SULLA CONTINUITÀ SOTTERRANEA DEL FIUME TIMAVO

Contributo mineralogico

del socio

Ing. Francesco Salmojraghi

Professore di geologia applicata nel R. Istituto tecnico superiore di Milano

SOMMARIO: ***Preliminari.*** — ***Rocce:*** Calcari cretacei; Calcari liburnici; Calcari nummulitici; Arenarie e marne eoceniche; Terre rosse. — ***Sabbie:*** Sabbie del Timavo e delle grotte; Sabbie d'altre località. — ***Riepilogo e conclusione.*** — ***Appendice sull'Aurisina.***

Preliminari.

Uno dei fenomeni più grandiosi di idrografia sotterranea è quello che presenta il Timavo nel Carso di Trieste; l'argomento non è nuovo alla letteratura geologica italiana, dappoichè lo descrissero, fra gli altri, Stoppani (1) e Taramelli (2).

Un fiume nasce a piè del monte Catalano, fra il monte Nevoso ed il Quarnero, scorre verso maestro in una valle scolpita per circa 40 chilometri in terreni marno-arenacei, poi per altri 7 chilometri gradatamente si affonda nei calcari e si inabissa nella grotta di *S. Canziano;* riappare poco dopo per due volte sul fondo di due immani doline, poi definitivamente scompare. È il *Timavo soprano,* più noto col nome di *Recca.*

A circa 34 chilometri in linea retta da S. Canziano, pure verso maestro, nasce a piè dell'altipiano del Carso, presso San Giovanni di Duino, un grande fiume che dopo brevissimo corso (circa due chilometri) sfocia nell'Adriatico di fianco alla foce dell'Isonzo. È il *Timavo inferiore,* il Timavo descritto da Vir-

(1) Stoppani, *Corso di geol.*, I, 267, Milano, 1871.

(2) Taramelli, *Alcune osservazioni geol. sul Carso di Trieste e sulla valle del fiume Recca, ecc.* Rend. Ist. Lom. XI, Milano, 1878.

gilio. E sulla stessa costa, a circa 9 chilometri verso Miramare, sgorgano presso il livello marino le polle dell'*Aurisina* che forniscono l'acqua a Trieste.

La grotta di S. Canziano, e quindi il corso del Timavo sotterraneo, venne percorsa per circa 2700 metri a partire dalla prima scomparsa del fiume, finchè nel 1893 l'insormontabile ostacolo di un laghetto e di un sifone si frappose agli animosi che si aprirono una via in quelle latebre (1). Ma l'altipiano che nudo ed ondulato si stende da S. Canziano a Duino e all'Aurisina è sforacchiato da numerose grotte o pozzi carsici, che si inabissano a grandissime profondità e che in parte svelarono il mistero del corso sotterraneo.

Tre grotte, che trovansi sulla direzione anzidetta, sono a questo riguardo particolarmente interessanti. Nella grotta dei *Serpenti* (Kačna jama) presso Divaccia (a 3 chilometri e mezzo da S. Canziano) esplorata fino alla profondità di metri 304 (metri 141 s.m.) frammezzo ad immani fatiche e perigli, Marinitsch ed i suoi compagni nel 1896, se non giunsero a trovare il fiume che cercavano, trovarono bensì, in diversi punti, evidenti tracce delle sue piene (2). Un vero fiume era stato meravigliosamente scoperto fino dal 1841 da Lindner alla profondità di metri 322 (metri 19 s.m.) nella grotta di *Trebiciano* e successivamente in diverse epoche (3) riveduto e studiato da altri (4). E una grotta infine che fu recentemente rilevata presso la stazione di *Nabresina* raggiungerebbe nel suo punto più profondo (113,63 dal suolo, 35,40 s.m.) secondo le osservazioni ed i calcoli di Boegan, il livello della massima elevazione dello stesso fiume ipogeo (5). Per ciò questo, se realmente tocca i tre punti citati, avrebbe un percorso sotterraneo di oltre 40 chilometri.

---

(1) Müller, *Die Grottenwelt von St. Canzian*, Zeit. d. deut. u. öst. Alpenvereins, XXI, Wien, 1890. — Id., *Entdeckungsfahrten in den St. Canzianer Höhlen im Jahre 1890*. Mitth. d. d. u. ö. AV., Wien, 1891. — Martel, *Les abimes*, pag. 469, Paris, 1894.

(2) Marinitsch, *La Kačna-Jama*, Mém. de la Soc. de Spéléologie, Paris-Rennes, 1896. — Id., *Id.* (Nouv. explor.), Bull. de la Soc. de Spél. Ibid., 1896. — Müller, *Die Kačna Jama im Karst bei Divača*. Zeitschr. d. deut. u. öster. Alpenvereins, XXXI, Berlin, 1900.

(3) 1841-2; 1849-51; 1870; 1884-6; 1891; 1895-7. — Dal 1893 la grotta di Trebiciano non è più accessibile.

(4) Schmidl, *Ueber den unterirdischen Lauf der Recca*, Sitzungsber. d. mathnaturwis. Cl. d. k. Akad. d. Wissensch., VI, Wien, 1851. — Morpurgo, *La grotta di Trebiciano*, Atti e mem. della Soc. alp. delle Giulie, Trieste, 1897.

(5) Boegan, *Grotta presso la Staz. fer. di Nabresina*, Alpi Giulie, VII, p. 29, 41, Trieste, 1903.

Che l'acqua che sorge a S. Giovanni di Duino, in parte almeno, sia la stessa che è scomparsa a S. Canziano, non vi può essere per l'insieme dei fatti osservati il menomo dubbio. Ma una prova materiale ed indiscutibile non esiste ancora. In diversi tempi si fecero tentativi per dimostrare la continuità sotterranea del Timavo soprano, o del fiume scorrente nella grotta di Trebiciano, col Timavo inferiore, sia a mezzo di galleggianti variamente foggiati (principalmente da Grablovitz nel 1880-1882 e dalla Società alpina delle Giulie nel 1884), sia nel 1891 a mezzo di sostanze coloranti per cura delle Autorità di Trieste e col concorso della Società anzidetta e della Sezione del Litorale della Società alpina austro-tedesca. Ma il risultato di quest'ultima esperienza fu decisamente negativo; quello delle prime (con galleggianti) in parte negativo, in parte dubbio (1).

Fin da quando collaborai all'esame di alcuni progetti pei provvedimenti d'acqua di Trieste (2), pensai se non fosse possibile trovare la prova che si cerca nel confronto fra la composizione chimica delle torbide, che il Timavo inabissa a S. Canziano, e quella delle torbide che con lui escono a Duino o si raccolgono nelle vasche di deposito costruite alle sorgenti dell'Aurisina, o infine rimasero in alcuni punti delle diverse grotte esplorate. Più tardi, dopo che mi dedicai allo studio microscopico delle sabbie, pensai che, anzichè all'analisi chimica, potesse con maggior probabilità di successo ricorrersi all'analisi mineralogica. Ma non mi sarebbe stato mai possibile di tradurre in atto il mio pensiero se non mi fosse venuto l'aiuto di Eugenio Boegan, un valoroso esploratore delle grotte tergestine, che coi suoi colleghi della Società alpina delle Giulie, occupa un eminente posto nel campo della speleologia italiana. Egli mi ha trasmesso, in parte raccolti da lui stesso, in parte da altri, degli interessanti saggi, principalmente di sabbie e terre rosse della regione, ai quali potei aggiungere altri saggi di rocce, da me raccolti per lo passato. Lo studio di questo materiale forma l'og-

---

(1) Grablovitz, *Lettura al convegno di S. Canziano*, Atti e mem. Soc. alpin. triestini, Trieste, 1885. — Id., *L'idrologia del Carso*. Ibid. — Morpurgo, op. cit., 1887. — Doria, *Cenni intorno alle ricerche sulla continuità delle acque del Carso, ecc.* Atti e mem. Soc. alp. delle Giulie, Trieste, 1893.

(2) Paladini e Salmojraghi, *Relazione sui progetti di approvigionamento d'acqua per Trieste, ecc.* Trieste, 1895.

getto della presente nota; esso fu intrapreso nell'intento di trovare una più sicura prova della continuità sotterranea del Timavo da S. Canziano a Duino. In quale misura l'intento sia stato raggiunto, risulterà dalle conclusioni che seguiranno; alle quali (pag. 148) rimando anzi il lettore, cui non interessano i dettagli mineralogici, che mi hanno servito per formularle.

Rocce.

Nel bacino idrografico del Timavo soprano, i cui confini sono indistinti per la natura carsica delle regioni che lo contornano, si riconoscono dal basso all'alto i seguenti principali terreni:

1. I calcari compatti della *creta* contenenti qua e là, talor copiosamente, resti di rudiste.

2. I calcari talor bituminosi e lignitiferi, con characee e fossili d'acqua dolce e salmastra, che col nome di piano *liburnico* o di *protocene* separano in questa regione e nelle contigue la creta dall'eocene.

3. I calcari *nummulitici* dell'*eocene inferiore,* per lo più compatti, caratterizzati dalla copia di nummuliti ed alveoline.

4. Le *marne* scistose (tassello) e le *arenarie* (masegno) dell'*eocene superiore,* in distinte stratificazioni ed anche in strati alternati, povere di fossili e associate in basso a calcari e conglomerati nummulitici.

5. Infine la *terra rossa* che è la più importante formazione neogenica delle regioni carsiche.

Queste formazioni sono così distribuite nell'area che ci interessa. La terra rossa compare soltanto sopra i calcari, a qualsiasi livello essi appartengano, e specialmente nelle loro fenditure e sul fondo delle doline. Le rocce marno-arenacee occupano tutto il corso del Timavo soprano, ad eccezione dell'ultima tratta, fra Auremio (Vrem) e S. Canziano, che precede la sua disparizione sotterra. Nelle stesse rocce sono incise le vallette degli affluenti del Timavo stesso con maggior estensione per quelli di sinistra in confronto di quelli di destra. Le rocce calcaree, invece, nummulitiche, liburniche e cretacee, compaiono nell'anzidetta ultima tratta del Timavo soprano e nel corso su-

periore de' suoi affluenti, donde si estendono poi a formare gli altipiani carsici.

Non è mio còmpito di descrivere qui maggiormente la natura litologica, le suddivisioni, i limiti e la tettonica di queste formazioni. Poichè solo dati di dettaglio potei notare nelle mie gite traverso a quella regione nel 1894 e 1896 e potrei ora aggiungere a quelli che furono già pubblicati principalmente da Stache fra i geologi austriaci, da Taramelli fra gli italiani. Io ora ho studiato alcuni pochi saggi delle anzidette rocce, che in quell'epoca raccolsi nel bacino del Timavo o fuori di esso ma spettanti alle stesse formazioni (ad eccezione di un calcare della grotta di Nabresina inviatomi da Boegan), e le studiai soltanto dal punto di vista dei minerali che contengono, solo in quanto cioè possono aver contribuito alla formazione della sabbia del Timavo soprano. È uno studio che non è necessario, ma che è utile premettere a quello della sabbia stessa.

Per isolare i detti minerali, onde sottoporli all'esame microscopico, ricorsi ai soliti mezzi, cioè, secondo la natura delle rocce, decalcificazione a freddo con acido diluito o polverizzazione e levigazione. Solo l'arenaria potè essere studiata anche in una sezione sottile.

Calcari cretacei. — Esaminai quattro saggi, tutti compatti, più o meno fetidi alla percossa e provenienti:

I, da Bistrizza (Illirisch Feistritz) presso la celebre sorgente omonima, affluente di destra del Timavo soprano; di colore bianco-giallognolo, con qualche frammento di bivalvi spatizzato;

II, da Sembije (Schembie) sullo stesso versante di destra; pure bianco-giallognolo, con resti di rudiste;

III, da una cava presso Basovizza ad occidente del monte Concusso (Kokus) sull'altipiano del Carso; bianco, con distinte ippuriti;

IV, da un pozzo scavato nel fondo della grotta di Nabresina; di colore cinereo, a frattura concoide, con resti organici spatizzati, indeterminabili (1).

(1) Il pozzo venne scavato dall'ing. Polley, per scopo di ricerche d'acqua, nel 1902 e 1903. Iniziato sul fondo della grotta presso la stazione di Nabresina (N. 89 nella numerazione delle grotte tergestine), alla quota di metri 35,40 s. m. e spinto con una perforazione verticale, seguita da una inclinata fino a m. 0,45 s. m., attraversò argilla gradatamente associantesi a blocchi di calcare, indi calcare in posto, donde Boegan a metri 3 s. m. staccò il saggio trasmessomi (Alpi Giulie, VII, p. 32, Trieste, 1902; VIII, p. 94, 1903).

Le sostanze insolubili ricavate da questi saggi e separate poi per levigazione e filtrazione in *sabbia* e *limo* e il *carbonato di calcio* calcolato per differenza (1) sono qui esposte in cifre percentuali:

Numero d'ordine	PROVENIENZA	Peso dei saggi in grammi	Sabbia	Limo	Carbonato di calcio
			percentuali		
I	Bistrizza	148	0,00	0,15	99,85
II	Sembije	107	—	0,86	99,14
III	Basovizza	123	0,00	0,02	99,98
IV	Nabresina	185	0,02	0,19	99,79

Il limo, in gran parte formato di sostanze carboniose, è bruno o nero. La sabbia non fu avvertita nel saggio II e solo per pochi granuli (in proporzione minore del 0,005 %) nei saggi I e III. In quello trovai: quarzo in prismi bipiramidati e in granuli, quarzo aggregato, magnetite, ilmenite, limonite, ortose, granato, biotite; in questo: quarzo colle stesse forme, magnetite, limonite, tremolite, granato, clorite. Più abbondante e più varia è la sabbia isolata dal saggio IV, che oltre tutti i precedenti minerali contiene anche calcedonio, cromite, rutilo, microclino, zircone, tormalina, epidoto e muscovite.

Ora i prismi di quarzo, il cui nucleo è ripieno di minutissime inclusioni di carbonati, sono certamente *autigeni*, cioè formatisi in seno alla roccia; molti granuli di quarzo colle stesse inclusioni hanno la stessa origine (da venette quarzose); così sono autigeni la limonite e fors'anche la tremolite perchè è in cristalli. Gli altri devono ritenersi *allotigeni*, cioè derivati da rocce preesistenti e probabilmente pervenuti al mare cretaceo per azione eolica. Il materiale troppo scarso non consente altri commenti.

(1) Con tale procedimento vengono trascurati (e per la loro scarsezza ritengo sieno veramente trascurabili), il carbonato di magnesio od altri composti, che per la lunga durata della decalcificazione poterono eventualmente essere sciolti, ad onta del trattamento con acido diluito ed a freddo. Questa osservazione vale anche per gli altri calcari più avanti in modo analogo studiati.

In ogni modo, stando alle fatte osservazioni, i calcari cretacei, che formano in gran parte i versanti più elevati del bacino del Timavo soprano e l'ultimo tratto del suo corso subaereo, possono aver dato ben pochi elementi alle sabbie del fiume, oltre ben inteso gli elementi calcarei.

Calcari liburnici. — Lo stesso deve dirsi dei calcari del piano liburnico, di cui esaminai due saggi, compatti, nerastri, raccolti entrambi sul Carso, da un giacimento che è prossimo e continuativo a quello entro cui il Timavo soprano s'affonda innanzi sparire nei calcari cretacei (1), e precisamente:

V, presso l'incontro della strada S. Canziano-Trieste con la strada Divaccia-Rodìtti (Rodik); è fetido alla percossa, sparso di sferule calcitiche, probabilmente formatesi sopra semi di characee;

VI, presso l'incontro della stessa strada S. Canziano-Trieste colla ferrovia Divaccia-Pola; mostra sezioni di gasteropodi di acqua salmastra.

Con un trattamento analogo a quello precedentemente indicato ottenni:

Numero d'ordine	PROVENIENZA	Peso dei saggi in grammi	Sabbia	Limo	Carbonato di calcio
			per centuali		
V	Carso	178	0,00	0,32	99,68
VI	„	270	0,01	0,50	99,49

Il limo è nero, e formato quasi in totalità di sostanze carboniose con tracce di idrocarburi.

Il poco residuo sabbioso del saggio V, oltre alcuni granuli, certamente allotigeni, di quarzo e di tormalina, e qualche prisma autigene di quarzo con inclusioni calcitiche, è costituito da un minerale la cui determinazione non è sicura.

(1) Ciò appare, meglio che altrove, nella carta geologica di Marchesetti annessa alla sua opera: *Flora di Trieste e de' suoi dintorni*, Trieste, 1896-97.

Trattasi di lunghi prismi ad asse in vari sensi contorto, quindi vermiformi, lievemente giallognoli od incolori; con discreta rifrangenza e debole birifrangenza, estinzione parallela dove l'asse è rettilineo, ondulata dove è curvo; otticamente negativi secondo l'asse stesso, e normalmente ad esso sfaldabili in lamelle che in piano appaiono sempre estinte. Benchè tali prismi non abbiano forma esagonale, perchè le lamelle riescono irregolari, pure l'insieme dei caratteri descritti corrisponderebbe ad un minerale di tipo cloritico e d'aspetto vermicolare. E questo minerale che, colle dovute riserve, chiamerei senz'altro clorite vermicolare, è, pel suo colore, poco o punto ferrifero e indubbiamente autigene.

Nel residuo sabbioso del saggio VI, parimenti scarso, sono rappresentati fra i minerali allotigeni: quarzo, attinoto, zircone, tormalina, muscovite, biotite ed altri di non sicura determinazione. Come autigeni notai il quarzo in cristalli con inclusioni nere e delle sferule piccolissime (diam. da 5 a 50 μ) di limonite, probabilmente derivate da solfuri, come meglio potei riconoscere in un altro calcare più avanti analizzato.

Quindi anche i calcari liburnici, d'altronde poco sviluppati, non possono avere sensibilmente contribuito a fornire gli elementi non calcarei della sabbia del Timavo soprano.

Calcari nummulitici. — Il contrario deve dirsi, in parte almeno, dei calcari nummulitici di cui esaminai quattro saggi provenienti:

VII, dalla valle del Rosandra a monte di Bagnoli (Bolliunz, Boljunc) presso i molini Gorenij; compatto, bigio-azzurrognolo, con numerose sezioni bianche di nummuliti, fetido alla percossa;

VIII, da un erratico raccolto sulla spiaggia presso Miramare; grigio, semicompatto, con visibili sezioni di nummuliti sulle superficie erose ed anche nell'interno;

IX, da Bistrizza, ove giace in contatto apparente colla formazione cretacea donde ebbi il saggio I; compatto, d'aspetto brecciforme, con visibili nummuliti ed alveoline soltanto sulle superficie erose;

X, da Postejnsek, una valletta affluente di destra del Timavo soprano; di color bianco-giallognolo, a struttura granulare, consta esclusivamente dall'aggregazione di nummuliti ed

altre foraminifere con qualche elemento clastico macroscopico e sembra associato all'arenaria eocenica, che in quella località sta manifestamente in posizione rovesciata, cioè sottoposta al calcare cretaceo di Podtabor.

Da questi saggi, dei quali soltanto gli ultimi due spettano al bacino del Timavo soprano, ottenni:

Numero d'ordine	PROVENIENZA	Peso dei saggi in grammi	Sabbia	Limo	Carbonato di calcio
			percentuali		
VII	Rosandra	204	0,00	0,11	99,89
VIII	Miramare	118	0,01	0,22	99,77
IX	Bistrizza.	185	2,80	2,43	94,77
X	Postejnsek	396	3,76	4,52	91,72

Il limo ricavato dai saggi VII e VIII è nero e analogo per composizione a quello dei calcari liburnici; è invece giallo o al più giallo scuro nei saggi IX e X.

Fra le sabbie poi esaminai in modo particolare quella isolata dal calcare di Postejnsek (X) ch'ebbi in maggior copia. Essa non è uniforme di grana, essendo formata per circa una metà di grani grossi e ciottoletti fino di 3 mm. di diametro e per l'altra metà di grani medii e fini. Di questi ultimi riporto nella tabella seguente la composizione mineralogica e le proporzioni approssimative dei componenti. Esse furono determinate col procedimento che recentemente in un'altra nota ho descritto, cioè ottenendo dapprima, mediante la numerazione parziale dei singoli minerali, le percentuali dei granuli della sabbia arricchita coll'agitazione a secco e poi correggendole coi dati ricavati dalla sabbia naturale per mezzo di una numerazione per gruppi [1].

[1] Salmojraghi, *Sullo studio mineral. delle sabbie e sopra un modo di rappresentarne i risultati*, Atti Soc. it. d. sc. nat., XLIII. Milano, 1904. — È bene notare che la composizione mineralogica e la proporzione dei componenti, espresso con numeri o con epiteti, qui e più avanti nel presente scritto, si riferiscono soltanto alla parte *più fina* delle sabbie esaminate, quella cioè che può determinarsi al microscopio per mezzo dei caratteri cristallografici ed ottici; non si riferiscono al complesso delle sabbie come vengono isolate dalle diverse rocce o raccolte dai loro giacimenti. Le proporzioni dei componenti in queste variano grandemente colle dimensioni dei granuli.

Sabbia isolata dal calcare di Postejnsek (X).

MINERALI	Percentuali dei granuli (1)	MINERALI	Percentuali dei granuli (1)
Solfuro di ferro	0,31		71,71
Quarzo	56,76	Glaucofane	0,02
Calcedonio e piromaca .	6,26	Granato	0,38
» organico . .	2,48	Zircone	0,14
Opale	0,04	Tormalina	0,13
Ilmenite e magnetite . .	0,35	Staurolite	0,01
Cromite	0,11	Muscovite	0,77
Rutilo	0,07	Sericite	0,25
Limonite	0,64	Biotite	0,04
Ortose	2,53	Cloritoide	0,05
Microclino	0,34	Clorite	0,62
Plagioclasio	1,82	Glauconite	0,14
Attinoto	0,00	*Minerali dubbi*	25,79
	71,71		100,00

Come appare dalle cifre esposte, la sabbia isolata dal calcare di Postejnsek è povera di minerali pesanti e contiene una forte proporzione di minerali dubbi (oltre $^1/_4$). Ma ciò non infirma la composizione indicata dalla tabella, perchè tranne un solo minerale di diagnostica incerta (2), tutti gli altri qualificati come dubbi sono per lo più minerali leggieri (quarzo, calcedonio, felspati), indistinguibili perchè inquinati di limo o di limonite, o perchè fra loro aggregati. Tutt'al più, se avessero

(1) Dedotti dalla osservazione di 9240 granuli, in 160 campi di microscopio ed 8 preparati.

(2) Ha i seguenti caratteri: forma di granuli corrosi; tenero; discreto rilievo; colore verde-giallo; tracce di fibrosità visibili solo a forte ingrandimento, con fibre positive ed estinzione parallela; polarizzazione a colori abbastanza vivaci in parte d'aggregato, in parte d'insieme. Sembra perciò un minerale di tipo *celadonitico* o *glauconitico*: ma non è consentito dare un giudizio più preciso, nè tentare altre indagini, essendo raro.

potuto distinguersi, ne sarebbe risultata una certa modificazione nelle percentuali dei minerali stessi, ma nessuna sensibile in quelle dei minerali pesanti.

Alcuni dei componenti sono di formazione autigene. Tale anzitutto il primo nominato nell'elenco, che è piuttosto frequente tra i minerali pesanti e si presenta in sferule isolate (diam. da 20 a 120 μ) o più spesso aggregate in forma di grappoli schiacciati raggiungenti la dimensione fin di 200 μ. Le sferule, irte di punte cristalline e non magnetiche, sono sempre opache, talora a lucentezza metallica, grigie o giallo-livide, talor limonitizzate alla superficie o totalmente convertite in limonite. Sono concrezioni, che ai caratteri anzidetti si riconoscono per solfuro di ferro, probabilmente marcassite, per quanto un saggio microchimico non abbia data che imperfettamente la reazione del solfo per l'estrema scarsità del materiale saggiato. Oltre le anzidette sferule vi sono anche cristallini indubbiamente di pirite.

Sono pure di formazione autigene il quarzo in prismi bipiramidati con inclusioni calcitiche (d'altronde raro e nella numerazione non tenuto distinto dal quarzo in granuli) e la glauconite che presentasi anche con forme di riempimento di organismi. Lo stesso, in parte almeno, potrebbe supporsi di qualche altro: opale, limonite, forse clorite.

Ma la grande maggioranza dei minerali componenti la sabbia del calcare di Postejnsek è allotigene, e cioè di origine clastica, e quindi pervenuta al mare eocenico da aree emerse per l'azione di fiumi o per erosione di coste. Che ciò sia e che queste aree constassero almeno in parte di rocce cristalline, lo si arguisce dalla non uniformità di grana e dalla natura e dal numero delle specie minerali osservate. Ma la copia di calcedonio organico, e precisamente di sferule di radiolari, accenna anche alla partecipazione di rocce sedimentari, probabilmente secondarie.

Taluni minerali danno qualche ulteriore lume. Fra questi noto la tormalina, che vi si distingue per due fatti non abituali ad essa quando è componente di sabbie; anzitutto perchè oltre la solita forma di prismi vi assume spessissimo quella di schegge; poi per la grande variabilità del pleocroismo specialmente nelle dette schegge, le quali nella direzione di massimo assorbimento presentansi gialle, o giallo-oscure, o azzurre (indicolite) o violette o verde-cupe o nere. Ciò non è sufficiente a far supporre

provenienze diverse, perchè le tormaline sono talora policrome nello stesso cristallo: ma il primo fatto accenna ad una provenienza da tormaline macroscopiche e quindi da rocce propriamente tormalinifere. Ricordo a questo proposito che nelle sabbie del Ticino e dell'Adda le schegge di tormalina sono affatto eccezionali, i prismi (o monconi di prismi) quasi esclusivi, benchè nei corrispondenti bacini non manchino rocce nelle quali la tormalina è macroscopicamente riconoscibile. A maggior ragione quindi la copia delle schegge nella sabbia del calcare di Postejnsek ha il significato che sopra le ho attribuito.

In secondo luogo cito la cromite, che è un minerale raro come componente di sabbia; altrove non ne ho avvertita mai la presenza; in Italia parmi l'abbiano segnalata soltanto Colomba e Manasse (1); mentre qui diventa un minerale comune, poichè fu già rinvenuto in un calcare cretaceo (IV); nella sabbia isolata dal calcare di Postejnsek è relativamente frequente, più del rutilo e solo un po' meno dello zircone e della tormalina; infine con proporzioni uguali o diverse ci comparirà nelle altre rocce calcaree o marno-arenacee dell'eocene, nelle terre rosse e nelle sabbie tutte della regione.

È in granuli sempre angolosi senza forma cristallina, nè tracce di sfaldatura, colle dimensioni da 40 a 180 μ, neri a luce riflessa, opachi se grossi, giallo-bruni per trasparenza se piccoli; in tal caso molto rifrangenti e perfettamente isotropi. Talora sono giallo-trasparenti anche se grossi. Questi caratteri, a cui si aggiunge il forte peso riconosciuto col liquido Thoulet, convengono tanto ad un minerale del gruppo dei granati (melanite) quanto ad uno del gruppo degli spinellidi. Il primo va escluso perchè i granuli sono infusibili, anzi coll'arroventamento non soffrono alcuna alterazione nella trasparenza e nel colore, nè si disgregano mediante fusione col carbonato sodico. D'altra parte la prova microchimica mediante la disgregazione con bisolfato potassico e successiva reazione con nitrato d'argento (2) e la prova colla perla al borace mostrano che si tratta senza dubbio alcuno di un minerale cromifero, quindi picotite o cromite o un termine intermedio. La prova della durezza, che sarebbe decisiva, non può farsi in modo sicuro; solo si riconosce che i granuli sono fragili, poichè con una punta d'ago vanno in minute schegge, e tale fragilità s'accorderebbe di più colla

(1) Colomba, *Osserv. minerr. su alcune sabbie delle colline di Torino*, Atti R. Acc. delle scienze di Torino, XXXI. Torino, 1896. — Manasse, *Di una sabbia ferro-cromo-titanifera rinvenuta a Castiglioncello*, Proc. verb. Soc. tosc. d. sc. nat., XII. Pisa, 1899-1901.

(2) Behrens, *Anleitung z. mikrochem. Analyse*. 102. Hamburg u. Leipzig. 1899.

mediocre durezza della cromite (5,5), che con quella molto maggiore della picotite (8), per quanto fra i due caratteri non vi sia sempre relazione. Infine il confronto fatto con un saggio di cromite della Nuova Caledonia, messa nelle stesse condizioni granulometriche, conduce alla persuasione trattarsi realmente di questo minerale, benchè manchi la sanzione, impossibile finora ad ottenersi, di una più completa analisi chimica. Vi sono però anche dei termini intermedi fra cromite e magnetite; poichè i granuli, che benchè grossi appaiono giallo-bruni per trasparenza, non sono magnetici; mentre debolmente lo sono quelli che appaiono opachi, i quali però sono sempre trasparenti se ridotti in esili schegge e in tal caso con un giallo-bruno più oscuro (1). Perciò nelle valutazioni percentuali, la cromite fu talora conglobata colla magnetite e colla ilmenite.

Ora donde pervenne nelle nostre sabbie questa cromite, che è un minerale comune nelle meteoriti, ma non molto diffuso nelle rocce terrestri, e solo compare in masserelle, nidi o vene od anche in granuli, come componente accessorio di peridotiti e serpentini? Nell'interpretare la derivazione dei minerali delle sabbie bisogna procedere con grande cautela, onde non fuorviare in ipotesi cervellotiche. Nel nostro caso sarebbe ovvio di supporre che la cromite rinvenuta nelle rocce e nelle sabbie del Timavo e del Carso sia derivata da rocce peridotiche o serpentinose, quando essa fosse accompagnata, se non dall'olivina che facilmente si altera, almeno dal serpentino. Il prof. L. C. Moser (2), nella sua ottima descrizione scientifica del Carso, ha bensì segnalato il ritrovamento di ciottoli di serpentino nel distretto arenaceo dei dintorni di Trieste; ma io non potei in nessuna delle rocce e delle sabbie qui studiate (ad eccezione della sabbia della spiaggia di Barcola, di cui si dirà più avanti) riconoscere la presenza di quel minerale, che ha pur caratteri ottici distinti, nè delle sue varietà conosciute come antigorite, bastite e crisotilo; mentre sappiamo che il serpentino compare sempre nelle sabbie del Po e suoi affluenti piemontesi, lombardi ed emiliani, in quelle dei fiumi appennini dell'Italia centrale, e quasi sempre

---

(1) Il carattere della trasparenza non è fra quelli citati da Colomba e da Manasse per la cromite delle sabbie delle colline di Torino e di Castiglioncello; la quale oltre che col saggio chimico, venne distinta dall'ilmenite perchè magnetica, e dalla magnetite perchè non attaccata dall'acido cloridrico.

(2) Moser, *Der Karst in naturwis. Hinsicht geschildert*, Jahresber. ü. d. k. k. Gymn. in Triest. XL. 12, Triest, 1890. — Id., *Comunicazione alla Soc. min. di Vienna*, Centralblatt, 442, 1902.

nelle arenarie e nei calcari posteocenici della stessa regione; e non manchi infine, secondo le osservazioni di Artini (1), alle sabbie dei fiumi del Veneto, che pur non hanno considerevoli affioramenti di rocce serpentinose nei loro bacini.

Ciò stante può farsi l'ipotesi che la cromite di cui si tratta provenga dalle rocce sopranominate, ma indirettamente, cioè di seconda o di terza mano, dopo essere passata attraverso diverse rocce sedimentari; e sia in certo modo, per la sua inalterabilità e forse per una cernita dovuta al suo rilevante peso, un minerale *superstite* di antichissime rocce peridotiche e serpentinose. Ma è sempre un'ipotesi da accogliersi con riserva (2).

Fra i minerali caratteristici della sabbia del calcare di Postejnsek, noto: cloritoide, glaucofane e staurolite, che sono propri di scisti cristallini. Così merita di essere rammentata la clorite per le sue colorazioni varie (verde, verdognola, giallognola od incolora) e la sua forma di lamelle spesso contorte ed arricciate. Nè infine è priva di significato l'assenza, constatata con parecchie separazioni Thoulet, di minerali frequenti altrove nelle sabbie: l'apatite, i pirosseni tutti e, può dirsi, anche gli anfiboli, rappresentati solo dal termine sodifero (glaucofane) e da rarissimo attinoto. L'assenza di questi minerali fu già da me trovata caratteristica della sabbia isolata dal calcare miocenico di S. Marino (3), e interpretata come escludente una derivazione dalle Alpi e favorevole all'ipotesi d'una terra sommersa, l'Adria.

Da ultimo nei grani grossi e ciottoletti associati alla sabbia del calcare di Postejnsek, si riscontrano coll'esame macroscopico e microscopico (previa polverizzazione) per lo più dei minerali: quarzo (anche aggregato), calcedonio con inclusi radiolari, piromaca, limonite, glauconite e in minor numero rocce: argilloscisti, forse filladi e inoltre micascisti, cloritoscisti, scisti a glaucofane, qualche roccia felspatica mal determinabile, nessuno con sicurezza riferibile ad arenarie o a rocce eruttive.

---

(1) Artini, *Intorno alla composizione mineralogica delle sabbie di alcuni fiumi del Veneto*, ecc., Padova, 1898.

(2) Moser (op. cit., 1899) nei ciottoli di serpentino da lui trovati presso Trieste ha distinto con una lente dei granuli bruni con orli gialli, che ritenne granato. Ora non potrebbe invece trattarsi di cromite, che io pure anche col microscopio giudicai da prima per granato bruno? Sarebbe interessante risolvere il dubbio, a conferma o meno dell'ipotesi fatta sulla derivazione della cromite.

(3) Salmojraghi, *Osserv. miner. sul calcare mioc. di S. Marino (M. Titano) in relazione all'origine delle sabbie adriatiche e all'ipotesi dell'Adria*, Rend. Ist. Lomb., XXXVI, Milano, 1903.

Confermasi ad ogni modo che gli elementi allotigeni del calcare nummulitico di Postejnsek, se in parte possono supporsi derivati da rocce scisto-cristalline (e il quarzo aggregato ne è un' ulteriore prova), in parte derivano certamente da rocce sedimentari preterziarie.

Per le sabbie isolate dagli altri calcari nummulitici sarò più breve.

La sabbia del calcare di Bistrizza (IX) assomiglia per composizione alla precedente, perchè contiene gli stessi minerali ad eccezione dei più rari (attinoto, glaucofane, staurolite). Ne differisce però per la straordinaria abbondanza della piromaca (circa 33 %), la quale si è isolata colla decalcificazione in granuli ed anche in grosse schegge, friabili, quindi ritengo originariamente compenetrata di calcite. Forse trattasi di un ciottoletto di piromaca casualmente contenuto nel saggio che, come dissi, aveva struttura brecciforme.

Ben poca è la sabbia ottenuta dal calcare di Miramare (VIII); ma essa si distingue da tutte le altre per essere prevalentemente formata di due minerali: la glauconite, verde o verde-giallognola o giallastra, in granuli e scaglie irregolari o con forme organiche e il quarzo in prismi bipiramidati, colle dimensioni da 10 fino a 340 μ, isolati o raggruppati e ricchi, specialmente negli individui più grossi, di inclusioni di diversa natura, per lo più calcitiche e glauconitiche, talora disposte secondo linee di accrescimento. Trattasi quindi di minerali autigeni, ai quali per analogia di formazione si aggiungono scarse sferule di solfuro di ferro e rarissime schegge di opale. Ma non mancano, benchè in proporzione di gran lunga minore, dei minerali allotigeni e cioè: quarzo (in granuli e senza inclusioni), ilmenite, cromite, ortose, attinoto, granato, zircone, epidoto, muscovite, cloritoide e clorite; tutti, tranne l'epidoto, trovati già nel calcare di Postejnsek.

Infine nei pochi granuli forniti dal calcare del Rosandra (VII) notai due minerali autigeni: la clorite vermicolare, analoga, benchè meno distinta, a quella rinvenuta in un calcare liburnico (V) e delle sferule limonitizzate; fra i minerali allotigeni soltanto quarzo, granato, zircone e clorite lamellare.

Prima di procedere alle formazioni che seguono, giova qui fare un rimarco sui minerali isolati dalle rocce calcaree precedenti.

Rispetto ai minerali autigeni, che sono principalmente concrezioni di solfuro di ferro, cristalli di quarzo, clorite vermicolare e glauconite, non emerge alcun rapporto netto e sicuro fra la loro distribuzione e frequenza e l'età dei calcari dove si rinvengono. Sta che pei saggi esaminati i cristalli di quarzo si trovarono in tutti e tre i livelli, cioè nei calcari cretacei, liburnici e nummulitici; le concrezioni di solfuro e la clorite vermicolare soltanto nei liburnici e nummulitici; la glauconite soltanto nei nummulitici. Ma non risulta che quei minerali siano rispettivamente in qualche modo caratteristici dei diversi livelli. Manifestamente le osservazioni fatte sono insufficienti per risolvere questo problema, sia per il numero limitato delle rocce esaminate, sia per la poca quantità del materiale impiegato nell'esame di ciascuna di esse. Il problema d'altronde, per quanto non privo d'interesse, si scosta troppo dall'argomento principale di questo scritto; nè io ora avrei agio e mezzo per ulteriormente approfondirlo.

In quanto ai minerali allotigeni rimane accertato, nei limiti delle osservazioni fatte, che essi sono sempre molto scarsi in tutti i calcari cretacei e liburnici, ed anche nei calcari nummulitici inferiori; e che in quantità notevole si ritrovano soltanto nei calcari nummulitici più elevati che stanno in contatto della formazione marno-arenacea o si associano ad essa. Tale è il caso del calcare di Postejnsek. Perciò la serie completa dei detti minerali potei determinarla solo in quest'ultimo calcare. In tutti gli altri i minerali ritrovati spettano bensì in generale alle stesse specie, ma sono in numero troppo piccolo, perchè possano avere un significato; per quanto appaia probabile che il loro numero sarebbe cresciuto, se il materiale esplorato fosse stato più abbondante. Per calcari così poveri di minerali allotigeni bisogna almeno decalcificarne un chilogramma. Ad ogni modo la derivazione da torbide affluenti al bacino eocenico e procedenti da aree di rocce cristalline e di rocce sedimentari preterziarie rimane plausibile soltanto pei minerali allotigeni di detti calcari superiori, in tutti gli altri casi appare più probabile un'origine eolica.

Arenarie e marne eoceniche. — Queste rocce, per la loro grande estensione nel bacino e perchè sono clastiche, hanno maggior parte nella formazione delle sabbie che ci interessano.

Ciò è ovvio per l'arenaria, ma sta anche per la marna che per quanto meno ricca di granuli sabbiosi, è più erodibile; indi le acque torbide e fangose che il Timavo soprano travolge anche in piene mediocri. Esaminai un saggio solo per ciascuna specie di rocce, e cioè:

XI, arenaria, presso la confluenza del rivo Dolgi nel Padez (il quale poi unendosi alla Suhorica forma il Sisena, un importante tributario di sinistra del Timavo soprano). È durissima, azzurrognola, simile al macigno toscano, con cemento non totalmente calcareo, perchè i pezzi che non presentano vene calcitiche fanno debole effervescenza con acidi, in ogni caso, anche se ridotti prima della decalcificazione in frammenti piccoli, non si risolvono in sabbia se non con susseguente pressione.

XII, marna, presso il molino Dekleva sulla sponda destra del Timavo soprano, di fronte alla confluenza del Sisena, precedentemente menzionato. È di colore giallognolo negli strati scoperti, non spappolabile coll'acqua, deve polverizzarsi prima, per essere poi decalcificata e levigata.

Colle anzidette operazioni ottenni:

Numero d'ordine	PROVENIENZA	Peso dei saggi in grammi	Sabbia	Limo	Carbonato di calcio
			percentuali		
XI	Dolgi (arenaria) . .	119	63,57	17,13	19,30
XII	Dekleva (marna) .	24	11,62	79,83	8,55

Il limo ricavato dall'arenaria è cinereo, quello dalla marna giallognolo, in entrambi i casi consta in parte di sostanze argillose ed ocracee, in parte di minutissime particelle, che spettano, in quanto può osservarsi, agli stessi minerali costituenti la sabbia.

Innanzi parlare di questa conviene per brevità di esposizione indicare la diagnosi dell'arenaria (XI) rilevata in una sezione sottile.

In questa sezione notasi a primo sguardo la solita struttura a mosaico che è propria delle arenarie. Il quarzo è il minerale dominante, in granuli piccoli e pressochè uniformi. Vien dopo in ordine di fre-

quenza la calcite in vene o in granuli clastici disseminati (e in questo caso anche torbida e derivante da calcari compatti), o in forma di foraminifere, o infine costituente il cemento che rilega gli altri granuli, mista però a sostanze silicee, probabilmente calcedoniose. Abbastanza frequente trovasi il calcedonio in frammenti o colla forma organica di piccole sfere, elissoidi o cilindri, o colla polarizzazione fina della piromaca. Meno frequenti sono i minerali lamellari, muscovite e clorite; la prima con varietà squamose o fibrose (sericite), la seconda talora aderente a biotite (da cui sembra derivi e che inalterata è rara), entrambe in lamine curve adattantisi ai granuli di quarzo. Talora la clorite riempie totalmente gli interstizi irregolari fra i granuli stessi; ma anche in questo caso deve ritenersi che, almeno in prevalenza, sia clastica e cioè abbia preso la forma degli interstizi per una specie di plasticità. Scarsi sono i felspati, talora riconoscibili per ortose, microclino o plagioclasio, spesso alterati. Infine decisamente rari sono i minerali pesanti: ilmenite o magnetite, cromite, granato, zircone, tormalina, interposti fra i granuli di quarzo; il zircone anche come inclusione specialmente della muscovite.

Nella sabbia ricavata dalla stessa arenaria per mezzo della decalcificazione si riscontrano gli stessi minerali con gradi poco diversi di frequenza, eccettuati naturalmente i carbonati. Però la sabbia consentendo maggior numero di osservazioni e potendo con l'agitazione o con la separazione Thoulet arricchirsi di minerali pesanti, mostrò, benchè sempre rari, altri componenti che nella sezione sottile mancarono, e cioè: sferule di solfuri di ferro per lo più limonitizzate, opale, rutilo, staurolite, cloritoide, titanite ed apatite. Dall'arenaria può ricavarsi della sabbia anche mediante la polverizzazione e la levigazione senza decalcificazione; in questo caso fra i carbonati, che ricompaiono, distinguesi la calcite limpida, in romboedri di sfaldatura delle vene, i granuli torbidi di formazione allotigene, oltre qualche foraminifera. Il paragone fra le due sabbie, in relazione al modo con cui furono ottenute, rende improbabile che fra i carbonati sia presente la dolomite.

Infine la sabbia isolata dalla marna (XII) è perfettamente uguale per composizione a quella ricavata dalla arenaria e infatti soltanto la titanite non fu trovata in essa. Ciò era da attendersi perchè le due rocce sono associate, spesso in strati alternati e anzi talor fanno passaggio tra di loro. Perciò le percentuali date più sopra di limo, sabbia e carbonati non hanno

valore generale; vi sono marne quasi totalmente formate di limo ed altre che pel più ricco contenuto in granuli sabbiosi si accostano alle arenarie. Però la sabbia della marna è meno inquinata, cioè i suoi componenti hanno subìto minor alterazione e sono più distinti; ciò che attribuisco alla minore penetrabilità della roccia all'acqua circolante.

Per quanto la sabbia ottenuta dall'arenaria e dalla marna eoceniche non sia stata sottoposta ad un esame sistematico ed esauriente, come lo fu la sabbia del calcare nummulitico di Postejnsek, pure le osservazioni fatte sono sufficienti a mostrare che le due sabbie spettano ad uno stesso tipo e quindi i loro elementi (che ricordiamo trovarsi entro rocce geologicamente e topologicamente contigue) sono con molta probabilità derivate dalla stessa area di denudazione o da una di poco spostata. Una conclusione diversa non sarebbe consentito di prendere, dappoichè le differenze si riducono a queste sole, che nell'arenaria e nella marna mancano, o dirò meglio non furono rinvenuti, attinoto e glaucofane, che sono fra i più rari nel calcare di Postejnseck; mentre in questo sembrano mancanti apatite e titanite.

Terre rosse. — Ho esaminato tre saggi di terra rossa proveniente dal Carso, dove per aspetto, giacitura ed origine non differisce da quella che si trova sulle aree calcaree del bacino del Timavo soprano. Per ciò riporto qui le osservazioni fatte, che speravo tornassero utili anche al problema tuttora discusso dell'origine. Furono pubblicate da Vierthaler delle analisi chimiche di terra rossa della regione [1] ma non è a mia conoscenza alcuna analisi mineralogica. I tre saggi provengono:

XIII, da una fenditura del calcare nummulitico, sulla scarpa della ferrovia Nabresina-Trieste a 400 m. dalla fermata di S. Croce verso Aurisina (130 m. sul mare);

XIV, dalle vicinanze di S. Croce, a un chilometro verso nord-est dall'abitato, e a m. 0,20 sotto le zolle erbose (190 m. sul mare).

XV, dal pozzo scavato dentro la grotta di Nabresina, donde provenne anche il saggio di calcare IV (3 m. sul mare).

---

(1) Boll. Soc. adr. di sc. nat., V, 1880; VI, 1881.

Questi tre saggi, il cui colore varia dal rosso-mattone, lievemente giallognolo, al rosso-bruno, constano in sostanza di un'argilla ocracea più o meno plastica, ma contengono in proporzione variabile (dall'1 al 15 per cento in peso): ciottoletti per lo più di calcari compatti, erosi, frammenti di calcari concrezionali, talor grossi grani di limonite compatta, o di sostanze carboniose, detriti di molluschi, frustoli vegetali, ecc. Eliminato tutto ciò nel miglior modo, assoggettai l'argilla ad una prolungata levigazione, dapprima in un vaso chiuso, a più tubulature, poi in una capsula, con forte spappolamento e pressione della mano, in modo da ottenere alla fine un residuo sabbioso, come dal seguente quadro, dove il limo espulso, sempre di colore rossastro, fu calcolato per differenza, poichè non era prezzo dell'opera di raccoglierlo per filtrazione.

Numero d'ordine	PROVENIENZA	Peso dei saggi in grammi	Sabbia	Limo
			percentuali	
XIII	S. Croce (fenditura)	103	1,50	98,50
XIV	„ (sotto le zolle) . .	123	7,08	92,92
XV	Nabresina (pozzo).	102	18,48	81,52

Quindi la sabbia è contenuta nella terra rossa in quantità molto variabile; essa ha sempre colore giallognolo e grana non uniforme.

Esaminai in modo completo soltanto la sabbia del saggio XIII, benchè ottenuta in quantità minore; perchè essa derivando da una terra rossa formatasi nella fenditura di un calcare ebbe minor probabilità di subire influenze estranee, posteriori alla formazione. Nella tabella seguente ne do la composizione percentuale approssimativa, dedotta col metodo precedentemente indicato, avvertendo che non vi computai i granuli di limonite che sono un residuo di quelli espulsi collo spappolamento e la levigazione.

Sabbia isolata dalla terra rossa da una fenditura del calcare presso S. Croce (XIII).

MINERALI	Percentuali dei granuli (1)	MINERALI	Percentuali dei granuli (1)
Solfuro di ferro in sferule	0,08		88,59
Quarzo	78,75	Granato	0,42
„ in cristalli	1,40	Zircone	0,35
„ aggregato	0,23	Andalusite	0,01
Calcedonio in frammenti	3,76	Sillimanite	0,01
„ organico in sferule	1,24	Cianite	0,01
Piromaca	0,64	Epidoto	0,40
Opale	0,02	Zoisite	0,03
Ilmenite, cromite e magnetite	0,55	Tormalina	0,12
Rutilo	0,11	Staurolite	0,03
Carbonati	0,12	Muscovite	0,06
Ortose	0,82	Sericite	0,04
Microclino	0,12	Biotite	0,09
Plagioclasio	0,64	Cloritoide	0,03
Tremolite	0,01	Clorite	0,31
Attinoto	0,04	Titanite	0,04
Orneblenda	0,06	Apatite	0,02
		Minerali dubbi	9,44
	88,59		100,00

Questa tabella suggerisce tosto alcune considerazioni. Anzitutto i carbonati vi compaiono in quantità relativamente piccola, trattandosi di una materia formatasi nella fenditura di un calcare. Ciò risponde bene al noto concetto che la terra rossa rappresenti la *cenere insolubile*, residuata dalla lenta decalcificazione di rocce calcaree per opera di acque carboniche. Ma secondo questo concetto noi dovremmo trovare nel residuo sabbioso, ot-

(1) Dedotte dalla osservazione di 7615 granuli, in 95 campi di microscopio e 5 preparati.

tenuto dalla levigazione di quella terra, gli stessi minerali che si ottengono colla più rapida decalcificazione delle medesime rocce per mezzo di acidi diluiti e quindi i minerali autigeni ed allotigeni, quali abbiamo riscontrato precedentemente in diversi calcari cretacei, liburnici e nummulitici. Ciò non risulterebbe in modo evidente per la terra rossa che ci occupa, dappoichè il rapporto fra le due anzidette categorie di minerali trovati in essa è ben diverso dall'analogo rapporto riscontrato nella sabbia isolata dai calcari. In questi la quantità dei minerali autigeni supera o presso a poco uguaglia quella dei minerali allotigeni (fatta eccezione per alcuni calcari arenacei come quello di Postejnsek; e il calcare nummulitico di S. Croce non mi sembra si trovi in questo caso). Invece nella terra rossa esaminata i minerali autigeni (solfuro di ferro e cristalli di quarzo) sono una piccolissima frazione degli altri, manifestamente allotigeni.

Ora la prevalenza di tali minerali e il numero elevato delle loro specie, fa pensare ad un altro fattore, cioè all'azione di acque superficiali (pluviali), che per quanto non si radunino sul Carso in corsi distinti, pur scorrono e trasportano gli elementi sabbiosi isolatisi dai calcari (o da arenarie contigue) e tendono a frammischiarli nei punti favorevoli al radunarsi della terra rossa.

Ma ciò non basta; nella terra rossa esaminata sonvi minerali, come orneblenda, granato bruno (melanite), andalusite, sillimanite, cianite, ecc., che non rinvenni nelle rocce cretacee ed eoceniche della regione; altri, come l'epidoto, rarissimi in queste, sono frequenti in quella. Credo che tale fatto non si possa in altro modo spiegare che per un'azione eolica. È noto con quanta violenza i venti dominano l'altipiano del Carso; non è da meravigliarsi se il turbinio di polvere che essi sollevano e trasportano da regioni lontane e lontanissime venga ad aggiungere nuovi minerali a quelli delle rocce locali. E questa azione eolica dura da quando la regione si costituì nella sua orografia attuale.

Per ciò è prevedibile, che la composizione mineralogica del residuo sabbioso ricavato dalla terra rossa si differenzi da un caso all'altro secondo la natura del calcare da cui questa deriva, la vicinanza di altre rocce, l'azione anzidetta delle acque e dei venti, e inoltre secondo che la terra stessa si è deposta nelle fenditure, alla superficie di suoli pianeggianti, nel fondo

di doline o nelle grotte eventualmente percorse da ruscelli sotterranei. Questa previsione è confermata dagli altri due saggi di terra rossa, ch'ebbi a mia disposizione e dei quali espongo qui la composizione mineralogica ed i gradi di frequenza dei singoli componenti, desunti sommariamente dall'esame di parecchi preparati per ciascun saggio.

Sabbia isolata dalla terra rossa presso S. Croce, sotto le zolle erbose (XIV):

MINERALI DOMINANTI: *carbonati*, in granuli per lo più arrotondati e torbidi o, se grossi, opachi nel centro, provenienti da calcari compatti.

ABBONDANTI: *quarzo*, in granuli arrotondati od angolosi; *carbonati*, limpidi o semitorbidi, in granuli, prismi, lamine e solidi di sfaldatura, talora con strie di geminazione, provenienti da calcite spatica o da calcari concrezionali.

FREQUENTI: *calcedonio*, in frammenti; *carbonati*, in schegge o lamine giallognole, a struttura reticolata od imbricata, probabilmente di origine organica; *zircone; epidoto.*

SCARSI: *quarzo aggregato; calcedonio*, in sferule di radiolari; *ilmenite* e *magnetite; cromite; rutilo; orneblenda; granato; tormalina; muscovite*, in lamine corrose; *biotite*, per lo più alterata.

MOLTO SCARSI: *solfuri di ferro*, in sferule; *piromaca; dolomite; ortose; attinoto.*

RARI: *quarzo*, in cristalli; *carbonati*, in forma di foraminifere; *plagioclasio; tremolite; glaucofane; cianite; zoisite; staurolite; cloritoide; clorite; titanite; apatite.*

Sabbia isolata dalla terra rossa dal pozzo nella grotta di Nabresina (XV):

MINERALI DOMINANTI: *quarzo*, in granuli angolosi.

ABBONDANTI: *carbonati*, in granuli limpidi, per lo più irregolari, talor con tracce di sfaldature o strie di geminazione, provenienti da calcite spatica o da calcari concrezionali; *carbonati*, chiazzati di pigmenti ocracei, in cristalli per lo più a spigoli obliterati, e cioè granuli tondeggianti (romboedri), isolati o raggruppati in forma di grappoli, punte di scalenoedri, prismi o fasci di prismetti, ecc., probabilmente un prodotto di acque calcarifere.

FREQUENTI: *ilmenite* e *magnetite; zircone; tormalina.*

SCARSI: *calcedonio*, in frammenti: *calcedonio*, in sferule di radiolari; *cromite; rutilo; granato; muscovite; biotite.*

MOLTO SCARSI: *solfuri di ferro*, in sferule e cristalli; *piromaca; carbonati*, a struttura imbricata, d'origine organica; *ortose; apatite.*

RARI: *quarzo*, in cristalli; *plagioclasio; orneblenda; epidoto; cloritoide; clorite; glauconite.*

È evidente la differenza nella composizione mineralogica fra queste due sabbie e più ancora fra di esse e la sabbia prima analizzata (XIII). I carbonati, rari in questa, sono invece dominanti od abbondanti in quelle. Nè è agevole darne ragione; solo sembra che la forma speciale dei carbonati in romboedri e scalenoedri, che è caratteristica alla terra rossa del saggio XV, sia connessa colla posizione in cui essa si è formata, cioè dentro una grotta, ove fu ed è tuttora attivo il processo di cristallizzazione del carbonato calcico, sciolto come bicarbonato nelle acque di sgocciolamento.

Ad ogni modo può concludersi che la composizione mineralogica della sabbia isolata dalla terra rossa non ha sensibile importanza per il problema genetico.

Sabbie.

Le osservazioni precedenti fatte su rocce del bacino del Timavo soprano, o giacenti fuori di esso ma spettanti alle stesse formazioni, possono già dare una qualche idea sulla composizione mineralogica della sabbia trasportata da quel fiume. Ma è lo studio di questa e il confronto colle sabbie delle grotte o rinascenti col Timavo inferiore che formano l'obbietto principale della presente nota.

Sabbie del Timavo e delle grotte. — Di tali sabbie ebbi a mia disposizione sette saggi e qui ne indico la provenienza secondo i dati che Boegan mi ha fornito; indico pure, tra parentesi, quando e da chi i saggi furono raccolti:

XVI, dall'alveo del Timavo soprano (Recca) in prossimità dell'ultimo molino, poco prima che il fiume si inabissi nella voragine di S. Canziano, a m. 324 s. m. (29 marzo 1903, Boegan e Paolina);

XVII, dal duomo Martel nella grotta di S. Canziano, fuori del letto ordinario del fiume sotterraneo, a m. 220 s. m. (settembre 1902, Marinitsch);

XVIII, dalla grotta dei Serpenti, nella caverna che fu detta del *Recca*, a m. 165 s. m., dove da una fessura allargata l'acqua si innalza nelle massime piene (8 luglio 1897, Marinitsch);

XIX, dalla stessa grotta, nel canale principale, a circa 600 metri dal fondo del pozzo d'accesso e a m. 200 s. m. (30 dicembre 1900, Boegan e Paolina) (1);

XX, dal fondo della grotta di Trebiciano, a m. 30 sul mare (22 novembre 1896, Boegan) (2);

XXI, dal fondo della grotta presso la stazione di Nabresina a metri 35,40 s. m. (17 giugno 1902, Boegan) (3);

XXII, dal Timavo inferiore presso S. Giovanni di Duino a m. 1 sopra la massima magra (agosto 1902, Boegan).

Alcune di queste sabbie, quelle del Timavo soprano (XVI), delle grotte dei Serpenti (XVIII, XIX) e di Trebiciano (XX) e del Timavo inferiore (XXII) si assomigliano grandemente fra di loro nei caratteri esterni. Hanno la grana più o meno fina e sensibilmente uniforme, il colore terreo-oscuro, un po' brizzolato di grigio o giallastro e sono copiosamente inquinate di sostanze argillose ed ocracee con frustoli vegetali, che, raccolte per levigazione come limo, si trovarono variabili dal 10 al 30 %.

Le altre due sabbie delle grotte di S. Canziano (XVII) e di Nabresina (XXI) si scostano nell'aspetto esterno dalle precedenti per essere molto più fini, d'un colore uniforme e più chiaro e ancora più ricche di limo (fin 70 %), talchè meglio si qualificherebbero per argille sabbiose.

Naturalmente allo studio microscopico di queste sabbie precedette una levigazione per espellere il limo che sempre disturba l'osservazione. Per quattro di esse (XVI, XIX, XX, XXII), che sono le più importanti, feci la ricerca mineralogica in modo sistematico e completo; per le altre (XVII, XVIII, XXI) l'esame fu sommario. E delle prime riporto qui in un sol quadro, per brevità di esposizione e per facilitare il confronto, la composizione mineralogica e le proporzioni dei componenti, ottenute queste come di solito sulla parte più fina, tanto col metodo precedentemente indicato, quanto con una separazione nel liquido di Thoulet (4). Le percentuali sono espresse con tre decimali, quindi si notano 0,000 quando sono minori di 0,0005.

(1) Cfr.: Alpi Giulie, VI, 1901, p. 11.

(2) La discesa nella grotta di Trebiciano effettuata da Boegan il 22 novembre 1896 è rammentata dalle Alpi Giulie (I, p. 50, 1896), ma per errore di stampa colla data del 22 novembre 1895.

(3) Cfr.: Alpi Giulie, VII, 1902, p. 41.

(4) Salmojraghi, op. cit., 1904, p. 72.

Sabbie del Timavo soprano, delle grotte dei Serpenti e di Trebiciano e del Timavo inferiore.

MINERALI	Timavo soprano XVI	Grotta dei Serpenti XIX	Grotta di Trebiciano XX	Timavo inferiore XXII
	Percentuali dei granuli (*)			
Solfuri di Fe	0,016	0,007	0,001	0,000
Quarzo in granuli	61,608	66,224	63,586	66,824
„ in cristalli	0,000	0,096	0,150	0,024
„ aggregato	2,500	3,136	2,792	2,995
Calcedonio in frammenti	6,959	2,702	2,882	4,601
„ organico	1,616	0,820	1,260	1,462
Piromaca	2,526	1,110	1,201	1,869
Opale	0,003	—	—	—
Ilmenite, cromite, magnetite	0,129	0,539	0,114	0,071
Rutilo	0,031	0,083	0,014	0,009
Limonite	0,725	0,463	0,073	0,056
Carbonati (calcite)	4,519	1,317	1,382	3,900
Ortose	1,360	1,064	0,780	1,869
Microclino	0,449	0,289	0,180	0,312
Plagioclasio	1,053	0,772	0,511	0,887
Tremolite e attinoto	0,001	—	—	0,000
Orneblenda	—	—	—	0,000
Glaucofane	—	—	—	0,000
Granato	0,103	0,305	0,081	0,049
Zircone	0,068	0,222	0,069	0,027
Epidoto	0,002	—	0,001	0,001
Zoisite	—	—	—	0,000
Tormalina	0,056	0,080	0,025	0,018
Staurolite	0,000	0,003	0,001	0,000
Muscovite	0,051	0,065	0,001	0,148
Sericite	0,029	0,013	0,000	0,071
Biotite	0,036	0,065	0,008	0,122
Cloritoide	0,007	0,008	0,003	0,002
Clorite	0,166	0,038	0,015	0,078
Glauconite	0,005	—	—	—
Titanite	—	0,000	—	—
Apatite	0,002	0,017	0,004	—
Minerali dubbi	15,980	20,562	24,866	14,605
	100,000	100,000	100,000	100,000

(*) Dedotte dall'osservazione di 11033 granuli, in 247 campi di microscopio e 12 preparati per il Timavo soprano; rispettivamente di 4795, 120 e 6 per la grotta dei Serpenti; 5625, 120 e 6 per la grotta di Trebiciano; 6090, 160 e 8 per il Timavo inferiore.

Da questa tabella appare anzitutto che nelle sabbie del Timavo soprano, delle grotte dei Serpenti e di Trebiciano e del Timavo inferiore, non vi sono che i minerali osservati nelle sabbie isolate dalle diverse rocce cretacee, liburniche ed eoceniche della regione, tranne poche e trascurabili eccezioni. Per esempio vi manca la clorite vermicolare, che è autigene in alcuni calcari (V e VII); ma la sua forma di esili prismi basta a spiegarne la disparizione in un corso d'acqua. Dalla stessa tabella appare in secondo luogo che le quattro sabbie poste in raffronto non sono perfettamente uguali nella composizione e nelle proporzioni dei componenti.

Le differenze di composizione però cadono esclusivamente sopra dei minerali rari, che in alcune sabbie compaiono, in altre no. Per esempio il glaucofane che non potei rinvenire nella sabbia del Timavo soprano (dove pur non dovrebbe mancare, poichè esiste in una roccia del suo bacino, ma che in ogni modo vi deve essere estremamente raro, perchè non ritrovato nelle arenarie e nelle marne che sono le principali fonti di quella sabbia), il glaucofane, dico, fu notato soltanto nel Timavo inferiore. Dicasi analogamente dei minerali parimenti rari: opale, tremolite ed attinoto, glauconite, titanite, apatite, ecc. Ma per tutti gli altri l'accordo fra le quattro sabbie è perfetto.

Più degne di riflessione appaiono le differenze nelle proporzioni. A questo riguardo conviene distinguere i componenti determinabili delle sabbie in tre categorie: 1° i minerali *pesanti* con peso specifico maggiore di 2,94 che affondano nel liquido Thoulet avente la densità dell'aragonite e sono nel nostro caso: solfuri di Fe, ossidi di Fe, Ti, Cr, anfiboli, granato, zircone, epidoto e zoisite, tormalina, staurolite, cloritoide, titanite, apatite; 2° i minerali *leggieri* che nello stesso liquido galleggiano e sono quarzo, calcedonio e piromaca, opale, calcite, felspati, glauconite; 3° i minerali *lamellari* e cioè le miche, che hanno un peso specifico oscillante intorno a quello dell'aragonite e le cloriti che di regola ne hanno uno minore, ma spesso affondano, perchè incrostate di limonite.

La tabella seguente, ricavata dalla precedente, indica le percentuali delle anzidette categorie.

	Timavo soprano XVI	Grotta dei Serpenti XIX	Grotta di Trebiciano XX	Timavo inferiore XXII
Minerali pesanti	1,140	1,727	0,386	0,233
„ leggieri	82,598	77,530	74,724	84,743
„ lamellari	0,282	0,181	0,024	0,419
„ dubbi	15,980	20,562	24.866	14,605
	100,000	100,000	100,000	100,000

Posto ciò le differenze rilevanti che esistono nelle proporzioni dei minerali lamellari non sono da prendersi in considerazione, poichè questi e specialmente le miche, per la forma di esili lamelle, hanno sempre proporzioni instabili in tutte le sabbie.

Le differenze nelle proporzioni dei minerali pesanti dipendono principalmente dal diverso grado di ricchezza di ciascuna sabbia. Tali differenze, come è noto, si rinvengono anche nelle sabbie di un fiume subaereo, prelevate in punti diversi di una stessa sezione (nell'alveo o nelle golene) o in tempi diversi (dopo una piena o una magra). A maggior ragione e quindi in modo più spiccato devono riscontrarsi nelle sabbie di un fiume sotterraneo, dove l'alveo è così bizzarramente foggiato e l'acqua a tratte alternate ora scorre in canali che gli esploratori poterono navigare, ora si espande in tranquilli bacini, ora si immette in angusti cunicoli o li riempie tutti, sì da trasformarli permanentemente o discontinuamente in sifoni inaccessibili, ora si disperde ramificandosi per fessure laterali e seguendo vie ignote, salvo in tutto o in parte riconfluire nel corso principale: un fiume infine il cui regime è perciò così anormale e le cui piene raggiungono altezze di parecchie decine di metri, sconosciute ai fiumi subaerei, come più volte fu constatato nella grotta di Trebiciano.

Il profilo irregolare dell'alveo influisce sovratutto nel rendere variabili le proporzioni nei componenti delle sabbie; poichè i minerali pesanti che giungono a depositarsi nei punti più profondi di quell'alveo o nei bacini che precedono i sifoni, hanno minor probabilità di essere da una piena successiva ripresi e trascinati innanzi. Quindi le sabbie nel loro cammino

sotterraneo tendono ad impoverirsi e per ciò, come si scorge dalle cifre esposte, i minerali pesanti, ad eccezione di quelli della grotta dei Serpenti dove sono accidentalmente più copiosi, decrescono nel loro complesso andando da S. Canziano a Duino. La limonite poi decresce nello stesso senso in modo regolare; ciò che forse può attribuirsi anche ad una azione solvente sotterranea [1]. Lo stesso dicasi dei solfuri di ferro.

Però se si stabiliscono dei rapporti fra le percentuali di alcuni minerali pesanti, scelti fra quelli che sono meno rari, si trova che le differenze sovra accennate da una sabbia all'altra si attenuano. Già in altra occasione [2] ho indicato, a scopo di esempio, alcuni di questi rapporti per le sabbie del Timavo di S. Canziano e del Timavo di Duino. Colle successive osservazioni essi si sono alquanto modificati ed ora li presento completati ed estesi anche alle sabbie delle grotte, nelle cifre tonde seguenti:

	Timavo soprano XVI	Grotta dei Serpenti XIX	Grotta di Trebiciano XX	Timavo inferiore XXII
Ilmenite, cromite e magnetite	33	43	38	41
Rutilo	8	7	5	5
Granato	27	25	27	28
Zircone	18	18	22	16
Tormalina	14	7	8	10
	100	100	100	100

Le differenze pure notevoli, che esistono nelle proporzioni dei minerali leggieri, dipendono principalmente dallo stato di inquinamento delle sabbie, per il che sono parimenti così diverse le proporzioni dei minerali dubbi. Specialmente quarzo, calcedonio (non avente forma organica), piromaca e felspati quando sono incrostati mal si distinguono fra di loro. Però anche in questo caso i rapporti fra i numeri rappresentanti le loro per-

[1] Alla stessa azione è forse dovuta anche la presenza nel Timavo inferiore di calcite in solidi di sfaldatura corrosi sugli spigoli, parificabili a quelli che si otterrebbero trattandoli per poco tempo con un acido diluito.

[2] Salmojraghi, op. cit., 1904, p. 76.

centuali si accostano sensibilmente nelle quattro sabbie esaminate come dal seguente specchio:

	Timavo soprano XVI	Grotta dei Serpenti XIX	Grotta di Trebiciano XX	Timavo inferiore XXII
Quarzo	78	89	89	82
Calcedonio e piromaca . . .	13	6	7	9
Carbonati	5	2	2	5
Felspati	4	3	2	4
	100	100	100	100

Del resto le differenze sopra osservate dipendono anche da due fatti, uno d'ordine generale, l'altro particolare al caso nostro. Anzitutto le percentuali ottenute colla numerazione parziale dei granuli sono sempre approssimative, anzi l'approssimazione si fonda soltanto su ciò, che i molti errori, che inevitabilmente si commettono per diverse cause nel riconoscimento e nel computo dei granuli, avvengono in diversi sensi, quindi hanno qualche probabilità di compensarsi. Il metodo conduce poi a risultati più attendibili per sabbie ricche di minerali pesanti, come quelle delle alluvioni alpine cui l'ho primamente applicato, che non per sabbie povere come quelle qui esaminate.

In secondo luogo è da ricordarsi che per quanto i dati idrometrici pubblicati, dei quali ebbi notizia, presentino delle discordanze, pure è ammesso concordemente, e ad occhio anche lo si rileva, che la portata del Timavo inferiore è molto maggiore (fu ritenuta tripla) di quella del Timavo soprano. Quindi a Duino risorgono altre acque oltre quelle che sparirono a San Canziano, acque penetrate per i meati carsici dell'altipiano, forse anche in parte dall'alveo del torrente Rassa-Branizza, affluente del Frigido (Vippacco) e da quello del Frigido stesso, i quali corsi contornano il Carso rispettivamente a nord-est ed a nord. Questo contributo al fiume sotterraneo, se, come parmi, non conduce ad esso minerali diversi da quelli del Timavo soprano, potrebbe in qualche modo spiegare le differenze riscontrate. Le quali differenze poi appaiono maggiori se si paragonano le due sabbie delle grotte dei Serpenti e di Trebiciano colle due

del Timavo soprano e inferiore, e minori se si paragonano fra di loro le due sotterranee o le due esterne. Ma qualsiasi conclusione volesse dedursi da questo fatto sull'andamento delle acque sotterra sarebbe avventata.

Infine le forme ed apparenze di alcuni minerali sono comuni alle quattro sabbie esaminate. Tali sono: l'uniformità nelle dimensioni dei granuli di quarzo; la forma prevalente di sferule nel calcedonio di origine organica, rarissima di cilindruli; l'aspetto sempre poco distinto della piromaca da far sorgere il dubbio si tratti di pasta felsitica di rocce effusive (1), la presenza di tutti i termini intermedi fra cromite e magnetite; la forma a schegge e la varietà di pleocroismo della tormalina; la colorazione a chiazze verdognole o giallognole della clorite e l'apparenza spesso raggrinzata e contorta delle sue lamelle; lo stato di prismi corrosi dell'apatite ecc. Tutto ciò si aggiunge alla evidente somiglianza nella composizione mineralogica e nelle proporzioni dei componenti per convalidare l'origine comune.

Nello studio precedente non ho compreso, come avrei voluto, la sabbia della grotta di Nabresina (XXI) perchè consta in gran parte di granuli finissimi e mal osservabili al microscopio, per lo che fu possibile di essi, soltanto un esame sommario coi seguenti risultati:

MINERALI DOMINANTI: *carbonati*, torbidi, provenienti da calcari compatti.

ABBONDANTI: *carbonati*, limpidi, da calcite spatica e da calcari concrezionali.

FREQUENTI: *quarzo; carbonati*, colla struttura dei gusci di conchiglie di molluschi.

SCARSI: *calcedonio*, in frammenti e in sferule; *piromaca; ilmenite* e *magnetite*.

MOLTO SCARSI: *cromite; limonite; ortose; plagioclasio; granato; zircone; tormalina; muscovite; biotite; clorite; glauconite*.

RARI: *solfuri di ferro; quarzo*, aggregato; *rutilo; dolomite; attinoto; orneblenda; epidoto; cianite; sericite*.

(1) Una prova di arroventamento fatta sopra dei granuli di piromaca del Timavo soprano, che presentava l'anzidetto dubbio, non condusse alla formazione di sostanze vetrose, perciò la pasta felsitica dovrebbe escludersi da essa sabbia e da tutte le altre nelle quali la piromaca si presenta con caratteri analoghi, in quanto ben inteso possa valere l'esperienza suddetta

Questa composizione poco diversifica da quella trovata in alcune delle terre rosse precedentemente esaminate. Perciò la sabbia raccolta sul suolo della grotta di Nabresina, a m. 35,40 sul mare, mineralogicamente si accosta di più alla sabbia ricavata dalla terra rossa estratta a 3 m. sul mare nel pozzo scavato nella stessa grotta (XV), che alle sabbie del Timavo soprano e inferiore e delle grotte dei Serpenti e di Trebiciano, dalle quali poi differisce anche macroscopicamente. Certamente essa contiene pure gli elementi di queste sabbie; ma i carbonati vi sono troppo abbondanti e relativamente poco abbondante il quarzo, perchè possa ritenersi tutta depositata dal fiume sotterraneo, che secondo Boegan raggiungerebbe nelle massime piene il suolo di quella grotta. Però sopra questi soli fatti non è consentito di pronunciare un giudizio sicuro; può darsi si tratti di miscele di elementi del Timavo con quelli locali penetrati dall'esterno.

Sulle altre due sabbie (XVII, XVIII) può sorvolarsi. Infatti l'una, raccolta nel duomo Martel (grotta di S. Canziano), molto inquinata e poverissima, fu ivi deposta dalle piene del Timavo soprano nel suo conosciuto corso sotterraneo; l'altra proveniente dalla caverna detta del Recca (grotta dei Serpenti) è uguale alla sabbia sopra analizzata (XIX), che fu raccolta nel canale principale della stessa grotta. È superfluo indicarne in dettaglio la composizione, bastando dire che le osservazioni fatte sopra di esse confermano pienamente le precedenti conclusioni.

Sabbie d'altre località. — E queste conclusioni stabilite sulla somiglianza mineralogica fra le sabbie raccolte sopra e sotto terra nel percorso S. Canziano-Duino, trovano una controprova nella dissomiglianza fra di esse ed altre sabbie provenienti da altri bacini della regione e cioè:

XXIII, dall'alveo del T. Rosandra (che sbocca in mare a mezzodì di Trieste), a circa 85 m. sul mare, presso Bagnoli (26 ottobre 1902, N. Cobol).

XXIV, dalla spiaggia presso Barcola tra Trieste e Miramare (22 dicembre 1902, E. Boegan).

XXV, dall'alveo del F. Frigido (che affluisce all'Isonzo tra Gorizia e Gradisca), a circa 100 m. sul mare, presso Vippacco (28 giugno 1903, C. Greenham).

Eccone la composizione ed i gradi di frequenza dei singoli componenti:

Rosandra (XXIII):

MINERALI DOMINANTI: *carbonati*, in forma di foraminifere.

ABBONDANTI: *quarzo*, in granuli; *calcedonio* e *piromaca*, in frammenti.

FREQUENTI: *solfuri di ferro*, in frammenti, in cristalli (pirite) ed in sferule; *calcedonio*, in sferule di radiolari; *limonite*, derivata da solfuri; *calcite*.

SCARSI: *quarzo*, aggregato; *plagioclasio*, per lo più alterato; *baritina*.

MOLTO SCARSI: *calcedonio*, in cilindruli o spicule di spongiari; *magnetite* e *ilmenite*; *ortose*; *granato*; *zircone*; *tormalina*; *clorite*.

RARI: *quarzo*, in cristalli; *cromite*; *rutilo*; *microclino*; *muscovite*; *glauconite*.

Barcola (XXIV):

MINERALI DOMINANTI: *quarzo*, in granuli.

ABBONDANTI: *calcedonio*, in frammenti.

FREQUENTI: *calcedonio*, in sferule; *carbonati*, torbidi; *carbonati*, in forma di foraminifere fossili ed attuali; *clorite*.

SCARSI: *solfuri di Fe*, in sferule, in cristalli (pirite) e come riempimento di foraminifere; *cromite*; *carbonati*, limpidi (calcite spatica); *granato*; *zircone*; *tormalina*; *muscovite*.

MOLTO SCARSI: *ilmenite* e *magnetite*; *rutilo*; *limonite*; *ortose*; *plagioclasio*; *carbonati*, da gusci di molluschi; *sericite*; *glauconite*; *baritina*; *sferule isotrope*.

RARI: *calcedonio*, in cilindruli; *piromaca*; *opale*, da radiolari; *microclino*; *cianite*; *epidoto*; *biotite*; *cloritoide*; *serpentino*; *apatite*.

Frigido (XXV):

MINERALI DOMINANTI: *quarzo*, in granuli.

ABBONDANTI: *carbonati*, torbidi.

FREQUENTI: *carbonati*, limpidi.

SCARSI: *calcedonio*, in sferule; *magnetite*; *ilmenite*; *granato*; *zircone*; *muscovite*; *clorite*.

MOLTO SCARSI: *quarzo*, aggregato; *cromite*; *rutilo*; *carbonati*, da gusci di molluschi; *attinoto*; *tormalina*; *cloritoide*; *apatite*.

RARI: *solfuri di ferro*; *quarzo*, in cristalli; *calcedonio*, in frammenti; *limonite*; *ortose*; *microclino*; *plagioclasio*; *orneblenda*; *cianite*; *staurolite*; *epidoto*; *biotite*; *glauconite*.

La sabbia della spiaggia di Barcola, a parte alcune piccole diversità di composizione, presenta un certo grado di somiglianza con quelle del Timavo; ma le sabbie del Frigido e del Rosandra ne differiscono notevolmente, la prima per la scarsezza del calcedonio e la mancanza o l'estrema rarezza della piromaca, più

ancora la seconda per la copia dei carbonati, la frequenza del solfuro di ferro e la comparsa di un minerale nuovo, la baritina, che trovai poi anche nella spiaggia di Barcola.

Maggiori sarebbero le differenze, quando si paragonassero le sabbie del Timavo a quella dell'Isonzo.

Riepilogo e conclusione.

La sabbia che il Timavo soprano (Recca) trasporta prima di inabissarsi nella grotta di S. Canziano, è composta, nella sua parte più fina che è la sola determinabile al microscopio, di minerali diversi e cioè in media: *quarzo* in prima linea (64,1 %), poi *calcedonio* e *piromaca* (11,1 %), *calcite*, (4,5 %) *felspati* (2,9 %) indi con frequenza di gran lunga minore (complessivamente 1,4 %) altri ossidi (*ilmenite, cromite, magnetite, rutilo* e *limonite*) e altri silicati (*anfiboli, granato, zircone, epidoto, tormalina, miche, clorite, cloritoide, glauconite*) e infine (potendo trascurarsi *solfuri* e *fosfati*) una forte proporzione (16 %) di minerali per diverse cause *indeterminabili* o *dubbi*.

Questi minerali furono forniti all'alveo del fiume dalle rocce del suo bacino in diversa misura e cioè principalmente: la calcite dai calcari cretacei, liburnici e nummulitici; il quarzo, gli altri ossidi e i silicati dalle arenarie e marne eoceniche e in parte anche dai calcari nummulitici stessi. In queste rocce poi il quarzo, gli altri ossidi ed i silicati sono prevalentemente allotigeni, quindi pervennero al mare eocenico da aree emerse di posizione e limiti ignoti, aree che per alcuni indizi, sovradiscussi, dovevano, in parte almeno, essere costituite di rocce sedimentari preterziarie. Per lo che, se non per tutti, per alcuni almeno di quei minerali, rimane spinta molto addietro nel tempo la derivazione da rocce cistalline cui originariamente appartennero.

Ora io ho riconosciuto che gli anzidetti caratteri mineralogici della sabbia del Timavo soprano a S. Canziano si mantengono presso a poco gli stessi nelle sabbie raccolte nelle grotte dei Serpenti e di Trebiciano, lungo il suo probabile corso ipogeo, e in quelle che col Timavo inferiore rivedono il sole a Duino. Le differenze riscontrate nella composizione mineralogica e nelle proporzioni dei componenti non sono maggiori di quelle che si riscontrano nelle sabbie di uno stesso fiume prelevate in punti diversi del suo corso.

Questa corrispondenza mineralogica fra le sabbie del Timavo soprano e quelle delle grotte e del Timavo inferiore deve a mio avviso essere considerata come un altro argomento da aggiungersi a tutti quelli già noti in favore della continuità sotterranea del fiume da S. Canziano a Duino. Ma per formulare una conclusione più modesta e più conforme al vero, dirò che l'anzidetta corrispondenza non contraddice alla ipotesi della continuità, anzi si accorda benissimo con essa; ma non costituisce ancora la prova convincente, la prova materiale, tangibile, che si cercava. Si avrebbe avuto una tal prova, se le sabbie del Timavo soprano contenessero dei minerali *speciali* ed *esclusivi* al suo bacino, e questi si rivedessero nelle grotte e a Duino. Un minerale speciale realmente esiste, è la cromite; ma non è esclusiva al bacino del Timavo; essa caratterizza tutte le sabbie della regione, come precedentemente fu constatato per quelle del Rosandra, di Barcola e del Frigido, che per altro sono diverse dalle sabbie del Timavo.

La corrispondenza mineralogica delle sabbie, come prova della continuità sotterranea del Timavo, ha in certo modo lo stesso valore di quella desunta dalla presenza di coleotteri nella grotta di Trebiciano, e di molluschi fluviatili e semi di vegetali nella grotta dei Serpenti, che il naturalista A. Valle vi ha scoperto ed ha riconosciuto non poter derivare che dall'alta valle del Timavo soprano (1).

In sostanza quanto ora mi risultò dall'analisi microscopica della sabbia delle grotte dei Serpenti e di Trebiciano, non è che una semplice conferma di ciò che era già stato asserito da tutti coloro che le avevano scoperte o visitate o descritte e principalmente nei tempi passati da Morlot (2) e Kandler (3) e successivamente da Morpurgo (4) per la grotta di Trebiciano, e più recentemente da Marinitsch (5), Müller (6) e Boegan (7) per la grotta dei Serpenti, che cioè le sabbie ivi deposte avevano l'aspetto di quella del Timavo soprano. Anzi Kandler (8) aveva ricono-

(1) Cfr.: Morpurgo, op. cit., 1887; Marinitsch, op. cit., 1896.

(2) Morlot, *Ueber die geolog. Verhältnisse von Istrien*, ecc., p. 36, Wien, 1848.

(3) Kandler, nel periodico *L'Istria*, 1850, riportato da Schmidl, op. cit., pag. 671, 673, 1851.

(4) Morpurgo, op. cit., 1887.

(5) Marinitsch, op. cit., 1896.

(6) Müller, op. cit., 1900.

(7) Boegan, *Brevi cenni sulla grotta dei Serpenti*, Alpi Giulie, VI, p. 22, Trieste, 1901

(8) Kandler, op. cit., 1850.

sciuta perfettamente identica a questa anche la sabbia del Timavo di Duino.

Ad ogni modo non mi sembra sia stato inutile che tali asserzioni dedotte da un esame superficiale abbiano avuto la sanzione dell'osservazione mineralogica a mezzo del microscopio. Ed io sono grato alla Società alpina delle Giulie ed in particolar modo ad Eugenio Boegan, che mi hanno dato la possibilità di portare questo qualsiasi lieve contributo alla soluzione di un problema, su cui da tanto tempo hanno diretto la loro mente i naturalisti, gli idrotecnici e gli speleologi della bella città di Trieste (1).

Appendice sull'Aurisina.

Secondo il programma ho esteso alle sorgenti dell'Aurisina lo studio fatto per il Timavo, ma, per una circostanza che non avevo preveduta, il risultato fu pressochè nullo. L'acqua dell'Aurisina, come è noto, in tempi di portata ordinaria, scaturisce limpida; ma, quando l'afflusso è maggiore, esporta lievi torbide ed in tal caso per la maggiore velocità trascina pure delle particelle microscopiche, staccate dalle pareti murarie delle opere di allacciamento e condottura, entro cui scorre prima di giungere ai bacini di decantazione ed ai filtri. Quindi le torbide, che soltanto quivi possono essere prelevate, non provengono tutte dall'interno della terra, ma contengono sostanze estranee e perciò l'indagine mineralogica sovra di esse non può in alcun modo contribuire a risolvere, nè tampoco a rischiarare il problema che da altri fu posto e discusso, se cioè l'acqua dell'Aurisina derivi dallo stesso corso sotterraneo del Timavo od abbia una provenienza in tutto o in parte diversa (2).

E infatti ho esaminato quattro saggi di quelle torbide ed ho trovato che la composizione mineralogica varia notevolmente dall'uno all'altro e per tutti è molto diversa da quella della

(1) Poco prima che questa nota venisse presentata alla Società italiana di scienze naturali, appresi dai giornali la notizia che la Società alpina delle Giulie, per suggerimento e col concorso del dott. G. Timeus del civico Fisicato di Trieste, si proponeva di intraprendere un nuovo esperimento diretto, coll'immissione nel Timavo soprano di microbi innocui, e successive osservazioni batteriologiche sulle acque del Timavo inferiore e dell'Aurisina. È da augurarsi che l'esperimento riesca, sicchè alfine venga risolto, con un argomento inoppugnabile, l'interessante problema della continuità sotterranea del Timavo.

(2) Grablovitz, op. cit., 1885. — Doria, op. cit., 1893. — Boegan, op. cit., 1903.

sabbia del Timavo. I minerali di questa vi sono bensì tutti presenti; ma molti altri ne compaiono, nuovi o con apparenze nuove [1].

---

[1] I saggi esaminati furono raccolti da Boegan:
XXVI, dalla polla 0 a m. — 1,50 s. m. (agosto 1902);
XXVII, dalla stessa polla a m. — 1,00 s. m. (15 aprile 1903);
XXVIII, dalla polla 3 a m. — 2,50 s. m. (15 aprile 1903);
XXIX, dal fondo dei pozzetti di scarico (8 novembre 1903).

La composizione dei pochi elementi sabbiosi, isolati con lunga e paziente levigazione da questi saggi, è riassunta nella tabella seguente; ed i gradi di frequenza riferiti alla quantità isolata vi sono espressi colle abbreviazioni: **d**, *dominante*: **a**, *abbondante*: **f**, *frequente*: **s**, *scarso*: **ms**, *molto scarso*: **r**, *raro*: **rr**, *rarissimo*.

	XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX		XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX
Solfuro di ferro in sferule	r	—	r	—	Ortose	—	ms	ms	—
Pirite in cristalli	rr	rr	r	—	Microclino	—	—	r	r
Quarzo in granuli	a	a	f	f	Plagioclasio	r	—	r	—
Quarzo aggregato	r	—	f	—	Plagioclasio in cristalli con inclusioni gasose	—	—	f	—
Quarzo in cristalli	r	r	r	r	Pirosseno trimetrico	r	r	f	—
Calced. in frammenti	f	ms	ms	ms	Augite	r	—	ms	rr
Calcedonio in sferule (radiolari)	s	ms	r	r	Tremolite	—	r	r	r
Calcedonio in cilindruli (spongiari)	—	—	r	r	Attinoto	r	r	—	ms
Piromaca	s	r	ms	r	Orneblenda verde	r	ms	r	ms
Ilmenite e magnetite	a	f	s	s	Orneblenda basaltica	—	—	r	r
Spinello incoloro in ottaedri	—	—	—	rr	Glaucofane	—	r	—	r
Cromite	—	r	ms	r	Granato	ms	r	ms	r
Rutilo	ms	r	r	r	Zircone	s	ms	ms	ms
Ottaedrite	—	—	—	rr	Cianite	—	r	—	r
Limonite trasparente	—	r	rr	—	Epidoto	r	r	r	ms
Limonite in granuli opachi	f	s	f	f	Zoisite	—	r	—	—
Carbonati torbidi da calcari compatti	a	d	d	d	Tormalina	ms	r	r	r
Carbonati limpidi o semilimp. da calcite spatica o da calcari concrezionali	a	f	f	a	Staurolite	r	r	—	—
Carbonati in individui corrosi	s	r	ms	ms	Muscovite	ms	s	r	r
Carb. da foraminifere	s	f	ms	ms	Sericite	—	r	r	r
Carbonati da gusci di molluschi	—	ms	f	f	Biotite	r	r	ms	r
Carbonati in romboedri raggruppati, di nuova formazione (calcite)	f	s	a	ms	Cloritoide	—	r	r	r
					Clorite	ms	f	ms	ms
					Glauconite	r	ms	r	—
					Titanite	—	—	rr	rr
					Apatite	r	r	ms	—
					Baritina	—	—	—	rr
					Sferule magnetiche	r	ms	r	r
					Sferule isotrope	r	ms	r	r
					Scorie poco rifrangenti ($n < 1{,}533$)	—	r	—	r
					Scorie molto rifrangenti ($n > 1{,}533$)	—	r	r	r
					Pomice	—	r	f	—

Fra questi minerali meritano di essere ricordati alcuni piccoli romboedri di calcite raggruppati in forma di grappoli, che con tutta probabilità rappresentano del carbonato di calcio che per diminuita pressione si è precipitato nell'acqua mentre sgorga o mentre si avvicina al punto di sgorgo; ciò che accennerebbe ad una provenienza profonda dell'acqua stessa.

Gli altri minerali ritrovati nelle torbide dell'Aurisina e mancanti nelle sabbie del Timavo (e in parte anche i minerali che nel Timavo sono rappresentati) derivano dai materiali delle murature; anzi mi sia permesso di aggiungere qui, a lode del presente metodo di indagine, che dall'esame di quelli fui tratto ad arguire la provenienza di questi. Così la piromaca esistente nelle torbide con l'aspetto di fina polarizzazione di aggregato, molto più distinto che non nel Timavo, deve provenire dalla sabbia dell'Isonzo, dove con quell'aspetto è frequente e caratteristica. Così in alcune delle torbide stesse sonvi minerali di rocce vulcaniche, estranee alla regione (augite, pirosseno trimetrico intermedio fra iperstene e bronzite, plagioclasio in cristalli con inclusioni gasose, pomice sia isolata sia aderente ai precedenti ed alla magnetite), che accusano l'impiego di una pozzolana e (poichè le pozzolane italiane hanno una composizione diversa) precisamente di una di Grecia, la *terra di Santorino* (1). Ebbi poi la conferma da Boegan che appunto nelle costruzioni murarie eseguite intorno alle sorgenti dell'Aurisina si impiegarono: sabbia e in parte ghiaia dell'Isonzo, terra di Santorino, inoltre mattoni provenienti da Lubiana, dal Po e dall'Istria, cemento di Lengenfeld e infine scorie di carbon fossile per la copertura dei bacini. Queste ultime spiegherebbero la presenza nelle torbide esaminate di sferule e schegge isotrope, incolore o colorate, talora bollose, con diversi gradi di rifrangenza e quindi di sostanze scoriacee o vetrose.

Altri commenti sulla composizione delle torbide dell'Aurisina sarebbero inutili. Quanto ho detto valga a mettere sull'avviso chi volesse ripetere l'indagine sulle torbide stesse o intraprenderla per altre sorgenti in condizioni analoghe.

(1) Sopra un campione esistente nel gabinetto di materiali da costruzioni del R. Istituto tecnico superiore di Milano riscontrai che la terra di Santorino contiene appunto: pomice, pirosseno trimetrico, magnetite, plagioclasio, augite e, in via accessoria, olivina, talora serpentinizzata, ed apatite.