

FRANCO DE FRANCESCO

INTRODUZIONE ALLO STUDIO IDROGEOLOGICO-CHIMICO
DELLE ACQUE DEL TRENTO (*)

Lo studio idrogeologico-chimico di una regione consiste nella ricerca della relazione che deve necessariamente sussistere fra la composizione delle acque e la situazione geologica delle loro sorgenti. Attraverso questa relazione si potrà conoscere quali rocce l'acqua incontri nel suo cammino sotto la superficie terrestre, e si potranno anche trarre delle informazioni circa le trasformazioni che l'acqua opera sulle stesse.

I presupposti di una tale ricerca sono:

a) la conoscenza geologica della regione in esame. A questo provvedono le carte geologiche ed alcuni testi e monografie circa la descrizione delle rocce e dei loro componenti.

b) la conoscenza quanto più possibile aderente alla realtà della composizione chimica delle acque. Nessun testo o monografia descrive la composizione di un buon numero di sorgenti della nostra regione. Perciò il primo problema da affrontare nello studio presente è un problema di chimica analitica. Purtroppo in Italia non esiste un trattato cui riferirsi e nel quale la difficile e complessa analisi dell'acqua sia studiata dal punto di vista critico.

Pertanto prima di affrontare una lunga serie di analisi, le quali, ben lungi dall'essere fini a sè stesse, mi avrebbero dovuto fornire gli elementi di una relazione fra acque di una sorgente e roccia incassante, ho voluto affrontare il problema analitico. Valendomi dei lavori di insigni Studiosi, nonchè degli Standards Methods degli S.U.A. ho cercato di compiere uno studio critico dell'analisi dell'acqua, e di creare uno standard d'analisi che accanto all'attendibilità dei metodi mi garantisse una sufficiente rapidità d'esecuzione.

Per questa ragione questa « introduzione allo studio idrogeologico-chimico » rappresenta solo lo studio analitico delle acque e porta una scarsa quantità d'analisi, sufficiente però a servire di verifica alla me-

(*) Lavoro eseguito con il contributo del Centro Studi Alpini del C.N.R.

todologia impiegata. Infatti sono state sufficienti circa trenta analisi esperite su altrettanti sorgenti del Comune di Trento (che fra l'altro si presenta geologicamente molto vario) per stabilire una relazione idrogeologico-chimica attraverso un particolare criterio di aggruppamento chimico che verrà poi esposto.

Parte prima.

Lo standard analitico comprende le seguenti determinazioni:

Determinazioni chimico-fisiche:

pH, conducibilità elettrica specifica a 18°

Determinazioni chimiche:

Residuo a 180°, silice in soluzione

Anioni:

carbonico, idrocarbonico, cloro ione, solfato ione.

Cationi:

Sodio, potassio, calcio, magnesio, ferro.

Quanto alla forma di espressione dei risultati analitici, si è adottata quella classica in mgr di ione per litro di acqua (l'espressione in mgr anziché gr è più comoda in quanto l'unità dei pesi per la grande maggioranza delle acque è proprio il mgr e non il gr) (Tab. 1). Si è poi aggiunta una tabella (Tab. 2) nella quale i risultati analitici sono espressi in forma di % di residuo.

Quest'ultima espressione, è utile per lo studio della mineralizzazione dell'acqua stessa. Infatti essa può essere messa in relazione col tempo o la lunghezza del percorso che l'acqua ha compiuto in una data roccia.

Prelievo.

Il prelievo dell'acqua viene eseguito riempiendo totalmente una bottiglia in vetro da 2 litri munita di tappo smerigliato, Quest'ultimo viene applicato dopo il riempimento in modo che non resti la benchè minima bolla d'aria.

E' bene che il riempimento venga fatto senza scuotimento in modo che i gas, e principalmente l'anidride carbonica, in essa contenuti, non

abbiano a subire modifiche di concentrazione. Contemporaneamente viene riempita una bottiglia da 250 cc. in politene: su questa porzione verrà poi determinato il sodio e la silice le cui concentrazioni sarebbero molto modificate dalla conservazione in un recipiente di vetro.

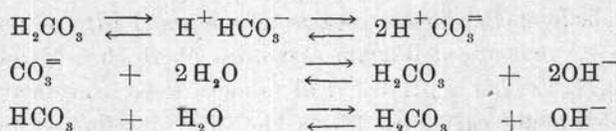
Al momento del prelievo viene determinata la temperatura dell'aria e dell'acqua.

Analisi.

1° - Ricerca degli anioni.

Acido carbonico.

Fra le determinazioni degli anioni quella dell'acido carbonico nelle tre diverse forme (libero, semicombinato e combinato) è di gran lunga la più importante e la più discussa. Infatti la concentrazione idrogenionica di un'acqua è definita essenzialmente dal gruppo di equilibri elettrochimici fra gli ioni carbonici, bicarbonici, calcio, magnesio, sodio e potassio. Gli equilibri in parola possono essere così riassunti riferendoli al solo acido carbonico:



Il sistema elettrochimico da essi definito è molto labile e può essere influenzato da molteplici fattori puramente fisici, come la variazione di temperatura e di pressione. Un lungo periodo di esperienze mi ha convinto (attraverso numerosi controlli) che questi equilibri non vengono sensibilmente turbati se il prelievo dell'acqua da esaminare viene condotto come sopra accennato, se non si permette che l'acqua aumenti di temperatura dopo il suo prelievo se ancora non si lascia passare un periodo superiore alle 5-6 ore fra prelievo e determinazione degli ioni carbonici.

Un'ampia discussione su quanto fin qui detto e su quanto a questo proposito si dirà, è stata fatta in altra sede. Basterà qui accennare che si è potuto concludere che un'acqua presenta acido carbonico libero quando il suo pH è inferiore a 8,3 (pH caratteristico dei bicarbonati in soluzione), presenta ione carbonico $\text{CO}_3^{=}$ quando il pH è superiore a 8,3. In quest'ultimo caso non è naturalmente presente acido carbonico

al quale non corrispondano cationi. Infatti si è notato che le acque aventi un pH inferiore a 8,3 presentano alla titolazione potenziometrica mediante acido cloridrico N/20 un unico gradino di neutralizzazione che si presenta fra pH 4,8 e 3,5 circa.

Quando invece si titoli potenziometricamente un'acqua con pH superiore a 8,3 si notano due distinti gradini di neutralizzazione dei quali il primo corrisponde alla concentrazione di metà degli ioni carbonici ed il secondo corrisponde alla neutralizzazione di tutti gli ioni bicarbonici presenti e formati dai carbonati con la prima aggiunta di acido. La titolazione potenziometrica, che mi ha dato in questo caso un mezzo di indagine veramente prezioso, è stata adottata nella presente ricerca come mezzo analitico per la determinazione dell'acido carbonico libero, di quello combinato e semicombinato nelle acque esaminate. A tal uopo si è realizzata un'apposita attrezzatura che permette di titolare potenziometricamente una porzione d'acqua determinata al di fuori del contatto dell'anidride carbonica dell'aria. Si procede come segue:

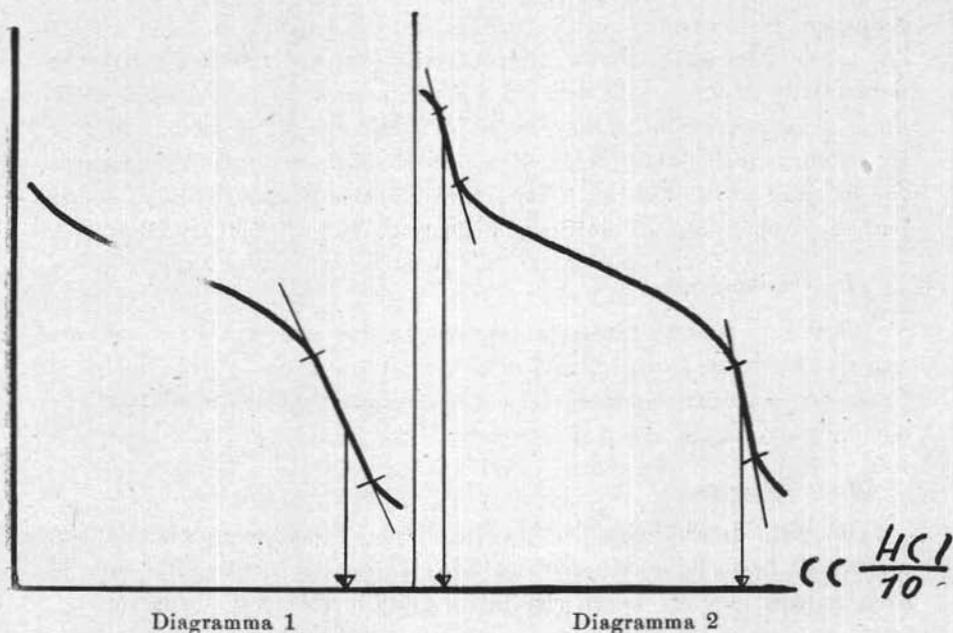
100 cc d'acqua (prelevata in bottiglia di vetro da non più di 6 ore) vengono trasferiti mediante pressione di aria decarbonatata nel vaso di titolazione. Per prima cosa se ne misura il pH: se questo è inferiore a 8,3 è presente dell'acido carbonico libero che si titola aggiungendo soda N/50 fino a pH 8,3. Dal numero di cc. consumati si risale al valore dell'acido carbonico libero che, nel presente studio, è stato espresso come anidride carbonica libera. Ciò fatto, sulla stessa porzione si compie la titolazione con acido cloridrico notando su una tabella i valori del pH in funzione del titolante aggiunto: con questi valori si ottiene il diagramma di titolazione dal quale si risale al numero di cm^3 necessari per la neutralizzazione e quindi alla concentrazione in ioni idrocarbonici (Diagramma 1).

Se l'acqua da esaminare presenta un pH superiore a 8,3 si inizia la titolazione con acido cloridrico N/20 a piccolissime porzioni (0,05 cc per volta), e si annotano su una tabella le variazioni del pH in funzione dell'aggiunta di titolante. Il diagramma (che si ottiene ponendo in ordinata i valori del pH raggiunti durante la titolazione ed in ascissa i valori rispettivi del volume di titolante aggiunto), presenta due distinti gradini dai quali si risale con ovvio calcolo e seguendo le normali regole della titolazione potenziometrica, alle concentrazioni dello ione carbonico e idrocarbonico presenti. (Diagramma 2).

La conclusione essenziale dell'esperienza compiuta su un gran numero di campioni d'acqua di tipo potabile è la seguente:

quando l'acqua presenta pH inferiore a 8,3 non esistono ioni carbonici ma solo ioni idrocarbonici e ioni dell'acido carbonico al quale non corrispondono in soluzione dei cationi.

Quando invece il pH è superiore a 8,3 esistono in soluzione solo ioni carbonici e idrocarbonici cui corrispondono dei cationi.



Per l'espressione dei risultati analitici si sono usati i seguenti equivalenti volumetrici (che forniscono già i mgr per litro d'acqua titolando 100 cc.).

Anidride carbonica libera titolata con NaOH N/50 : 8,8.

Ione carbonico $\text{CO}_3^{=}$ titolato con HCl N/20, (e considerando come valore dei cc. il doppio di quelli segnati dal primo gradino) 15,00.

Ione idrocarbonico HCO_3^{-} titolato con HCl N/20 : 30,509.

Cloro ione.

Poichè nella maggioranza dei casi la concentrazione dello ione cloro nelle acque è molto bassa non è conveniente usare i metodi classici poichè sarebbe necessario operare su soluzioni ottenute per concen-

trazione dell'acqua stessa; pertanto si è studiato un metodo turbidimetrico che unisce alla precisione (sono stati eseguiti controlli secondo Volhard) la rapidità d'esecuzione e l'impiego di soli 10 cc. d'acqua.

Taratura.

Si pongono in 10 provette quantità crescenti di ione cloro da 0,01 a 0,06 mg. (ottenute da una soluzione di cloruro di sodio in acqua distillata), si porta a 10 cc. il volume totale e si aggiunge un cc di reattivo composto da una soluzione N/10 di nitrato d'argento in acido nitrico 2N. Dopo 10 minuti si rileva su un fotometro fotoelettrico la trasparenza percentuale su uno strato di 2 cm. La trasparenza è una funzione rettilinea ed inversa della concentrazione di cloro ione. (Diagramma 3). Per la costruzione del diagramma di taratura si è usato un filtro azzurro che ha mostrato la minima trasparenza rispetto a filtri di altro colore per una sospensione di cloruro d'argento.

Determinazione.

Mediante pipetta tarata si pongono in una provetta 10 cc dell'acqua da esaminare si aggiunge 1 cc di reattivo, si attende 10 minuti, e si fotometra con filtro azzurro. La concentrazione di cloro ione si ottiene mediante confronto con il diagramma di taratura.

Ione solforico.

E' stato determinato per via ponderale dopo precipitazione con cloruro di bario in ambiente cloridrico. E' bene osservare che non si sono ottenuti per ora buoni risultati usando metodi più sbrigativi.

Determinazione della Silice.

Nelle acque naturali si trova spesso della silice disciolta. Alla luce delle più moderne teorie circa la silice in soluzione, non è lecito fare distinzione fra una forma di silice cosiddetta ionica ed una forma colloidale. Infatti il cosiddetto ione silicico è effettivamente un ione polisilicico inteso nel senso che, nella macromolecola $(H_2SiO_3)_n$, solo una piccola percentuale dei gruppi H_2SiO_3 è ionizzata in $HSiO_3^-$. Questa percentuale di ionizzazione è funzione del pH ed aumenta con l'aumentare del pH. A pH 7 solo il 2 per mille dei gruppi H_2SiO_3 è ionizzato in $HSiO_3^-$. Tenendo poi presente il fatto che aumentando la grandezza del polimero $(H_2SiO_3)_n$ si possono raggiungere delle dimensioni della macromolecola tali da poterla considerare una vera e propria

micella, ci si accorgerà di essere passati da uno stato parzialmente ionico ad uno nettamente colloidale. E' pertanto assurdo differenziare la silice in soluzione in ionica e colloidale, in quanto non solo non esiste una netta separazione fra le due forme, ma non vi sarebbe nemmeno modo di conoscere analiticamente la concentrazione dell'una o dell'altra forma.

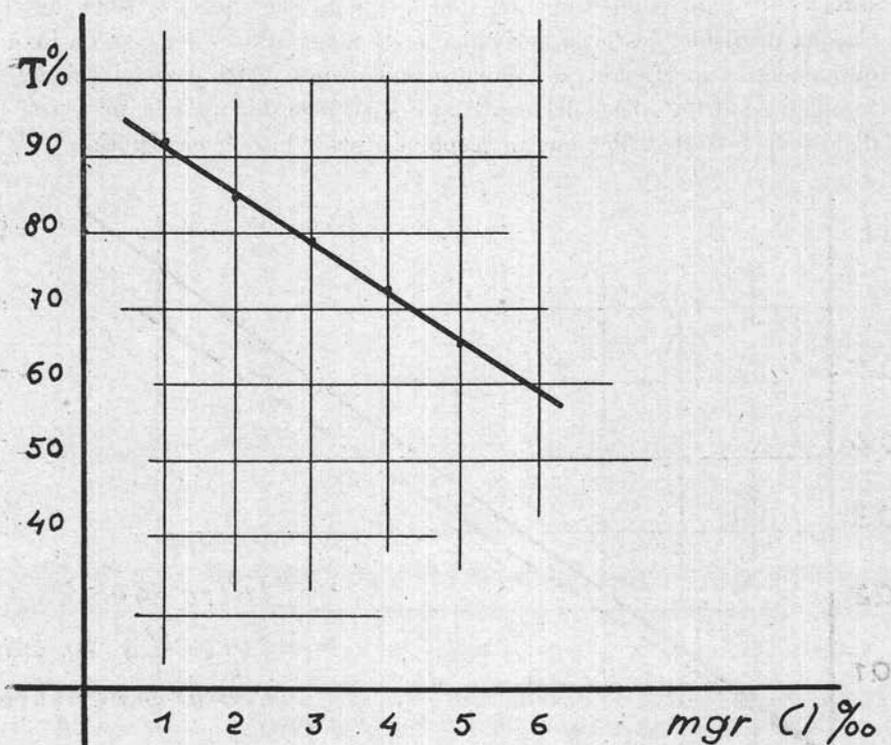


Diagramma 3

Ciò posto si è preferito esprimere il risultato ottenuto per la silice in SiO_2 . Da quanto detto risulta chiaro che aumentando il pH della soluzione, aumenta la dissociazione dell'acido polisilicico. Pertanto una certa porzione d'acqua (50 cc) veniva trattata in politene con 2 cc di idrato di sodio al 30% e si lasciavano digerire per due giorni. La soluzione veniva poi portata quantitativamente in un palloncino da 100 cc e venivano aggiunti 3 cc di un reattivo formato da una soluzione di 7 gr di molibdato d'ammonio in 100 cc di acido solforico 4N. Si manifesta

così una colorazione gialla dovuta al complesso silicomolibdico, colorazione che segue la legge di Beer. Il diagramma 4 rappresenta il diagramma di taratura della silice espressa come tale (linea continua) ed espressa come ione silicico (linea tratteggiata). Le misure sono state eseguite con un fotometro tipo Pulfrich usando il filtro 445.

La metodologia esposta circa la determinazione della silice totale è stata controllata ponderalmente. Poichè è noto che spesso vi sono nell'acqua degli ioni fosforici derivanti, nella maggioranza dei casi, da inquinamento superficiale, si è dovuto tener conto nella determinazione fotometrica della silice, del contributo di colore dovuto alla presenza dello ione fosforico. Per questo scopo si è proceduto come segue:

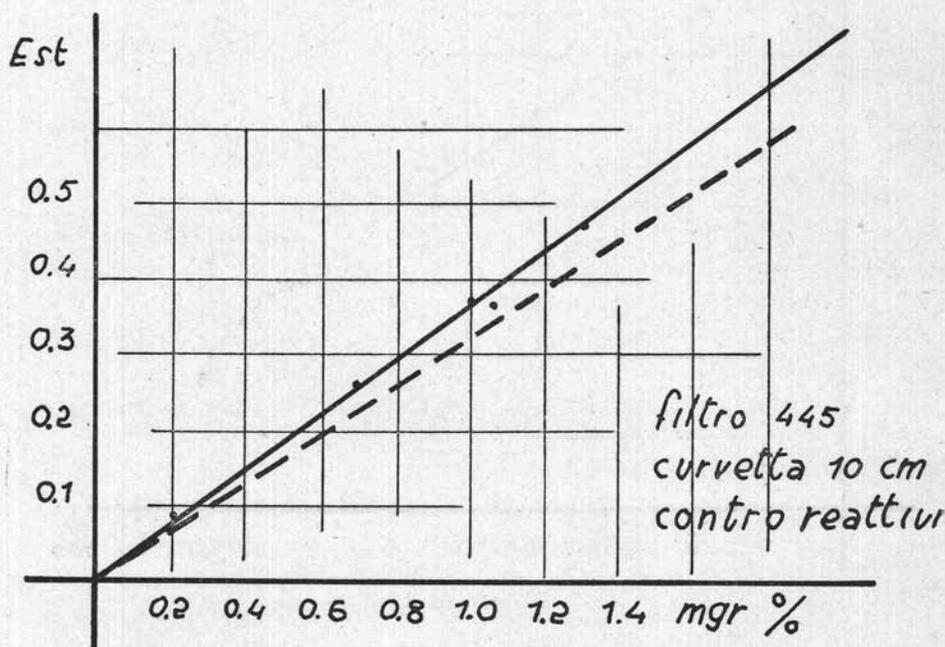


Diagramma 4

10 cc dell'acqua in esame vengono trattati con 1 cc dei seguenti tre reattivi: molibdato d'ammonio in acido solforico, idrochinone 1%, sodio solfito 20%. Se è presente ione fosforico si ha già a freddo e dopo 20 minuti la colorazione caratteristica del blu di molibdeno fosforato (forma ridotta), colorazione che in presenza di SiO_3^- si ottiene solo a caldo, o dopo un tempo maggiore. Se dal saggio eseguito risultano pre-

senti dei fosfati si fotometra la soluzione azzurra e si va a confrontare su un diagramma il valore dell'estinzione trovato, col valore dell'estinzione che si sarebbe ottenuta su una soluzione di eguale concentrazione col semplice complesso fosfomolibdico giallo. Il valore dell'estinzione così determinato viene detratto direttamente dal valore dell'estinzione che si legge per la determinazione della silice. Così operando, il valore che si ottiene per la silice è al netto delle interferenze dovute all'eventuale presenza di ione fosforico (Diagrammi 4 e 5).

2° - *Cationi.*

Sodio.

Il sodio è stato determinato per mezzo della fotometria a fiamma applicata sull'acqua tal quale, considerando praticamente nullo l'autossorbimento per le concentrazioni raggiunte dal sodio in una acqua normale.

Potassio.

E' stato determinato per mezzo della fotometria a fiamma su un soluto ottenuto concentrando 50 volte l'acqua da esaminare ed eliminando contemporaneamente tutti gli altri cationi tranne il sodio. In pratica si opera come segue:

dopo aver pesato il residuo di 250 cc di acqua lo si umetta nella stessa capsula con acido cloridrico diluito e lo si secca su bagno maria, ripetendo due volte l'operazione. Si riprende infine il complesso dei cloruri con 3 cc di acqua alcalinizzata con ammoniaca fino a viraggio della fenolftaleina e si aggiungono 2 cc di una soluzione al 20% di carbonato ammonico. Con l'ultima aggiunta precipitano pressochè quantitativamente tutti i cationi eccetto gli alcalini. Si filtra su filtro molto piccolo, e sul filtrato si determina direttamente il potassio per spettrofotometria di fiamma. Poichè lo spettrofotometro a fiamma in uso nel nostro laboratorio, presenta maggior sensibilità nel violetto che nel rosso, si è misurata l'intensità del doppietto fra 4044,1 e 4047,2 Å. Prima di eseguire le misure nel modo sopra descritto mi sono assicurato di non avere interferenze da parte dello ione ammonio che interviene in forte quantità nella soluzione da esaminare.

Calcio e Magnesio.

Si sono determinati mediante titolazione complessometrica in presenza uno dell'altro. Su una prima porzione di 100 cc di acqua si de-

termina la somma degli ioni Ca e Mg mediante titolazione con soluzione Titriplex A Merck in ambiente ammoniacale ed usando l'indicatore tampone della Merck appositamente preparato per questo scopo. Su una seconda porzione di 100 cc si determina il solo Ca ione usando lo stesso titolante, ma operando in ambiente alcalino per soda caustica ed usando come indicatore la muresside. Per questo si opera come segue:

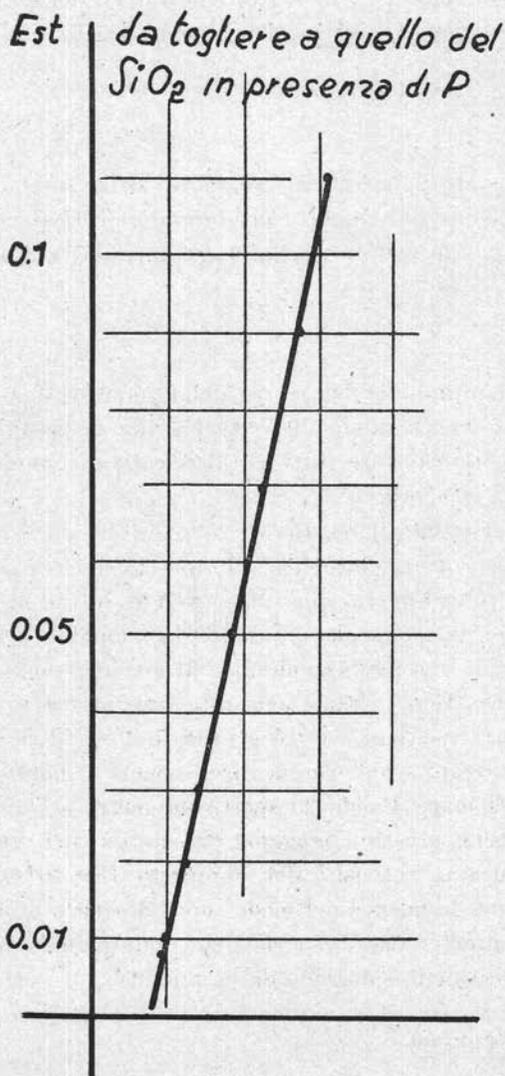


Diagramma 5

a 100 cc di acqua si aggiunge 1 cc di NaOH 3N e 0,2 gr (con un misurino) dell'indicatore composto da una miscela intima di muresside Merck con cloruro sodico nelle seguenti proporzioni: muresside gr 0,1 - NaCl 50 gr. L'indicatore così preparato va conservato in vaso di vetro scuro e dura attivo circa 2 mesi. Si titola la soluzione che si ottiene finchè il colore dell'indicatore passa dal rosa al violetto deciso. Il viraggio si coglie molto distintamente. Il metodo titrimetrico descritto è stato controllato 50 volte per via ponderale ottenendo un buon accordo fra i due procedimenti.

Ferro.

Si è usata la determinazione descritta da Ferrari (Analisi microchimiche colorimetriche - Zuffi - Bologna) mediante fotometria d'assorbimento del complesso ferro α - α_1 dipiridile. Il metodo è assai preciso e, pur permettendo di dosare quantità piccolissime di ferro, è praticamente esente da interferenze dovute alla presenza di altri ioni. Si è operato su 50 cc di acqua. Questo quantitativo viene posto in pallone da 100 cc, si aggiunge una soluzione al 0,5% di α - α_1 dipiridile e poche gocce di una soluzione concentrata ed esente da ferro di bisolfito sodico, si mette a debole calore su bagno maria per alcuni minuti, si raffredda, si porta a volume e si fotometra nella banda intorno ai 530 m μ .

Parte seconda

Esaurito il problema analitico è necessario stabilire un criterio di analogia fra un'acqua e l'altra. Naturalmente questo criterio di somiglianza o analogia dovrà partire da soli presupposti chimici, ed i raggruppamenti di tipi di acqua che da questo criterio nasceranno dovranno rendere conto della situazione geologica incontrata dalle acque. Per meglio chiarire dirò che le acque appartenenti ad uno stesso raggruppamento, dovranno necessariamente aver avuto contatto con rocce dello stesso tipo. A prima vista si potrebbe accettare il concetto di pura somiglianza analitica, riferendoci alla semplice espressione delle concentrazioni ioniche: ma questo sistema non renderebbe conto in modo alcuno della lunghezza del percorso, o della velocità con la quale il percorso viene compiuto dall'acqua sotto la superficie terrestre, non ren-

derebbe conto cioè del tempo di contatto fra l'acqua studiata e la roccia incassante. Infatti, come appare chiaramente dalla tabella I, sarebbe estremamente arduo raggruppare le acque partendo dal solo concetto di isotonismo ionico: i risultati, da questo punto di vista, sono estremamente discordanti anche per acque provenienti dalla stessa roccia incassante. E' quindi assolutamente necessario ricercare un nuovo concetto di somiglianza, diverso da quello esposto, troppo semplicistico, che tenga conto dei fenomeni fisico chimici che intervengono quando l'acqua meteorica ricca essenzialmente di acido carbonico, s'infiltra in una data roccia, attaccando e sciogliendo i minerali che la compongono.

La tabella II, che esprime i risultati analitici in percento di residuo, già ad un primo sguardo, fornisce risultati che si assomigliano fra loro, in quanto quest'espressione annulla le differenze dovute al peso di residuo totale stesso.

Per scegliere attraverso i dati raccolti, quelli sui quali fondare il concetto di somiglianza chimica, ho immaginato questa esperienza: se si fa scorrere dell'acqua meteorica ricca solamente di acido carbonico in una roccia qualsiasi, si noterà che l'acqua attacca la roccia, sciogliendo di preferenza alcuni suoi componenti. Se si prelevasse quest'acqua lungo il percorso ed in punti sempre più lontani dall'origine si dovranno notare i seguenti fenomeni:

- 1) aumento del residuo totale;
- 2) diminuzione dell'anidride carbonica libera impegnata negli equilibri con gli ioni che vanno man mano disciogliendosi;
- 3) aumento del pH per idrolisi dei sali dell'acido carbonico;
- 4) concentrazione percentuale dello ione bicarbonico (riferita al residuo) pressochè costante lungo il percorso;
- 5) rapporto fra calcio e magnesio altrettanto costante.

Se si tenta di raggruppare le acque secondo l'esperienza sopra citata il concetto di somiglianza sarà assai più profondo di quello ottenuto per semplice confronto diretto delle concentrazioni. Fra l'altro la sola analogia fra i valori delle concentrazioni, porterebbe a raggruppare delle acque con origini assai diverse. Il più profondo criterio di somiglianza che nasce dall'esperienza immaginaria è stato battezzato « isochimismo idrico ». A questi requisiti fondamentali per rientrare in dato gruppo isochimico, se ne è aggiunto un altro accessorio: il conte-

nuto percentuale in ione $\text{SO}_4=$ che deve essere dello stesso ordine di grandezza caratteristico del gruppo. Non si è voluto legare con troppo rigore al concetto di isochimismo la presenza dei solfati, in quanto la dissoluzione degli stessi nell'acqua deve considerarsi indipendente per una banda relativamente larga del pH dell'acqua stessa, e molto più strettamente dipendente dallo stato d'aggregazione della roccia nonchè dalla sua composizione. A proposito dei solfati si potrà ancora osservare (rifacendosi all'esperienza immaginaria) che la loro dissoluzione nell'acqua sarà più forte in principio del percorso, che non più avanti quando l'acqua si è andata arricchendo di ioni calcio e magnesio: infatti il prodotto di solubilità dei sali (solfati) è relativamente piccolo e, per la legge di massa, la dissoluzione dei solfati (essenzialmente del solfato di calcio) andrà percentualmente decrescendo con l'aumento di residuo totale.

Per la classificazione delle acque in gruppi di acque isochimiche si è adottato il criterio di scelta che sorge direttamente da quanto esposto fin qui. Si scelgono dapprima le acque che presentano lo stesso rapporto fra le concentrazioni di Ca^{++} e di Mg^{++} e si mettono in ordine di residuo crescente. Fatto questo si osserva se gli altri dati seguono l'andamento previsto dall'esperienza ideale, e cioè: diminuzione dell'acidità (aumento di pH); diminuzione della percentuale (riferita al residuo totale) della CO_2 libera; costanza della percentuale di ione bicarbonico, con l'aumentare del residuo totale. Le acque d'uno stesso gruppo dovranno avere anche la percentuale di solfato-ione dello stesso ordine di grandezza. Le acque che non presentino queste caratteristiche vanno tolte dal gruppo.

Un esempio di aggruppamento di acque iochimiche è esposto in tabella 3.

Circa la rappresentazione cartografica delle sorgive appartenenti ad uno stesso gruppo isochimico, è stato fatto il tentativo rappresentato nella riduzione della cartina geologica: i fori ritagliati rappresentano, approssimativamente, l'ubicazione delle sorgenti esaminate. I numeri in essi segnati si riferiscono: quelli romani ai gruppi isochimici segnati in tabella 3, quelli arabi alle analisi riportate (con diversa espressione) nelle tabelle 1 e 2 nonchè nella stessa tabella 3. I fori col solo numero arabo rappresentano sorgive che non si sono ancora potute classificare.

Nelle tabelle, sotto la colonna « situazione geologica » il numero scritto fa riferimento alla situazione descritta dalla carta geologica nel punto ove l'acqua sgorga, ed è riportata a seconda del numero, in calce alle tabelle.

Parte speciale

Il primo gruppo di ricerche è stato esperito nel comune catastale di Trento, per il quale si presentano alcuni vantaggi:

1) Zona geologica estremamente varia e complessa (si fa riferimento a tal proposito al foglio di Trento edito 1929 e rilevato da Dalpiaz - Fabiani - Trener - Vardabasso).

2) Sorgenti segnate con precisione dai rilievi della Società Industriale Trentina che ha fornito gentilmente ogni ragguaglio.

Dato il primo punto è assai difficile trovare acque che presentino caratteri di isochimismo visto il criterio piuttosto restrittivo adottato per la classificazione.

Si sono tuttavia potuti stabilire alcuni gruppi d'acque iso-chimiche:

I) gruppo: nella zona del Monte Calisio, a nord della quota massima (Cortesano, Montevaccino di sotto); acque fortemente magnesiache con rapporto fra Ca e Mg di 1,75, fortemente solfatiche (lo ione $SO_4=$ rappresenta circa il 20% del residuo), traggono origine da una fascia di arenarie quarzose, descritte come « localmente gessose » del Permiano inferiore. Nella zona ci sono vicini contatti con Porfido quarzifero e ancora più con una fascia di calcari oolitico-dolomitici del Permiano superiore, includenti giacimenti di galena e di baritina che pure possono contribuire al contenuto in $SO_4=$.

II) gruppo: nella zona di Monte Calisio, a nord della quota massima (Gardolo di Mezzo - Montevaccino di sopra) acque fortemente magnesiache che richiamano quelle precedenti, con rapporto fra Ca/Mg 1,50 circa, traggono origine da marne e arenarie variegata del tipo della Marzola (Scitico). E' necessario osservare che l'acqua di Montevaccino che si trova vicinissima alla zona dei contatti fra le marne, del Permiano superiore le arenarie del Permiano inferiore contiene una

quantità di solfati molto più alta di quella di Gardolo di Mezzo che da questi contatti si trova più lontana.

IV) gruppo: nella zona del Monte Calisio a sud della quota massima (Martignano - Maderno - Cognola) sono acque che traggono origine da marne cenerognole dell'Eocene inferiore con vicini contatti con marne del Cretaceo superiore e calcari bianchi del Giurese superiore. E' da prevedere, come è in effetti, una maggior prevalenza del calcio: e il rapporto del Ca/Mg rispetto ai gruppi prima considerati (3,00). Permane alta la percentuale dei solfati evidentemente presenti nelle marne.

III) gruppo: trova ancora posto nella zona delle marne cenerognole di Cognola. Queste acque delle sorgenti di Tavernaro e Moia, traggono evidentemente origine nella zona delle marne, senza subire l'influenza dei contatti vicini; esse sono normacalciche e normomagnesiache (rapporto 5 circa) e presentano scarse quantità di solfati. Si tratta probabilmente di acque di provenienze non profonde.

Col gruppo V ci trasferiamo sul fianco ovest della Marzola fra le marne arenarie variegata dello Scitico. Le acque esaminate (Spre - Oltrecastello - Villazzano) sono ancora fortemente magnesiache e solfatice e ricordano in tutto quelle esaminate nel II gruppo e che traggono origine dallo stesso tipo di roccia.

Dalla prima applicazione del criterio d'isochimismo idrico, si può trarre la conclusione che esso risponde perfettamente a classificare acque che traggono origine da rocce eguali, partendo da soli presupposti chimici.

Il criterio d'isochimismo idrico qui esposto è fondato su un principio molto restrittivo.

Riferendo la somiglianza a caratteri molto più grossolani, e cioè al Ca^{++} al Mg^{++} e allo ione solforico possiamo osservare che tutto il gruppo di sorgenti a Nord ed Est di Trento che traggono origine da zone stremamente varie con contatti frequenti, che si susseguono spesso a distanze di soli 100 metri, contatti fra marne ed arenarie, calcari di diversi periodi, presentano tutte le caratteristiche di acque minerali. Era da prevedere che i contatti sono, per così dire, i presupposti delle acque minerali, ma solo un notevole numero d'analisi ha potuto rile-

vare un fenomeno così vasto: le acque sono decisamente magnesiache, trasportano tutte con sé quantità non trascurabili di ferro bivalente (dell'ordine di grandezza di 1 mgr/1). Alcune presentano quantità eccezionali di metalli alcalini, come l'acqua di S. Lazzaro (con 9,5 mgr Na^+ /1 che trae origini da morene a contatto con porfidi quarziferi, e quella già vista di Gardolo di Mezzo, che presenta 4,4 mgr/1 di sodio e 5 mgr/1 di potassio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. EGGERT - *Chimica fisica ed elettrochimica* - Hoepli, Milano 1945.
- [2] GLASSTONE - *Introduction to electrochemistry* - Ed. Van Nostrand New York, 1942.
- [3] PAULING - *Chimica generale* - Ed. Longanesi, Milano 1952.
- [5] KOLTHOFF e FULMAN - *Potentiometric Titrations* - Ed. Wiley New York 1931.
- [6] GABBA-MOLINARI - *Manuale del Chimico* - Hoepli - Milano 1935.
- [7] TREADWELL - *Trattato di chimica analitica qualitativa* - Vallardi, Milano 1929.
- [8] MATHIEU - *Analise Chimique Volumetrique* - Ed. Masson, Parigi 1946.
- [9] VILLAVECCHIA - *Chimica analitica applicata* - Hoepli, Milano 1937.
- [10] BUOGO - *Trattato di chimica applicata all'Igiene* - ed. Macri, Firenze-Bari 1945.
- [11] BUOGO - *Analisi fisico-chimica* - Ed. Cappelli, Bologna 1938.
- [12] SCHWEIZERISCHES LEBENSMITTELBUCH - Ed. Zimmermann, Berna 1937.
- [13] BERGER - NOLTLE - SPLITTGERBER - Ed. Urban & Schwarzenberg, Vienne 1931.
- [14] LUNGE-BERL - « *Untersuchungsmethoden* » - Berlino 1910\$.
- [15] OHLMÜLLER - SPITTA - *Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers* - Berlino 1921, Pringer.
- [16] MICHAELIS - *Die Wassertoffienenkonzentration* - Springer Berlino 1922.
- [17] Standard Methods for examination of Water and Sewage - American Public Healter Assoc., 1946.
- [18] DENIS DICKINSON - *The Chemical Analysis of Waters, Boiler and Feed Waters, Sewage, and Effluents* - II ed. Blackie and Sons, London, 1950.
- [19] E. W. TAYLOR - *The examination of Waters and Waters Supplies* - The Blakiston Comp. Phyladelphia, 1949.
- [20] CLARLOT-GANGUIN - *Dosages Clorimetricques* - Masson - Parigi 1952.
- [21] FERRARI - *Analisi Microchimiche colorimetriche* - Zuffi Bologna.
- [22] MAROTTA-SICA - *Classificazione delle acque minerali*.
- [23] ISSOGLIO - *Chimica degli Alimenti*.
- [24] MILANI - *Chimica e Industria* - luglio 1956, pag. 587.

- [25] SMITH-McCALLUM - *The Analyst* 81 - 160 - 1956.
- [26] FORNAINI - *Ann. chim.a.*, vol. IV 150, 1915.
- [27] NASINI-PORLEZZA e DONATI - *ivi*, 223, 1924.
- [28] PORLEZZA - *ivi* 128, 1924.
- [29] BOVALINI e VALLESI - *ivi* 51, 1931.
- [30] DE FRANCESCO e GIOVANNINI - *Boll. lab. chim. prov.*, 79, 1953.
- [31] ANDREATTA - *Mineralogia*.
- [32] ARTINI - *Le Rocce* - III ed. - Hoepli, Milano 1941.
- [33] ARTINI - *I Minerali* - II ed. - Hoepli, Milano 1941.
- [34] DE FRANCESCO - *Boll. lab. chim. prov.*, 57, 1956.

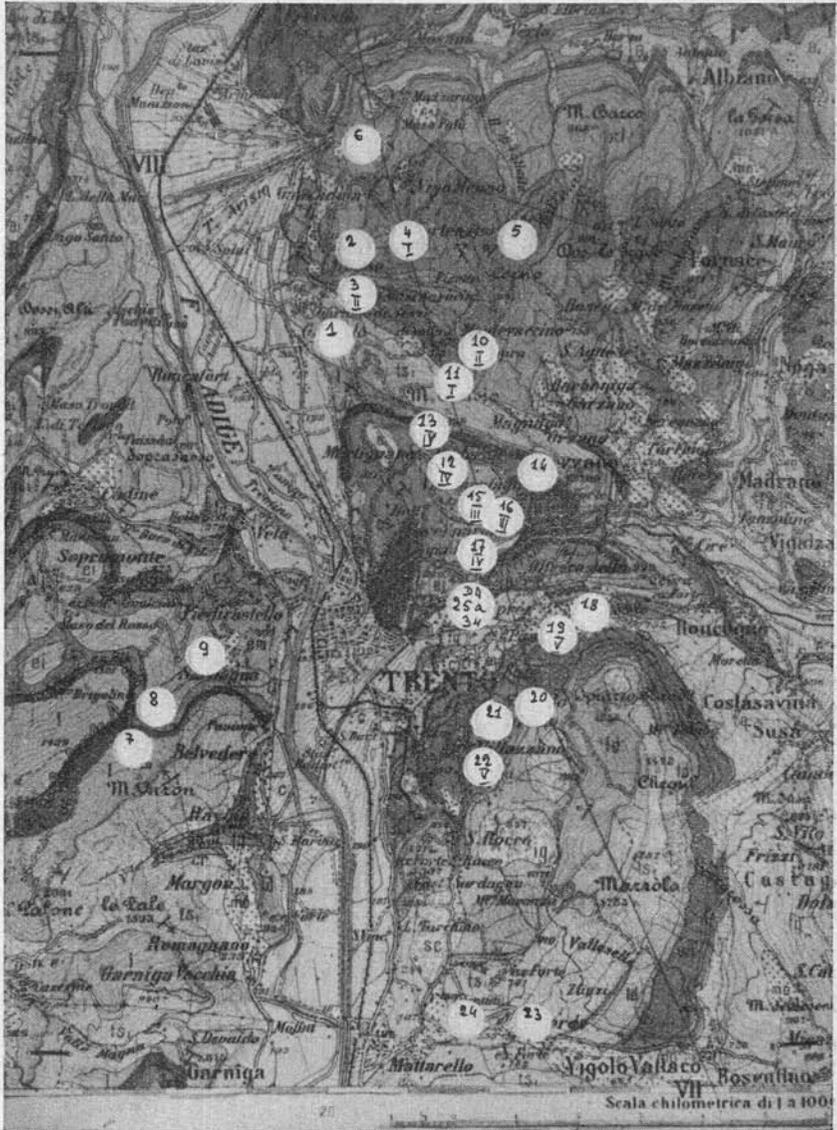


TABELLA 1

N.	Comune	Quota	Situazione geologica	t° aria	t° acqua	pH	Conduc. 18° 10 ⁻⁴	Residuo mgr/l	Cond. 10 ⁴ R	SiO ₂	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Fe ²⁺	CO ₂ Libera	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
1	Gardolo TN	262	Norico (23)	24	16	7,65	4,94	366,8	1,34	3,77	2,5	2,5	37,8	64,1	0,96	11,90	ass.	290,0	1,8	74,90
2	Meano TN	400	Permiano (30/31)	24	17	7,60	7,20	598,0	1,20	4,40	4,9	3,0	51,8	100,2	0,74	17,16	ass.	334,5	2,7	20,00
3	Gardolo di ½	410	Scitico (29)	24	13	7,80	6,02	464,0	1,29	3,80	4,4	5,0	46,8	73,1	1,22	11,42	ass.	306,0	3,75	12,43
4	Cortesano TN	585	Permiano I (30)	23	10	7,35	5,42	405,2	1,33	3,86	1,9	4,0	39,6	71,1	1,39	24,20	ass.	320,0	0,85	88,89
5	Vigo Meano TN	815	Scitico (29)	26	12	7,90	6,29	543,2	1,15	3,81	1,3	1,8	38,3	95,2	0,61	6,16	ass.	217,5	0,1	21,64
6	S. Lazzaro TN	310	Morene (6)	26	15	7,70	6,47	638,4	1,01	7,90	9,5	7,0	29,7	101,2	0,51	16,70	ass.	343,5	5,1	11,65
7	Vanezze TN	1320	Giurese (18/20)	19	11	7,45	2,06	148,0	1,39	4,82	0,3	0,72	4,2	45,1	0,20	8,8	ass.	151,2	—	ass.
8	Candriai TN	1040	Eoc. e Cret (11/15)	19	10	7,85	2,31	158,5	1,45	3,67	0,5	0,72	6,1	48,1	0,20	5,28	ass.	178,0	—	ass.
9	Sardagna TN	750	Eocene I (12)	22	11	7,25	4,10	301,0	1,36	6,25	1,3	0,80	15,2	72,1	0,44	25,54	ass.	326,0	—	tr.m.
10	Montevacino S.	800	Scitico (29)	24	9	7,50	4,05	292,4	1,38	4,19	0,65	1,2	30,3	50,1	1,0	15,40	ass.	262,3	0,5	52,60
11	Montev. di Sotto	740	Permiano I (30)	24	13	7,30	4,46	309,6	1,12	5,07	0,95	0,8	33,4	55,11	2,88	23,76	ass.	293,5	0,9	53,49
12	Maderno TN	530	Eocene I (12)	25	10	7,20	4,58	321,2	1,42	11,70	7,5	2,0	21,14	66,1	1,40	34,32	ass.	336,8	2,1	18,52
13	Martignano TN	420	Eocene I (12)	26	15	7,40	4,54	325,6	1,39	6,50	2,85	3,0	21,26	66,1	1,59	22,00	ass.	331,0	2	37,04
14	Villamontagna	630	Giurese S (17)	26	14	6,85	5,17	342,0	1,51	4,26	0,80	1,4	11,50	110,2	1,30	60,72	ass.	384,1	0,55	tr.m.
15	Moià TN	520	Eocene I (12)	26	12	7,35	3,36	221,6	1,51	5,29	0,45	2,0	10,3	55,1	1,39	15,84	ass.	238,5	0,9	tracce
16	Tavernaro	510	Eocene I (12)	25	13	7,50	3,66	268,0	1,36	5,80	2,70	0,8	12,1	66,9	1,54	15,4	ass.	276,1	1,0	tracce
17	Cognola TN	400	Eocene I (12)	24	17	7,42	5,13	364,0	1,40	7,42	7,80	3,0	25,5	76,9	5,80	25,52	ass.	373,4	4,1	30,86
18	Eremo TN	800	Morene (6)	24	17	7,55	2,42	162,8	1,48	3,02	0,5	1,2	20,6	30,0	3,64	7,92	ass.	152,5	0,3	13,57
19	Spre TN	660	Scitico (29)	16	14	7,60	3,07	224,0	1,37	3,36	0,6	1,2	23,5	43,3	1,48	6,16	ass.	201,9	0,05	33,33
20	Povo TN	640	Scitico (29)	17	11	7,60	2,99	230,0	1,30	3,56	0,5	1,2	21,3	43,3	2,06	7,48	ass.	169,6	0,50	48,96
21	Negrano TN	500	Scitico (29)	18	11	7,60	2,81	188,4	1,49	3,34	1,0	1,2	23,05	37,05	1,40	8,8	ass.	211,1	0,4	12,34
22	Villazzano TN	460	Scitico (29)	19	10	7,70	3,74	273,6	1,36	3,60	1,2	1,4	27,3	54,1	1,29	10,12	ass.	252,9	0,8	39,50
23	Valsorda TN	600	Norico (23)	19	13	7,35	3,51	224,4	1,56	2,78	0,5	1,0	27,3	49,1	0,46	18,04	ass.	270,9	0,75	tr.
24	Novaline TN	360	Morene (6)	21	13	7,42	2,72	174,0	1,56	2,39	0,2	0,72	20,26	37,4	0,59	12,32	ass.	211,7	0,64	tr.
25	F 3 TN	260		24	9,5	7,40	2,40	168,0	1,43	6,95	4,4	1,0	6,1	44,1	1,57	8,8	ass.	134,2	2,30	27,15
26	S 7 TN	260		24	9,5	7,25	2,93	195,6	1,50	6,45	3,6	0,8	15,20	48,1	1,12	15,8	ass.	194,6	1,55	26,74
27	F 7 TN	260	Sondaggi	24	9,5	7,35	2,83	192,8	1,47	6,95	4,8	0,75	12,76	47,1	1,37	11,4	ass.	171,7	2,20	27,98
28	F 8 TN	260	Subalveo Fersina in	24	9,5	7,35	2,86	192,8	1,49	7,20	4,8	1,0	12,16	47,1	2,00	11,0	ass.	170,8	2,10	29,21
29	S 11 TN	260	alluvioni antiche.	24	9,5	7,30	2,91	196,4	1,48	7,15	3,8	1,20	11,55	49,1	1,74	12,7	ass.	179,1	2,35	30,03
30	F 12 TN	260		24	9,5	7,20	2,86	192,0	1,47	6,62	5,8	1,0	16,41	46,1	1,77	13,6	ass.	173,3	2,50	27,98
31	F 15 TN	260		24	9,5	7,15	2,87	194,0	1,48	6,75	5,2	1,0	11,55	48,1	1,30	16,28	ass.	180,3	3,50	27,98
32	F 13 TN	260		24	9,5	7,25	2,70	179,2	1,51	6,76	5,4	1,0	11,55	44,1	1,90	13,20	ass.	161,6	1,90	31,27
33	F 14 TN	260		24	9,5	7,25	2,78	185,6	1,50	6,57	5,8	0,80	10,33	48,1	1,42	12,32	ass.	167,5	2,00	34,15
34	F 9 TN	260		24	9,5	7,35	2,80	186,0	1,50	6,91	6,0	1,30	12,16	46,1	1,24	13,50	ass.	165,0	2,15	34,97

N° 6 Morene e rivestimenti morenici di vari periodi. - N° 8. Alluvioni antiche generalmente sottostanti a depositi morenici. (Valli di Non, Cembra e Fersina; Civezzano). - N° 11. Eocene Medio. Auversiano. Calcari ad Ampullina vulcani e Cerithium Lachesis del M. Calmus (Trento). Luteziano. Calcari a Num, perforata. Calcari a Ortoframmine e Num, complanata, fra Dos Trento e Sardagna. Calcari marnosi ed arenacei con Schizaster Archiaci, M. Calmus, Dos Trento, Sardagna. N° 12. Eocene inferiore (Spilecciano). Marne cenerognole della Val di Non. Schisti arenaceo-marnosi a Pentaerinus diaboli e Pecten squamula di Cognola e di Doss Trento. - N° 15. Cretaceo superiore. Marne rossastre o grige più o meno calcaree o argillose (scaglie con Taonurus (Val di Non), Stenonia tuberculata e Cardiastrer subtrigonatus (Trento). - N° 18. Giurese superiore e medio in generale. Calcari marmorei bianchi e a sfumature gialle e rosse, talvolta dolomitici. - N° 20. Giurese inferiore (Lias). Serie dei «Calcari Grigi» con Terebratula rotzoana, con zone colitiche, livelli a Coralli e branchi di Lithiotis (Rocchetta, M. Calisio, Paganella, Bondone). Calcari con Gervilla Buchi. - N° 23. Norico. Calcari dolomitici e dolomie (Dolomia principale) con Turbo solitarius e Megalodonti. Talora superiormente include il Retico a facies esclusivamente dolomitica. - N° 29. Scitico (Werfeniano). Strati di Campil. Marne rosse e gialle a Natiria costata ed Avicula venetiana. Calcari colitici ad Holopella gracilior. Strati di Siusi (Seiss). Marne ed arenarie variegata a Pseudomonotis Clarai. (Termeno, M. Corona, Marzola, Sasso Alto, Val di Fiemme). - N° 30. Permiano superiore. Calcari colitico-dolomitici e marne equivalenti agli strati a Bellerophon. Gessi di Val di Fiemme, giacimenti di galena e di barite del Calisio e di M. Corona. - N° 31. Permiano inferiore. Arenarie quarzose con resti vegetali (flora di Egna a Voltzia ed Ullmania) prevalentemente grige nell'area meridionale e rosse in quella settentrionale del foglio, localmente anche gessose (Arenaria di Val Gardena).

TABELLA 2

N.	Comune	Gruppo	Situazione geologica	Ca/Mg	pH	Conduc. 18° 10 ⁻⁴	Residuo mgr/l	Cond. 10 ⁴	SiO ₂	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Fe ²⁺	CO ₂ Libera	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
								R											
1	Gardolo TN		Norico (23)	1,7	7,65	4,94	366,8	1,34	1,03	0,68	0,68	10,30	17,47	0,26	3,24	ass.	79,00	0,49	20,42
2	Meano TN		Permiano (30/31)	1,94	7,60	7,20	598,0	1,20	0,73	0,82	0,50	8,66	16,75	0,12	2,86	ass.	55,92	0,45	3,34
3	Gardolo di Mezzo	II°	Scitico (29)	1,55	7,80	6,02	464,0	1,29	0,82	0,94	1,07	10,08	15,75	0,26	2,46	ass.	65,90	0,80	2,68
4	Corteseano TN	I°	Parmiano I (30)	1,79	7,35	5,42	405,2	1,33	0,95	0,46	0,98	9,77	17,54	0,34	5,96	ass.	78,97	0,21	21,95
5	Vigo Meano TN		Scitico (29)	2,5	7,90	6,29	543,2	1,15	0,70	0,22	0,33	7,05	17,50	0,11	1,12	ass.	40,55	0,018	3,98
6	S. Lazzaro TN		Morene (6)	3,4	7,7	6,47	638,4	1,01	1,23	1,48	1,09	4,65	15,85	0,08	2,62	ass.	53,80	0,78	1,80
7	Venezze TN		Giurese (18/20)	10,9	7,45	2,06	148,0	1,35	3,25	0,20	0,49	2,83	30,47	0,13	5,94	ass.	102,03	0,00	0,00
8	Candriai TN		Eoc. e Cret (11/15)	7,9	7,85	2,31	158,5	1,45	2,31	0,31	0,45	3,84	30,30	0,12	3,32	ass.	112,3	0,00	0,00
9	Sardagna TN		Eocene I (12)	4,45	7,25	4,10	301,0	1,36	2,07	0,43	0,26	5,05	23,95	0,14	8,48	ass.	108,3	0,00	tr.m.
10	Montevacino Sopra	II°	Scitico (29)	1,56	7,50	4,05	292,4	1,38	1,43	0,22	0,41	11,28	17,13	0,34	5,26	ass.	89,70	0,17	19,00
11	Montevacino Sotto	I°	Permiano I (30)	1,65	7,30	4,46	309,6	1,12	1,64	0,30	0,25	10,79	17,80	0,93	7,66	ass.	94,80	0,29	17,30
12	Maderno TN	IV°	Eocene I (12)	3,13	7,20	4,58	321,2	1,42	3,64	2,33	0,62	6,58	20,57	0,43	10,64	ass.	104,86	0,65	5,78
13	Martignano TN	IV°	Eocene I (12)	3,12	7,40	4,54	325,6	1,39	1,99	0,87	0,92	6,52	30,30	0,48	6,74	ass.	101,65	0,61	11,36
14	Villamontagna TN		Giurese S (17)	9,75	6,85	5,17	342,0	1,51	1,24	0,23	0,11	3,36	32,74	0,38	17,74	ass.	112,3	0,16	tr.m.
15	Moià TN	III°	Eocene I (12)	5,15	7,35	3,36	221,6	1,51	2,38	0,21	0,09	4,64	24,86	0,62	7,14	ass.	107,76	0,40	tr.
16	Tavernaro TN	III°	Eocene I (12)	5,52	7,50	3,66	268,0	1,36	2,16	1,00	0,29	4,51	24,96	0,57	5,74	ass.	103,22	0,37	tr.
17	Cognola TN	IV°	Eocene I (12)	3,02	7,42	5,13	364,0	1,40	2,04	0,21	0,82	7,00	21,12	1,59	7,00	ass.	102,5	0,11	0,00
18	Eremo TN		Morene (6)	1,45	7,55	2,42	162,8	1,48	1,85	0,30	0,73	12,65	18,42	2,23	4,86	ass.	93,67	0,18	8,33
19	Sprè TN	V°	Scitico (29)	1,84	7,60	3,07	224,0	1,37	1,51	0,27	0,50	10,49	19,33	0,66	2,74	ass.	90,13	0,02	14,87
20	Povo TN		Scitico (29)	2,03	7,60	2,99	230,0	1,30	1,54	0,21	0,52	9,26	18,82	0,90	3,24	ass.	73,74	0,21	21,28
21	Negrano TN		Scitico (29)	1,60	7,60	2,81	188,4	1,49	1,77	0,53	0,63	12,21	19,66	0,74	4,66	ass.	112,04	0,21	6,55
22	Villazzano TN	V°	Scitico (29)	1,90	7,70	3,74	273,6	1,36	1,31	0,43	0,51	9,98	19,77	0,47	3,69	ass.	92,46	0,29	14,43
23	Valsorda TN		Norico (23)	1,80	7,35	3,51	224,4	1,56	1,24	0,20	0,44	12,16	21,88	0,20	8,03	ass.	120,07	0,33	tr.
24	Novaline TN		Morene (6)	1,65	7,42	2,72	174,0	1,56	1,37	0,11	0,41	11,64	21,49	0,34	7,08	ass.	121,66	0,35	tr.
25	F 3 TN			7,2	7,40	2,40	168,0	1,43	4,13	2,61	0,59	3,63	26,25	0,93	5,23	ass.	79,88	1,36	16,16
26	S 7 TN		Sondaggi	3,16	7,25	2,93	195,6	1,50	3,30	1,84	0,40	7,77	24,60	0,57	8,07	ass.	99,48	0,79	13,70
27	F 7 TN		Subalveo Fersina in	3,69	7,35	2,83	192,8	1,47	3,60	2,49	0,39	6,6	24,4	0,71	5,91	ass.	89,05	1,14	14,12
28	F 8 TN		in alluvioni antiche	3,87	7,35	2,86	192,8	1,49	3,73	2,49	0,52	6,3	24,4	1,03	5,70	ass.	88,58	1,08	15,15
29	S 11 TN			4,25	7,30	2,91	196,4	1,48	3,64	1,93	0,61	5,88	25,0	0,88	6,46	ass.	91,19	1,19	15,42
30	F 12 TN			2,80	7,20	2,86	192,0	1,47	3,44	3,02	0,52	8,54	24,0	0,92	7,08	ass.	90,26	1,30	14,57
31	F 15 TN			4,16	7,15	2,87	194,0	1,48	3,48	2,68	0,51	5,95	24,8	0,67	8,38	ass.	94,32	1,80	14,42
32	F 13 TN			3,81	7,25	2,70	179,2	1,51	3,77	3,01	0,55	6,44	24,6	1,06	7,36	ass.	90,17	1,06	17,44
33	F 14 TN			4,65	7,27	2,78	185,6	1,50	3,54	3,12	0,43	5,56	25,91	0,76	6,63	ass.	90,24	1,07	18,39
34	F 9 TN			3,79	7,35	2,80	186,0	1,50	3,71	3,22	0,70	6,77	24,78	0,66	7,26	ass.	88,7	1,15	18,80

N° 6 Morene e rivestimenti morenici di vari periodi. - N° 8. Alluvioni antiche generalmente sottostanti a depositi morenici. (Valli di Non, Cembra e Fersina; Civezzano). - N° 11. Eocene Medio. Auversiano, Calcarei ad Ampullina vulcani e Cerithium Lachesis del M. Calmus (Trento). Luteziano. Calcarei a Num, perforata. Calcarei a Ortoframmine e Num, complanata, fra Dos Trento e Sardagna. Calcarei marnosi ed arenacei con Schizaster Archiaci, M. Calmus, Dos Trento, Sardagna. N° 12. Eocene inferiore (Spilecciano). Marne eenerognole della Val di Non. Schisti arenaceo-marnosi a Pentaerinus diaboli e Peetem squamula di Cognola e di Doss Trento. - N° 15. Cretaceo superiore. Marne rossastre o grige più o meno calcaree o argillose (scaglie con Taonurus (Val di Non), Stenonia tuberculata e Cardiaster subtrigonatus (Trento). - N° 18. Giurese superiore e medio in generale. Calcarei marmorei bianchi e a sfumature gialle e rosse, talvolta dolomitici. - N° 20. Giurese inferiore (Lias). Serie dei « Calcarei Grigi » con Terebratula rotzoana, con zone colitiche, livelli a Coralli e branchi di Lithiotis (Rocchetta, M. Calisio, Paganella, Bondone). Calcarei con Gervillia Buchi. - N° 23. Norico. Calcarei dolomitici e dolomie (Dolomia principale) con Turbo solitarius e Megalodonti. Talora superiormente include il Retico a facies esclusivamente dolomitica. - N° 29. Scitico (Werfeniano). Strati di Campil. Marne rosse e gialle a Natiria costata ed Avicula venetiana. Calcarei colitici ad Holopella gracilior. Strati di Siusi (Seiss). Marne ed arenarie variegata a Pseudomonotis Clarai. (Termeno, M. Corona, Marzola, Sasso Alto, Val di Fiemme). - N° 30. Permiano superiore. Calcarei colitico-dolomitici e marne equivalenti agli strati a Bellerophon. Gessi di Val di Fiemme, giacimenti di galena e di barite del Calisio e di M. Corona. - N° 31. Permiano inferiore. Arenarie quarzose con resti vegetali (flora di Egna a Voltzia ed Ullmania) prevalentemente grige nell'area meridionale e rosse in quella settentrionale del foglio, localmente anche gessose (Arenaria di Val Gardena).

TABELLA 3

Gruppo	Comune	Ca/Mg	SiO ₂	pH	Conduc. 18° 10 ⁻⁴	Residuo mgr/1	Cond. 10 ⁴	Fe ³⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₂ lib.	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
							R										
I°	Cortesano TN	1,79	0,95	7,35	5,42	405,2	1,33	0,34	17,54	9,77	0,46	0,98	2,98	—	78,97	0,21	21,95
	Montevaccino Sotto	1,65	1,64	7,30	4,46	309,6	1,44	0,93	17,80	10,79	0,30	0,25	3,83	—	94,80	0,29	17,30
II°	Gardolo di mezzo	1,55	0,82	7,80	6,02	464,0	1,29	0,26	15,75	10,08	0,94	1,07	1,23	—	65,90	0,80	2,68
	Montevaccino Sopra	1,56	1,64	7,50	4,05	292,0	1,38	0,34	17,13	11,28	0,22	0,41	2,63	—	89,70	0,17	19,00
III°	Tevernaro	5,52	2,16	7,50	3,66	268,0	1,36	0,57	24,96	4,51	1,00	0,29	2,87	—	103,22	0,37	tracce
	Moià	5,15	2,38	7,35	3,36	221,6	1,51	0,62	24,86	4,64	0,21	0,09	3,57	—	107,76	0,40	tracce
IV°	Cognola	3,02	2,04	7,42	5,13	364,0	1,40	1,59	21,12	7,00	0,21	0,82	3,50	—	102,5	0,11	8,48
	Martignano	3,12	1,99	7,40	4,54	325,6	1,39	0,48	20,30	6,52	0,87	0,92	3,37	—	101,65	0,61	11,36
	Maderno	3,13	—	3,64	4,58	321,2	1,42	0,43	20,57	6,58	2,33	0,62	5,32	—	104,86	0,65	5,765
V°	Villazzano	1,90	1,31	7,70	3,74	273,6	1,36	0,47	19,77	9,98	0,43	0,51	1,84	—	92,46	0,29	14,43
	Sprè Oltrecast.	1,51	0,08	7,60	3,07	224,0	1,37	0,66	19,33	10,49	0,27	0,50	2,74	—	90,13	0,02	14,87