

La galleria del Sempione e i nuovi transiti internazionali.

Comunicazione del socio prof. A. MICHIELI

I.

Cenni storici sulle strade alpine — I primi trafori — Le ferrovie di montagna — La galleria del Cenisio e le scoperte ad essa collegate — La galleria del Gottardo — Le strade del Brennero e della Pontebbana — La galleria dell'Arlberg e i suoi insegnamenti.

Fin dagli antichi tempi le montagne, insieme a un naturale confine e ad una già disposta difesa, rappresentarono, per quanto concerne le relazioni e gli scambi dell'uomo, un ostacolo ch'egli si studiò di tenacemente superare col ricercarne i passi o girarne i massicci. Per molti secoli, annebbiata com'era la verità sotto una caterva di pregiudizi, ai monti non si accedeva che per necessità di cose e solo li superavano i conquistatori per le loro belliche imprese o popolazioni intere che migravano. Un po' alla volta a questo alpinismo forzato tenne dietro il diffondersi di certe genti nelle regioni alpine (e qui in Italia bastino per tutti gli antichissimi Liguri e dopo di loro i Salassi della Dora Baltea) che, al terrore dei mostri da esse vinto, aggiunsero, per quanti non le imitavano, quello della loro barbarie. E ciò spieghi come per secoli e secoli non si chiese già ai monti salute e ispirazioni, non si vide in essi una palestra di forza fisica e morale, ma a stento, con mille cautele, sotto la spinta del bisogno, vi si andò a cercare legname e minerali, ammirando ma non certo invidiando chi vi abitava (1).

I geli perenni, le tormenti paurose, le popolazioni barbare che vi si erano stanziate avevano determinato nell'animo dei più la convinzione che le montagne fossero il regno di mostri primevi e che non impunemente si potesse salirle. Bonifacio Roero d'Asti, essendo

(1) Cfr. J. GRAND-CARTERET, *La montagne à travers les âges*. Moûtiers, Libr. savoyarde Fr. Ducloz, 1904; *Le Alpi italiane*, scritti vari, ne *La lettura* del GIACOSA dell'agosto 1901.

stato fatto prigioniero dai Turchi mentre combatteva in Terrasanta, non sapendo qual altro voto più grande fare, promise alla Vergine di inalzarle un sacello sopra i monti del suo Piemonte. E, liberato che fu, mantenne la parola, erigendo nel 1358, sul Rocciamelone, sopra Val di Susa, un rozzo ma ardito tempietto, detto oggi la Ca' d'Asti (2834 m.) Cimento questo per cui parve un eroe e lo si ricordò poi sempre (1). Lo stesso Francesco Petrarca nel 1336 non aveva trovato per salire il Ventoux (1911 m.) che la compagnia di suo fratello, nessuno avendo voluto seguirlo (2). Nel cinquecento solo Leonardo da Vinci, col suo genio veramente universale, intuì ed amò la montagna; ma, quasi tutti gli altri, pochissimi eccettuati, non vedevano in essa che un confine.

Mentre i secoli passano l'umanità cammina e col crescere degli scambi e delle relazioni, col diffondersi delle ambascerie e dei commerci, col triste dilagare delle invasioni guerresche, la conoscenza della montagna aumenta e gli Stati più attivi, come i Savoia, i Visconti e Venezia in Italia, principiano, sull'esempio glorioso dei Romani, a far costruire quelle strade alpine che, pei mezzi d'allora, sembrano oggi un miracolo. E con la necessità delle strade si fece innanzi quella dei trafori; piccoli e a mano d'uomo, i primi; più lunghi e coll'aiuto delle mine, appena fu scoperta la polvere, i secondi. Già i popoli d'Oriente e i Romani avevano costruito nei loro tempi ardite gallerie per scopi idraulici e guerreschi, e valga per tutte quella per l'emissario del Fucino, scavata sotto l'Appennino abruzzese, per ordine dell'imperatore Claudio, sotto la direzione dell'architetto Narciso, o l'altra di Posillipo sulla strada di Pozzuoli. Ma queste e tutte le gallerie costrutte fino al secolo XVIII attraversano terreni rocciosi e non sono affatto paragonabili alle posteriori, internantisi alle volte perfino fra le sabbie. Fra i trafori alpini del passato sono degni di nota il così detto Pertugio del Viso, fatto scavare dal marchese Lodovico II di Saluzzo alla fine del XV secolo (3); e le gallerie svizzere dell'Albula e del Gottardo,

(1) Vedi il Numero unico sul *Rocciamelone*, pubblicato in Torino dall'editore Speirani nel 1896.

(2) Cfr. A. MICHELI, *Le peregrinazioni di F. Petrarca*, nel volume « Treviso nel sesto centenario dalla nascita di F. P. » Treviso, Zoppelli, 1904 (con bibliografia).

(3) L. VACCARONE, L. G. PELLISSIER, *Il « tunnel » del Viso*, nell'Archivio Storico dell'antico marchesato di Saluzzo. Saluzzo, I, 1-2, 1901; Le pertuis du Mont-Viso. Turin, Casanova, 1881; e « Le vie delle Alpi occidentali degli antichi tempi ». Ibidem, 1884.

che, appetto a quelle moderne, appaiono oggi degli informi tentativi di principianti.

Un'esperienza preziosa per il traforo delle montagne fu fatta dall'uomo nelle miniere; e molti dei processi tecnici di escavazione e di armamento usati nella ricerca dei filoni dovevano poi passare, perfezionati, nella complessa scienza della viabilità sotterranea. La storia delle comunicazioni è antica quanto l'uomo, ma in Europa chi sull'esempio dei Romani diede un grande impulso alla « strada », dopo le pur gloriose innovazioni delle età precedenti, fu Napoleone I che, legislatore e soldato, vide più di altri la necessità delle grandi vie internazionali. Fu per opera sua che si costruirono e sistemarono le più belle strade dell'Italia alpina e padana; fu sotto i suoi auspici che alla carta dell'Europa si aggiunsero delle nuove arterie di vita e di coltura. E, anche solo per questo, il secolo in cui egli moriva prometteva fin da principio grandi cose.

Ma le applicazioni del vapore e dell'elettricità, i trionfi mirabili della meccanica dovevano oltrepassare, poco dopo, le predizioni più ardite e slanciare di botto l'uomo ad una corsa mai vista di progressi. I consueti mezzi di locomozione parvero un po' alla volta troppo primitivi e man mano che ad essi si sostituivano i nuovi sorsero nuovi criteri di comunicazioni e di transito. Accanto alle strade carreggiabili si costrussero le prime vie ferrate; e da quelle in pianura si passò presto alle montane, a cremagliera dapprima o a sistemi funicolari, a tipo elicoidale e a gradualì dislivelli dappoi. L'ingegneria stradale prese uno sviluppo enorme; il ferro permise le costruzioni più ardite; e accanto alle trincee e ai viadotti si gettarono ponti a lunghe travate, archi e piloni grandiosi. Ma non bastava ancora. Le vie di montagna presentavano troppi inconvenienti. Bisognava che la ferrovia seguisse i meati delle valli o si aprisse il cammino lungo il fianco del monte, e se d'estate ciò sarebbe stato graditissimo, d'inverno si era sotto la minaccia delle nevi e l'urto delle valanghe. Bisognava aprirsi una strada più al basso, senza allontanarsi troppo dalla pianura, ed evitando i pericoli col penetrare nelle viscere stesse del monte. E vi si riuscì dapprima con brevi gallerie, che, crescendo un po' alla volta di numero e d'importanza col sussidio dei pozzi aeratori, ebbero il grande merito d'incoraggiare a più arditi tentativi.

Il primo che abbia volto il pensiero ad una grande galleria attraverso le Alpi fu un umile appaltatore di strade di Bardonecchia: Giuseppe Médail. Dotato di un'acuta intelligenza e reso sagace dalla pratica,

egli andò dedicando tutti i suoi sogni ad una via di comunicazione fra l'Italia e la Francia, e, dopo aver studiato il terreno, compilò e presentò al ministero piemontese un progetto che indicava subito come la via più adatta il Collo del Fréjus, fra Modane e Bardonecchia (1840 m.). Cosa meravigliosa, perchè tutti gli studi posteriori non poterono che confermare tale sua scelta. L'umile alpigiano chiudeva la sua relazione con l'enumerare i vantaggi che avrebbe ricavato il Piemonte dall'esecuzione del lavoro, e, pur non aggiungendo in proposito quei particolari tecnici sull'esecuzione ch'erano necessari, impose, come si suol dire, l'idea e ne rese possibile lo svolgimento.

Sarebbe lungo narrare tutte le fasi per cui passò il progetto del Fréjus dal 1841 al 1857 in cui furono iniziati i lavori, ma basterà qui ricordare come recò ad esso un notevole contributo la costruzione della ferrovia Genova-Torino principiata nel 1845 e la conseguente perforazione del Collo dei Giovi, diretta dall'ingegnere belga Enrico Maus. Nello stesso tempo in cui egli attendeva a tale lavoro, venne incaricato dal governo di Carlo Alberto di iniziare, insieme con l'insigne geologo Angelo Sismonda, una serie di studi sul traforo del Cenisio. È dovuto ad essi un ampio progetto di massima presentato con successivi rapporti fra il 1845 e il febbraio 1849. L'ultimo dei rapporti era anche il più completo e tutti li riassumeva. Secondo il Maus la galleria si sarebbe potuta ottenere in un tempo relativamente breve, usando d'una perforatrice a scalpello cui si sarebbe trasmessa la forza con un complicato sistema di pulegge e corde metalliche (scalpelli telodinamici del Maus). La forza motrice doveva essere l'acqua; e per l'aerazione, essendo soppresso l'uso della polvere, si credeva provvedervi in modo sufficiente con delle pompe. Ma, sebbene a tale disegno fosse stata fatta la migliore delle accoglienze, i tristi eventi politici del marzo 1849 sembrarono avvolgere tutto nell'oblio. Quando si ripresero gli studi, al progetto in parola se n'erano aggiunti altri e l'ardimentosa idea entrava per essi in una nuova fase.

Fra questi studi i più notevoli e insieme i più sfortunati furono quelli dell'ingegnere G. B. Piatti di Milano, che, dedicatosi alle ricerche intorno all'aria compressa, allora giovanissime, aveva pubblicato fin dal 1844 in Milano un progetto di trazione ferroviaria che sperimentò poi in Londra con ottimo esito nel 1849. Incoraggiato da ciò egli si recò nel 1852 in Torino e rese pubblica per le stampe una sua « Proposta per la strada ferrata tra Susa e Modane, di un nuovo sistema di propulsione ad aria compressa da motori idrau-

lici, ecc. » Il problema, dissi, non era nuovo, e, mentre si stava stampando la memoria del Piatti, giungeva al Governo Sardo, da parte del prof. Daniele Colladon di Ginevra, una domanda di brevetto « per l'applicazione dell'aria compressa al movimento delle barre di ferro, destinate a praticare i fori da mina ». Fra l'una e l'altra scoperta c'era però una sostanziale differenza, che cioè quella del Piatti, all'opposto dell'altra, indicava esattamente il modo di comprimere l'aria e d'applicarla alle perforatrici. Ma ciò non tolse che, per un complesso di dolorose circostanze già acquisite alla storia, il povero ingegnere G. B. Piatti non abbia potuto ottenere alcun legale riconoscimento della propria invenzione e sia morto nel 1867 nel più triste abbandono (1). È perciò tanto più doveroso ricordare che a lui spetta la vera paternità dell'applicazione dell'aria compressa a tal genere di lavori e che senza di lui non sarebbe stato concesso ai tre ingegneri Sommeiller, Grandis e Grattoni di ottenere nel traforo del Cenisio tanti gloriosi successi.

Ma procediamo. Col progetto 26 settembre 1854 il lavoro del Cenisio, per la miranda tenacia dei tre ingegneri suddetti e le coraggiose deliberazioni del Parlamento subalpino, entrava nella sua fase risolutiva: e, di fatto, dopo una serie di esperienze eseguite sul piano inclinato dei Giovi e alla Coscia fra Genova e Sampierdarena, si iniziava il traforo della galleria il 31 agosto 1857. Fino ai 12 gennaio 1861 si procedette col lavoro a mano; da quel giorno, riuscito il Sommeiller a perfezionare l'invenzione del Piatti combinandola col cilindro perforatore del Bartlett mosso a vapore e ideato nel 1855 per la ferrovia della Savoia, cominciarono a funzionare le perforatrici ad aria compressa. La sonda attraversava l'ultimo diaframma della galleria il giorno di Natale del 1870 e nel settembre dell'anno seguente veniva inaugurata la linea. Essa congiunge la valle della Dora Riparia (Bardonecchia) con quella dell'Arc (Modane) e mette in più diretta comunicazione Torino con Lione, l'Italia mediterranea con l'Europa occidentale. La sua lunghezza è di 12,233 m. (12,849 coi raccordi in curva) la larghezza massima 8, l'altezza 6, e il suo tracciato in piano rappresenta un cammino ascendente dalla Francia verso l'Italia con una banchina orizzontale in mezzo, all'altitudine di 1158 m. sul

(1) Cfr. VARI, *L'ing. G. B. Piatti e il Traforo del Cenisio. Rivendicazione*. Milano, Fr. Vallardi, 1872; L. BELTRAMI, *G. B. Piatti e il traforo del Cenisio*, nell'opuscolo *Onoranze a G. B. Piatti*. Milano, Pagnoni. 1894.

l. m. La polvere da mina consumata nel corso dei lavori fu di un milione circa di chilogrammi. I binari sono due, le gallerie d'accesso 26 sul versante italiano, 11 su quello francese. La spesa totale dei lavori fu per l'Italia di 42 milioni circa (1).

Il trionfo ottenuto col traforo del Cenisio incoraggiò ad iniziare, subito dopo, quello del Gottardo; e, come per l'esecuzione del primo s'erano acuiti con fortuna gl'ingegni intorno ad ordigni e macchine meravigliose, così ad altre scoperte condusse l'esecuzione del secondo, tanto nel campo della geologia come in quello della meccanica. Anche per esso, come nel precedente, scelti i due punti di partenza, si procedette nel traforo fino ad incontrarsi. Iniziati i lavori ai 12 settembre 1872, le due squadre di Airolo e Göschenen potevano reciprocamente acclamarsi al 28 febbraio 1880. La linea veniva aperta all'esercizio due anni dopo, nel mese di maggio. Essa unisce la Valle del Ticino (Airolo) con quella del Reuss (Göschenen) e avvicina virtualmente Milano a Zurigo, l'Italia padana e mediterranea con la Svizzera e l'Europa centrale. La sua lunghezza è di m. 14,984; l'altezza massima sul l. m. 1155, mentre l'elevazione degli imbocchi è alquanto minore di quelli del Cenisio (1109 e 1145 contro 1148 e 1269). Il costo totale fu calcolato di circa sessanta milioni di lire. Le gallerie d'accesso sono in tutto 61, di cui 29 sul versante italiano e 32 su quello svizzero. Come ben ricorda il Figuier nelle sue *Conquiste della scienza*, (2) la mente direttrice dei lavori fu l'imprenditore Luigi Favre, di Chênes presso Ginevra, un uomo dai natali più che modesti, elevatosi da solo con la tenace operosità. Egli, come più tardi l'ingegnere Brandt, perfezionatore della perforatrice del Sempione, moriva vittima della galleria, poco tempo prima che ne venisse finito il traforo. Un mirabile altorilievo di Vincenzo Vela in Airolo ne ricorda i tratti e la fine, in una figurazione piena di sentita poesia. Chi gli succedette nella direzione dei lavori fu, tra altri, il valoroso ingegnere italiano Dionigi Ruva (3).

(1) Cfr. E. BIGNAMI, *Cenisio e Fréjus*. Firenze, Barbèra, 1871; A. COVINO, *De Turin à Chambéry, etc., et le tunnel des Alpes Cottiennes*, Turin, L. Beuf, 1871; A. SECCHI, *Il traforo delle Alpi nella catena del Moncenisio al Colle di Fréjus*. Milano, Treves, 1872; L. FIGUIER, *Le nuove conquiste della scienza*, Traduz. dell'ing. Zambelli. Milano, Sonzogno, 1884, pag. 469 e seg.; e *Il Vapore*. Trad. di A. Usigli. Ibidem, passim; A. ALFANI, *Battaglie e Vittorie*. Firenze, Barbèra, 1892, pag. 48 e seg.

(2) *Opera citata*, pag. 620 e seg.

(3) Cfr. M. HÉLÈNE, *Les galeries souterraines*. Paris, Hachette, 1879 (Dedicato al Favre); L. FIGUIER, *Le nuove conquiste della Scienza*, pag. 565 e seg.; F. AJRAGHI,

Le macchine che servirono nella gigantesca impresa furono presso a poco quelle usate al Cenisio, ma perfezionate quasi tutte dagli studi e dall'esperienza. La perforatrice ad aria compressa inventata dal Piatti, modificata dal Sommeiller, doveva subire, durante il traforo del Gottardo, per opera soprattutto dell'ingegner Ferroux, dei notevoli cambiamenti. E con questo meraviglioso congegno dovevano venire radicalmente trasformati anche gli ingombranti compressori a colonna per la produzione dell'aria, essendosi ad essi sostituite delle semplici ma potenti turbine collegate ad una serie di pompe a stantuffo liquido. I progressi tecnici ottenuti al Gottardo saranno poi base della mirabile semplificazione Brandt, per cui, nelle perforatrici, all'aria verrà sostituita l'acqua compressa. Anzichè polvere da mina, si cominciò ad impiegare in questo traforo la dinamite Nobel, la cui base - la nitroglicerina - fu trovata dal Sobrero fin dal 1847, ed è quindi anch'essa una scoperta italiana.

I risultati della galleria del Gottardo corrisposero più che non si credesse alle previsioni, superando anzi, per la sua ubicazione geografica, quelli pur grandiosi del Cenisio.

Ma, mentre si attendeva a tale traforo, se ne preparavano e compivano altri. L'Austria, dopo aver costruito dal 1859 al 1867 la ferrovia del Brennero, aderiva al progetto della Pontebbana, iniziata nel 1874 e aperta all'esercizio nel 1879; ma, sgomentata dai pericoli che correva il commercio dei suoi paesi occidentali per l'apertura del Gottardo, decise di congiungere il bacino dell'Inn a quello del Reno con la ferrovia dell'Arlberg (Innsbruck-Costanza). Essa misura 10,280 m. fra gli imbocchi di Langen (a m. 1218 sul l. m.) e di S. Anton (a m. 1302). È a due binari, ha il suo culmine a m. 1310 sul mare, con una pendenza che varia dal 2 al 15 %. Nella sua escavazione, accanto alla Ferroux, s'adoperò per la prima volta la perforatrice ad acqua compressa, inventata allora allora dall'ingegnere Alfredo Brandt. I lavori, iniziati nel 1880, furono compiuti con grande rapidità nel 1884, malgrado che la natura delle rocce abbia qua e là costretto a dei grandiosi lavori di puntellamento, e che, nel solo percorso Langen-Braz,

Il traforo delle Alpi Elvetiche. Passaggio del Gottardo. Milano, Casa Ed. Galli; RÉ-VAUX, *Étude comparative des travaux exécutés aux tunnels du Mont-Cenis et du Saint-Gothard.* Paris, Dunod; BATISSE, *Travaux de percement du Sainte-Gothard*, Ibidem; J. MICHEL, *Le chemin de fer du Saint-Gothard*, Ibidem.

si siano dovuti lanciare ben 15 viadotti. Il suo costo fu di circa 50 milioni di lire (1).

Ma ecco qui una tavoletta riassuntiva coi dati principali di queste gallerie, cui credo utile aggiungerne alcune la cui speciale trattazione mi porterebbe troppo lontano dal tema :

	Giovi	Sommering	Cenisio	Gottardo	Arlberg	Tenda	Sempione
Lunghezza della galleria. . . .	3,258	1,408	12,233	14,984	10,280	8,100	19,768
Culmine massimo soprastante . .	127	64	1,654	1,706	720	873	2,135
Altitudine massima della galleria.	345	875	1,295	1,155	1,310	1,037	705
Id. degli imbocchi N. o E. . . .	..	..	1,148	1,109	1,302	1,005	687
Id. id. S. o W.	..	..	1,269	1,145	1,218	815	634
Pendenza massima per mille . .	35	25	22	5.82	15	10	7
Durata dei lavori	1845-57	1848-52	1857-70	1872-80	1880-84	1890-98	1898-1905

NB. Tutti i valori sono in metri.

A chiusa di questa parte, non sarà inutile dire subito come le gallerie hanno reso possibili quei rapporti internazionali che la barriera alpina sembrava ostacolare, aumentando i vincoli commerciali e politici fra le varie nazioni europee e l'Italia. Ma, mentre noi non abbiamo attualmente che due strade ferrate che ne colleghino con la Francia, due con la Svizzera, tre con l'Austria, vediamo la Francia e la Spagna congiunte da due, l'Austria e la Russia da quattro, la Germania e la Russia da cinque, la Germania e la Francia da sei, ma la Germania e l'Austria da ben 35 linee ! Nel campo dei trafori noi teniamo però il primo posto, avendone sull'Adriatico una percentuale di 3.16 % sullo sviluppo della rete, e sul Tirreno il 5.56; mentre, ad esempio, in Germania, non ne hanno che 0.33. Cifre, le nostre,

(1) Cfr. Ing. P. RHEINBERGER, *Karte der Arlbergbahn*, scala di 1: 100.000. Zürich, Orell Füssli et Cie.; e Ing. A. FERRUCCI, capitoli II, III e IV del suo volume *Il traforo del Sempione e i passaggi alpini*. Torino, Fratelli Bocca, 1906. Per la linea del Cenisio vedi i fogli 54-55, Oulx-Susa, della carta alla scala di 1: 100.000 dell'I. G. M. di Firenze; per quelle del Gottardo, del Brennero, della Pontebbana, oltre che i singoli fogli delle relative Carte topografiche, una buona Carta delle Ferrovie europee. E vedi, ad esempio, quelle pubblicate di recente nel grande Stieler.

più che notevoli e giustificate dal fatto che, parlando dei grandi trafori, solo di rado si tengono presenti tutte le gallerie secondarie e di accesso, per le quali basterà ricordare che la lunghezza del Cenisio viene portata ad un totale di 23,419 m. con 38 gallerie e quella del Gottardo a 41,454 con 62; e che sulla ferrovia della Cornice, da Genova al confine francese, vi sono nientemeno che 71 gallerie per 27,788 m., varianti da un minimo di qualche centinaio al massimo di 2435, e che da Genova a Sarzana ve ne sono ben 72, di cui quella del Mesco misura m. 3034. E ci vorrebbe un intero volume per illustrare queste e tutte quelle dei Giovi, della Bologna-Firenze, della linea di Foggia, ecc., testimonianti ancora una volta l'ardire e l'ingegno italiano e nuovo argomento di fede — per tutti — nell'esito finale di tanti sforzi.

II.

Necessità di nuove strade alpine — Il traforo del Sempione — Criteri dell'opera — Modo col quale procedettero i lavori — Ostacoli incontrati e vittorie conseguite.

Da questo momento, mentre le costruzioni di ferrovie secondarie crescevano di giorno in giorno, si verificava per i grandi trafori un breve periodo di sosta. La galleria del Frejus aveva facilitato grandemente gli scambi fra la Francia e l'Italia accorciando le comunicazioni fra il bacino Mediterraneo e quello della Manica. Chi ne traeva in Italia un grande e già previsto sviluppo era il porto di Genova, chè data appunto da allora il suo movimento d'ascensione. Ma lo stesso sviluppo del transito nell'Europa d'occidente danneggiava o limitava almeno quello del centro fra gli stessi mari del mezzogiorno e gli stati al nord delle Alpi. Il traforo del Gottardo ristabilì quindi l'equilibrio, offrendo alla Svizzera e alla Germania una comoda e rapida strada su cui avviare parte della loro grande produzione. Col crescere dell'industrialismo aumentano però i traffici, e, accanto ai già in uso, sorge la necessità di creare altri mezzi e vie di comunicazione, estendendo a zone trascurate il commercio, portando con maggior prontezza sui mercati mondiali i frutti del lavoro. Ecco quindi come, dopo i trafori del Cenisio, del Gottardo, dell'Arlberg, si pensò e si pensa tuttavia ad altri.

La prima scelta cadde su quello del Sempione che per la sua posizione era il più indicato a riattivare la vita nella Svizzera occiden-

tale e terre contermini, risparmiando agli uomini e alle merci lunghi giri e dislocazioni. Il vero massiccio traforato non è il Sempione, ma una parte di esso che è il Monte Leone (m. 3552 Δ) fra le valli della Diveria e del Rodano. Come il Cenisio era attraversato da una grande strada che, dopo aver servito alle guerre dell'antica Roma e agli scambi medievali, fu mirabilmente sistemata da Napoleone Bonaparte; come attraverso il Gottardo, sui quattro varchi noti agli antichi, si era scelto nel 1826 il migliore per la carreggiabile Airolo-Andermatt, così sul Sempione rimane a testimonianza del progresso umano la strada che da Val d'Ossola per Varzo, Iselle, Gabi, Ospizio, Berisal, conduce a Briga; strada meravigliosa che pure il Bonaparte volle e compì. Strade esposte sempre ai pericoli delle valanghe e inadeguate alle esigenze moderne; ma mirabili per le gallerie scavate a mano, i viadotti e i terapieni arditissimi, le opere murarie d'ogni genere. E basti ricordare come quella napoleonica del Sempione (la terza delle strade in parola) costò sei anni di lavoro a ben 50,000 operai, e sopra una lunghezza di 62 chilometri, conta 613 ponti, 20 rifugi ed 8 gallerie e di queste solo una, quella che da Gondo conduce a Gabi, esigette diciotto mesi del più tenace lavoro.

Non è qui il luogo di fare la storia del traforo del Sempione passando in rassegna i vari progetti che si seguirono per esso dal 1857 in poi. Il tema fu già trattato da molti e mi dispensa dal dirne di più l'elenco delle pubblicazioni che aggiungo in nota (1). Basterà rammentare come nel 1891 la compagnia Jura-Simplon, proprietaria della rete d'accesso al futuro traforo, fu spinta dal proprio interesse a ri-

(1) Cfr. GIULIO BONOLA, *La ferrovia del Sempione*, Roma, Forzani, 1900; ALESSANDRO MALLADRA, *Il traforo del Sempione*, Milano, Cogliati, 1905; UGO ANCONA, *La galleria del Sempione*, Milano, Treves, 1905; A. R. TONIOLO, *Il traforo del Sempione*, Pavia, Fratelli Fusi, 1905; *Il Sempione*. Numero di Natale dell'«Illustrazione Italiana», con scritti di G. Colombo, A. Tedeschi, E. Mola, G. Lanino, A. Malladra, Milano, Treves, 1905; Ing. ANTONIO FERRUCCI, *Opera citata*, e, con la bibliografia di lavori relativi al Sempione data dal Malladra a pag. 141-48 della sua pubblicazione, ricorda la numerosa serie di articoli sparsi per le più autorevoli riviste d'Europa, in special modo fra il 1904 e il 1905 dai signori A. G. Bianchi, R. Simboli, G. Lanino, J. Orsat, L. Lafitte, C. Loiseau, S. Ghelli, G. Goegg, R. Pinon, A. Brunialti, H. Kalbofuss, De Fooz, A. Norsa, C. Canovetti, G. Bonola, G. Colombo ed altri.

Vedi poi C. BRUSONI, *Guida per la valle d'Ossola, il Sempione, ecc.* Milano, Artaria-Sacchi; la GUIDA LAMPUGNANI de *L'Ossola e le sue valli*, Milano, 1905; i fogli 15 e 5, Domodossola-Val Formazza della Carta alla s. di 1:100.000 dell'I. G. M. di Firenze; e le varie carte speciali pubblicate qua e là per l'inaugurazione della linea.

prendere gli studi fino allora fatti, affidandone l'incarico ad una speciale commissione. Dopo laboriose e complesse ricerche cui recarono il loro contributo studiosi di ogni nazione, ma specialmente italiani e svizzeri, fu deciso di operare il traforo ad un'altezza assai minore di tutti i precedenti, con due gallerie rettilinee e parallele, ad un solo binario ciascuna, lontane l'una dall'altra 17 metri, e congiunte ad ogni 200 da un cunicolo trasversale. Ciò per facilitare la circolazione dell'aria e l'uscita delle acque ed aver pronto un secondo *tunnel* « qualora le esigenze del traffico lo rendessero necessario ».

La lunghezza del rettilineo fu calcolata in m. 19,728 con la « direzione da Nord-ovest a Sud-est, in modo che l'imbocco svizzero (Nord-ovest) si trova alquanto più su di Briga, alla quota di 685.50 m. sul mare e a due metri sul pelo del Rodano; mentre l'imbocco italiano riesce alquanto più giù di Iselle, alla quota di 633.75 sul mare e a quattro metri sul pelo della Diveria.

Di questa lunghezza, nove chilometri circa si trovano su territorio svizzero, donde si deduce tosto che la tratta italiana supera la precedente di 1700 e più metri. Il tracciato passa per ben sette volte sotto la grande e tortuosa strada napoleonica: taglia dapprima il gomito del villaggio di Schlucht nel Vallese, indi incrocia quattro volte la grande M dello stradone sotto Berisal. Da questo punto la strada si allontana sempre più dal traforo, che più non incontra fino allo sbocco italiano, ove l'ingresso della *galleria di direzione* è sito precisamente a picco sotto il parapetto della via, a pochi metri sopra il pelo d'acqua della Diveria » (1).

Dei due *tunnels* « il numero 1, secondo ben descrisse il Prof. Malladra nel suo bellissimo volumetto sul traforo del Sempione, fu scavato, e totalmente rivestito da muratura, *in sezione completa*, raffigurante un ovoide tronco alla base, di metri otto per cinque. Il n. 2 fu invece, per ora, scavato in sezione ridotta di metri 3.20 per 2.50 »; esso fu finito di traforare al 7 luglio 1905 e « rimarrà, finchè il traffico non lo esiga, una galleria di servizio. Con la progettata disposizione si calcola che il n. 1 potrà servire al passaggio di 48 treni nel periodo di 24 ore, di cui quattro diretti, otto omnibus e trentasei treni merci. Per l'esecuzione dell'opera fu decisa la spesa di 54 milioni e mezzo, poi accresciuta di circa 4 milioni per le gravi difficoltà incon-

(1) A. MALLADRA, *lav. cit.*, pag. 29-30.

trate. Il tempo da impiegarsi fu convenuto di 5 anni e mezzo, poi protratto di dodici mesi, cioè fino al 30 aprile 1905. Per ogni giorno di guadagno, 2000 lire di premio, ed altrettante di multa per ogni giorno di ritardo. Nella convenzione furono pure stabiliti dapprima quindici e poi diciannove milioni per l'allargamento del tunnel n. 2 coi quali il costo totale del traforo con doppio binario sarà di 77 milioni e mezzo (1).

L'impresa assuntrice fu la Brandt-Brandau e C., la quale, non appena furono firmate le convenzioni generali tra i governi italiano e svizzero e quelle particolari fra la Mediterranea e la Jura-Simplon, cioè nell'agosto del 1898, diede subito mano ai lavori. A dirigerla, dopo la sparizione dell'Ingegnere Brandt, morto vittima della galleria dopo due soli anni dal principio dei lavori, rimase l'Ing. Carlo Brandau, anima d'anglosassone in un cuore latino.

Alla fine del 1898 la vallata della Diveria, fra Varzo ed Iselle, sul versante italiano e quella del Rodano, fra Briga e Naters, sullo svizzero, fino allora così romite, andarono trasformandosi come per incanto. In pochi mesi non si conoscevano più. Case d'ogni genere, depositi di materiale, macchine strane e gigantesche invasero quel regno del silenzio e lo andarono destando con le voci di migliaia di operai, parlanti tutti i dialetti italo-svizzeri, con gli scoppi continui delle mine, con le manifestazioni più diverse del lavoro e della vita. Mentre l'impresa provvedeva alla costruzione di un ospedale e adatti bagni e asciugatoi per gli operai, secondo le norme più rigorose dell'igiene, il vescovo di Novara, mons. Pulciano, nella cui diocesi si trova il versante italiano del Sempione, si adoperava per l'assistenza morale di tanti nostri connazionali; e la Società Dante Alighieri, per espresso consiglio del Senatore Pasquale Villari, fondava a sue spese nel 1901 una Scuola maschile e un Segretariato operaio in Briga e un Asilo infantile per i figli degli operai in Naters, affidandone la direzione alle Suore salesiane di don Bosco. La direzione di tale assistenza veniva poi rilevata dall'Opera di Mons. Bonomelli, alla cui benefica attività l'esito del traforo è pur indirettamente legato (2).

(1) MALLADRA, *lav. cit.* pag. 32-33.

(2) Vedi A. FERRUCCI, *op. cit.*, cap. XXI; F. GALLARATI-SCOTTI, *La condizione degli operai italiani al Sempione*, nel « Bollettino dell'opera di assistenza degli operai emigrati » n. 13 a 15, 1903; C. MAINA, *Da Losanna a Briga*. Milano, Cogliati, 1903; e *I nostri esuli*. Ibidem, 1904. Ricorda poi il *Rifugio Sempione* eretto per omaggio a Mons. Bonomelli in Domodossola; G. PASCOLI, *La Messa d'oro*. Bologna, Zanichelli, 1905; e la *Rassegna Nazionale* del 1° giugno 1905.

Per questi ed altri motivi, quanti furono sul luogo possono attestare che, sì nell'uno che nell'altro versante, lo spettacolo fino al termine dei lavori fu parimente fantastico, tanti erano gli obbietti che destavano l'attenzione, dagli alberghi all'ospedale, dagli stritolatori per la sabbia alle grandi prese d'acqua, dai compressori a turbina all'edificio delle perforatrici. Anche ora, mentre si cammina fra quel dedalo di costruzioni, dinanzi al panorama di que' monti giganteschi, si pensa con quale smarrimento un antico non guarderebbe mai a quel mondo, in cui tutte le scienze novissime si son date una mano sotto l'egida della fraternità e del progresso, se anche noi, che più o meno fra queste cose crescemmo, ne restiamo tanto stupefatti!

Il traforo della galleria n. 1 fu compiuto addì 24 febbraio 1905 alle ore 7. 20 e l'abbattimento ufficiale dell'ultimo terrapieno fu operato il successivo 2 aprile. L'inaugurazione della linea è avvenuta il 19 maggio 1906 con una solenne cerimonia cui parteciparono il Re d'Italia e il Presidente della Confederazione Svizzera. L'apertura all'esercizio pubblico seguiva al 1° giugno successivo. La città di Milano, per festeggiare l'evento in modo ancor più grandioso ed efficace, raccolse nella sua Esposizione mondiale i documenti e le promesse della scienza, messa ai servigi della viabilità, dei commerci, della fraterna opera umana. L'anno dell'apertura del Sempione segnerà perciò nella storia una vera pietra miliare. Nella storia delle comunicazioni la nuova galleria segnerà poi, forse, un vero « termine » augurale fra quelle a vapore e le elettriche, ritenendosi certo per un cumulo di ragioni che alla trazione elettrica si darà d'ora in poi la preferenza specialmente nelle nuove ferrovie di montagna. Gli inconvenienti che presenta nelle gallerie la trazione a vapore sono tanti (1) che ad evitarli si decise ehe in quella del Sempione la trazione possa farsi anche elettricamente, e si scavarono perciò lungo i lati della linea 20 camere piccole e 5 grandi per la posa degli impianti elettrici, forniti questi, insieme con tutto il materiale inerente, dalla Casa Brown e Boveri di Baden Svizzero.

Per farsi un adeguato concetto del significato grandioso d'un traforo di montagne come quelle qui ricordate, converrà richiamarsi alla memoria le principali fasi dei lavori del Sempione.

(1) Cfr. ANGELO MOSSO, *La respirazione nelle gallerie e l'azione dell'ossido di carbonio*. Milano, Treves.

E ne dirò brevemente, rimandando il lettore desideroso di maggiori notizie a quanto ne scrissero il Malladra, il Ferrucci ed altri.

Anzitutto avete mai pensato come mai due eserciti d'operai che attaccano una montagna alta dai 2 ai 3000 metri e più, che vi s'insinuano da pigmei roditori, alla distanza di tanti chilometri, possano procedere tranquilli e sicuri d'incontrarsi? La cosa ha del fantastico, e, se noi non fossimo abituati dai trionfi stessi della scienza a non ponderarne più l'entità, sembrerebbe perfino impossibile. Ma è quella stessa meraviglia che fece incontrare le due gallerie del Cenisio con un semplice errore di 40 centimetri, quelle del Gottardo con uno di 15, che adesso, nella stessa strada d'accesso all'imbocco di Iselle, permise che si potesse ottenere senza alcuna deviazione la galleria elicoidale di Varzo (eseguita sotto la direzione dell'ingegnere Bazzaro) che procede in un contrafforte del monte Leone alla stessa guisa di due rampe di una scala a chiocciola che si congiungono esattamente nel mezzo, è infine un trionfo di quelle matematiche applicate cui specialmente i giovani, fra tanto dilagare di vacuità accademiche e mitingaie, farebbero bene rivolgere sempre più la loro attenzione. Matematiche applicate che hanno in questo caso sorelle la geografia e le sue discipline ausiliarie, e che, insieme ad esse, colla perfetta conoscenza del terreno sovrastante al traforo, riescono a stabilire i due punti dell'imbocco e l'asse di direzione. Fissati colla massima diligenza possibile tali punti, con un teodolite li si riporta alla verticale mediana della galleria, e di là, con ripetute e scrupolose operazioni, se ne mantiene la direttiva mediante una lampada attaccata alla vólta. Di tratto in tratto si sospendono i lavori per fare la verifica dell'asse di direzione, tanto per le pendenze quanto pel valore degli angoli. E ogni verifica dura dai due ai tre giorni! Chi si occupò di tali ardue ricerche al Sempione fu l'ingegnere M. Rosenmund, professore al Politecnico di Zurigo, e l'errore accertato alla fine non fu - cosa mirabile, pensando ai 20 chilometri della galleria - che di 20 centimetri e 2 millimetri (1).

(1) Vedi Ing. C. DAVISO, *La triangolazione per la galleria del Sempione*, nella « Rivista di topografia e catasto » di Torino, n. 3-4, 1903; *Corriere della Sera* del 4 ottobre 1905, edizione del mattino, I facciata; Ing. LANINO, *La determinazione dell'asse del tunnel*, nel citato numero unico del Natale 1905, pag. 26. I calcoli di controllo a traforo finito diedero questi risultati: Errore nella deviazione laterale degli assi mm. 202; in quella del piano mm. 870; nella misurazione della lunghezza mm. 790 in meno. La galleria risultò quindi di m. 19,768.56, anzichè di mm. 19,769.35 (comprese le curve di raccordo, poichè la galleria di direzione non misurava che 19,728.71.

Ma rimosso questo ostacolo, ne rimangono infiniti altri, ben naturali nel lavoro sotterraneo che tra quelli umani è il più penoso. Vera compagna all'uomo nell'attacco della roccia è, già si disse, la perforatrice, congegno che si direbbe quasi animato da una forza cosciente. Scelta la fronte di scavo, il carrello delle perforatrici (che son di solito quattro) vi è avvicinato; e mediante una giunta a gomito si mettono in comunicazione i cilindri cavi delle perforatrici col tubo dell'acqua compressa a cento e più atmosfere ch'è nella galleria. Gli stantuffi dei singoli cilindri acquistano allora, insieme al fioretto o scalpello d'acciaio col quale terminano, un rapidissimo movimento circolare di va e vieni che, per l'acqua uscente da alcuni fori dello scalpello destinata, oltre che a raffreddare le punte, a spazzare i detriti della perforazione, può continuare per parecchi minuti. E dico solo minuti perchè la durezza della roccia è in certi tratti tale che la tricuspidè presto si spunta e costringe l'operaio ad avvitare una nuova, che poco dopo sarà anch'essa logorata. Si cambiano così un 3 o 400 fioretti al giorno, e nei cantieri una schiera di fabbri non attende che a rifarli « con una perdita giornaliera di circa 90 chilogrammi di acciaio di Germania ». In poco « meno di quindici minuti - scrive il valente prof. Malladra nella sua pubblicazione già citata - le quattro perforatrici danno quattro fori del diametro di 10 o 12 centimetri, e profondi circa metri 1.25, consumando da tre a otto fioretti ciascuna, secondo la durezza della roccia ». Terminati questi quattro fori centrali, se ne fanno altri otto all'ingiro, di pari lunghezza, ma di diametro minore, che richiederanno per conseguenza un tempo più breve. In un'ora e mezza all'incirca i dodici fori dell'attacco sono pronti.

Ai minatori che ritirano i fioretti spuntati e il carrello dell'affusto in luogo sicuro, cioè nella prima trasversale che incontrano, subentrano tosto i *fuochisti* coi loro cartocci di dinamite. Cinque chilogrammi di gelatina esplosiva vengono introdotti in ciascuno dei quattro fori centrali, con miccie corte; un chilo e mezzo circa in ciascuno degli otto fori centrali, con miccie più lunghe. I fori si tappano con terra e polvere di mattone ben compressa, e si dà fuoco alle dodici miccie. Dopo pochi istanti, una serie di rombi assordanti, che pare vogliano sfondare i timpani e il petto, si diffonde dall'avanzata sino all'imbocco; un'onda violentissima di gas passa come vento impetuoso sui lumi ad olio, spegnendone buon numero tra i più vicini; mentre un denso fumo si sparge per l'aria, soffocando il respiro e condensandosi sui vestiti in fiocchi bianchi. Ma i potenti ventilatori, installati all'esterno,

che soffiano trenta metri cubi d'aria al minuto secondo, non tardano a purificare l'ambiente dai gas velenosi. Accorrono i minatori e i manovali: mentre i primi esplorano le pareti e la volta per farne cadere le scheggie e i massi oscillanti e pericolosi, i secondi caricano il detrito sui carri, sgombrano il terreno, e collocano un altro pezzo di binario, per potere riaccostare l'affusto delle perforatrici. In un'ora anche questo lavoro di *marinaggio* è finito.

Sommando adunque i tempi, in tre ore all'incirca l'*attacco* si è compiuto, e ne comincia un'altro. Ma questo è il *record* degli attacchi; è quanto avviene allorchè la roccia è *buona*, e tutto va bene. Quando la roccia è cattiva, quando gli strati sono orizzontali e pericolosi, quando bisogna *imboscare*, ossia armare con travi il cunicolo, prima di procedere oltre, allora l'*attacco* si prolunga a quattro, a sei, a dieci ore; cosicchè mentre in condizioni favorevoli si fanno fino a *nove attacchi* nelle ventiquattr'ore, in condizioni sfavorevoli il numero può discendere fino ad *uno*, e anche a *zero*.

A circa mezzo chilometro dell'avanzata, altri minatori lavorano all'ingrandimento del cunicolo, dapprima in direzione laterale poi in senso verticale. Questo lavoro si compie tutto a mano ed occupa un centinaio di operai. In bilico sopra un masso, o sopra assicelle e travi, le coppie dei lavoratori si succedono alle coppie, in alto, a metà, sul piano della galleria; e mentre l'uno tiene il ferro, l'altro fa ruotare la pesante mazza di acciaio con tale energia, che vengono i brividi pensando alla possibilità di un colpo sbagliato, che invece del ferro colga la testa del chino compagno. I colpi si succedono ritmici, secchi, squillanti, sicuri, e le fumose lanterne raccomandate bizzarramente ai macigni, rischiarano i vigorosi e bronzei contorni di quelli che lavorano seminudi. Per accelerare e facilitare l'ingrandimento in direzione verticale, lavoro assai più pericoloso del primo, si scavano dei camini sulla volta del cunicolo, i quali, ad una certa altezza, si espandono longitudinalmente in altri cunicoli orizzontali, separati dalla galleria di base da un diaframma roccioso dello spessore di un metro: questi cunicoli superiori mano mano che si incontrano, si fondono e si continuano in una sola galleria, che corre parallelamente a quella inferiore. La dinamite distrugge finalmente anche il diaframma che divide i due cunicoli, e si ottiene così la sezione completa del Traforo (1).

(1) A. MALLADRA, *pubbl. cit.*, pag. 85 e seg.

Appena i minatori hanno finito l'allargamento, succedono loro i carpentieri che con robustissime travi o quadri di ferro puntellano la volta e preparano l'armatura pei muratori, pei quali al di fuori un esercito di scalpellini ha già squadrate le pietre necessarie che serviranno poi ai muraglioni d'appoggio e all'arco che li riunisce. Così, come in un immenso alveare, ciascuno attende al proprio compito e l'immenso tubo pel quale passeranno i treni si va compiendo in modo lento ma sicuro attraverso mille ostacoli. Il lavoro non cessa un istante, poichè in quel buio perenne le squadre degli operai si danno il cambio di otto in otto ore, mentre le bocche dei ventilatori soffiano torrenti d'aria purissima e dal tubo dell'acqua compressa esce, domata ai bisogni di quel meandro, la forza. Più che regno delle tenebre, una galleria in costruzione, è, quindi, il regno d'una lotta titanica dell'uomo contro l'ostacolo per cui sono chiamate a raccolta le stesse forze che si vogliono domare con la poesia e la fede dell'eroismo. Ma alcuni dati, come ben osserva l'autore più innanzi citato, « varranno più di qualunque descrizione a dare un'idea della potenza e intensità dei lavori. Se le perforatrici spuntano giornalmente un numero variabilissimo di fioretti, che sale fino a 400 quando ruotano nel gneiss, i minatori che lavorano a mano ne consumano nello stesso tempo da *otto a diecimila*! Donde la necessità di un altro esercito di fabbri per rifare e ritemperare anche questi. Il consumo di questi ferri permette alle avanzate l'esplosione giornaliera di 60 grosse mine, e di altre 700 mine ordinarie ove si lavora all'allargamento. Per queste seconde si consumano quotidianamente 150 chilogrammi di dinamite; ma per le prime, meno numerose ma assai più potenti, ce ne vogliono 350: in totale 500 chilogrammi di dinamite al giorno. La roccia sbranata da questa mezza tonnellata di esplosivo, a lavoro normale, dà 1600 metri cubi di macerie nelle 24 ore, computando il lavoro delle avanzate, dell'allargamento e delle trasversali. Il totale delle mine date dall'inizio dei lavori nella sola galleria italiana supera il numero di un milione e mezzo » (1).

La dinamite consumata fino al 12 novembre 1904 raggiungeva i 747.403 chilogrammi (2), cui sono da aggiungere tutti quelli consumati dopo questa data e qualche altra quantità di esplosivi diversi. Il che vuol dire un milione e più di kg. in tutto a lavori finiti, che

(1) MALLADRA, *pubb. cit.*, pag. 91-92.

(2) Da una lettera della Direzione del Dinamitificio Nobel in Avigliana, datata 12 novembre 1904.

ridotti alla cartuccia militare di 4 grammi e mezzo ne darebbero circa 223 milioni, cioè un approssimativo di 100,000 fucilate al giorno per tutti i sei anni che sono durati i lavori!

Ma non son finite qui le meraviglie.

« La muratura interna dello spessore normale di un metro è fatta superficialmente di pietre lavorate, dietro le quali, sino al pieno contatto con la roccia, si adoperano pietre ordinarie: per ogni metro lineare di galleria occorrono ai muri laterali (*piedritti*) tre metri cubi di pietre lavorate (dette *scapoli*) e altri tre metri cubi per la volta (*bolognini*). Quando tutto il n. 1 sarà così rivestito, si avranno, in numero rotondo, 120,000 metri cubi di pietre lavorate, le quali formerebbero, messe con ordine, un bel zoccolo per posarvi sopra e innalzare di 12 metri il Duomo di Milano (1) ».

Tutto questo però è ancora un nulla di fronte agli ostacoli straordinari.

Se gli studi del geologo riescono a stabilire in modo approssimativo la natura delle rocce da traforarsi (2), se i calcoli scrupolosi degli ingegneri preparano in tutti i suoi particolari l'esecuzione materiale del lavoro, il calore interno della galleria, le sorgenti d'acqua, le pressioni e gli sconvolgimenti degli strati oppongono all'avanzata le peggiori sorprese. Per esse ci vollero perfino quattro mesi di sosta per superare le insidie d'una sorgente e altrettanti di lavoro per armare 40 metri di roccia decomposta.

La temperatura, sebbene il tracciato della galleria sia stato fatto

(1) A. MALLADRA, *lav. cit.*, pag. 92.

(2) Per la geologia del Sempione, oltre ai lavori cit. dal MALLADRA a pag. 46-55 del suo volume, cfr. *Bollettino del R. Comitato Geologico Italiano*, anni 1901 e seg., passim, ai nomi PELLATI, STELLA, ecc.; T. TARAMELLI, *Sulla probabile tectonica del gruppo del Sempione*, in « Atti della R. Acc. dei Lincei, sez. fis. matem. e nat. », S. V° vol. XI, 1 sem., pag. 462-63. A lavori finiti la composizione geologica del Sempione lungo l'asse della galleria risultò formata di quattro gruppi di rocce cronologicamente sovrapposte: Gneiss d'Antigorio con filoni di scisti ed apliti; gneiss listato del M. Leone con micascisti e scisti anfibolici; rocce triassiche di natura diversa (gesso, argille micacee, calcari, quarziti, ecc.); scisti calcarei.

Quando si tratta di questo soggetto non si può non deplorare la mancanza di una Carta geologica italiana, accessibile anche agli enti più modesti e ai privati studiosi, come quelle che già posseggono i principali Stati esteri. E vedi, ad esempio, per la Germania, la *Geologische Karte des Deutschen Reichs* del LEPSIUS, edita dal Perthes e ricorda per la Svizzera il bel libro di S. JOHN LUBBOK, *Le bellezze della Svizzera*, trad. dello Scotti. Milano, Hoepli, 1900.

passare sotto i dorsi meno elevati del gruppo, pure raggiunse in certi momenti 52 centigradi; calore, com'è facile immaginare, insopportabile e che non si riuscì a diminuire che con getti ad alta pressione di acqua freddissima (1). Anche questo sistema ha però dei gravi inconvenienti e principale quello dei salti termici cui espone l'ambiente, in cui solo gli operai più allenati riescono a resistere.

Per le sorgenti se ne trovarono in numero ben maggiore di quello previsto e solo la provvida costruzione della galleria n. 2 permise agli ingegneri di dare loro un'uscita e quindi di avanzare. Alla progressiva 4280 a 4450 dalla parte di Iselle, in soli 170 metri di scavo le perforatrici apersero la via a ben 40 sorgenti e tutte di diversa portata, natura e regime (2).

Sopra un percorso di soli dieci metri ne eruppero ben venti, con un getto a pressione altissima che da principio misurava in alcune più di mille litri al minuto secondo. Alle fredde si alternarono ed unirono quelle calde; cosicchè in parecchi momenti si dovettero sospendere i lavori e deviare provvisoriamente l'asse di scavo, cercando di tamponare tali fortissimi getti. Ma appena girato l'ostacolo si lasciava all'acqua libero corso incanalandola nelle trasversali della galleria n. 2 che divenne in qualche periodo un vero canale di scolo.

Alle insidie del calore e delle acque la montagna aggiunge poi quelle delle pressioni. Nel traforo del Sempione, il massiccio che incombe all'asse della galleria ha per buona parte uno spessore che va dai 2000 sino ai 2100 metri. Dando a queste rocce un peso spe-

(1) Le temperature massime al Cenisio furono di 30°,1; al Gottardo, le medie, di 30°,4. La sommità incombente è al Cenisio di 2944 m. sul livello del mare, passando la galleria a 1295; al Gottardo di 2043, passando la galleria a 1155; al Sempione (M. Leone) di 3561, passando la galleria a 507. Cfr. in proposito Ing. STOCKALPER, *La chaleur souterraine dans les grands tunnels*, nella « Revue générale des chemins de fer etc. », Paris, Dunod, 1884, n. 1; e scritti sulla geologia del Sempione dello SCHARDT e del MALLADRA.

(2) Cfr. di A. MALLADRA, *L'acqua nel traforo del Sempione*. Milano, Cogliati, 1902; l'*Appendice* al suo cit. vol. sul traforo, II ediz. pag. 129 e seg.; e la memoria su *Le sorgenti nel traforo del Sempione* nel Numero di Natale 1905 dell'« Illustr. Italiana » dei Treves; di H. SCHARDT, *Les eaux souterraines du tunnel du Simplon*, ne « La Géographie », di Paris, T. X, 1904 e *Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon. Géologie, hydrologie thermique*, nel « Bulletin technique de la Suisse romande », di Lausanne, 1905; di E. A. MARTEL una *Nota* ne La Géographie di Parigi, vol. VII, pag. 350-51.

cifico medio di 2,5, si ottiene sulla vólta e le pareti del tunnel una pressione variante da 500 a 525 atmosfere per metro quadrato. Ora, è chiaro che essa si eserciterà in modo diverso, secondo la natura dei terreni attraversati, determinando in quelli compatti, come i gneiss e le quarziti, delle spaccature improvvise; in quelli friabili, come le faglie calcaree e alcuni scisti, dei cedimenti e rigonfiamenti d'ogni genere che finirebbero per ostruire il cunicolo se esso non venisse armato in modo speciale. Per dare un'idea di tali fenomeni, basterà ricordare col Malladra come una « tratta di 40 metri di scisto calcareo-micaceo stranamente decomposto e sdruciolevole, alla progressiva di 4430 metri, fu assolutamente refrattaria ad ogni sorta di imboscamento. Le armature triple e quadruple dei travi sovrapposti non reggevano più di 24 ore all'immane pressione », contro la quale non valsero che dei giganteschi quadri di ferro, disposti a breve distanza l'uno dall'altro nella galleria. « Nel tunnel n. 2, l'armatura in ferro durerà provvisoriamente sino a che ne sarà deciso l'ingrandimento; nel tunnel n. 1 il rivestimento definitivo di questa tratta fu poscia fatto con muri da fortezza, dello spessore di due metri, con archi rovesci sotto il pavimento e colate di calcestruzzo dello spessore di due metri e mezzo! Si ottenne così come un enorme tubo di cemento e di muratura immerso nella roccia decomposta e appoggiato ai due estremi sulla roccia più solida. Per farsi un'idea più adeguata di questo titanico lavoro, basterà sapere che questo tubo, di 40 metri, costò all'impresa la bellezza di circa 25 mila lire per metro lineare! *un milione per 40 metri di galleria!* » (1).

Si aggiungano a tutto ciò i pericoli del lavoro stesso, e si avrà un'idea dell'immensa serie di ostacoli che l'uomo deve superare pel traforo d'una montagna. Ma meglio di qualunque descrizione lo dicono sul posto i cantieri d'attacco col frastuono delle macchine e l'affaccendarsi degli operai, le gallerie nere coi lunghi treni di materiale, le lampade fumose, i cavalli da traino, tutto quel movimento diverso di congegni e di uomini, quel vociare confuso che costituisce la vita di quel mondo. Vita strana e speciale, che accanto ai pericoli presenta delle gioie profonde, come in genere ogni vita di cemento e di lotta.

Ben quindi salutò l'esito della titanica impresa un giovane ma

(1) A. MALLADRA, *vol. cit.*, pag. 57-58 della I edizione. Ma vedi maggiori particolari intorno alle pressioni nella II, a pag. 97 e seg.

geniale poeta, il Volante, chiudendo la sua canzone *La lampada* (1) così :

O splendore
della vittoria! dopo tanta guerra,
ostinata per anni
senza riposo, sibilò sonora
l'aria. La via del monte
era aperta. Dei mari
e delle terre di Levante unite
eran le genti e i popoli diversi.
Si strinsero le mani
rudi; dai forti cuori
eruppe un grido di trionfo e grande
in quella stretta un tacito consenso
univa in patto le diverse genti
per la pace, per l'opere, pei frutti
della vita. Per tutti.

(continua).

(1) Fa parte di un bellissimo poemetto intitolato *Sempione*, edito con ricchezza di tipi e d'illustrazioni dalla Casa R. Streglio di Torino, 1906. Non scordare i versi a *Gli eroi del Sempione*, pubblicati da G. Pascoli nelle sue *Odi e Inni*, Bologna, Zanichelli, 1906; e quelli *Al Sempione* di CORDELIA nella « Nuova Antologia » del 1° maggio 1906. Il tema ispirò sempre poeti ed artisti e meriterebbe anche sotto questo rispetto d'essere convenientemente illustrato dall'epoca del traforo del Cenisio a questa in cui siamo.