

II. — COMUNICAZIONI E RELAZIONI

Sui ghiacciai del Bernina.

Conclusioni e nota suppletiva sui dati idrografici del Mällero,

del socio prof. LUIGI MARSON.

Nel quinquennio 1895-1899 feci delle osservazioni ininterrotte solo nel ghiacciaio della Ventina; in quelli della Disgrazia e della Cassandra dall'anno 1896: in quelli dello Scerscen e di Fellaria dal 1897; in quello dello Scalino dal 1898, nel quale anno ebbi occasione di aggiungere anche i risultati d'una rapida escursione ai ghiacciai svizzeri dello stesso gruppo.

Ogni ghiacciaio italiano ebbe una *trattazione preliminare*, fatta colla scorta delle migliori carte topografiche e consistente nello studio delle *dimensioni*, dell'*oroplastica*, della *petrografia*, e della *idrografia* e nella determinazione di *gruppi* e *sottogruppi glaciografici*, in quanto avrebbero potuto recare, per le loro attinenze, una spiegazione delle caratteristiche offerte dalle variazioni glaciali. E certamente fu utile simile trattazione, da cui apparve come, per periodi brevi, oltre la latitudine e le dimensioni, esercitino notevole influenza sulle variazioni anche l'esposizione e la struttura orografica dei bacini. Non così invece la natura petrografica della roccia, la quale, essendo molto prevalentemente cristallina, se, per la poca conducibilità del calorico e per la grande resistenza all'azione glaciale, ha esercitato un'influenza secolare conservatrice, d'altra parte, in causa dell'omogeneità della sua natura petrografica, non ha lasciato trasparire in un quinquennio un'azione diversa nei singoli ghiacciai da me osservati. Dallo stesso raggruppamento fatto dei ghiacciai si poté accertare, mercè le successive osservazioni, come in mezzo alle molteplici tendenze individuali, si riscontri una tendenza generale collettiva e collegantesi con fattori di natura ignota, forse extra-tellurica.

Altro lavoro preliminare fu quello di presentare, come caposaldo di successivi raffronti, i *dati idrografici* degli emissari dei ghiacciai osservati, tanto più che nel 1895 usciva molto opportunamente la pubblicazione del Genio civile di Sondrio dal titolo: *Corsi d'acqua della Valtellina* (Sondrio, E. Quadrio). Intorno ad essa anzi ebbi a notare qualche inesattezza, tale almeno risultandomi dal confronto delle carte dell'Istituto Geografico Militare Italiano assunte come base delle mie operazioni. Tali inesattezze si riferiscono alla caduta generale e alla superficie dei bacini colanti. Non occorre qui rilevare l'importanza che avranno i controlli successivi, essendo essa evidente anche sotto l'aspetto economico industriale (1).

(1) A complemento dei dati idrografici riferiti nelle rispettive relazioni annuali, credo opportuno qui di aggiungere quelli che si riferiscono al torrente Antognasco, che nella sua testata di valle deve avere qualche ghiacciaio alimentatore almeno di second'ordine, certo di maggiore estensione dei piccoli nevai segnati alla sinistra parete della valle nelle carte militari nostre.

A questi elementi farò seguire quelli di tutto il Mällero (*malus rivus*?) dopo d'avere rilevato la portata dei suoi principali affluenti al punto di confluenza: in fine un cenno sulla natura petrografica delle rive e sulla composizione chimica rilevata in alcuni punti del bacino, nonchè sul regime pluviometrico probabile in Valmalenco.

Elementi idrografici dell'Antognasco. — Lunghezza m. 13,242; caduta totale 2,708; pendenza media unitaria 0.212; pendio medio: riva d. 75 ‰; riva s. 50 ‰; larghezza media dell'alveo 4. — Portata minima mc 0.200; normale 2.000; massima 55.500; grossezza del materiale dell'alveo: massima 15.000; minima: ghiaia; media 0.025. Natura del fondo = roccia e materie sciolte; natura delle rive = roccia e materiale sciolto.

Degli altri più piccoli affluenti del Mällero (come del Curlo, del Fresigallo, del Valdone e d'altri minori) credo superfluo di riferire i dati idrografici completi, non facendo capo a glaciazioni importanti. Più utile certo mi pare invece il riferire i dati riguardanti la *portata normale dei principali affluenti del Mällero* alimentati da ghiacciai e dei principali subaffluenti presi insieme.

Il ramo sorgentifero del Mällero alla confluenza della Lanterna ha mc 8; la Lanterna alla stessa confluenza mc 10; il Torreggio al confluente nel Mällero mc 1.500; l'Antognasco mc 2. Gli altri torrentelli interposti fra il confluente della Lanterna e la Foce del Mällero mc 1.500.

Elementi idrografici del Mällero tutto: Lunghezza m. 29,030; caduta totale 2,292; pendenza media unitaria 0.079; pendio medio: riva d. 100; riva s. 85; larghezza media dell'alveo 18.

Portata minima mc. 1.450; media normale 23.000 (pari ad 1/5 della portata dell'Adda allo sbocco presso Colico) nel lago di Como; massima 450.000.

Superficie del bacino colante kmq. 315.000 (Veramente col planimetro polare Anslar sulle carte al 100.000° io avrei ottenuto kmq. 243.64 soltanto); grossezza del

Altro lavoro preliminare, continuato poi nelle successive campagne glaciologiche, fu quello delle *osservazioni meteorologiche e idrotermometriche* fatte in diversi punti di Valmalenco, come al Mällero presso Sondrio, a Chiareggio, a Forbicina, all'Alpe Campascio, all'Alpe Campo Moro, all'Alpe della Valle (Poschiavina), ai rifugi e alle capanne di rifugio.

I *risultati* da me ottenuti furono messi costantemente vicini a quelli ottenuti dall'osservatorio meteorologico del regio istituto tecnico di Sondrio e da speciali incaricati per le misurazioni idrotermometriche del Mällero. Credo che dell'utilità che si potrà trarre da controlli, specialmente a certa distanza da noi, nessuno potrà discutere: al presente è

materiale massima mc 1000.000; minima = sabbia; media 0.150. Natura del fondo = roccia in posto e materiale sciolto; natura delle rive = roccia e materiale sciolto.

Natura petrografica delle rive del Mällero e principali affluenti. — Dalle sorgenti alla foce del Mällero si susseguono contrapposte in diverse proporzioni di lunghezza le seguenti rocce; riva d.: schisto anfibolico; riva s. gneis e schisto verde; rive d. e s. gneis, serpentino, gneis; riva d. micaschisti; riva d. e s. gneis e schisto verde; riva s. micaschisto; rive d. e s. schisto verde, pietra ollare; riva d. dolomia; riva s. talcoschisto; riva d. e s. talcoschisto, gneis, micaschisto, micaschisto e terrazziano.

Nella Lanterna (ramo Campascio), rive d. e s.: talcoschisto; riva d. talcoschisto; riva s. schisto verde; rive d. e s. micaschisto (gneis), schisto verde, dolomia (trias), pietra ollare, micaschisto e pietra ollare. Nella Lanterna stessa (ramo Cormor) rive d. e s.: talcoschisti e schisto verde.

Nel Torreggio rive d. e s.: talcoschisti.

Nell'Antognasco rive d. e s.: dolomia, micaschisto, granito e micaschisto.

Sostanze chimiche. — A suo luogo nelle relazioni annuali ho tratteggiato petrograficamente l'orlatura dei ghiacciai. Dopo quanto ho aggiunto circa la natura delle rocce lunghesso le rive dei corsi emissari, resta spiegata la prevalenza delle seguenti sostanze riscontrate in vari punti dell'acqua del Mällero a scopo d'igiene e di condotta d'acqua.

Per essere più esatti, bisognerebbe qui pure ricordare che qua e là le rive dei corsi d'acqua sono coperte da materiale morenico, che a suo luogo fu notato e schematicamente segnato in apposite cartine nelle relazioni pubblicate, ma che qui credo superfluo ripetere.

Da trattamento fatto dal dott. Bartolomeo Besta, medico chirurgo di Sondrio, secondo la tabella idrologica del prof. F. LUSSANA della R. Università di Padova (1881-82), il Mällero a Sondrio, nelle stagioni di primavera, estate e autunno, nelle quali si verifica nelle acque torbide la maggior quantità di materie sciolte in sospensione, furono accertate le seguenti sostanze (cfr. Monogr. del BESTA in *Atti della inchiesta agraria per la Valtellina*, vol. VI, fasc. 2°, Roma, Forzani e C., 1882, pagine 183-186; e tabella del prof. GIANNETTO BESTA, in *Relazione sulla condotta forzata della città di Sondrio*, Sondrio, Moro, 1889): solfato e carbonato di calce

relativa di certo. Volendo ad esempio avere un'idea della temperatura che ha l'acqua del Mällero presso Sondrio (m. 300 circa) nei mesi di luglio ed agosto, cioè nel periodo di massima piena, e fare dei raffronti colla temperatura dei vari suoi affluenti a diverse altezze e nei punti accennati dianzi, ecco quanto potrei riferire, *cum grano salis* e a semplice titolo di curiosità. Per fortuna che oltre i dati già pubblicati intorno alla temperatura dell'acqua del Mällero presso Sondrio, ne ho alcuni altri inediti che possono dare qualche valore alla media dedotta.

prevalenti, magnesia in minor quantità, allumina pochissima. Nell'inverno, in cui l'acqua raggiunge la massima limpidezza: pochi sali terrei, prevalenza d'acido solforico sull'acido carbonico, base di calce, assenza di magnesia, di cloro e di iodio.

Nella Lanterna (a Ganda e a Lanzada), sono prevalenti: solfato e carbonato magnesiaci e calcari. Nel Torreggio (a Ciappanico), nella Lanterna (a Vetto), nel Fresigallo (a Dagua) e nell'Antognasco (dove si riscontrò anche dell'anidride carbonica gassosa) si riscontrò pure del cloro.

Circa il *regime annuo delle precipitazioni nella valle del Mällero* mancano per vero dire i dati necessari, non essendovi degli osservatori meteorologici. Pella stagione estiva ho accennato ad alcuni caratteri che mi parve poter rilevare dalle mie osservazioni quinquennali e ho più sopra accennati. Credo del resto, da osservazioni assunte durante un ottennio di residenza a Sondrio, confortate coll'andamento riscontrato da me a Sondrio stesso, che, in generale, risentano delle influenze che agiscono nel bacino di Sondrio, per cui non dovrebbero di molto scostarsi dalla media di mm. 1500. Certo che, se si tratta delle forme sotto cui avvengono nella Valle Malenco in confronto del bacino di Sondrio, potrei con qualche fondamento asserire che, come nel bacino di Sondrio si riscontra nella buona stagione una tal quale immunità da grandinate, nevicate e brinate, che non si riscontra in Valle Malenco specialmente nelle alte regioni, così può dirsi, per ragioni generali altimetriche, di struttura e di esposizione, delle nevicate nella cattiva stagione dall'autunno inoltrato alla primavera pure inoltrata. Secondo gli anni, si può avere una prima nevicata generale ad autunno inoltrato che giunge sino al piano e che resta persistente fino alla primavera: più spesso però si passa per gradi da una prima nevicata, che giunge intorno al limite dei pascoli alpini, ad altra nevicata che giunge a quello dei maggenghi e successivamente ad altre nevicate che giungono al piano, ricoprendo sovente il piano stesso. Bene inteso che il limite varia a seconda dell'esposizione dei versanti. Nel quinquennio delle mie osservazioni le più forti nevicate nelle alte regioni si sarebbero verificate negli inverni del 1898 e 1899, a giudicare dalle nevi persistenti e dalle informazioni dei montanari, le quali accennerebbero da 3 a 5 m. di spessore.

La portata media normale del Mällero, valutata $\frac{1}{5}$ quella dell'Adda a Colico, potrebbe ritenersi veramente grande, data la piccola estensione del bacino colante del Mällero in confronto della grande estensione superficiale dell'Adda superiore rimanente a monte di Colico. E perchè la natura cristallina delle rocce e la superficie boschiva, l'una favorevole l'altra no al deflusso delle acque, credo si comportino in modo non tanto diverso in Valmalenco e nel restante bacino superiore dell'Adda, è da ritenersi che la portata stessa del Mällero, oltre che effetto di disgelo delle nevi

Da 11 osservazioni fatte in giorni diversi del luglio e dell'agosto, anche in serie piccole ininterrotte, la media risulterebbe di $11^{\circ} 10$ C., con estremi di $8^{\circ} 25$ a $13^{\circ} 50$, mentre la temperatura media dell'aria era di $22^{\circ} 90$, con estremi di $16^{\circ} - 27^{\circ}$. La differenza media dell'acqua risulterebbe di $11^{\circ} 80$. La temperatura dell'acqua, esaminata anche in qualche successione di giorni sereni, segnò, alla vigilia di nebulosità, una diminuzione sintomatica non segnata dall'aria; diminuzione che si accentuò nei giorni di cielo coperto, ma non tanto quanto quella veri-

e di precipitazioni delle piogge annuali, deve attribuirsi al disgelo di ghiacciai relativamente vasti e numerosi e in prevalente secolare ablazione.

Piene e inondazioni. — Il Mällero non ha un idronetro, mentre lo ha l'Adda al ponte d'Albosaggia; perciò non posso qui addurre degli elementi positivi su questo riguardo. Può affermarsi però che, come gli altri fiumi dell'alta montagna, va soggetto ad una prima piena a primavera avanzata, pel disgelo delle nevi e le precipitazioni abbondanti in quella stagione. Ad essa fa seguito una piena più grande e più costante nella stagione estiva e per disgelo delle nevi rimanenti intorno al limite orografico e climatico, e per le precipitazioni delle piogge, ma più specialmente per l'ablazione dei numerosi ghiacciai e non solo per influenza termica solare diretta, quanto e più pel prevalere dello scirocco in quella stagione. Dopo un più o meno lungo intervallo nel quale il Mällero sensibilmente entra in periodo di magra, succede ad autunno inoltrato un'altra piena più variabile della precedente, dovuta al regime pluviometrico delle precipitazioni autunnali. Terminato anche questo periodo, il Mällero entra ordinariamente in periodo di magra invernale. Al filoncello superstiti in quella stagione del letto principale devono aggiungere però due canali d'acqua erogata dal Mällero, uno alla sinistra, che passa, coperto quasi del tutto, per la città di Sondrio e sfocia con altro canale contiguo all'Adda in questo fiume; l'altro alla destra, coperto anch'esso in parte, convogliato fino a valle le sue acque con quelle del filone del Mällero; ma una derivazione più piccola di esso sfocia direttamente nell'Adda.

Le inondazioni del Mällero sono tristamente celebri anche in epoche storiche più recenti, come quella dell'agosto 1834, dovuta a forti precipitazioni che pare si siano avverate anche nell'opposta valle dell'Engadina in quel turno stesso di tempo (cf. Caviczol, op. cit.). La straordinarietà della cosa però pel Mällero deve cercarsi nello scosciamento avvenuto parzialmente della morena di Ciappanico, che, dopo d'aver ostruito il passo al Torreggio formando un temporario bacino a monte, trarotta poi, recò coll'acque irrompenti nel Mällero la piena anormale e lo straripamento che distrusse parecchie case della città di Sondrio. Fu in quella circostanza che il Mällero fu chiuso fra argini poderosi, dopo di che non s'ebbero più a deplorare sinistri di sorta. Nella parte esterna del conoide del Mällero si notano dei terrazzamenti, come pure nella parte racchiusa dagli argini. Esaminato alla foce in periodi di magra ha mostrato qualche variazione nelle sue bocche principali.

Le erogazioni d'acqua del Mällero sono fatte specialmente a scopo d'irrigazione: però qualche industria pure ne trae profitto, specialmente a monte dei due canali accennati.

ficatasi nell'aria. Il fenomeno invertito si riscontrò in successivi giorni di cielo sereno. Le osservazioni, bene inteso, furono eseguite intorno alle 11, il cui stato termometrico è quello che più s'avvicina alla media giornaliera.

Il Mällero a Sondrio, dove la corrente è poco rapida, ha gelato del tutto o in parte nelle invernate del 1892, '93, '94, '95 e '96.

Degli altri punti d'osservazione credo opportuno riportare quei dati che risultarono da osservazioni quinquennali fatte (3 nei mesi di luglio, 2 d'agosto) intorno alla medesima ora, o giù di lì. Anche tali dati (e a maggior ragione) devono assumersi *cum grano salis*. Essi si riferiscono all'acqua del Mällero presso Chiareggio (1600 m. circa, fra le 10 e le 13 h.). La temperatura dell'acqua risultò in media di $7^{\circ}8$ con estremi da 6° a $9^{\circ}5$, mentre quella dell'aria era in media di 16° , con estremi di 11° a $13^{\circ}5$ e con una differenza media dalla temperatura dell'acqua di $8^{\circ}2$. Simili dati trovano del resto la loro giustificazione, oltre che nell'altitudine, nella vicinanza dei ghiacciai.

Dal confronto delle osservazioni meteorologiche di montagna con quelle del piano di Sondrio, credo di poter affermare che, meno intorno a perturbazioni atmosferiche di carattere generale, il barometro in montagna non subì tante escursioni straordinarie quante ordinariamente gli si attribuiscono; anzi mostrò spesso una mirabile coincidenza coll'altimetria dei vari punti di osservazione. La temperatura a diverse altezze, presa in condizioni normali, parve non scostarsi dalla quantità accettata (almeno per le Alpi) dai meteorologi ad esprimere il valore di decremento in ragione di 1° per ogni 200 metri d'altezza. Anche la censata temperatura media dell'aria di 16° C. riscontrata presso il Mällero a Chiareggio, a 1601 m. d'altezza, trovata inferiore alla media temperatura dell'aria al Gombaro, presso Sondrio, di circa 7° , proverebbe il fatto, trovandosi la detta località a circa 300 m. d'altezza.

Anche presso la capanna Marinelli (2812 m.) la temperatura di 7° notata alle 21^h del 3 agosto '97, confrontata con quella riscontrata a Sondrio nella stessa ora e nello stesso giorno e pressochè uguale alla media, proverebbe il fatto, risultando questa di circa 24° .

Riguardo alla umidità relativa, pure, dalle poche osservazioni fatte, risulterebbe provata un'altra volta la maggiore secchezza dell'aria della zona centrale di montagna in confronto di quella del piano stesso entroalpino, eccezion fatta del grado diverso dipendente dalla vicinanza di laghi e paduli o d'altro, nonchè dall'ora diversa delle osservazioni.

Lo stato del cielo conseguente fu caratterizzato da una serenità e trasparenza maggiori in montagna in confronto del piano. Quanto alle precipitazioni, almeno in Valmalenco e tenuto conto, oltrechè dei dati pubblicati, d'altre mie osservazioni riguardanti i mesi di luglio e di agosto, posso con fondamento affermare che esse risentono degli stessi caratteri che contraddistinguono in generale le precipitazioni del piano di Sondrio. Ciò sarebbe spiegato dal predominio dei venti del II e III quadrante e dall'apertura a Sud della valle del Mällero. Se non che, oltre un certo limite di altezza, pare siano più scarse e, pel contrasto di venti superiori del I e IV quadrante, esse avvengono anche sotto forma di pioggia minutissima, di nevischio, come pure di neve e di grandine con tormenta e temporali, susseguiti anche da brinate (benchè in via eccezionale).

Dalle osservazioni al binocolo e ad occhio nudo sulla *morfologia dei ghiacciai*, mi parve di poter con qualche fondamento assumere la distinzione di ghiacciai di prim'ordine e di second'ordine, basandola sulla presenza o meno d'una lunga lingua di ghiaccio più che sulle morene, che porterebbero una difficoltà piuttosto seria a una classazione marcata. Ora dovrei aggiungere poi una suddivisione dei ghiacciai di second'ordine, e cioè in ghiacciai di spianata e in ghiacciai di circo, suddivisioni che possono egualmente applicarsi agli stessi nevai e sembrano giustificate dalla conformazione del bacino o letto della glaciazione o del nevaio.

Oppure, volendo distinguere le glaciazioni dai nevai, credo sarebbe meglio istituire addirittura una III classe degli stessi nevai, rappresentino essi l'ultimo stadio di precedenti glaciazioni o meno, siano essi orografici o climatici, di circo o di spianata.

Circa i *metodi per lo studio delle variazioni* dirò che le *informazioni* assunte dagli abitanti nomadi e fissi di Valmalenco per questo riguardo, in generale furono accolte con qualche riserbo, non sempre concordando colle induzioni basate sul confronto di carte di data diversa. D'ordinario esse furono attendibili quando vennero raccolte da abitanti a dimora stabile e di professione civile e questo tanto riferibilmente alle variazioni a lunga scadenza quando a quella annua, e non solo glaciografiche ma atmosferiche.

Riguardo al valore delle *morene* più prossime ai ghiacciai quali indizi sull'andamento dei ghiacciai stessi, esso dee ritenersi sempre grande quando esse sono assunte come caposaldo di misure annuali successive; ma credo che esso sia discutibile quando le morene vicine o a contatto

del ghiacciaio vogliansi assumere *a priori* come indizio sicuro del modo di comportarsi attuale del ghiacciaio stesso. Anche nel caso che il ghiacciaio sormonti le morene, mentre può attestare un avanzamento anteriore, non puossi logicamente affermare che esso continui anche nel momento dell'osservazione, durante il quale può verificarsi tanto una sosta che un ritiro. La stessa presenza di neve o di rottami sul dorso del ghiacciaio non implica spesso il modo di comportarsi attuale d'un ghiacciaio, di primo ordine almeno, in cui le variazioni si riportano a fattori lontani dalle parti terminali e che hanno agito specialmente sul bacino di alimentazione. Solo un occhio esperto potrà in ogni caso trarre con qualche fondamento delle induzioni davanti al paesaggio glaciale complessivo.

Quanto alle *fotografie*, dirò anzitutto che furono di diverse specie e cioè panoramiche (1 del Ventina, 2 del Disgrazia-Sissone, 2 del Ventina superiore, 2 del Cassandra, 1 del lago I superiore della Cassandra, 2 del lago III superiore della Cassandra, 1 dello Scerscen complessivo, 1 dello Scerscen inferiore, 1 dello Scalino, 1 del Cambrena (svizzero), 1 del Morteratsch (svizzero), 1 dell'alveo dell'antico ghiacciaio del Mällero allo sbocco, 1 del Fellaria), delle fronti (5 del Ventina, 2 dello Scerscen, 1 del Fellaria e 1 dello Scalino) e delle parti terminali, prese di fianco (2 del Ventina, 1 del Fellaria e 1 del Disgrazia). Tutte potranno essere utili per raffronti successivi a più o meno grande intervallo; ma per osservazioni annue credo possano valere ben poco. Se mai, potrebbero servire meglio delle altre quelle della fronte e delle parti terminali specialmente, come infatti han potuto servire quelle del Ventina dei tre ultimi anni.

Le variazioni desunte furono però approssimative: per avere risultati bene accertati bisognerebbe stabilire dei capisaldi intorno alla fronte e coll'applicazione dei principi della prospettiva trarre delle conclusioni fotometriche.

Piuttosto lo *studio comparato delle carte topografiche*, specialmente colle osservazioni recentemente da me fatte, ha potuto condurre a risultati abbastanza sicuri circa le variazioni dei ghiacciai Ventina, Scerscen, Fellaria e Scalino. Per tale confronto han valso le carte dell'Istituto Geografico militare italiano, rilevamento 1890 pei tre primi, rilevamento 1885 per l'ultimo dei ghiacciai accennati. Risultati congeneri ho pure potuto trarre dal confronto delle carte dello stesso Istituto Geografico con quelle svizzere del Dufour, dello Ziegler e dell'Ufficio federale svizzero pubblicate in epoche diverse e riferibilmente alle va-

riazioni dei ghiacciai svizzeri del gruppo Bernina, a partire dall'anno 1875. I risultati ottenuti concordano effettivamente con quelli verificatisi in un gran numero d'altri ghiacciai delle Alpi occidentali e centrali.

Per misure d'oscillazioni a brevi intervalli sarebbe certamente riuscito più profittevole il *metodo* seguito *dagli agenti forestali svizzeri* di tracciare una linea davanti alla fronte da servire come linea delle ascisse, dalla quale, misurate le ordinate ai principali punti di rientranza e di sporgenza della fronte, si sarebbero così ottenuti numerosi capisaldi delle oscillazioni alla fronte. Più completo ancora sarebbe stato poi il metodo di rilevamento volumetrico dei ghiacciai per controlli più esaurienti, metodo seguito ampiamente anche dal principe Rolando Bonaparte. Ma lasciando quest'ultimo metodo, tra altro assai dispendioso, lo stesso metodo degli agenti forestali svizzeri non si sarebbe potuto applicare anche con tutta la buona volontà, stante le difficoltà presentate dai ghiacciai nostri ad una completa applicazione di esso. Con tutto questo anche la parziale applicazione di esso per le oscillazioni orizzontali parve più che sufficiente, avendo fatto con colore rosso un segnale frontale e due laterali pel Ventina, due frontali pel Disgrazia, tre frontali per lo Scerscen, uno fronto-laterale e un altro laterale pel Fellaria, due frontali pel Cassandra, due frontali per lo Scalino, oltre la speciale dettagliata ubicazione di rocce sporgenti per controlli a grande distanza di tempo. Del resto non ho trascurato nemmeno un rilevamento della parte terminale del Ventina per ascisse ed ordinate, come ho fatto pei laghetti della Cassandra in mancanza d'una bussola con traguardo.

Non fu nemmeno trascurato, per le variazioni passate, il *metodo geologico*, nelle campagne da me fatte con itinerari ogni anno possibilmente diversi, tenendo conto delle numerose tracce glaciali lasciate dall'antico ghiacciaio del Mällero e porgerle come contributo allo studio delle millenarie oscillazioni dell'epoca glaciale.

Alle trattazioni preliminari e ai metodi di controllo per le variazioni furono opportunamente aggiunti *disegni schematici, carte topografiche e piani*. Due disegni schematici comprendenti i ghiacciai italiani del Bernina colle tracce glaciali di morene, strie, incanalature e marmitte. Cartine topografiche furono fatte, una pel Ventina e Disgrazia; una pel Cassandra coi quattro laghetti da me rinvenuti e con rettifiche alla fronte d'una sua digitazione; una delle parti terminali dello Scerscen, colla linea limite dell'ablazione susseguita al rilevamento della carta mi-

litare; un'altra congenere pel Fellaria e infine il piano dianzi accennato della parte terminale del Ventina, con profili longitudinale e trasversale e tutte quelle variazioni ed aggiunte che potei introdurre dopo cinque anni d'osservazioni.

Prima ancora dei disegni cartografici accennati, per avere un quadro d'assieme da servire come lavoro propedeutico alle campagne successive, nel 1895 avevo già pubblicato col titolo: *Mandamento di Sondrio*, (Como, Fustinoni) e alla scala di 1:100,000 il prospetto dei ghiacciai del Bernina, versante italiano, carta che fu annessa alla *Guida di Sondrio*, pubblicata dal Saffratti coi tipi del Quadrio di quella città. Durante poi il quinquennio delle mie osservazioni glaciologiche, come sintesi del lavoro complessivo, terminai un *plastico del mandamento stesso*, alla scala di 1:50,000, unica per le distanze e per le altezze, tratto dalle carte dell'Istituto Geografico Militare Italiano, e, dove era il caso, anche da quelle svizzere e col metodo di piani quotati sovrapposti. La prima positiva, colorita in fretta a scopo didattico e donata colle negative e il modello al Regio Istituto tecnico di Sondrio, fu, assieme a piccoli esemplari d'altre contrade della Valtellina, plasmati sotto la mia direzione da alcuni alunni di quell'Istituto, inviata alla sezione didattica dell'Esposizione di Torino del 1898. Altri quattro furono preparati ad uso privato con colori a lacca come il primo; un altro ad olio, che rappresenta meglio la sintesi dei miei studi in Valmalenco, come pure nel territorio rimanente del mandamento sondriese, lo tengo ancora con me.

Pertanto, dalle mie escursioni e dallo svolgimento del plastico in parola, ho potuto altamente apprezzare l'opera del nostro Istituto Geografico militare. Certamente che alcuni appunti ho avuto occasione di fare e che qui non è il luogo di rammentare un'altra volta.

Augurando che il Governo incoraggi validamente la continuazione dei lavori di revisione e di perfezionamento della » Carta d'Italia », che costituisce di già la gloria più pura dell'esercito nostro, esprimerei intanto il desiderio che, compatibilmente colla scala della carta, venissero nelle regioni montane messi in maggior evidenza, tra gli altri caratteri del geomorfismo, anche quelli concernenti i ghiacciai e specialmente le morene. Inoltre, grandissimo pregio aggiungerebbe la carta stessa se, come quella della Svizzera, portasse le isoipse colorate in rosso e, come quella austriaca, le rispettive quote ai margini del foglio, l'uno e l'altro sistema facilitando assai l'uso delle carte.

Risultati riassuntivi delle variazioni orizzontali dei ghiacciai. — Da

coscienzioso raffronto delle carte topografiche italiane e svizzere e da osservazioni dirette ottenni i seguenti risultati:

Ghiacciai	Anni	Diminuzione frontale in metri	Aumento frontale in metri
Ventina	1890-95	30	—
Scerscen superiore .	1890-97	1100	—
Fellaria	1890-98	175	—
Scalino	1885-99	200	—
Muretto orientale .	1875-90	1000	—
Cambrena	1892-98	225	—
Forno	1875-92	—	100
Palù	1875-85	—	100
»	1885-92	190	—
»	1892-95	—	aumento
»	1896-98	diminuzione	—
Morteratsch . . .	1875-92	—	250
»	1892-96	—	50
»	1896-99	—	aumento

Dalle osservazioni dirette ottenni i seguenti risultati:

Ghiacciai	Anni	Totale diminuzioni frontale lat. sin.		Totale aumenti frontale lat. sin.		Ri-ult. medio annuo diminuzione frontale lat. sin.	
Ventina	1895-1899	37.55	15.15	4.85	1.70	8.17	3.79
Cassandra	1896-1899	51.00	—	—	—	17.00	—
Disgrazia	1896-1899	7.77	—	4.10	—	1.22	—
Scerscen	1897-1899	42.50	—	—	—	21.25	—
Fellaria	1897-1899	—	5.58	—	—	2.79	—

NB. Degno di nota poi di quest'ultimo ghiacciaio è pure l'aumento fronto-laterale destro di m. 5.35 avveratosi nell'anno 1898-99.

Dai prospetti precedenti risulta altresì una evidente conferma delle illazioni che il Forel avea già tratto (nel 1895) dal modo di comportarsi di gruppi numerosi di ghiacciai alpini in quest'ultimo quarto di secolo e, cioè, in mezzo a una *prevalente ablazione*, un *piccolo aumento* dal 1875 in poi. Lo provano gli aumenti dei ghiacciai Forno, Palù, Morteratsch, Ventina, Disgrazia e Fellaria.

Circa le *cause delle variazioni a brevi periodi* esse sono pressochè ignote per ghiacciai di prim'ordine, e si collegano con circostanze prossime oroplastiche e meteorologiche locali per ghiacciai di secondo e di terz'ordine.

Per *periodi decennali o undecennali* è discutibile il ravvicinamento delle variazioni dei ghiacciai col fenomeno delle macchie solari. Confrontando infatti le variazioni glaciali del secolo, fornitici dal Forel, colle

tavole delle macchie solari del secolo stesso forniteci dal Wolf e Fritz di Zurigo (cfr. *La Terra* del Marinelli, V, I), sebbene intorno ai massimi delle macchie abbiano corrisposto degli aumenti in un numero rilevante di ghiacciai alpini (cfr. massimi del 1816, 1830-'40, 1847-'48, 1860, 1870-'71, 1882, 1893), è pur vero che per altro ragguardevole numero di ghiacciai si è riscontrata invece una diminuzione intorno agli stessi massimi più sopra accennati, come pure intorno ai minimi.

Invece un certo ravvicinamento può farsi fra i due ordini di fenomeni per *periodi maggiori* e pressochè uguali a quelli, ricordati dal Forel, di 30 a 50 anni nei ghiacciai. Nel secolo XIX fra le ineguali variazioni spiccarono infatti quelle di carattere generale (almeno per la zona alpina) e cioè il grande aumento con massimo glaciale fra il 1818 e il 1825 e la grande diminuzione verificatasi dopo il 1850, fattasi generale verso il 1870. Al periodo di generale aumento glaciale nella zona alpina corrispose un ciclo più che trentennale delle macchie, nei cui periodi secondari gli apici dei massimi furono alquanto depressi in confronto di quelli che si riferiscono ai periodi decennali precedenti e susseguenti; al periodo invece di diminuzione corrispose quello quasi semisecolare delle macchie, nei cui periodi intermedi gli apici dei massimi giunsero ad altezze superiori d'un terzo alle precedenti.

Noto qui il fatto, bene inteso senza generalizzare la cosa, trattandosi in ogni modo d'osservazioni ristrette alla zona alpina soltanto. D'altra parte è noto come i tentativi fatti dallo Schiaparelli e dal Celoria d'un *ravvicinamento della temperatura col fenomeno delle macchie solari* non abbiano a nulla approdato, mentre furono evidentemente collegati molti altri fenomeni fisici e persino antropici (cfr. *Macchie solari e fatti umani* in « Geografia per tutti », del 1893, dello scrivente) colle macchie stesse. Se, come sono d'avviso il Forel e i migliori glaciisti, le variazioni, specialmente d'aumento, si collegano colle precipitazioni avvenute vari decenni prima nel bacino d'alimentazione dei ghiacciai, il periodo generale d'aumento della prima parte di questo secolo si collegherebbe coi precedenti decenni, in cui le macchie segnarono infatti degli apici veramente elevati, con probabile diminuzione di temperatura, aumento di umidità e cadute di neve più abbondanti. Alla sua volta il periodo generale di diminuzione successiva dei ghiacciai troverebbe una plausibile spiegazione nell'esigua recrudescenza delle macchie verificatesi, come vedemmo, nel trentennio precedente, caratterizzato probabilmente da più elevata temperatura, da maggior secchezza e trasparenza dell'aria e da cadute di neve meno abbondanti. Opportuni raf-

fronti fra i due ordini di fenomeni potranno per l'avvenire mettere meglio in evidenza un'eventuale relazione fra i fenomeni stessi. Sarebbe, p. es., a mio credere molto sintomatico un aumento generale nel secolo nostro anche nei ghiacciai della sola zona alpina, giacchè nell'ultima metà del secolo XIX gli apici dei massimi delle macchie solari si sono più elevati che nel precedente trentennio. Nel contempo molta luce sarebbe sparsa sull'oscura epoca glaciale.

A proposito di *epoca glaciale*, dopo cinque anni d'esperienza geomorfologica glaciale nell'alta montagna (Valmalenco in Valtellina) e altri vent'anni di conoscenza diretta e riflessa nell'alta e media montagna nel bacino della Piave, non mi perito di emettere un'ipotesi, alla quale del resto accennano le opinioni di scienziati più competenti. Tanto nei fianchi delle alte come delle basse valli con paesaggio glaciale da me osservate, non solo ho riscontrato l'alveo a un solo truogolo, ma una successione di truogoli incuneantisi gli uni negli altri, in modo che le pareti delle valli, sezionate nel senso trasversale, danno l'aspetto di gradinate.

Le tracce di corrasione, di incanalature e di strie, nonchè la presenza frequente di materiale morenico nelle gradinate stesse non mettono in dubbio l'azione esercitata dagli antichi ghiacciai. Ma una illazione sembra potersi dedurre con qualche fondamento: vi furono, a detta dei migliori geologi, due epoche glaciali, dei massi erratici e degli anfitratti morenici; ma la prima, a mio vedere, non fu passeggera, e la seconda non fu saltuaria, sibbene dall'una all'altra, fino agli ultimi anfitratti delle testate delle valli, corsero dei periodi intermedi, sì da rendere generalmente ininterrotto il grande fenomeno glaciale, a partire dal grande periodo nivale di preparazione a quello di discesa delle poderose lingue di ghiaccio e a quello della loro massima espansione e concomitanti oscillazioni, per discendere infine all'altro, più lungo assai, della prevalente ritirata, coi sotto periodi relativi di aumenti, soste, diminuzioni. A persuadersi della presenza delle accennate tracce glaciali, che proverebbero il mio asserto, senza ricorrere ai plastici da me fatti del mandamento di Sondrio e della provincia di Treviso, ognuno può ricorrere alle carte topografiche dell'Istituto militare italiano, dalle quali, con opportune sezioni trasversali, può rilevare il fatto. La sfinge del *ghiacciaio plavense*, che allo Stoppani, al Rossi, al Frattini e al Taramelli aveva suggerita un'ipotesi inconciliabile di due periodi bruscamente saltuari dell'epoca glaciale, cioè dei massi erratici e degli anfitratti morenici, per me appare sfatata dalle tracce del genere accennato. La stessa scarsità, per non dire mancanza, di un vastissimo apparato morenico allo sbocco nella pianura dell'antico ghiacciaio della Piave, che aveva

determinato quella ipotesi, è oggi sostituita dalla presenza d'un cospicuo apparato morenico, mercè le constatazioni del Tellini e del Sacco (1). Per parte mia aggiungerò, che se tale apparato non regge ancora al confronto di quelli abbandonati dagli altri ghiacciai della valle padana, ciò derivò oltre che da alterazioni e dispersioni subalpine, anche dalla barriera opposta al ghiacciaio dalle prealpi (gruppi del Grappa, prealpi bellunesi e carniche) e dalle stesse colline terziarie, per modo che, non rimanendo che due sbocchi relativamente stretti, dopo un apparente temporaneo periodo di massima espansione il ghiacciaio, rinserrato in gran parte nei bacini dell'Alpago e della vallata bellunese, ivi abbandonò l'immensa congerie morenica con caratteristica disposizione ad anfiteatro (2), mentre colle due digitazioni superstiti di Vittorio e di Quero completò, rispettivamente, le morene frontali di Colle Umberto e di Serravalle da un lato e quelle del Montello (rese oggimai irrinconoscibili, anzi, secondo alcuni, cancellate) (3) e di Quero dall'altro.

(1) TELLINI A.: « L'Anfiteatro morenico di Vittorio », Roma, tip. dell'Accademia dei Lincei, 1883; SACCO F.: « Gli anfiteatri morenici del Veneto », Torino, Camillo e Bertoleri, 1899.

(2) TARAMELLI T.: « Carta geologica della provincia di Belluno, rilevata negli anni 1877-81 e note illustrate relative ». Pavia, Fusi, 1883.

(3) Quando lo scrivente stese la presente nota, contemporaneamente alla comunicazione « Sui nevai di circo e fenomeni carsici e glaciali del M. Cavallo » pel IV Congresso geografico nazionale, non aveva ancora avuto occasione di leggere la « Relazione sulle condizioni geologiche del Colle Montello » del Taramelli (Montebelluna, Pulini, 1900), con che l'illustre autore, derogando dalla sua antica opinione, negò, come ha negato al suddetto Congresso insieme all'ing. A. Stella, qualsiasi natura morenica nel Montello in parola.

Lo scrivente, che era stato tratto all'antica ipotesi del Taramelli, oltrechè dall'icnografia e dall'orografia della regione, anche dai nuovi apprezzamenti del Sacco (op. cit.) sul conglomerato fluvio-glaciale sottostante al diluvium del Montello e dalla distribuzione tipica (non dalla genesi) del predetto diluvium, si rimise allora alle idee del Taramelli e dello Stella, il quale però, ad onore del vero, non esclude che il Montello poteva essere stato occupato da glaciazioni passate.

Ma ora, dopo d'aver rivedute, fra altro, le memorie di L. Bruno (pubblicate nella *Rivista geogr. ital.* nel 1895 e 1897) e quella di A. Cozzaglio e del Penck in Cozzaglio (pubblicata nei *Commentari dell'Ateneo di Brescia*, 1899) e più specialmente dopo alcune visite sopra luogo fatte al conglomerato villafranchiano, qua con soprastante ferretto, là con morene quaternarie, nel paesaggio glaciale subalpino della Piave, lo scrivente stesso, pur riconoscendo nel lavoro del Taramelli l'alto merito d'aver sparsa novella luce sulla importante questione, ritiene tuttavia che questa (perciò che riguarda almeno l'antica estensione del ghiacciaio fino al Montello) sia ancora aperta, il che si ingegnerà di dimostrare dopo ulteriori escursioni al Montello stesso e al sud della morena quaternaria di Colle Umberto, dove pure il conglomerato sembra affiorare sotto il terreno ferrettizzato.
