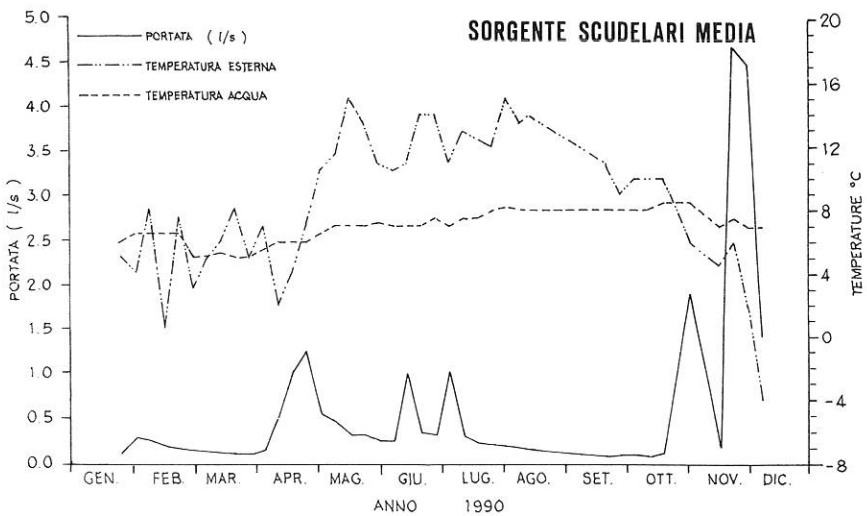


Fig. 23 - Sorgente Scudelari media. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

fascia detritica sopra la dolomia, in sinistra idrografica della valle omonima. L'analisi dei valori di portata (Fig. 24) mostra come questa diminuisca da fine gennaio (1.5 l/s) a fine marzo (1.1 l/s), aumenta nel mese di aprile (2.45 l/s) per poi diminuire nel periodo maggio-settembre (1 l/s). All'interno del periodo maggio-settembre si notano dei picchi di incremento di portata a metà giugno e ai primi di luglio; vi è pure un picco negativo a fine maggio. Tra la fine di settembre e la fine dell'anno vi è una generale tendenza all'incremento della portata con picchi a cavallo tra settembre e ottobre, ottobre e novembre e tra novembre e dicembre (portata massima a fine novembre con 5.3 l/s). Osservando l'andamento delle temperature dell'acqua si nota come queste non mostrino di risentire in modo apprezzabile delle variazioni termiche esterne e siano stabilizzate sui 7 °C anche se lasciano intravedere un andamento che può essere definito stagionale: diminuzione tra gennaio e marzo (da 7 a 5.5 °C), incremento fino a settembre-ottobre (8 °C) e quindi diminuzione (7.5 °C a dicembre). Confrontando l'andamento delle portate con i dati delle precipitazioni si può vedere molto chiaramente come ogni incremento di portata corrisponde ad abbondanti precipitazioni.

12. *Sorgente Scudelari Bivio* (822 m s.l.m., località val dei Scudelari, Fig. 1). Essa serve l'acquedotto di Vigolo Vattaro. L'opera di presa intercetta, mediante due cunicoli drenanti, venute d'acqua dalla fascia detritica che ricopre la dolomia. Vengono misurate le portate al cunicolo di destra. L'analisi dei valori di portata (Fig. 25) mostra come questa diminuisca da fine gennaio (0.28 l/s) a fine marzo (0.22 l/s), aumenta nel mese di aprile (0.6 l/s) per poi diminuire nel periodo maggio-settembre (0.19 l/s). All'interno del periodo maggio-settembre si notano dei leggeri incrementi di portata a metà giugno e ai primi di luglio. Tra ottobre e dicembre vi è un incremento della portata con picchi tra ottobre e novembre e tra novembre e dicembre (portata massima a fine novembre con 2.6 l/s). Osservando l'andamento delle temperature dell'acqua si nota come queste non mostrino di risentire delle variazioni termiche dell'aria ma lascino intravedere un andamento che può essere definito stagionale: diminuzione tra gennaio e marzo (da 8 a 6 °C), incremento fino a ottobre-novembre (8 °C) e quindi diminuzione (7.5 °C in dicembre). Confrontando l'andamento delle portate con le precipitazioni si può vedere che gli incrementi di portata corrispondono a periodi di abbondanti precipitazioni.

13. *Fontana dell'Orso* (795 m s.l.m., Fig. 1). Serve l'acquedotto di Vigolo Vattaro. Fuoriesce dalla coltre detritica che ricopre la dolomia ed è intercettata da un'opera di presa comprendente un cunicolo dre-

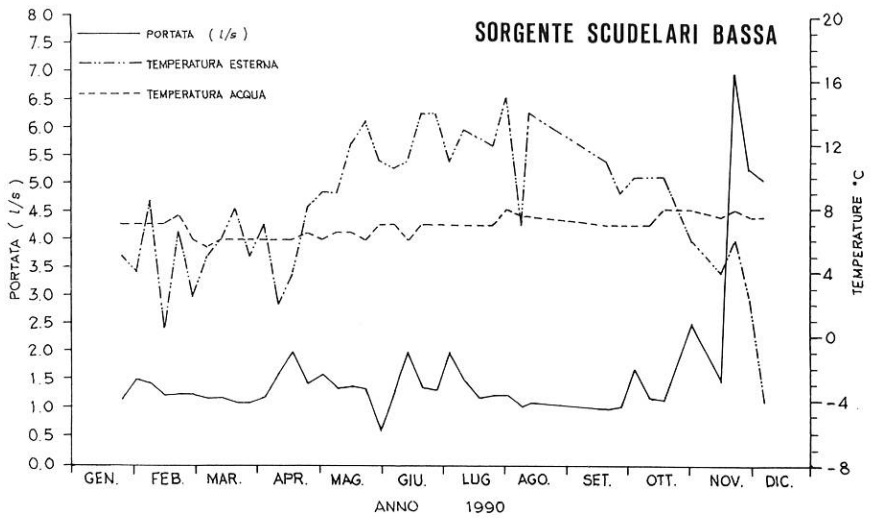


Fig. 24 - Sorgente Scudelari bassa. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

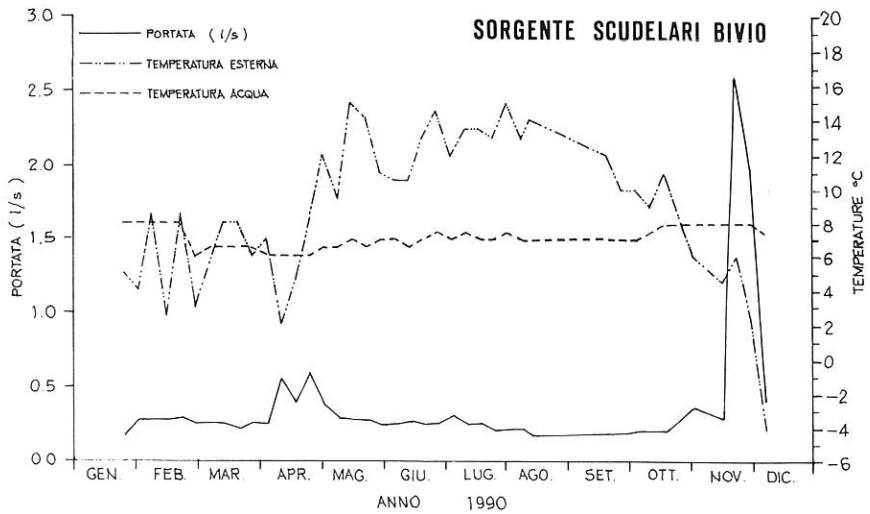


Fig. 25 - Sorgente Scudelari Bivio. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

nante. Le misure sono state effettuate sullo stramazzo tra le vasche entro la presa stessa. L'analisi dei dati di portata (Fig. 26) mostra come questa (0.2 l/s) aumenti dalla metà a fine gennaio (0.64 l/s) per poi diminuire fino a marzo (0.31 l/s), aumenta quindi nel mese di aprile (1.5 l/s) per poi diminuire nel periodo maggio-fine settembre (0.3 l/s). All'interno del periodo maggio-fine settembre si notano dei picchi di incremento di portata a metà giugno e ai primi di luglio. Tra ottobre e la fine dell'anno vi è una generale tendenza all'incremento della portata con picchi a cavallo tra ottobre e novembre e tra novembre e dicembre (portata massima a fine novembre con 5 l/s). Osservando l'andamento delle temperature dell'acqua si nota come queste non mostrino di risentire in modo apprezzabile delle variazioni termiche dell'aria anche se lasciano intravedere un andamento che può essere definito stagionale: diminuzione tra gennaio e marzo (da 7 a 5 °C), incremento fino a settembre-ottobre (10 °C) e quindi diminuzione (8 °C in dicembre). Confrontando l'andamento delle portate con i dati concernenti le precipitazioni si può vedere come ogni incremento di portata corrisponde ad abbondanti precipitazioni.

14. *Sorgente Gazoti* (813 m s.l.m., località Gazoti, Fig. 1). Esso serve l'acquedotto di Vigolo Vattaro. Si è misurata la portata al collettore delle cinque sorgenti Gazoti site più a monte, tra gli 875 e i 930 m s.l.m.. Queste sorgenti emergono dai depositi detritici ricoprenti la dolomia; alcune di esse sono temporanee. L'analisi dei valori di portata (Fig. 27) mostra come questi aumentino tra la metà e la fine di gennaio (da 0.64 a 2 l/s) per poi diminuire fino a marzo (1.14 l/s). Tra la fine di marzo e la fine di aprile vi è un nuovo incremento dei valori (fino a 4.5 l/s) che poi, iniziando da maggio, vanno decrescendo fino alla fine di settembre (1 l/s) con forti decrementi a fine maggio (1.23 l/s) e a metà giugno (0.76 l/s) mentre un leggero incremento è presente solo nei primi giorni di luglio (2.2 l/s). Tra ottobre e dicembre vi è un forte incremento e le portate superano gli 8 litri/secondo. Osservando l'andamento delle temperature dell'acqua si nota come queste non mostrino di risentire in modo apprezzabile delle variazioni termiche dell'aria anche se lasciano intravedere un andamento che può essere definito stagionale: diminuzione tra gennaio e marzo (da 7 a 5.5 °C), incremento fino a settembre-ottobre (9.5 °C) e quindi diminuzione (7 °C in dicembre). Confrontando l'andamento delle portate con i dati concernenti le precipitazioni si può vedere molto chiaramente come i periodi di incremento di portata corrispondono a periodi di abbondanti precipitazioni.

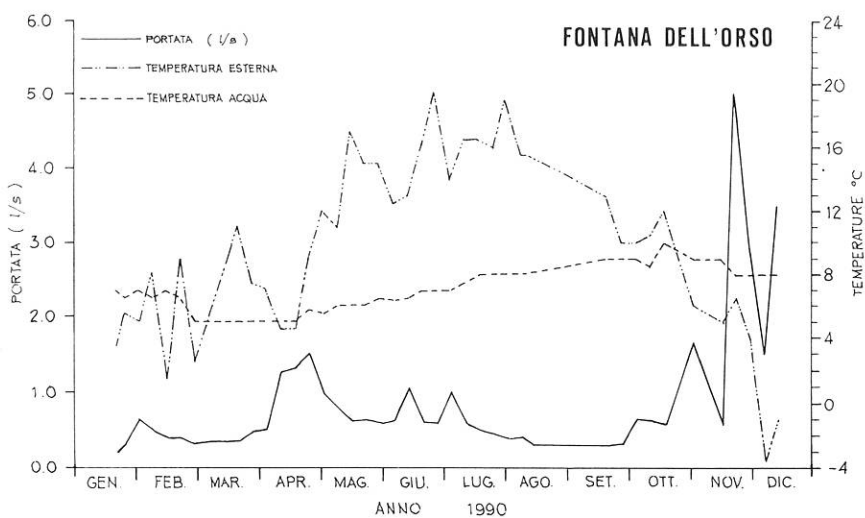


Fig. 26 - Fontana dell'Orso. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

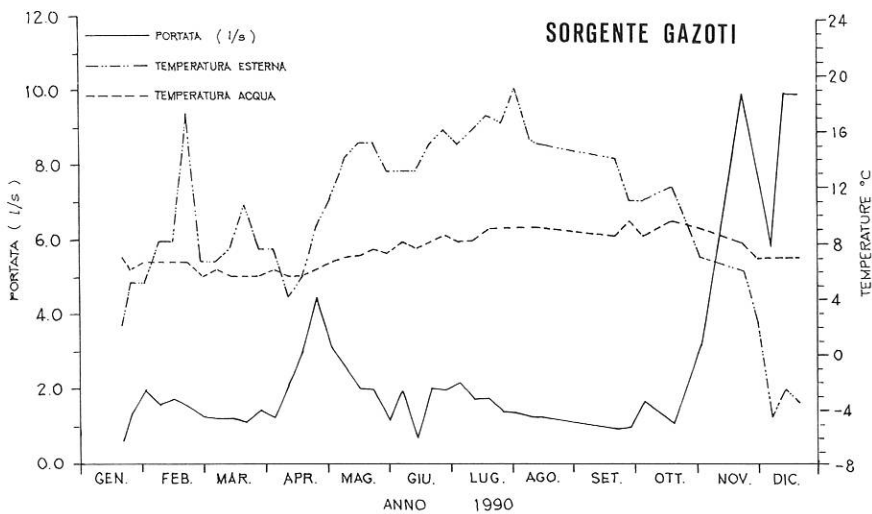


Fig. 27 - Sorgente Gazoti. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

15. *Sorgente Masera* (325 m s.l.m., fontana in Besenello, Fig. 1). L'opera di presa di questa sorgente, al limite tra la fascia di detrito e la roccia dolomitica, alimenta la fontana civica in Besenello, all'incrocio tra Via S. Giovanni e Via Anzelini. L'analisi della variazione dei valori di portata (Fig. 28) mostra che questi sono abbastanza costanti, fra 0,3 e 0,4 l/s. La temperatura dell'acqua mostra un incremento tra gennaio e luglio (da 10,3 a 14 °C), seguito da una diminuzione nel restante periodo (10,5 °C in dicembre); la curva delle temperature dell'acqua segue, seppure in modo smorzato, l'andamento generale delle variazioni termiche dell'aria. Il regime della sorgente non sembra essere influenzato dalle precipitazioni a dimostrazione di un circuito lento e profondo.

16. *Fontanello Trapp* (350 m s.l.m., località Maso Trapp, Fig. 1). Questa sorgente, fuoriuscente dalla coltre di detrito ricoprente la dolomia è a monte della strada comunale tra Maso Trapp e Dietrobeseno; essa è captata da una piccola opera di presa che alimenta una fontanella. Osservando i dati di portata (Fig. 29) si vede come essi siano estremamente incostanti da gennaio a metà maggio con improvvisi aumenti e altrettanto repentine diminuzioni (massimo agli inizi di febbraio con 0.15 l/s e minimo a fine marzo con 0.04 l/s). Dalla seconda metà di maggio sino alla fine di settembre la portata non presenta variazioni di rilievo e si mantiene su valori di 0.06-0.07 l/s. Il periodo ottobre-dicembre ripropone valori di portata molto variabili con minima agli inizi di novembre (0.02 l/s) e massima a fine ottobre, metà novembre e metà dicembre (0.07 l/s). I dati concernenti le temperature dell'acqua indicano che non vi è corrispondenza tra queste e le variazioni termiche esterne; i valori di temperatura si aggirano sugli 11-11,5 °C con massima in luglio (14 °C) e minima in aprile e dicembre (10 °C). Da quanto esposto sembra esservi una alimentazione legata allo scioglimento delle nevi.

17. *Fontana Dietrobeseno* (350 m s.l.m., Dietrobeseno, Fig. 1). Un'opera di presa capta un'emergenza d'acqua dalla coltre detritica che copre la dolomia e la convoglia alla fontana. L'analisi dei valori della portata (Fig. 30) mostra che questi sono mediamente molto bassi, dai 0.15 l/s di gennaio si passa ai 0.03 l/s di inizio aprile, si sale quindi ai 0.31 l/s di fine aprile per scendere ai 0.04 l/s di inizio giugno; vi è quindi una nuova risalita che culmina con i 0.32 l/s di luglio e poi si scende ai minimi (0.01 l/s) di ottobre. Da novembre inizia un periodo di considerevole incremento dei valori (1.2 l/s a fine novembre) che continua pure in dicembre. La temperatura dell'acqua segue, seppure smorzata, le variazioni termiche dell'aria. La caratteristica della sorgente è la seguente: portate generalmente basse con aumenti tra aprile-maggio, giugno-

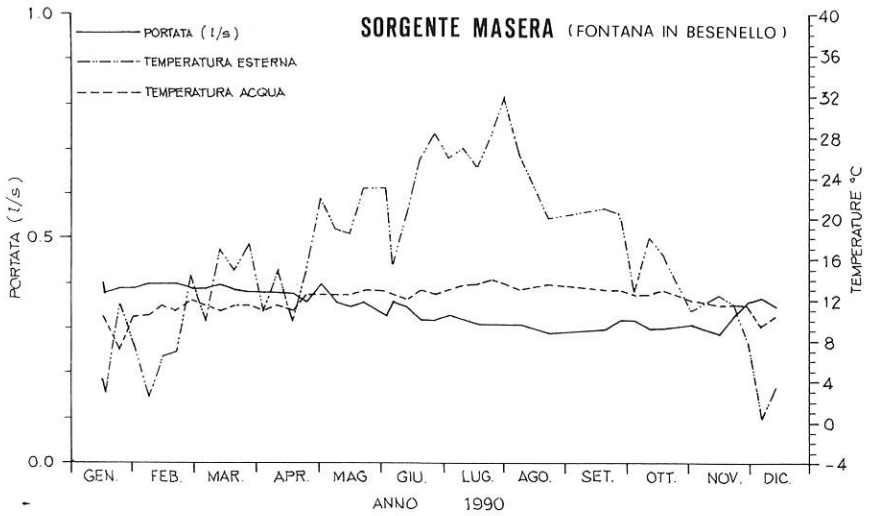


Fig. 28 - Sorgente Masera. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

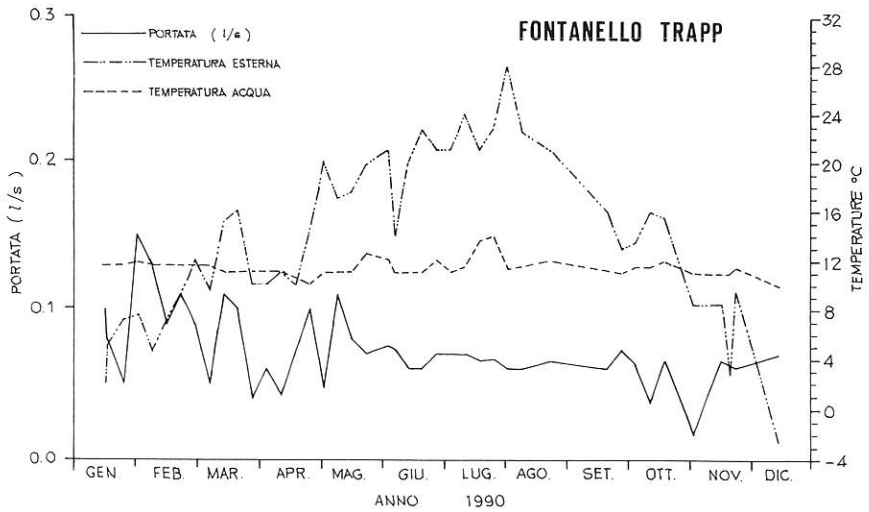


Fig. 29 - Fontanello Trapp. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

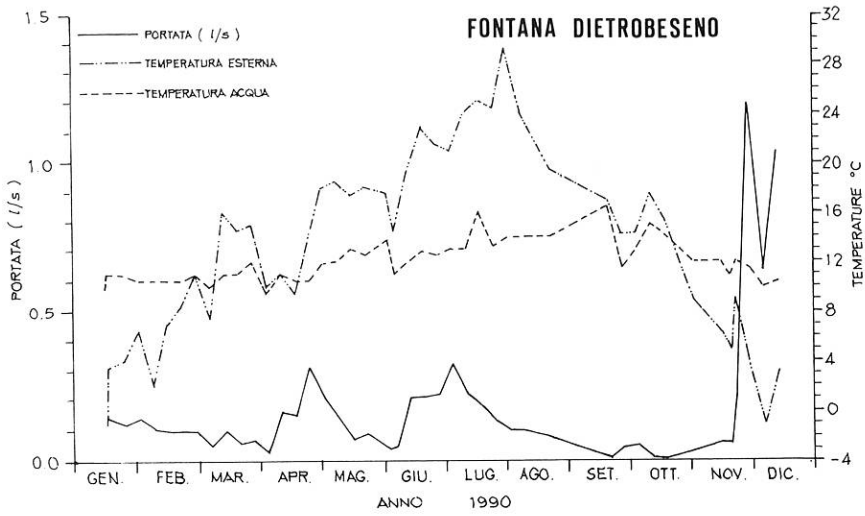


Fig. 30 - Fontana Dietrobeseno. Variazioni della portata, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

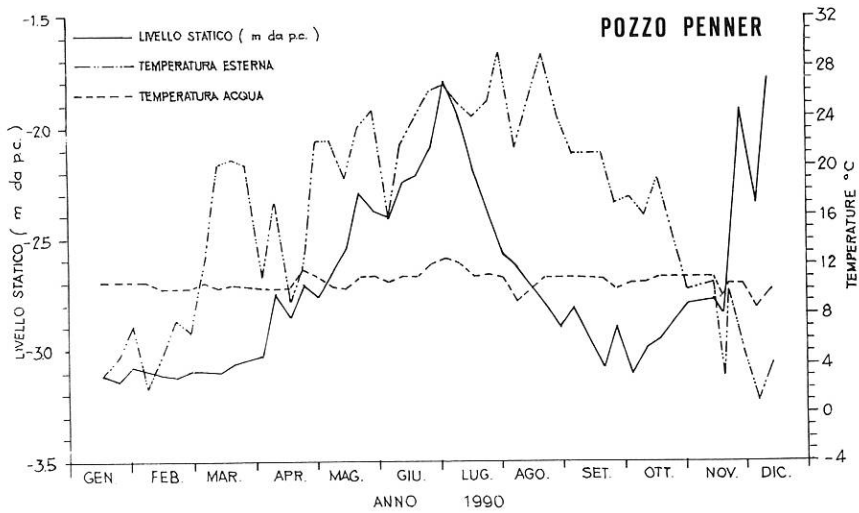


Fig. 31 - Pozzo Penner. Variazioni del livello statico, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

luglio e novembre-dicembre; temperature dell'acqua influenzate dalle variazioni termiche esterne. Confrontando questi dati con i dati delle precipitazioni, possiamo vedere come gli aumenti dei portata siano in diretta connessione con i periodi di maggior piovosità.

6.2 Pozzi

Sono stati considerati tre pozzi nella valle dell'Adige.

— *Pozzo Penner* (180 m s.l.m., località Ischiei, pozzo 1 di Fig. 1). È un pozzo agricolo profondo 10 m sito nella campagna tra la SS 12 e la linea ferroviaria. Le misure del livello statico sono state prese riferendosi al piano campagna. L'analisi dei valori del livello statico (Fig. 31) mostra come questi vadano progressivamente aumentando da gennaio (-3.14 m dal piano campagna) a luglio (-1.79 m dal p.c.); i valori vanno quindi diminuendo fino ad ottobre (-2.95 m dal p.c.) per poi ricominciare a salire nel restante periodo (-1.77 m dal p.c. in dicembre). La temperatura dell'acqua segue, seppure in modo molto smorzato, le variazioni termiche dell'aria; l'intervallo di variazione è compreso tra gli 8.5 °C di dicembre e i 12.5 °C di luglio. Appare evidente una relazione fra piovosità e variazioni del livello statico.

— *Sondaggio Strada Statale 12* (al Km 367 della S.S. 12, 185.91 m s.l.m., pozzo 2 di Fig. 1). È un piezometro sito entro l'area da picnic, a monte della statale. È profondo circa 11 m con tubo piezometrico in plastica del diametro di 12 cm. L'analisi dei valori del livello statico riferita alla quota assoluta (Fig. 32) mostra come questi vadano progressivamente aumentando da febbraio (178.23 m s.l.m.) a luglio (179.52 m s.l.m.); i valori vanno quindi diminuendo fino a cavallo tra settembre ed ottobre (178.26 m s.l.m.) per poi ricominciare a salire nel restante periodo (178.98 m s.l.m. in dicembre). La temperatura dell'acqua non mostra di essere influenzata dalle variazioni termiche esterne e si mantiene su valori compresi tra i 10 e gli 11 °C. Appare evidente una relazione fra piovosità e variazioni del livello statico.

— *Pozzo Acquaviva* (182 m s.l.m., località Acquaviva, pozzo 3 di Fig. 1). Si tratta di un pozzo ad uso agricolo sito nella campagna ad ovest del passaggio a livello di Villa Acquaviva, ad est del vecchio argine maestro del fiume Adige. Profondo circa 7.5 m è dotato di tubazione in plastica del diametro di 38 cm. Le misure del tetto della falda sono riferite al piano campagna (p.c.). L'analisi dei valori del livello statico (Fig. 33)

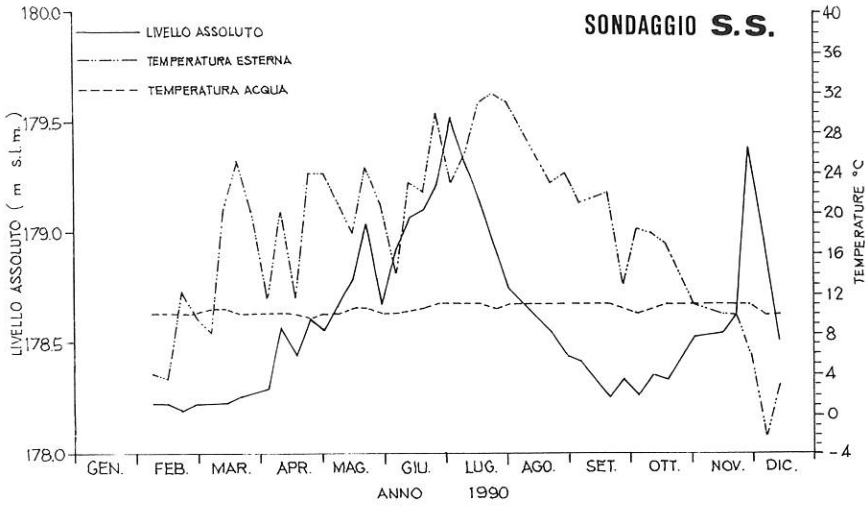


Fig. 32 - Sondaggio S.S.12. Variazioni del livello statico rispetto al livello del mare, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

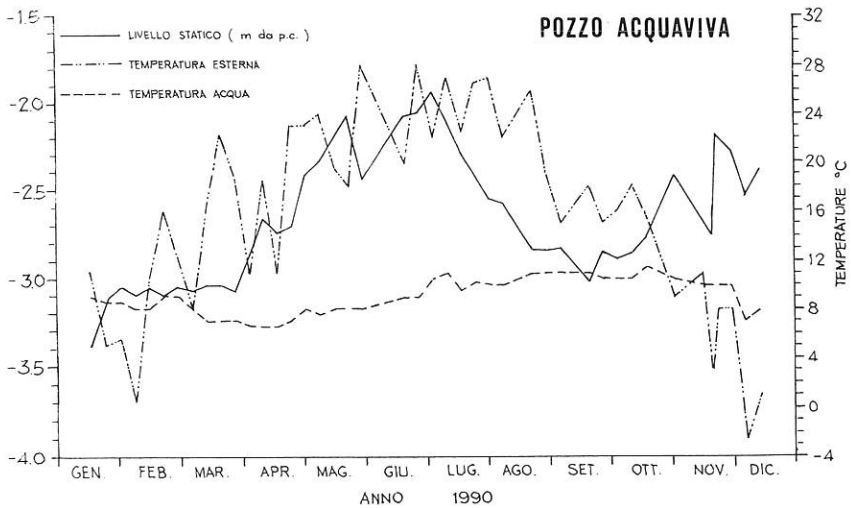


Fig. 33 - Pozzo Acquaviva. Variazioni del livello statico, delle temperature dell'acqua e dell'aria durante il 1990.

mostra come questi vadano progressivamente aumentando da gennaio (-3.38 m da p.c.) a luglio (-1.93 m da p.c.); i valori vanno quindi diminuendo fino a settembre (-3.01 m da p.c.) per poi risalire nel restante periodo. La temperatura dell'acqua non mostra di essere molto influenzata dalle variazioni termiche esterne: diminuzione tra gennaio (9 °C) e aprile (6.5 °C) e tra ottobre (11.5 °C) e dicembre (8 °C). Appare evidente una relazione fra piovosità e variazioni del livello statico.

7. CARATTERISTICHE CHIMICHE DELLE ACQUE

La tabella I riporta le analisi chimiche di alcune sorgenti che sgorgano dalla Vigolana, di alcuni pozzi posti nella Valle dell'Adige, dell'acqua del fiume Adige, nonché di tre sorgenti del Trentino che hanno affinità geologiche e carsiche con quelle alla base della Vigolana. In particolare sono da considerare simili rispetto al livello di base del carsismo le Sorgenti Presa Santo, Sorgente Acquaviva (area di studio) e le Sorgenti Boioni (Mezzocorona, TN), Rocchetta (Mezzolombardo, TN) e Comano (Comano, TN).

Le sorgenti Presa Santo ed Acquaviva sono meno mineralizzate delle sorgenti Guidolin, Ferrari, Fontanello Trapp e Fontana Dietrobeseno, situate a quote superiori (Fig. 1). Simili alle acque della Presa Santo e della sorgente Acquaviva sono le acque dei pozzi Penner, S.S. 12 ed Acquaviva situate a quote inferiori della Presa Santo e Sorgente Acquaviva. L'acqua del Fiume Adige si differenzia dalle acque sopra elencate per maggiori contenuti di sodio, potassio, cloro, solfati.

Le sorgenti Boioni, Rocchetta e Comano sono riportate perchè geologicamente simili alla Presa Santo ed alla Sorgente Acquaviva; tutte sgorgano alla base di pareti rocciose carbonatiche sul fondovalle, che è l'attuale livello di base del carsismo. La sorgente Boioni ha anche affinità litologiche con Presa Santo e Sorgente Acquaviva; ovunque vi sono dolomie ricoperte da calcari. Più varietà litologiche, ma sempre carbonatiche, sono presenti nella zona di Comano. La sorgente Boioni ha acqua simile a quella delle sorgenti Guidolin, Ferrari, Trapp, Dietrobeseno.

Le sorgenti di Comano si differenziano dalle altre per alcune fondamentali caratteristiche chimiche e fisiche: a) il loro pH è più basso, il rapporto molare fra Ca e Mg è fra i più alti di quelli riscontrati confermando l'origine da una matrice fondamentalmente calcarea; infine le sorgenti di Comano e Rocchetta, non sono «acque fredde» ma «acque ipotermali» (sensibilmente calde perché mostrano una temperatura compresa fra i 25 e i 28 °C).

È anche interessante considerare, non tanto la concentrazione di Ca ed Mg, quanto il rapporto molare anche nelle altre acque esaminate in questo studio e specialmente quelle alla base della Vigolana verso la Valle dell'Adige. È infatti questo rapporto che suggerisce con chiarezza la natura della matrice dentro la quale esse si sono formate. Quando il rapporto

$$\text{moli Ca/moli Mg} = 1$$

o tende ad avvicinarsi all'unità è accertato che la matrice dove l'acqua si è formata è dolomia, quando questo rapporto assume valori molto elevati (> 5), la matrice è sicuramente e per la massima parte calcarea, quando si trovano valori fra 1 e 2 è facile pensare a matrici formate da rocce miste di calcari e dolomie o a calcari dolomitici.

Se si esaminano i dati esposti in tabella I, si nota che i valori Ca/Mg compresi fra 1 e 2 si riscontrano nelle acque contraddistinte con i numeri 1, 4, 6, 17, nel sondaggio S.S., per quanto attiene la Vigolana (Fig. 1).

Sicuramente la formazione degli acquiferi cui le acque citate si riferiscono sono accolti in una matrice eminentemente dolomitica: vale a dire si sono formati nella parte più bassa della Vigolana. Le loro acque dovrebbero essere quindi più giovani delle altre acque: quelle descritte ai numeri 3, 16, pozzo Acquaviva che sicuramente risentono della loro origine nei calcari sommitali della Vigolana.

In particolare si vuole rilevare che i solfati presenti nel pozzo Penner e il rapporto Ca/Mg, danno testimonianza chiara che le sue acque sono un miscuglio fra quelle provenienti dalla Vigolana e quelle di falda freatica del fiume.

Per analogia a quanto affermato, anche le Acque di Comano si formano in matrice a prevalenza calcarea, mentre le sorgenti Boioni e Rocchetta (Tab. I) provengono da matrice eminentemente dolomitica, come del resto la geologia conferma.

Nella Tab. I compare anche l'acqua dell'Adige: di essa e della sua origine la chimica non dà molte indicazioni. Due dati restano comunque in evidenza: la maggior concentrazione di alcali probabilmente dovuta all'apporto delle acque della piattaforma porfirica ricca di feldspati (dove sono presenti albite e anortite) e la decisa presenza di solfati che potrebbero provenire dalle acque solfatiche generate dalle evaporiti presenti nella zona pedemontane fra Pressano e S. Michele, nonché nei declivi della Marzola.

Ma questa considerazione, di stampo geochimico, potrebbe anche essere parzialmente modificata, se si potesse calcolare quale apporto di solfati e di alcali può dare in un'acqua corrente superficiale la notevole pressione antropica. Per questo la ragionevole presenza data dalla geochimica, non può essere attribuita ad essa che con una riserva importante.

Tabella I

Sulla fig. 1	Acqua e data prelievo	Por- tata	Temp. H ₂ O °C	pH	Con- duc. µS/cm	Resid. 180°C mg/l	Dur. °F	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Fe mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l	Ca mM/l	Mg mM/l	R mMg
1	Preso Santo (18/4/78)	10 l/s	8,2	7,8	223	157	—	35,27	11,91	0,89	0,33	0,02	1,10	1,40	166,6	1,46	0,88	0,49	1,79
3	Sorgente Acquaviva (20/11/90)	5 l/s	8,5	7,5	214	143	14	38,9	10,5	0,3	0,3	<0,05	0,6	3,3	161,9	1,8	0,97	0,43	2,25
4	Sorgente Guidolin (20/11/90)	0,6 l/s	10,5	7,9	356	247	23,4	48,1	27,7	0,5	0,7	<0,05	0,7	20,9	262,2	5	1,20	1,13	1,06
6	Sorgente Ferrari (20/11/90)	0,3 l/s	10	7,7	465	336	30,1	68,9	31,4	1	1,3	<0,05	2,3	17,2	323,3	4,9	1,72	1,29	1,33
16	Fontanello Trapp (20/11/90)	3,5 l/m	11	7,5	489	359	29,8	83	22	2,8	0,9	<0,05	8,1	28,4	286,1	7,9	2,07	0,90	2,3
17	Fontana Dietrobeseno (20/11/90)	3,6 l/m	11	7,7	344	238	22,1	53,7	21,2	0,5	0,4	<0,05	1	5,1	276,8	3	1,34	0,87	1,54
1	Pozzo Penner (20/11/90)	—	9,5	7,6	296	204	18,4	47,7	15,8	4,1	1,1	<0,05	1,1	22,7	195,5	7,5	1,19	0,65	1,83
2	Sondaggio S.S. 12 (20/11/90)	—	—	7,8	241	161	14,8	35,3	14,6	—	.	<0,05	1,7	8,6	176,7	—	0,88	0,60	1,46
3	Pozzo Acquaviva (20/11/90)	—	10	7,6	235	158	15,3	42,1	11,7	0,3	0,4	<0,05	0,6	3,5	180,7	2,4	1,05	0,48	2,18
	Fiume Adige (20/11/90)	—	5	6,5	234	157	13,5	38,1	9,7	4,6	2	0,1	2,6	40,2	120,4	6,5	0,95	0,40	2,34
	Sorgente Boioni - Mezzocorona (5/4/93)	45 l/s	10	7,5	387	280	24	54,8	25	2,3	0,8	<0,05	3,3	21,5	261	—	1,37	1,02	1,34
	Sorgente Rocchetta - Mezzolombardo (29/11/92)	5 l/s	24,5	7,3	320	203	18,9	46,5	17,7	4	1,5	<0,05	1,6	33,6	198,4	—	1,16	0,72	1,61
	Sorgente Comano (26/10/73)	3 l/s	26,6	6,8	283	190	—	48,10	13,2	1	0,55	0,008	1	7,8	211	6	1,20	0,54	2,22

Caratteristiche chimiche di alcune sorgenti e pozzi alla base della Vigolana, riportando per confronto tre acque (Boioni, Rocchetta, Comano) che sgorgano in situazioni geologiche e carsiche simili. Riportata anche l'analisi dell'acqua del Fiume Adige.

8. INQUINAMENTO MICROBIOLOGICO DELLE ACQUE

La chiusura dello stabilimento di imbottigliamento Acqua Minerale Acquaviva, che utilizzava le acque della Presa Santo e della Sorgente Minerale (punti d'acqua 1 e 2 sulla Fig. 1), avvenne nell'ottobre 1981 in seguito a fenomeni di inquinamento batteriologico. Durante il 1990 sono state eseguite, su alcune emergenze idriche, analisi microbiologiche di controllo in diversi periodi dell'anno. Il 20/3/90 sono stati prelevati campioni d'acqua dalla Presa Santo e dalla Sorgente Guidolin. Nel secondo ciclo di analisi (16/5/90) sono stati prelevati campioni d'acqua dalla Presa Santo, dalla Sorgente Minerale e dalla Sorgente Guidolin. Altre analisi furono eseguite in novembre sulle acque della Sorgente Acquaviva e della Sorgente Guidolin. La tabella II riporta i risultati che mostrano come su sette controlli, cinque hanno dato acque inquinate. L'origine di tali inquinamenti non è stata ancora completamente risolta, anche se sembra certo che non è dovuta a presenza umana o ad alpeggi estivi.

9. MODELLO IDROGEOLOGICO DELLA CIRCOLAZIONE NEI CALCARI E NELLE DOLOMIE

Dalla situazione geologica e dal confronto fra le precipitazioni ed il regime delle sorgenti risulta il seguente modello idrogeologico. Le acque meteoriche penetrano nel massiccio della Vigolana attraverso la formazione fortemente carsificata dei *Calcari Grigi* e, più in profondità, nella *Dolomia Principale* molto meno carsificata. Le vie di circolazione corrispondono alle fratture ed ai condotti carsici che portano l'acqua dall'alto al basso e dalla sommità verso la base del massiccio secondo i vari bacini idrografici (Fig. 1), con prevalenza del movimento verso la piana dell'Adige, poichè gli strati immergono verso la stessa. La circolazione sotterranea può essere ulteriormente suddivisa in una circolazione relativamente superficiale ed in una circolazione profonda. La prima è caratterizzata da sorgenti con una stretta correlazione temporale fra piovosità ed aumento di portata nonchè da temperature dell'acqua molto simili alla temperatura esterna (un buon esempio di questa situazione è rappresentato dalle Vasche Zortea). La seconda va ad alimentare una zona satura che rappresenta l'acqua di fondo del massiccio ed in questo caso la temperatura dell'acqua risente poco delle variazioni termiche esterne (un esempio di questa situazione è rappresentato dalla Presa Santo). La falda che impregna la base del massiccio risente delle precipitazioni

Tabella II

	Presa Santo (20/3/90)	Presa Santo (16/5/90)	Sorgente Minerale (16/5/90)	Sorgente Acquaviva (20/11/90)	Sorgente Guidolin (20/3/90)	Sorgente Guidolin (16/5/90)	Sorgente Guidolin (20/11/90)
Coliformi totali (250 ml) <i>prima prova</i>	Assenti	Presenti	Presenti	62 colonie/ml Presenti	Presenti	Presenti	Presenti
Coliformi totali (250 ml) <i>seconda prova</i>	Assenti	Presenti	Assenti	73 Presenti	Presenti	Presenti	Presenti
Coliformi fecali	Assenti	Assenti	Assenti	1 Presenti	Presenti	Presenti	Presenti
Streptococchi fecali (250 ml) <i>prima prova</i>	Assenti	1 colonie/ml Presente	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Streptococchi fecali (250 ml) <i>seconda prova</i>	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Coliformi totali (100 ml)				Assenti	Assenti	Presenti	Presenti
Coliformi fecali (100 ml)				Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Clostridi solfito riduttori (250 ml)	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Streptococchi fecali (100 ml)	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Pseudomonas Aeru. (250 ml)	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Pseudomonas Aeru. (100 ml)	Assenti	Assenti	Assenti	Assente	Assente	Assente	Assente
Salmonelle (1000 ml)	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
Carica Microbica totale - 38 ore, 37°C	3 colonie/ml	7	4	4	2	2	1
Carica Microbica totale - 72 ore, 20°C	3 colonie/ml	12	6	2	22	22	4
Sulla figura 1	Non inquinata	Inquinata	Inquinata	Non inquinata	Inquinata	Inquinata	Inquinata
	1		2	3		4	

Controlli microbiologici di alcune sorgenti alla base della Vigolana.

con un ritardo di circa 15 giorni; in particolare vi è un aumento di afflusso in corrispondenza dello scioglimento delle nevi che si trovano normalmente oltre i 1500 metri di quota. Questo fatto dimostra l'esistenza di una circolazione prevalente dall'alto verso il basso con un dislivello di oltre 1000 metri. La circolazione profonda sembra composta da due parti. Una parte circola lentamente (acqua antica) ed una parte che circola rapidamente lungo i condotti più aperti (acqua piovana e delle nevi); è questa acqua che fa aumentare le portate poco dopo le piogge e lo scioglimento delle nevi. L'acqua di fondo del massiccio fluisce lentamente verso i terreni più permeabili dell'acquifero alluvionale secondo un movimento che la porta da Est verso Ovest. Durante questo tragitto l'acqua del massiccio va a mescolarsi con quella già presente nelle alluvioni e proveniente da Nord; la miscela di acque così formatasi si sposta quindi verso Sud lungo la valle dell'Adige.

10. SORGENTE MAGNESICA DAL BASAMENTO CRISTALLINO

Si ritiene interessante riportare informazioni al riguardo per poter meglio comprendere la geologia della Vigolana ed inquadrare la geochemica del magnesio.

10.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La sorgente Stedila sgorga dal *Basamento Cristallino*; essa è posta circa 1 Km a nord di Centa (Fig. 5). È caratterizzata da un elevato contenuto in magnesio, circa 200 mg/l contro i 10-30 mg/l delle sorgenti emergenti dalle dolomie. Il basamento è costituito da una serie filladica che è stata studiata da OGNIBEN (1966), il quale ha distinto in essa due tipi petrografici prevalenti: epigneiss albitici e filladi albitizzate. Gli epigneiss albitici sono costituiti da rocce a tessitura scistosa, più massicce e chiare delle filladi propriamente dette e presentano letti feldspatico-quarzosi, letti sericitici e frequenti carbonati (calcite e ankerite). Le filladi albitizzate sono costituite da una roccia più marcatamente scistosa e di colore verde scuro o nerastro, con letti cloritico-sericitico-albitici. Gli epigneiss si trovano intercalati nelle filladi albitizzate in banchi o in lenti. La sorgente Stedila sgorga da una zona ad epigneiss albitici nelle filladi superiori. L'area a monte della sorgente è prevalentemente costituita da filladi albitizzate superiori (Dosso della Pietra).

Rocce eruttive sono presenti entro il *Basamento Cristallino*. OGNIBEN

(1966) distingue due tipi di filoni. Un primo tipo è dato da filoni denominati porfiriti plagioclasico-pirosseniche, con plagioclasti, scarso quarzo ed elementi femici sempre alterati in calcite, clorite, serpentino e biotite con pseudomorfosi che ne indicano la derivazione più frequente da augite, talora da olivina, orneblenda o pirosseno rombico. Questo tipo di filone affiora al Dosso della Pietra e al torrente Trambario non lontano dalla sorgente Stedila. Altro tipo di filone è dato da rocce verdi scure o nere denominate monchiquiti, caratterizzate da prevalenza di augite titanifera con orneblenda, non alterate, e da olivina e pirosseno rombico alterati. Questi filoni monchiquitici appaiono tagliare i filoni di porfiriti. La sorgente Stedila sgorga al contatto tra le rocce filladiche ed un filone intrusivo monchiquitico, ben individuabile nella paretina rocciosa retrostante l'opera di presa della sorgente. In questo affioramento si possono osservare:

— le rocce filladiche, corrispondenti agli epigneiss albitizzati, con direzione N70°E-S70°W ed immergenti a N20°W con inclinazione di 32° circa;

— alcuni piani di faglia con direzione N30°W-S30°E, immergenti a S60°E con inclinazione di 25°, hanno dislocato sia il filone intrusivo che le rocce della serie filladica, determinando in queste ultime una accentuata disgregazione in prossimità del contatto;

— il filone monchiquitico, dello spessore di circa un metro, è di colore marrone scuro, con giacitura concordante con quella delle filladi ed alcuni filoni più piccoli. Il filone monchiquitico può essere seguito per una diecina di metri verso meridione, poi la copertura boschiva ne rende difficoltosa l'individuazione. Le rocce filladiche al contatto con il filone intrusivo hanno un aspetto alterato, con un colore giallo-brunastro ed appaiono aver subito fenomeni di metamorfismo di contatto, pur avendo conservato una certa scistosità.

Infine, nell'affioramento della paretina retrostante l'opera di presa e nei vicini affioramenti nel bosco sono visibili anche fratture con direzioni NNW-SSE e ENE-WSW.

10.2 REGIME DELLA SORGENTE

Sono riportati alcuni dati di portata e temperatura. Dall'esame dei dati e dal confronto con le precipitazioni risulta che la portata è parzialmente correlata con le precipitazioni anche se con ritardo a dimostrazione di una circolazione relativamente profonda.

Data	Portata (l/s)	Temperatura H ₂ O (°C)	Temperatura aria (°C)
27/08/1978	0,25	9,1	14,8
04/05/1988	0,85	8,6	11,0
27/08/1988	0,25	9,1	14,8
04/06/1990	0,1	9,2	11,2
09/08/1990	0,1	10	20
30/08/1990	0,09	10	27
24/09/1990	1,1	9,8	10

10.3 CARATTERISTICHE CHIMICHE

La tabella III riporta analisi dell'acqua della sorgente Stedila eseguite nel 1978, nel 1988, nel 1990. Risulta sempre evidente che il contenuto in magnesio è molto maggiore che nelle acque che sgorgano dalle dolomie della Vigolana e riportate in tabella I. La sorgente Stedila è da otto a dieci volte più ricca di magnesio. Le cause di una tale elevata e rara concentrazione di magnesio sono da ricercare nei minerali magnesiaci presenti nelle rocce magmatiche basiche intruse entro le filladi e presenti entro il bacino di alimentazione della sorgente.

10.4 ALTRE ACQUE MAGNESIACHE DA AMFIBOLITI

A sostegno dell'ipotesi che l'elevato contenuto in magnesio della sorgente Stedila è dovuta ai minerali, ricchi di magnesio, presenti nelle rocce magmatiche basiche presenti nel bacino, si riportano i dati relativi ad una fonte conosciuta personalmente dagli Autori, pure ricca di magnesio e situata nelle amfiboliti del basamento cristallino boemo presso il paese di Louka (circa 20 Km da Karlovy Vary) nella Repubblica Ceca. La tabella IV riporta l'analisi di questa acqua che è imbottigliata e venduta con il nome di «Magnesia». L'acqua Magnesia e l'acqua Stedila sono molto simili a conferma che il magnesio deriva dai minerali magmatici. L'acqua Magnesia è particolarmente ricca di CO₂, ma tale presenza caratterizza la zona di Karlovy Vary in cui vi è una tettonica attiva con CO₂ di origine crostale che sale dal basso attraverso le faglie.

Analogo contenuto di magnesio (242 mg/l) è riportato da HEM (1970) per acqua calda (52,2 °C) proveniente da serpentiniti della località di Siegler Hot Springs, Lake County, California.

Tabella III

Data prelievo	Portata L/S	Temp. H ₂ O °C	pH	Conduc. µS/cm	Residuo a 180 °C mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Fe mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l	Sr mg/l	CO ₂ mg/l
27/8/1978	0,25	9,1	7,5	1180	864	15,63	204,53	4,95	2,2	0,014	1,15	72	994	3,70	0,124	28,9
4/5/1988	N.D.	8,5	6,9	1408	1052	57,7	219,1	N.D.	N.D.	0,01	2,2	94	1173	4,1	0,23	88,5
4/6/1990	0,1	9,6	7	1481	1105	81,4	225	5,8	1,1	0,005	4,6	101,5	1261	4,8	0,2	57

Analisi acqua della Sorgente Stedila nel basamento cristallino con filoni magmatici basici presso Centa (Trento).

Tabella IV

Data prelievo	Portata L/S	Temp. H ₂ O °C	pH	Conduc. µS/cm	Residuo a 180 °C mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Fe mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	HCO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l	Sr mg/l	CO ₂ mg/l
1993	1	8,9	6,04	1730	1865	34,58	289,1	4,69	2,36	1,77	4,28	24,53	1502	N.D.	0,065	2234

Analisi acqua del Pozzo Magnesia BJ2 presso Louka (Karlovy Vary, Repubblica Ceca) nelle amfiboliti del basamento cristallino imbottigliata e venduta come acqua minerale effervescente naturale.

N.D. = non determinato

11. CONSIDERAZIONI SULLA IDROGEOCHIMICA DEL MAGNESIO

La geochimica del magnesio è largamente consolidata sia per il complesso ambito delle rocce costituenti la litosfera sia per quello della cristallografia. L'argomento che vogliamo affrontare riguarda piuttosto l'idrogeochimica: quella specializzazione delle scienze naturali, più propriamente chiamata idrologia chimica, che tenta di correlare il sistema chimico *acqua naturale* (fase eminentemente liquida) con i sistemi chimici in fase solida che costituiscono la matrice rocciosa dentro la quale l'acqua naturale delle sorgenti e dei pozzi si è formata. I quesiti che riguardano le reazioni in fase eterogenea fra acqua e rocce avvengono all'interno della litosfera e le misure che si dovrebbero fare per ottenere risposte corrette sono vietate non solo dall'inaccessibilità dei luoghi dove i fenomeni si verificano, ma sono ulteriormente complicate dal grande numero di parametri che interessano i sistemi coinvolti nella reazione. Parametri fisici generali come la pressione e la temperatura (dipendenti anche dalla profondità), ma soprattutto chimici, come la struttura molecolare e cristallografica dei componenti delle rocce (a loro volta dipendenti dalla genesi e dai fenomeni diagenetici, magmatici, metamorfici che le hanno generate e modificate). Per questo non resta altro alla scienza che prevedere delle condizioni di reazioni possibili, e modellarle in laboratorio per seguire l'andamento almeno delle reazioni fondamentali, semplificando i sistemi in fase solida. Al di fuori di questo metodo di approccio non restano che le ipotesi che sono poi il primo passo indispensabile per la creazione dei modelli necessari alla verifica delle ipotesi.

Nella Vigolana si trova la seguente situazione riferita alle rocce ricche di magnesio ed alle acque da esse sgorganti. Dalle rocce dolomitiche sgorgano numerose sorgenti il cui contenuto in magnesio è compreso fra 10 e 32 mg/l; dal basamento cristallino costituito da filladi con filoni magmatici basici sgorga una sorgente (Stedila) il cui contenuto in magnesio è fra 204 e 225 mg/l.

Le rocce dolomitiche della Vigolana sono costituite solo da dolomite - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - la cui composizione può essere così espressa (PETTIJOHN, 1949): Mg:21,9%; CaO:30,4%; CO_2 :47,7%.

Le dolomie sono sulla Vigolana ricoperte da calcari fortemente carsificati la cui composizione può essere così espressa (PETTIJOHN, 1949): MgO:7,90%; CaO:42,6%; CO_2 :41,6%; il resto è quarzo ed elementi traccia. Il contenuto di calcio nelle acque sgorganti dalle dolomie è compreso fra 35 e 68 mg/l, mentre quello contenuto nelle acque della sorgente Stedila è compreso fra 15 e 81 mg/l.

La sorgente Stedila, con 200-220 mg/l di magnesio, sgorga da filladi

con filoni magmatici basici. Le filladi della zona hanno contenuto di magnesio e calcio trascurabili (Mg:1,28%; CaO:0,14%) mentre sono formate essenzialmente da quarzo (SiO_2 :71,1%), alluminio (Al_2O_3 :15%) e ferro (Fe_2O_3 :5,54%).

Nelle rocce magmatiche il magnesio è un tipico costituente dei minerali ferromagnesiaci di colore scuro. Essi includono i pirosseni, gli amfiboli, la biotite, l'olivina; il magnesio esiste anche nei minerali metamorfici quali la clorite. Alcuni dei detti minerali che sembrano essere i più disponibili alla formazione di acque magnesiache, hanno la seguente formula (WINCHELL & WINCHELL, 1951):

Antofillite	$(\text{Mg}, \text{Fe})_7 (\text{OH})_2 \text{Si}_8 \text{O}_{22}$
Tremolite	$\text{Ca}_2 \text{Mg}_5 (\text{OH})_2 \text{Si}_8 \text{O}_{22}$
Crisotilo	$\text{Mg}_3 (\text{OH})_4 \text{Si}_2 \text{O}_5$
Enstatite	MgSiO_3
Diopside	$\text{CaMg Si}_2 \text{O}_6$

Il contenuto di MgO degli amfiboli delle rocce magmatiche basiche si aggira sul 13%, il contenuto di MgO dei pirosseni delle rocce magmatiche basiche è compreso fra 21% e 31%, mentre il contenuto di MgO dell'olivina delle rocce magmatiche basiche è compreso fra 23% e 45% (RANKAMA & SAHAMA, 1949). Risulta così che le acque sotterranee che attraversano la dolomia (Mg:21,9%) si mineralizzano in magnesio con valori compresi fra 10 e 32 mg/l, mentre le acque sotterranee che attraversano i filoni basici con minerali femici ricchi di magnesio (MgO: dal 13% al 30% circa) si mineralizzano in magnesio con valori compresi fra 204 e 225 mg/l; le acque che attraversano le filladi con filoni basici sono da 7 a 20 volte più ricche di magnesio delle acque che attraversano le dolomie. Non vi sono invece grandi differenze fra le due acque (da dolomie e da filladi con filoni basici) per quanto riguarda il calcio; vi è una leggera maggior abbondanza di calcio nella sorgente Stedila.

Non vi sono relazioni fra le acque sotterranee che attraversano e che sgorgano dalle dolomie e le acque sotterranee che attraversano e che sgorgano dalle filladi con filoni basici. I bacini sono diversi senza alcuna connessione.

Le modalità di circolazione sotterranea sono analoghe; in entrambi i casi (dolomie e filladi con filoni) le rocce hanno una permeabilità secondaria, per discontinuità tettoniche (faglie e fratture) e singenetiche (piani di strato e piani di scistosità); è da considerare trascurabile la porosità perchè il grado di cristallizzazione delle rocce sedimentarie, metamorfiche e magmatiche è molto spinta. Si può accettare che la circola-

zione nelle rocce metamorfiche con filoni sia più lenta che nelle dolomie perché queste sono parzialmente carsificate.

La diversa velocità di circolazione e quindi il tempo di permanenza nelle rocce può essere un motivo che spiega il diverso grado di mineralizzazione in magnesio. Il motivo principale è però da ricercare nel minor grado di lisciviazione della dolomite rispetto ai minerali femici delle rocce magmatiche ricche di magnesio. Il contenuto di magnesio nelle acque della sorgente Stedila è in accordo con la letteratura, prima citata, che riporta il chimismo delle acque che sgorgano da rocce magmatiche basiche metamorfosate. Anche il contenuto di calcio e magnesio delle acque sgorganti dalle dolomie è in accordo con la numerosa letteratura sulla circolazione idrica sotterranea in terreni carsici che riporta anche le differenti solubilità fra calcite e dolomite (UNESCO, 1984).

12. CONCLUSIONI

I dati riportati e le interpretazioni degli stessi sono un contributo alla conoscenza della circolazione idrica sotterranea della zona dolomitica poiché la situazione geologica (stratigrafia, tettonica, carsismo) ed idrogeologica (sorgenti dalla roccia e pozzi nelle alluvioni) della Vigolana si ritrova in molte altre montagne della regione.

Le indagini geologiche ed idrogeologiche hanno controllato settimanalmente per un anno (1990) diciassette sorgenti nella dolomia, tre pozzi nelle alluvioni alla base della dolomia, nonché una sorgente sgorgante dal basamento falladico con filoni basic. È risultato che l'acqua piovana passa rapidamente attraverso i calcari molto carsificati posti alla sommità della Vigolana per penetrare e circolare più lentamente nelle sottostanti dolomie meno carsificate. Dalle dolomie sgorgano due tipi di sorgenti; sorgenti con circolazione sotterranea poco profonda che risentono immediatamente della piovosità e delle temperature dell'aria; sorgenti con circolazione sotterranea profonda che non risentono o risentono poco delle temperature dell'aria con aumenti di portata ritardati di circa 15 giorni rispetto al disgelo o a forti precipitazioni. L'acqua che sgorga dal basamento cristallino circola attraverso fratture della roccia priva di carsismo. Tutte le acque carsiche sono oligominerali con contenuti in calcio e magnesio in accordo alla letteratura sul carsismo (Ca: da 35 a 68 mg/l; Mg: da 10 a 27 mg/l). Le acque carsiche sono frequentemente inquinate per coliformi. L'acqua che sgorga dal basamento cristallino costituito da filladi con filoni magmatici basici ricchi di amfibioli e pirosseni ha un contenuto di magnesio compreso fra 204 e 225 mg/l

e ciò in accordo alla letteratura che descrive situazioni analoghe. Il maggior contenuto di magnesio di queste acque è attribuito alla maggior facilità di lisciviazione di amfiboli e pirosseni rispetto alla dolomite anche se il contenuto di MgO di tutti questi minerali è circa uguale.

BIBLIOGRAFIA

- BAKKER J. P. & HEUX J. W. N., 1952 - A remarkable new geomorphological law - *Koninkl. Nederl. Ak.*, 55, 399-410.
- BARTOLOMEI G., 1974 - I talus detritici e la stabilizzazione del versante destro della valle dell'Adige nella zona di Trento - *St. Trent. Sc. Nat.*, 51: 213-228.
- HEM J. D., 1970 - Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water - *Geol. Surv., Water supply pap.* 1473, 363 pg., United States Government Printing Office, Washington.
- BORTOLAMEOTTI R., 1985 - Il carsismo della Vigolana. *Natura Alpina* - Trento, 36: 73-76.
- CORRÀ G., 1974 - Il ruolo delle glaciazioni quaternarie nelle vicende della idrografia atesina. *Natura Alpina* - Trento 25: 177-193.
- LEHMANN O., 1933 - Morphologische Theorie der Verwitterung von Steinschlagwänden - *Viertel. Schweiz. Natf. Gesellsch.*, 78: 83-126.
- OGNIBEN L., 1966 - Nota sul Cristallino Antico e sul giacimento di pirite di Calceranica (Trento) - *Atti Simp. Int. Giac. Minerari delle Alpi, Reg. Trentino Alto Adige*, 11-18 Sett. 1966, 911-927.
- PANIZZA M., 1988 - Geomorfologia applicata - *Nuova Italia Scientifica*, Roma, 342 pg.
- PETTIJOHN F. J., 1949 - Sedimentary Rocks, *Harper & Brothers*, 526 pg.
- RANKAMA K. & SAHAMA TH. G., 1949 - Geochemistry, *The University Chicago Press*, 911 pg.
- RICHTER E., 1901 - Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen - *Petermanns Mitteil.*, Gotha, Ergänzungsband, 24, 103 pg.
- SAT - GRUPPO GROTTE VIGOLO VATTARO, 1990 - Vigolo Vattaro, storia, natura, alpinismo. *Casa Ed. Arca*, Trento, 193 pg.
- SCHIEDEGGER A. E., 1961 - Mathematical models of slope development - *Bull. Geol. Soc. Am.*, 72, 37-50.
- TREVISAN L., 1943 - Evoluzione morfologica della Val di Pinè. *St. Trent. Sc. Nat.* 24, Trento.
- UNESCO, 1984 - Guide to the hydrology of carbonate rocks, 346 pg.
- VENZO G. A., 1954 - Ricerche sulla serie lacustre e fluviale attraversata da pozzi trivellati nella zona industriale di Trento - *Giorn. Geol.*, Bologna, 26: 1-16.
- VENZO G. A., 1961 - La struttura geologica dell'altipiano di Lavarone e dei dintorni di Vigolo Vattaro (Trentino) - *St. Trent. Sc. Nat.*, 3: 133-140.
- VENZO S., 1944 - Studio geomorfologico sull'altipiano di Lavarone e sull'alta Valsugana (Trentino). Raffronti con la bassa Valsugana e la Val d'Adige. *Atti Soc. It. Sc. Nat.*, Milano, 83: 183-249.
- WINCHELL A. N. & WINCHELL H., 1951 - Elements of optical mineralogy - Part II, 551 pg, *John Wiley & Sons, Inc.*

Indirizzi degli autori:

prof. Andrea Fuganti, prof. Franco Defrancesco - Università di Trento -
Via Belenzani, 12 - 38100 Trento
dr. Guido Bollettinari - Via T. T. Mosti, 45 - 44100 Ferrara