ANNO XXII. Torino, Maggio 1896 NUM. 5.

L'INGEGNERIA CIVILE
E
LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

COSTRUZIONI IDRAULICHE

L'ADIGE, SUE CONDIZIONI IDROGRAFICHE E LAVORI DI SISTEMAZIONE NEL SUO ALVEO.

Vedansi le Tavole: II e III dell'anno 1890, II, III e IV dell'annata in corso.

CAPITOLO IV.

L'Adige nel territorio italiano.

1. — DESCRIZIONE DEL SUO ANDAMENTO.

La parte italiana dell'Adige è stata sufficientemente illustrata dai molti autori italiani che ne scrissero, e, in questi ultimi anni, anche ufficialmente per cura del Ministero dei Lavori Pubblici nei *Cenni monografici sui singoli servizi* compilati in occasione delle Esposizioni di Parigi, Milano, Torino e Palermo, nonchè dalla Commissione tecnica istituita dal Ministero per i provvedimenti idraulici nelle provincie venete; per la qual cosa non abbiamo bisogno di estenderci molto in proposito, ci limiteremo solo ad accennare brevemente allo stato delle cose, rimandando il lettore desideroso di maggiori notizie agli scritti speciali, specialmente per le trasformazioni idrografiche, rotte, ecc.

Dopo che l'Adige è penetrato nel territorio italiano presso Borghetto, nelle vicinanze di Ala, scorre in direzione sud-sud-ovest in un alveo abbastanza incassato e in qualche punto arginato, fino alla gola « Chiusa Veronese », dove le sue acque nel corso di molte migliaia d'anni si sono aperta una strada fra le roccie calcari che ivi si elevano quasi a picco. Più sotto, l'alveo è naturalmente incassato fino a Bussolengo; poco prima però, con una curva assai pronunciata, prende la direzione da ovest ad est, e, fatta astrazione delle curve e risvolte, si può ritenere il suo corso successivo nella direzione di est-est-sud fino a Ronco all'Adige, e sud-sud-est da lì fino a Legnago, dove piega alquanto più verso est fino a Badia. Quivi assume la direzione da ovest ad est, che poi mantiene nell'andamento generale fino al suo sbocco in mare. Esso è un fiume « eminentemente pensile, contenuto da argini di poca resistenza » (1).

La sua larghezza a monte di Verona è in media di 130 m. nella magra ordinaria e di m. 190 nelle epoche di piena; la profondità delle acque è di m. 5; la sua pendenza di 1,44 per mille. L'Adige attraversa la città di Verona in una curva assai nociva pel suo regime, e, sebbene il letto primitivamente fosse abbastanza incavato, il livello delle massime piene oltrepassava quello della città, tanto che due terzi della medesima venivano messi per 3 e 5 m. sotto acqua. Ora si sono eseguiti dei lavori veramente giganteschi per riparare a questi inconvenienti e mettere la città completamente al coperto dalle inondazioni del fiume, e si è raggiunto lo scopo desiderato. Nel tratto successivo e fino a Zevio vi sono delle risvolte assai pericolose; la larghezza media fino a Ronco è di m. 137 nella magra e di 330 m. nella piena; la profondità media è di m. 3,50, la pendenza di 1,06 per mille. Cambiata la direzione, da Villa Bartolomea (presso Albaredo) fino quasi alla sua foce, non scorre più sopra letto incassato nelle alluvioni, ma pensile; e questo rialzamento raggiunge il suo massimo presso Legnago, Badia e Boara; e sparisce totalmente a 30 chilometri dalla sua imboccatura nel recipiente.

La posizione di Legnago per tali condizioni di cose si trovava quindi assai compromessa, ma più ancora per il restringimento dell'alveo dentro la fortezza e per gli ingombri prodotti dalle varie costruzioni fortificatorie militari, alle quali le rotte avvenute negli anni 1868 e 1882 sono appunto da attribuirsi. Infatti, mentre il fiume sopra e sottocorrente alla città ha la larghezza di m. 300 circa fra i cigli degli argini, per lunghissimi tratti nell'interno si restringe fino ad un minimo di m. 112,71. La Commissione tecnica istituita dal Ministero dei Lavori Pubblici l'8 novembre 1882 per esaminare e suggerire le opere di sistemazione, propose: l'ampliamento della sezione, per quanto fosse possibile, fino ad un minimo di 158 metri, e ciò col ritiro e la rettilineazione dell'argine sinistro; la demolizione di tutti quei fabbricati e di quelle costruzioni murarie che riuscivano d'ingombro; il coordinamento dell'argine interno di destra coi nuovi lavori e la sostituzione d'un ponte in ferro a quello esistente di legno. I lavori sono ormai stati eseguiti, e la grossezza di 8 metri al ciglio degli argini, rinforzati ancora da una controbanca, inspira tutta la fiducia per la saldezza e sicurezza dei medesimi.

Sotto Legnago, l'Adige entra nel Polesine presso Castagnaro, che così chiamasi il territorio compreso fra il Po e l'Adige, dove questi due fiumi hanno un corso quasi parallelo; esso è occupato in parte dal fiume Tartaro-Canalbianco-Po di Levante e da numerosi canali minori (1). L'Adige continua il suo corso passando pei due drizzagni di Villabona (ora Villa d'Adige) e di Castelbaldo, eseguiti nel 1842 per sistemare il fiume, che presentava in questa località due risvolte assai pericolose. Più sotto trovasi sulla destra un altro canale di scarico, il « Canale Malopera », pure completamente abbandonato; in seguito, e immediatamente sopracorrente a Badia-Polesine, l'Adige si biforca: a destra in un ramo navigabile, il « Naviglio Adigetto », il quale serviva pure in origine di canale di scarico, mentre ora non riceve dal fiume principale che la quantità d'acqua necessaria alla navigazione; a sinistra continua nella direzione di oriente verso Piacenza d'Adige, poi verso Balduina, Barbone, Barbuglio, Lusia e Concadirame, tutti paesi e città di triste celebrità per rotte e inondazioni. Attraversa la città di Boara, dove nel 1842 si fece il drizzagno della Chiesa; e poco più sottocorrente, nel 1845, il ritiro d'argine di Vianova, e ad un chilometro da S. Martino, sulla destra, il drizzagno della Volta Morosini nel 1784. Lasciando sulla sinistra Anguillara e Borgoforte, corre verso Cavarzere, passando per diversi drizzagni di Camponovo (1848), di Pettorazza, Narice, Oca e Fasolo (1783), coi quali venne sistemato questo tratto, assai tormentato e difettoso. Poco appresso si arriva alla strada Salvadega, vicino a Bocca di Lezze, dove anticamente (fino al 1760) il Naviglio Adigetto rientrava di nuovo nell'Adige. Passata la città di Cavarzere, viene la chiusa di Tornova, presso il Canale di Loreo; e

(1) Ministero dei Lavori Pubblici. — *Atti della Commissione tecnica istituita dal Ministero per i provvedimenti idraulici nelle provincie venete.* — Roma, 1885, pag. 121.

(1) Dopo Castagnaro trovansi sulla destra le traccie della chiusa soppressa nel 1838, per la quale le acque di piena del fiume si riversavano allora nel canale di scarico « Castagnaro »; ora non serve più che per la navigazione e come testimonio delle molte lotte sostenute dal sommo Paleocapa, specialmente contro il celebre idraulico Wiebeking, e della verità del suo asserto, che cioè i canali di scarico nei fiumi che trasportano molti materiali, sono sempre dannosi.

questo tratto fu pure sistemato nel 1749 coi drizzagni di Viola e Rivoltante, nel 1842 con quello di Malopera, e nel 1845 col ritiro d'argine di Anconetta. Lasciata a sinistra la città di S. Pietro e a destra il Canale Loreo, l'Adige continua in direzione di nord-est, comunica mediante la chiusa « Cavanella d'Adige » col Canal della Valle, e per mezzo di questo, col fiume Brenta, che sfocia nelle vicinanze di Brondolo. Piega in seguito completamente verso nord, e vicino a Sant'Anna dà origine al canale della Busola, il quale mette pure nel Brenta, poi piega definitivamente verso oriente e va a buttarsi in mare presso Porto di Fossone, dopo di avere formato un'isoletta.

La lunghezza da Castagnaro alla foce è di 70 chilometri e mezzo circa; la larghezza è di 155 metri nella magra, e di 301 metri nelle piene; la profondità dell'acqua 5 metri circa; la pendenza metri 0,09 e la velocità metri 0,94 per minuto secondo.

Riguardo poi alle trasformazioni fatte subire al fiume riporteremo qui appresso dai Cenni monografici del Ministero (1) uno specchietto dei vari rettifili eseguiti a partire dal 1678 al 1845 nel tratto compreso fra Badia e l'incile del Canal Loreo, per effetto dei quali la lunghezza dell'asta, che era di chilometri 71,120 si ridusse a chilometri 63,070, il che equivale ad un accorciamento di oltre otto chilometri.

Specchietto dei drizzagni dell'Adige.

N. d'ord.	LOCALITÀ	Epoca dell'esecuzione	Sviluppo in metri del vecchio andamento	Sviluppo in metri del nuovo andamento	Accorciamento in metri	Ordine cronologico dell'esecuzione
1	Volte *Villabona* e *Castelbaldo* presso Villabona . . .	1842	3250	2800	450	V
2	Volte *Ronchi* e *Marchesana* presso Badia	1678	3780	3460	320	I
3	Volta *Piacenza* presso Piacenza	1678	1730	860	870	
4	Volte *Zacco* e *Barducchi* presso Concadirame . . .	1842	1800	1300	500	V
5	Volta *Chiesa Boara* sopra Rovigo	1842	2200	1700	500	
6	Volta *Morosina* presso S. Martino	1784	1810	1320	490	IV
7	Volta *Camponovo* presso Borgoforte	1848	1850	1340	510	VII
8	Volte *Pettorazza*, *Oca*, *Fasolo*, *Narice* presso Pettorazza	1783	7800	4600	3200	III
9	Volte *Anconetta* e *Gallianta* presso Cavarzere . . .	1845	1300	1200	100	VI
10	Volta *Viola* sotto Cavarzere	1759	2160	1520	640	II
11	Volta *Rivoltante* presso S. Pietro	1759	1730	1260	470	II
			29410	21360	8050	

2. — Gli affluenti.

Sulla destra gli affluenti dell'Adige immettono tutti sopracorrente a Verona: il solo Bussè sfociava poco sopra Legnago, dando scolo alle acque delle Valli Veronesi, ma ora non sbocca più nell'Adige, ma nel Tartaro. Gli affluenti sono dunque il Fò e il Nas, che discendono dalla valle sopra Belluno Veronese, e che da qualche decennio trasportano non pochi materiali, in causa del disboscamento avvenuto, e riescono minacciosi al paese suddetto. Il Ri discende dal monte Bello, e passando vicino al paese di Peri, sfocia nell'Adige presso la stazione ferroviaria omonima; due altri piccoli Progni fra Incanale e Rivoli, un terzo sopra corrente alla Sega, cinque altri tra S. Rocco e Ponton, dove immette il Tasso.

Questo torrente ha origine sul monte Bergola, passa per le borgate di Pazzone, di Platano, di Porcino, di Caprino, di Valdoneghe, e viene a immettersi nel recipiente alla sega di Cavaion. Il suo letto in qualche punto è pensile, in causa delle molte materie che il torrente raccoglie nella parte superiore, dove i suoi versanti nell'alto hanno molti spazi privi di boschi e coperti di detrito morenico, e al basso sono quasi tutti coltivati con sottosuolo di calcare iurassico, sicchè non oppongono resistenza alla corrosione del torrente e gli forniscono molti materiali.

Sulla sinistra abbiamo sopracorrente di Verona: tre torrentelli fra Peri e Ossenego; sottocorrente a Settimo il Progno di Fumane, molto più importante e carico di materiali che raccoglie in Val Policella; il Progno di Maran, che si unisce con quello di Negrar, presso Quarto, e col Nassar; indi tra Quinzano ed Aveza i due torrentelli Vaggio di Borago e Vaggio riuniti.

Sottocorrente a Verona: il Progno di Val Pantena, assai pericoloso, perchè non trasporta i suoi materiali fino nell'Adige, ma li deposita nelle campagne circostanti e vi si perde in molti fili. Il Fibbio, che ha acque perenni e abbondanti; ha origine da una sorgente in Montorio, a greco di Verona, e riceve un altro corso d'acqua detto l'Antanal, fra Zevio e Belfiore, prodotto da altre sorgenti al disopra della Mambrotta; poi tra Zevio e Belfiore il Progno di Mezzani, riunito con quello di Illasi e di Barbiera, che prima confluivano nel Fibbio, e che poi, per effetto di rotte, si aprirono una foce propria nel fiume principale; e finalmente l'ultimo e più importante affluente italiano dell'Adige, l'Alpone: scende questo dal monte Bolca, a libeccio di Valdagno, passa per Vestenanovo, S. Giovanni Ilarione, Montecchia, Costalunga, e viene a sfociare presso Albaredo e segna il confine fra le due provincie di Verona e di Vicenza. La sua lunghezza è di 38 chilometri; la larghezza di 18 m. nella magra, ed è assai profondo. Ha un bacino idrografico di 228 chilometri quadrati e riceve i torrentelli Tronega, Massara, Chiampo e Fiumicello; l'uno di essi, il Chiampo, ha nientemeno che la lunghezza di 45 chilometri, con un bacino di 103 chilometri quadrati.

Sulla sinistra di questo affluente si hanno i tufi basaltici, attraversati frequentemente da dicchi di lave basaltiche; sulla destra invece i calcari cretacei; la parte più montuosa del bacino è solo cespugliata o coperta di pascoli nudi, la rimanente coperta di boschetti di castagno e rovere; ma i terreni vengono più o meno corrosi dalle sue acque e franano, fornendo materiali da trasportarsi e che arricchiscono le torbide del torrente.

3. — Canali laterali all'Adige.

Oltre agli affluenti, sono degni di menzione, per la loro importanza e per la relazione intima con le vicende dell'Adige, i seguenti corsi d'acqua:

1) Il Naviglio Adigetto, formatosi in seguito ad una rotta dell'arginatura dell'Adige e lungamente alimentato da questo, fino a che si riconobbe la convenienza di chiudere la bocca di derivazione; rimase così come un canale per la navigazione e nelle piene funzionava da canale di scarico; ma in seguito anche quest'ultima qualità gli fu tolta, e presentemente serve solo per la navigazione e come canale di scolo delle gronde adiacenti; comincia presso Badia, corre quasi parallelo al corso principale, toccando Villanova, Rovigo, Villadose e Fasana, e sfocia nel Canalbianco presso Punta Stramazza. Ha una lunghezza di 75 chilometri, ed è classificato fra i canali di seconda classe;

2) Lo Scortico, piccolo canale formatosi pure per una rotta a destra dell'Adigetto presso Villanova del Ghebbo, le cui acque andarono a versarsi nel Canalbianco; ora serve appunto di canale di congiunzione fra questi due; ha una lun-

(1) Op. cit., vol. V, pag. 35.

ghezza di 6 chilometri, ed è classificato fra i canali navigabili di seconda classe;

3) Il canale di Loreo, lungo 7 chilometri e classificato di seconda classe; serve di tratto d'unione fra il Po di Levante e l'Adige sopracorrente a Bettirella e Tornova;

4) Il Tartaro-Canalbianco-Po di Levante; questo corso d'acqua non dipende dall'Adige; ha un'origine propria e sfocia direttamente in mare; ma gli corre quasi parallelo nel terreno fra esso e il Mincio, e più sotto fra l'Adige e il Po; costituisce una delle principali arterie di scolo del territorio, e le sue vicende furono sempre intimamente congiunte con quelle del nostro fiume. Ha origine da varie fonti nelle vicinanze di Povegliano e Isola Alta nel territorio di Villafranca (provincia di Verona), e sebbene in principio scorra tardo e flessuoso, povero di acque, va poi gradatamente crescendo di portata, fino a divenire un fiume rispettabile. Tocca Isola della Scala, Nogarè e Gazzo, passa pel sostegno di Borghesana, avvicina Zelo e Trecenta, e a Canda entra nel Polesine, assumendo il nome di Canalbianco; passa pel sostegno Bosaro e per Adria. Quando il Po non è tanto elevato va a versarsi in esso per mezzo del Canale e sostegno di Polesella, altrimenti si chiudono i sostegni di Polesella e di Bosaro, e per un antico ramo del Po (Po di Levante) va a sboccare in mare. La sua lunghezza totale è di 168 chilometri, e cioè chilometri 81,21 il Tartaro, 65,79 il Canalbianco e 21 il Po di Levante. La sua pendenza è di m. 0,17 per chilom. nel Tartaro superiore; di m. 0,085 dal Bastione S. Michele a Torretta; di m. 0,093 fino a Canda, e da Canda a Fossa Polesella di m. 0,074 per chilometro. Nel tratto fra Briglia Veneta e Bastione S. Michele è canale navigabile di seconda classe; fra Bastione S. Michele e Canda è classificato come fiume navigabile di prima classe per una lunghezza di 31 chilometri; poi diventa di nuovo canale di seconda classe fino alla sua confluenza nel Po di Levante, ossia per 50 chilometri; da qui al mare è fiume navigabile di seconda classe.

La comunicazione fra l'Adige e il Po e fra l'Adige e il Brenta è importantissima per la navigazione, poichè la foce dell'Adige in mare a Porto Fossone non è praticabile per gli scanni che l'attraversano.

4. — Cenni storici sull'Adige italiano.

Già all'epoca di Plinio, per non risalire a tempi più incerti, l'Adige sfociava in mare come fiume a sè, presso Brondolo; non attraversava però Verona, ma lasciava la città all'oriente e scorreva in seguito presso a poco nello stesso alveo d'oggi fino a Cucca presso Albaredo; di là divergeva passando per Montagnana, Saletto e Monselice, dove si bipartiva in due bracci, l'uno per Bovolenta, nelle paludi del Brenta e avvicinando Padua più che Adria, andava a sboccare nel mare; l'altro, per Conselve, Pontecasale, nelle Lagune di Chioggia, e formava il porto di Brondolo, dove il Brenta e il Bacchiglione non furono introdotti che più tardi. Il 17 ottobre 589 avvenne la rotta sulla destra presso Cucca, fra Cologna e Albaredo, la più terribile, per le conseguenze, che mai si sia verificata nella pianura veneta; fu allora che il fiume cambiò il suo corso completamente, e invece di dirigersi a Este, prese verso Legnago coll'andamento presso a poco odierno.

Il nuovo corso andò sempre più fissandosi nei due secoli successivi, e prese il nome di Chiròla, da un fosso omonimo preesistente; sfociava in mare presso Fossone.

Nel 950 avvenne una nuova rotta memorabile, pure sulla destra, nei pressi di Pizzone, dove più tardi sorse Badia-Polesine, e le acque formarono un nuovo corso, che si chiamò pure in origine Chiròla, ma poi, essendosi definitivamente stabilito, venne denominato Athesis, per distinguerlo dal vecchio Chiròla, e se la mano dell'uomo non avesse contribuito a rallentare l'alimentazione che riceveva dal fiume principale, sarebbe certamente diventato il vero Adige; così invece si ridusse ad una semplice diramazione, denominata poi l'Adigetto. Nel 1519 la rotta, o bocca di derivazione, fu chiusa.

Nel 1236 cominciano le notizie storiche sulle arginature del fiume; una legge emessa in Padua prescriveva che l'altezza delle arginature fosse al disopra delle più alte piene. Le rotte si susseguivano abbastanza frequenti, e talune memorabili per gl'innumerevoli danni arrecati; quella del 1438 diede origine ai due canali di Malopera, fra l'Adige e l'Adigetto, e di Castagnaro, fra esso e Canalbianco. Nel 1493 si mise mano alla costruzione degli argini, coi quali venne sistemata la posizione reciproca dei suddetti corsi d'acqua. Il canale di Castagnaro funzionò per molti secoli quale canale di scarico dell'Adige, e in tale qualità fu causa di infiniti danni, ma anche oggetto delle principali esperienze e studi dell'idraulica moderna, da cui ne risultò la splendida vittoria del sommo Paleocapa, vincitore sopra tanti scienziati, contro il parere dei quali finì per avere ragione e far chiudere nel 1838 la bocca di derivazione (1).

Nel 1493 si riconobbe la necessità di impedire che l'Adigetto crescesse sì da superare l'asta principale; si costruì quindi un partitore di legno, che nel 1603 fu poi trasformato in muratura e prese il nome di Boara Badia.

Al principio del nostro secolo le arginature dell'Adige si trovavano in condizioni pessime; dal 1816 al 1835 si fecero dei lavori grandiosi per sistemare il fiume alla meglio; gli argini si rialzarono di m. 0,80 sul livello noto della massima piena, che ritenevasi quella del 1821, sebbene la piena del 1757 fosse stata molto più grandiosa e terribile; ma si ammise che quello fosse stato un avvenimento così straordinario, da non temersene la ripetizione; senonchè nel 1845 avvenne una piena che quasi raggiunse quella del 1757, e poco dopo, nel 1868, una seconda che la superò, cosicchè gli argini furono quasi dappertutto sormontati. Allora subito si provvide ad un rialzamento provvisorio, in modo da avere un franco di m. 0,30 sul massimo livello constatato; e contemporaneamente si dispose per un rialzamento con un franco definitivo di m. 0,70 ed un ringrossamento degli argini fino a raggiungere m. 8 di larghezza al ciglio.

Nel 1877 già si avevano ultimati 70 chilometri di arginatura nella provincia di Verona e arginati alcuni affluenti. Nel 1882 sopraggiunse una piena senza precedenti, che ruppe tutti gli argini e portò la distruzione sopra estensioni considerevoli; fu una catastrofe superiore a quella del 1757, la cui massima altezza venne appunto superata da questa del 1882; e così restò dimostrato che anche le più grandi convulsioni della natura di tempo in tempo si ripetono. La città di Verona, fra le altre, fu per circa tre quarti inondata; 32 case rovinarono ed altre 40 furono fortemente scosse; 3 ponti furono pure rovesciati. Nel complesso la massima superficie allagata dalle inondazioni a sinistra del fiume è stata di ettari 17250, ripartita in 12 Comuni; e per le inondazioni a destra 49 Comuni delle provincie di Verona, Rovigo e Venezia, furono ricoperti dalle acque per una superficie di ettari 109050; crollarono 538 case, ne furono danneggiate 8159 e vennero distrutti 40 ponti.

Il Ministero dei Lavori Pubblici si trovò nella necessità di provvedere immediatamente, e con decreto dell'8 novembre 1882, ossia appena dieci giorni dopo la catastrofe, nominò una Commissione di idraulici con l'incarico di studiare le condizioni e proporre le opere, sia immediate che future, per la sistemazione e difesa dei fiumi veneti in generale e dell'Adige in ispecie.

Le proposte della Commissione vennero pubblicate per le stampe (2) e il lettore troverà negli atti stessi non solo tutto quanto si riferisce alla piena del 1882 ed ai lavori proposti per rimediare in avvenire ai mali lamentati, ma una quantità di notizie sull'Adige di grande interesse, e trattate e svolte molte questioni d'idraulica, con quella competenza e maestria che era da aspettarsi dai primi idraulici d'Italia, quali erano appunto i componenti la Commissione. Noi qui non ci estende-

(1) Perchè i canali di scarico nei fiumi che trasportano molti materiali non fanno che diminuire nei due rami la quantità d'acqua, quindi la velocità e forza di trasporto, obbligando così i materiali a depositarsi nell'alveo invece di scaricarsi in mare, e perciò a rialzare il proprio letto continuamente, mentre è necessario di concentrare le acque per accrescere la forza suddetta. Questa idea era stata sostenuta con argomentazioni scientifiche per la prima volta da Lorgna nel 1772 e fu poi dimostrata da Paleocapa, specialmente contro Wiebeking, a proposito delle due rotte 1841 e 1844; e la piena memorabile del 1845 gli diede perfettamente ragione.

(2) *Atti della Commissione*, ecc. — Op. cit.

remo maggiormente in proposito, basterà dire che la Commissione nel suo studio prese a base la piena del 1845, la quale sarebbe stata la maggiore ancora contenuta fra gli argini; partendo da questo dato determinò l'altezza che le varie arginature avrebbero dovuto avere per contenere tutte le acque della piena del 1882, supponendo che non si fossero verificate rotte, nè sormonti od altre dispersioni d'acqua. In secondo luogo ricercò quale dovrebbe essere l'altezza degli argini stessi, quando tutte le acque provenienti dal bacino montano fossero regolarmente raccolte e convogliate fra le arginature, come dai vari progetti di sistemazione in corso di esecuzione.

Dagli studi fatti risultò che la piena del 1882 avrebbe superato di un metro quella del 1845; per una irregolarità esistente nel profilo longitudinale presso Badia, si accrebbe in questo tratto l'altezza di altri m. 0,40. Tenuto poi presente la seconda parte dei dati della Commissione, si arriva al risultato che gli argini dovrebbero avere l'altezza di m. 2,50 sul livello più alto della piena del 1845, ossia m. 1,50 su quello della piena del 1882; e presso Badia una maggiore altezza, come si è detto, di m. 0,40.

Stabilita così l'altezza, la Commissione passò a determinare le larghezze normali da assegnarsi all'alveo, il quale presentava delle variazioni da m. 100 a 400 senza che fossero motivate da ragioni speciali, come si scorge dal prospetto seguente:

Albaredo	sopra corrente	metri	400
	nel tratto medio	id.	240
	sotto corrente	id.	300
Bovavigo	da 300 a	id.	240
Angiari		id.	300
Legnago	sopra corrente	id.	300
	presso il ponte	id.	100
	sotto corrente	id.	230
	più a valle ancora	id.	300
Masi	da 170 a	id.	140
Piacenza d'Adige		id.	130
Cà Morosini		id.	140
Conca di rame	da 150 a	id.	130
Boara	128	id.	110
Pettorazza	115	id.	125
Cavarzere	112	id.	115
Rivoltante		id.	120
Cà Briani		id.	131
S. Pietro		id.	135
Tornova		id.	120

La Commissione, in considerazione delle anomalie risultanti dallo specchietto riportato, decise che a monte di Albaredo, dove l'Adige scorre incassato, si debba dare ai ritiri d'argine la precedenza sopra ogni altro lavoro; da Albaredo in sotto invece, e propriamente fino a Legnago, la larghezza non sia minore di 300 m. Da Legnago a Badia da 150 metri passi insensibilmente a m. 130; nel tratto successivo si mantenga a 130 metri.

Le arginature esistenti non sono costruite in modo uniforme, ma variano a seconda dell'epoca da cui datano e dei bisogni pei quali furono eretti. Ne segue che il fiume presenta ancora in molti punti curve strettissime e degli angoli i quali offrono un facile terreno per gli assalti delle piene; quanto ciò sia temibile risulta dalla semplice considerazione che il livello massimo in certi punti raggiunge altezze di 5 e 10 metri sopra il livello delle campagne circostanti. Le larghezze degli argini al ciglio non sono dappertutto uguali, ma in generale di otto metri e le scarpate di 1,50; le controbanche trovansi a m. 2,50 sotto il ciglio ed hanno larghezze di m. 10. Solamente il cattivo materiale di cui sono costituiti gli argini, è causa di trapelamenti, filtrazioni, ecc., che spesso dànno origine a rotte. La Commissione ammise che per poter metter mano ai lavori coi fondi disponibili, si potesse cominciare dall'assegnare agli argini da rialzarsi, invece di 8 m. di larghezza, anche solo m. 6, salvo ad accrescere in seguito fino alla larghezza fissata.

Il preventivo dei lavori da eseguirsi venne così ad essere:

Pei lavori della I categoria	L.	8 674 915
Per quelli della II id.	»	10 089 678
In complesso	L.	18 764 593

In queste somme non sono comprese quelle pei lavori di sistemazione del fiume nell'ambito della città di Verona, e che furono periziati in 8 milioni, e sono già completamente eseguiti.

Anche gli altri lavori furono subito iniziati, e la maggior parte di essi si trova pressochè al termine.

5. — Profilo longitudinale dell'Adige.

Abbiamo già indicate le principali pendenze dell'Adige, ossia:

Dal Tirolo fino a Verona	da 1,68	a 1,28	per mille
Da Verona a Zevio	» 1,29	» 0,83	»
Da Zevio a Castagnaro	» 0,76	» 0,24	»
Da Castagnaro al mare	» 0,14	» 0,05	»

Nelle vicinanze di Sacco esiste una vera traversa naturale di roccie che rende impossibile ogni corrosione del letto; perciò il profilo longitudinale dell'Adige nel territorio italiano, anzi da Sacco in sotto, è affatto indipendente da quello superiormente a Sacco; infatti questa traversa fa sì che la pendenza del fiume a monte è assai meno forte che se la traversa stessa non esistesse e la parte superiore sentisse l'influenza del tronco inferiore. Così pure nell'asta a valle di Sacco, la pendenza sarebbe assai minore se la traversa non esistesse. Ne segue che anche i rialzamenti del letto nel territorio italiano, non possono menomamente influire sul profilo longitudinale dell'Adige tirolese, il quale ha perciò una posizione privilegiata, e quando è riuscito a portare i suoi materiali oltre la traversa suddetta, se ne è completamente liberato, allo stesso modo come se avesse sfociato in mare.

In seguito alla sistemazione definitiva dell'Adige nel territorio italiano, le sue acque avranno nelle sezioni trasversali stabilite, forza sufficiente per trasportare i materiali e convogliarli al mare.

L'ultimo tratto forse, da Albaredo a Fossone, sente l'influenza dei depositi che vanno in mare e prolungano il suo cono di deiezione; ma questo protendimento presso Fossone è così insignificante per l'Adige, che il suo letto può considerarsi come stabilmente fissato.

6. — Regime dell'Adige in Italia.

Gli idrometri lungo il fiume Adige sul territorio italiano sono 46; il più vicino al confine austriaco è quello di Ceraino, e si trova a 22,194 km. da quello di Borghetto, che è l'idrometro trentino più prossimo a noi. Gli altri sono situati due in Verona, poi in Zevio, Nicolon, e via via, fino a Cavanella di Adige dove è l'ultimo. Per mezzo di essi si sono potute fare osservazioni interessantissime sul regime del fiume. Le sue acque raggiungono la massima altezza due volte nell'anno: in primavera, quando ha luogo lo squagliamento delle nevi in montagna, e nell'autunno al momento delle grandi pioggie, ossia nei mesi di settembre e ottobre; le prime piene hanno una maggior durata ma una minor violenza, le seconde invece sono più brevi ma rapide e imponenti; tuttavia le rotte si verificano in ambedue le epoche, in primavera in numero maggiore, perchè la durata della piena rammollisce il materiale degli argini e così si formano delle filtrazioni e poi le rotte; in autunno la maggior quantità delle acque e la maggior violenza produce dei disastri gravissimi anche nelle poche rotte. Dalle osservazioni fatte si è potuto determinare che su 100 rotte, 60 avvengono in primavera, 7 nell'estate e 33 nell'autunno. Nell'inverno non ve ne furono mai.

Dal 589, in cui avvenne la maggior inondazione conosciuta, fino al 1883 si contano in Legnago 236 piene con disalveamenti e 148 rotte, cosicchè in cifre tonde vi sarebbe stata un'inondazione ogni cinque anni e mezzo e una rotta ogni 9 anni; un numero così esiguo è meraviglioso, quando si considera il cattivo stato nel quale si trovavano le arginature, e ci induce a considerare di quanto vantaggio per la difesa delle colture siano stati gli argini. Coll'andar degli anni i

medesimi si ripararono sempre più secondo le regole d'arte, cosicchè si riuscì a diminuire il rinnovamento di tali disastri; infatti dal 1500 al 1883 si contano 97 inondazioni, delle quali 30 nel secolo decimosesto, 32 nel decimosettimo, 28 nel successivo e 7 negli ultimi 90 anni del diciannovesimo secolo.

Il 25 % delle inondazioni si verificarono nel mese di giugno e il 12 % in ottobre.

Da tutte le notizie storiche che si possedono risulta che la catastrofe maggiore verificatasi nell'Adige, è la inondazione del 589, che per danni e gravità delle conseguenze è stata di gran lunga superiore anche a quella del 1882. Le altre piene che più si avvicinarono a queste due sono avvenute l'una nel 1239 superiore a quella del 1882, e le altre del 1567 e del 1757; anzi la prima di queste ultime superò di un centimetro l'altezza di quella del 1882. La seconda non le fu inferiore che di 11 centimetri. In seguito si hanno ancora le piene del 1512 e del 1776 che sono state di ben poco al di sotto di quella del 1882. Da tutto ciò risulterebbe in modo evidente non potersi asserire per l'Adige che le sue piene andarono sempre più crescendo, come da taluni si è ritenuto, poichè anzi le maggiori si sarebbero verificate nei secoli passati; ma l'ingegnere Zanella ha giustamente osservato che gli elementi posseduti non sono sufficienti, nè di natura tale, da permettere alcuna conclusione definitiva in proposito.

Si è voluto pure ascrivere la catastrofe del 1882 ad una difettosa sistemazione del fiume, specialmente dipendente dai lavori eseguiti nel Tirolo (1), ma la Commissione tecnica nominata col decreto dell'8 novembre 1882 avendo studiata la questione a fondo ed inviato financo una Sotto-Commissione a visitare i luoghi, ha riconosciuto essere tale asserzione affatto gratuita, inquantochè i lavori allora erano appena incominciati e non potevano perciò esercitare alcuna influenza; tutta la vallata dell'Adige nel Tirolo poi è stata allagata come nelle inondazioni precedenti e la valle trentina tutta sommersa. Nè si può attribuire i disalveamenti avvenuti ai rialzamenti dell'alveo in causa dei materiali convogliati dal bacino montano nel territorio italiano, inquantochè il letto del fiume in Verona non si è punto rialzato; la vera causa deve ricercarsi unicamente nelle pioggie veramente torrenziali e di una persistenza straordinaria del settembre: infatti nella seconda decade cadde quattro volte più pioggia che non in tutto il mese da 81 anni; dall'11 al 20 settembre si ebbe in Verona un'altezza di 420 mm. d'acqua piovuta, mentre la media annuale è di 843 mm.

La Commissione sopramenzionata, in seguito ad uno studio accurato del suo presidente (2), aveva pure conchiuso, relativamente ai lavori di sistemazione praticati in Tirolo nel periodo dal 1819 al 1859, che ben poca influenza essi potevano avere avuto sull'altezza delle nostre piene. Però, se questa influenza non si era manifestata prima del 1882 e nell'occasione delle inondazioni di quell'anno, è evidente e innegabile « che ben diversamente procederà la cosa quando » sia interamente attuata la sistemazione in corso, e si » riesca a mantenerla contro l'irruente forza dei torrenti e » del fiume. La soppressione di un così vasto bacino di espan- » sione nel caso delle grandi piene; i nuovi rettifili e la re- » golare sistemazione dell'alveo anche nelle piene ordinarie, » non possono a meno di non aumentare notabilmente le » piene nostre, sia per la maggior copia dell'acqua, sia col- » l'abbreviare il tempo dell'afflusso » (3). Per la qual cosa la Commissione, nel determinare l'altezza degli argini da costruirsi o rialzarsi, è partita dal concetto di far sì che tra essi resti contenuta tutta la piena dell'Adige, come abbiamo già detto a suo luogo, il che si otterrebbe con un rialzamento di m. 1,50 sul livello più alto della piena del 1882 come si è poi fatto.

La massima magra dell'Adige è di 100 mc. per minuto secondo; la media in Albaredo di 220 mc.; la massima di 4000 metri cubi per minuto secondo. La trasmissione delle piene, ossia la velocità con la quale esse si propagano, si ricava, come è noto, dalla distanza fra due punti di culminazione, dai diagrammi delle varie altezze della piena nei punti medesimi; e questa velocità è importante assai a conoscersi, poichè una volta nota, a mezzo del telegrafo, le varie stazioni possono darsi notizia reciprocamente delle altezze raggiunte, e quindi provvedere in tempo dove vi è pericolo. Così per percorrere il tratto fra Trento e Legnago, che è di 155 km., la piena richiede non meno di 31 ore; si muove quindi con una velocità di 5 km. all'ora, ossia m. 1,4 per minuto secondo. Le molte osservazioni ai vari idrometri permettono di prevenire e provvedere dove il bisogno richiede.

G. Crugnola.

(1) Questa asserzione è stata accolta anche nell'articolo già citato dell'*Ingegneria civile*, ma l'esperienza e gli studi ulteriori l'hanno dimostrata erronea.

(2) *Atti della Commissione*, ecc., pag. 184.

(3) Id. pag. 186.

COSTRUZIONI STRADALI

DI UN LAVORO DI CONSOLIDAMENTO ESEGUITO SULLA NAZIONALE N. 36 DA GENOVA A PIACENZA.

Nota di Giov. Batt. Bruno, *Ingegnere del Genio Civile*

(*Veggansi le Tav. V e VI*).

Avendo avuto occasione di progettare e fare eseguire un lavoro di consolidamento lungo la strada Nazionale da Genova a Piacenza, in condizioni non ordinarie di stratificazione e difficoltà di terreni, credo utile dare un cenno della esecuzione e dei particolari dell'opera, rappresentati nelle annesse due tavole di disegni.

Della detta strada nazionale, che porta il n. 36, la parte scorrente nella provincia di Piacenza è lunga km. 41+080. Essa, partendo dalla città di Piacenza, dopo un percorso di km. 18 in piano sino a Rivergaro, s'immette nella vallata del Trebbia che rimonta sulla destra mantenendosi quasi sempre a poca altezza dal fondo di detto fiume.

Al km. 32+848 da Piacenza essa è aperta nella mezza costa che nella parte a monte tiene l'inclinazione di circa 12° e di 25° a valle, mettendo capo nell'alveo del fiume alla quota di m. 195 sul livello del mare, mentre il corrispondente piano stradale è a poco più di m. 223.

In tale località, la superficie della campagna a monte presenta una leggiera piegatura in cui si raccolgono le acque di pioggia le quali, sottopassando la strada con un ponticello di 0,80 di luce, si scaricano in Trebbia dopo altri m. 80 di percorso circa. In generale la campagna è solida. Essa è costituita dalla formazione eocenica con banchi fortemente rialzati di argilloscisti alternati con strati di calcare marnoso friabile. Sulle teste erose di tali strati si adagia quasi orizzontalmente una formazione alluvionale di antichi depositi dello stesso fiume Trebbia e composta così: Un primo banco di ghiaie e ciottoli della potenza variabile da 1 a 3 metri; un secondo banco di sabbia quasi pura della media grossezza di m. 1,80 ed infine il terreno superficiale argilloso contenente molti frammenti di marne e della potenza di m. 2,50 circa (1).

Con tale successione di terreni dunque, data la conformazione superficiale della campagna leggermente a bacino, è naturale che le acque di pioggia e quelle altre provenienti dai colli sovrastanti, attraversando i banchi permeabili al-

(1) Siffatti depositi alluvionali, riferibili probabilmente all'epoca glaciale, si osservano in parecchi altri corsi d'acqua paralleli al Trebbia e nelle medesime condizioni di giacitura. Io li ho constatati sulla destra del Tidone a Casanova di Pradaglio poco al disopra di Pianello Val-Tidone. Quivi a circa m. 6 di altezza dall'alveo, sulle teste dei medesimi strati eocenici rialzati si nota un banco orizzontale di ghiaia grosso circa un metro e sottoposto di circa m. 3 alla superficie del suolo.

luvionali, dovessero arrestarsi e pigliar corso sulla formazione quasi impermeabile dei terreni eocenici per riuscire a giorno sulla ripa del fiume nel punto di massima depressione ricadente proprio nel sito ov'è costruito il ponticello che porta il numero progressivo 69.

Sottovia era una gran corrosione la quale, con larghezza di m. 20 sul fondo colmato dei materiali franati dai fianchi, raggiungeva l'alveo del Trebbia. L'origine della corrosione era a circa m. 7 dal ciglio stradale e la sua parete di distacco era pur ricoperta di materie franate ed in buona parte cespugliata. Circostanza questa autorizzante a supporre che i distacchi e franamenti avvenuti in quel sito avevano dovuto succedersi ad intervalli di tempo piuttosto lunghi. La persistente umidità poi ed anche qualche piccolo ristagno che si osservavano al piede del distacco erano indizi sicuri che l'acqua passava perennemente sotto il corpo stradale e che ad essa doveva attribuirsi la causa principale della corrosione medesima.

Fino al 1893 nulla aveva destato preoccupazione di sorta per la stabilità della strada; ma nel principio della primavera seguente (1894) avvenne un improvviso distacco il quale, mentre avvicinò di molto la corrosione alla strada, sul fronte ripidissimo rese evidente come le acque piuttosto abbondanti, scorressero al contatto della formazione eocenica col banco di ghiaie, alla profondità di circa m. 8 dal piano stradale.

Fu constatato inoltre che i franamenti in fette di quella formazione erano anche dovuti al fatto, che le acque scorrenti o giacenti perennemente sulle teste degli argilloscisti, che a poco a poco ne assorbivano, li rendevano molli trasformandoli in argilla umida pastosa la quale così, mal reggendo al peso dei banchi superiori, cedeva provocandone la rovina. Ed anzi, quando in seguito fu fatto lo sgombro delle materie franate per mettere a nudo il letto di scorrimento, fu notato che in corrispondenza del ponticello la formazione eocenica erasi trasformata in argilla plastica per lo spessore di oltre 2 metri, formando quasi una borsa la cui parte superficiale era addirittura molle mentre la più profonda mostrava ancora tracce della primitiva natura e stratificazione delle rocce. Era qui evidentemente il punto di concorso e di maggior giacenza delle acque, come fu confermato poi nel corso dei lavori.

Ora, il dislivello fra la strada ed il fondo della corrosione misurava circa m. 12, dei quali una parte formavano il distacco pressochè verticale. In tali condizioni era quindi a temersi un novello e più importante franamento che avrebbe potuto travolgere la strada interrompendo l'importante transito per Bobbio.

A prevenire un tale avvenimento che sarebbe stato cagione di gravi disturbi e rilevanti spese di riparazione e per consolidare la tratta stradale minacciata, lunga circa m. 40, in data 23 aprile 1894 fu presentata all'approvazione superiore una perizia informata ai seguenti concetti, e cioè:

1° Eliminare, o per lo meno attenuare, l'azione delle acque sotterranee o d'infiltrazione, causa principale dei franamenti;

2° Assicurare la stabilità del corpo stradale ed annesse opere d'arte, consistenti nel cennato ponticello ed in un muro controriva: stabilità oramai compromessa pel salto verticale formatosi a valle e quindi per mancanza di appoggio delle terre.

A raggiungere il primo intento si propose di costruire una fognatura al disotto del fosso portatore per intercettare le acque scorrenti, come si è detto, a circa m. 8 dal piano stradale. Lo scarico di questa fogna avrebbe dovuto effettuarsi sottovia, mercè un cunicolo da aprirsi in galleria, come provvedimento più economico e di minor disturbo pel transito sulla strada. Questo cunicolo era previsto doversi aprire alla distanza di m. 13 in sinistra dell'asse del ponticello, perchè quivi la massima vicinanza del distacco alla strada lo faceva risultare di minor lunghezza, e cioè di metri 16.

Per lo scavo della fognatura si prevedeva la demolizione e ricostruzione del muro a secco controriva, non convenendo trasportare la fognatura stessa a monte di esso muro. Quivi data la quasi orizzontalità del letto di raccolta delle acque e l'inclinazione della campagna, lo scavo sarebbe riuscito molto più profondo, di più difficile esecuzione perchè occorreva attraversare un maggior spessore di terreno sciolto superficiale, ed anche il cunicolo di scolo si sarebbe allungato.

Per completare i lavori atti a rimuovere le cause dei danni si proponeva infine costruire a valle del ponticello un canale di scarico da aprirsi nella ripa solida e da rivestirsi in muratura fino ad una certa distanza dalle cennate opere.

Per assicurare poi la stabilità del corpo stradale, del ponticello e delle stesse opere di consolidamento a farsi si proponeva eseguire attraverso la corrosione un muro in malta quasi al piede del distacco. Esso aveva lo scopo di tutelare tutte le opere anzidette non solo servendo loro di sostegno, ma anche di renderle indipendenti da quei qualunque movimenti che si potessero ancora verificare nel terreno sottostante franato che riempiva la corrosione. Lo stesso muro doveva servire infine a sostenere il piede delle terre da mettere in riempimento a ricostituzione del piano di campagna.

Il progetto era in corso di esame quando il temuto avvenimento si verificò. Nel seguente mese di maggio, in seguito a piogge prolungate, il franamento si ripetè portando il distacco quasi a contatto delle murature del ponticello, ed altre successive cadute di terreno posero in imminente pericolo anche la strada. Fu allora che, in via di urgenza, i proposti lavori furono iniziati subito.

Se la stagione fosse stata propizia bisognava cominciare dalla esecuzione della fognatura per procurare il prosciugamento della massa di terreno molle ed inzuppata d'acqua che dovevasi rimuovere per far posto al muro di sottoscarpa. Invece siccome si era in un periodo di piogge periodiche ed i franamenti si succedevano sempre più, occorreva anzitutto impedire la rovina della strada; epperò fu necessario costruire sollecitamente il muro sottoscarpa e prevenire con qualche contrafforte ogni movimento del corpo stradale. Per far ciò occorreva rimuovere le materie semifluide che ricoprivano la formazione stabile.

Un tale lavoro, iniziato appena, dovette sospendersi per le piogge che insistentemente si verificavano. Prima però si pensò di accelerare l'asciugamento delle materie a rimuovere aprendovi dei fognoli provvisori che a piccole sezioni venivano subito riempiuti di pietrame. Lo scopo fu raggiunto: ma non prima del 6 giugno si potè ripigliare lo sgombro per indi cominciare lo scavo per l'impianto del muro.

Da quel momento il lavoro procedette regolarmente non senza la massima precauzione per le continue minacce di franamenti dalle pareti che man mano venivano poste allo scoperto. Ed anzi, per impedire la caduta di due pezzi di un grosso banco di marna furono eseguite delle sottomurazioni a secco: ed appena si potè si procedette all'impianto di due contrafforti pure a secco nei siti di maggior pericolo. Di grossezza m. 2 uno di tali contrafforti fu costruito in corrispondenza del ponticello, e l'altro alla distanza di m. 6.

Il muro di sottoscarpa fu fondato nella formazione eocenica che, per le argille scagliose contenute, dava luogo a superficiali rigonfiamenti e smottamenti: tanto che per evitare maggiori sbancamenti e perdite di tempo, si dovettero lasciare nella muratura parecchi sbadacchi.

Contemporaneamente ai lavori sottovia furono iniziati quelli per la fognatura e prima di tutto era necessario demolire il muro a secco controriva. Se non che questa demolizione apparve in quel momento pericolosissima per lo stato d'inzuppamento in cui erano le terre da esso sostenute. Si era quasi sicuri che rimovendo quel vecchio muro, si sarebbe provocato il franamento delle terre sovrastanti, le cui conseguenze economiche e di ritardi non si potevano prevedere. Epperò fra un tal pericolo gravissimo e quasi certo e le difficoltà cui si sarebbe andati incontro lasciando a posto il muro ed escavando la fognatura al suo piede, fu creduto più opportuno adottare il secondo partito; ma per maggior cautela la fognatura fu tenuta sotto la banchina invece che sotto il fosso portatore.

Prima però di attaccare tutto lo scavo della fognatura si credette indispensabile conoscere il preciso andamento della superficie impermeabile per determinare il sito più conveniente al cunicolo o galleria di scolo da costruire in precedenza onde avere l'opportunità di smaltire le acque della fognatura stessa. A tale oggetto furono aperti 3 pozzi nell'asse della fognatura, i quali essendo stati spinti fino all'incontro delle teste degli strati eocenici, dimostrarono che il sito più opportuno pel cunicolo era proprio quello del ponticello ivi convergendo la superficie impermeabile. E l'opportunità di un tal sito era maggiormente indicata dalla circostanza che per gli avvenuti successivi franamenti la galleria in quel punto riusciva anche della minima lunghezza; e che per sostenerne il canaletto di scolo in prolungamento si poteva approfittare del contrafforte innanzi detto. Stabilita l'ubicazione e la quota del cunicolo, esso fu subito incominciato e condotto a termine senza difficoltà, essendo ricaduto interamente nella formazione stabile dell'eocene. Le sue dimensioni furono di m. 1,60 di larghezza per 2,20 di altezza. Sul fondo fu costruito il solito canaletto di muratura in malta, indi lo speco fu riempiuto con accurata muratura a secco. Lo scavo di questo cunicolo importò dieci giorni di lavoro e, non ostante le buone condizioni del terreno in cui era aperto, fu munito di armatura di legname, specie nella metà posteriore dove per le filtrazioni gli strati rammolliti facilmente smottavano.

Nello stesso tempo procedeva lo scavo della fognatura che si dovette prolungare di pochi metri anche a destra del ponticello (sottopassandolo in cunicolo) per raccogliere le altre filtrazioni d'acqua che la galleria aveva dimostrato provenire anche da quella parte. Al disopra del canaletto in malta la fognatura fu riempiuta con muratura a secco eseguita a mano per un'altezza di m. 1,40: indi con gettata di ciottoli fino a mezzo metro sotto il piano stradale, ed infine fu colmata con buona terra pistonata.

Ultimato il cunicolo in galleria, fu completato anche il contrafforte a secco che ne formava continuazione e nel cui interno si fece passare il canaletto di scolo delle acque della fognatura; le quali furono rinvenute abbondanti al segno da far nascere l'idea di tenerle in vista facendole sboccare in apposita vaschetta prima di pigliar corso nel canale di scarico.

Dopo di che si procedette a regolarizzare la superficie della zona compresa tra la strada ed il muro di sottoscarpa e mediante pochi tagli di rettifica ed alcuni riporti ben pigiati, le fu assegnata l'inclinazione sesquialtera che era pure stata data ai contrafforti.

A maggiormente assicurare il sollecito prosciugamento delle terre in riporto al disopra del muro, la parte di scavo alle sue spalle fu riempiuta con sassaia, cui si assicurò lo sbocco attraverso il muro stesso mercè breve fognolo riempiuto di semplice sasso a secco.

Gli ultimi lavori di sistemazione furono:

La cunetta murata nel fosso portatore verso monte;

Due tratte di muro controriva a secco adiacenti al ponticello della complessiva lunghezza di m. 16,90;

Altra tratta di simile muro a sinistra dello stesso ponticello, oltre la fognatura, per una lunghezza di m. 24,70;

Il rivestimento del rivo al disopra del pozzetto del ponticello per m. 3,50 ed il canale murato allo sbocco per la lunghezza di m. 30;

La sistemazione a forma di banchettone delle materie di rifiuto poste dinanzi al muro sottoscarpa e destinato a ricevere una piantagione di robinie.

Il lavoro, condotto in mezzo a tante difficoltà, non dette luogo al menomo inconveniente od infortunio per l'oculatezza spiegata tanto da parte dell'Aiutante del Genio Civile, ingegnere Monti Galeazzo, incaricato della giornaliera sorveglianza, quanto da parte dell'Impresa Rizzi Desiderio di Piacenza, che lo aveva assunto.

Dei materiali adoperati farò cenno soltanto della calcina, mentre i sassi spianati naturalmente o spaccati ed i ciottoli furono raccolti nell'alveo del fiume Trebbia ed in quello di altri torrenti attraversati dalla strada.

La calcina, proveniente dalla fornace di Rivergaro, lontana km. 16, si ottiene con la cottura dei ciottoli scelti nello stesso fiume Trebbia. Essa è di qualità magra e dà ottimi risultati anche in acqua, quando le si lascia il tempo necessario alla presa.

La malta fu composta con un volume di calcina in pasta e due volumi di buona sabbia del Trebbia.

I lavori tutti, eseguiti nel termine di giorni 60 e completati il 2 agosto 1894, importarono la spesa di L. 6.607,36, nette del ribasso di contratto che fu del 12 0[0. E così il loro importo rimase nei limiti delle somme preventivate con la perizia, non essendo occorso d'impegnare che poco più della metà del fondo stanziato per imprevedute.

Le quantità di lavoro eseguite ed il loro relativo importo sono dati dal seguente prospetto, contenente anche i prezzi di ciascuna categoria:

Num. progr.	Designazione dei lavori e delle spese	Quantità	Prezzo	Importo
1.	Scavo per fondazioni, comprese le sbadacchiature e l'allontanamento a metri 30 . . . . . m³	352,65	0,70	246,85
2.	Scavo per fognatura sino alla profondità di m. 8, comprese le sbadacchiature e l'allontanamento dei materiali a metri 30 . . . . . m³	234,83	3,50	821,90
3.	Scavo in galleria, comprese le armature, anche se a rivestimento completo, e l'allontanamento dei materiali come sopra . . . . . m³	36,43	3,20	116,58
4.	Muratura a secco eseguita all'aperto m³	183,63	4,32	793,28
5.	Muratura a secco eseguita in fognatura e galleria . . . . . m³	75,26	4,75	357,48
6.	Muratura di pietrame e malta, eseguita dovunque . . . . . m³	331,77	9,70	3218,17
7.	Soprapprezzo per la lavorazione delle pietre di paramento visto, grossolanamente squadrato . . . . m²	362,71	0,70	253,90
8.	Riempimento di pietrame e ciottoli per colmare scavi di fognatura e simili . . . . . m³	186,17	3,07	571,54
9.	Lastroni grezzi in opera per copertura di canaletti nel fondo delle fognature od in galleria . . . . m.	57,70	1,00	57,70
10.	Terreno consistente scelto e pigiato m³	191,34	0,30	57,40
11.	Taglio con paleggio e sistemazione in rinterro pigiato a cordali di terreno forte e conglomerato . . . m³	158,81	0,62	98,46
12.	Compenso per la mancata demolizione di un muro a secco i cui materiali erano ceduti all'Impresa . . m.	41,00	2,84	116,44
13.	Compensi a corpo per tracciamenti, avarie, esaurimenti d'acqua dagli scavi, deposito di materie di rifiuto, costruzione e manutenzione delle barricate per garentire il transito sulla strada			
	A riportarsi			L. 6709,70

Num. progr.	Designazione dei lavori e delle spese	Importo
	Riporto L.	6709,70
	durante la costruzione delle fognature, compresa l'illuminazione notturna e la manutenzione delle opere sino al collaudo, ed in generale per tutti gli obblighi imposti dall'art. 19 del Capitolato generale d'appalto . . . . . L.	107,35
	Ammontare dei lavori appaltati . . . . . L.	6817,05
	Deduzione del ribasso di contratto nella ragione del 12 0[0 . . . . . L.	818,05
	Residuo netto . . . L.	5999,00
14.	Sgombro delle materie franate, eseguito ad economia per l'impossibilità di poterle assoggettare a misura, compreso l'aggio del 6 0[0 all'anno all Impresa per l'anticipo del denaro . . . . . L.	608,36
	Ammontare generale dei lavori . . . . . L.	6607,36

Con tali lavori sembrava essersi provveduto quasi ad esuberanza alla stabilità di quel tratto di strada. Eppure non fu così.

Dal gennaio al marzo 1875, successivo cioè al completamento dei descritti lavori, cadde una straordinaria quantità di neve che fino a tutto aprile rimase accumulata sulle campagne e lateralmente alla strada dove, a causa degli sgombri della carreggiata (eseguiti ben 13 volte), si elevò all'altezza di oltre m. 1,50 sulle banchine e cunette laterali.

Ora avvenne che circa il 12 marzo si verificasse un crepaccio sulla strada in corrispondenza dei lavori stessi: crepaccio che in un paio di giorni dette luogo ad un franamento generale della cunetta, banchina e parte della carreggiata, per l'estesa di m. 10, allargandosi a valle sino a m. 20. Allora l'intera scarpata precedentemente sistemata sembrò trasformata in un ammasso incomposto di terreno, blocchi di neve ed acqua che tutto si riversava dal ciglio del muro sottoscarpa, rimasto incolume. Sembrava che tutto il lavoro fatto fosse andato in rovina perchè in quello sconvolgimento anche l'estremo superiore del secondo contrafforte fu scomposto per breve altezza.

Si notava però che lo sbocco della fognatura attraversante la galleria era attivissimo; mentre la frana sottostante al muro sino al Trebbia, e per la quale nulla era stato fatto, aveva preso l'aspetto di lavina.

Il franamento sulla strada presentava un distacco quasi verticale per tutta l'altezza esplorabile dal crepaccio. Ciò fece supporre a principio che il movimento aveva davvero interessato profondamente la scarpa già sistemata, sebbene fosse stata tagliata nei banchi di sabbia e conglomerato che sembravano solidissimi. Ricordando poi la natura di quei banchi, facili a distaccarsi in fette, si finì per credere che il letto di scorrimento della nuova frana dovesse metter capo sul ciglio del muro di sottoscarpa.

Invece, quando lo stato delle terre rese possibili le riparazioni, fu constatato che il distacco della frana scendeva verticalmente per l'altezza media di m. 2,50 e nel sito massimo per circa m. 3, fino a raggiungere la superficie di una seconda lente d'argilla cinerea con vene ocracee, intercalata fra lo strato ghiaioso e quello di sabbia, e la cui esistenza non si era palesata coi primitivi lavori. La frana, scorrendo su tale superficie, quasi orizzontale, si era riversata a valle sulla scarpata di terreno pigiato, ricoprendola senza menomamente degradarla, come apparisce dalla sezione riportata nella Tav. VI, fig. 2.

Questi fatti resero evidenti le nuove cause che li avevano provocati, e che furono:

a) Pel franamento della strada:

Le acque di fusione della neve che lentamente erano passate attraverso la banchina e cunetta raggiungendo i banchi alluvionali che rovinarono scivolando sullo strato argilloso. Rovina da attribuirsi sia alla cennata tendenza di quei banchi a distaccarsi in fette e sia fors'anche a sottili cretti preesistenti e non avvertiti all'epoca del primo lavoro. Il fatto non può imputarsi a rammollimento e cedimento dell'argilla, perchè fu riscontrata asciutta e resistentissima, meno per la sottile superficie liscia determinatasi all'atto stesso del franamento;

b) Per la frana al disotto del muro:

Le acque abbondanti che vi si raccoglievano, dovute alla fusione della neve caduta sulla sua superficie, nonchè a quella accumulata sul ciglio stradale, ed alle altre che vi riversavano la fognatura alle spalle del muro ed il canale di scarico del ponticello, per economia tenuto di breve lunghezza. Furono ancora avvertite filtrazioni dalle ripe laterali, sempre provenienti dalla fusione della neve.

Per tal modo si resero necessari altri lavori per assicurare la stabilità della strada, lavori che furono come appresso:

1° Costruzione di altri due contrafforti a secco sottovia prolungati fino alla strada, e simile prolungamento anche del precedente contrafforte. Essi sono destinati a fornire saldo appoggio al corpo stradale, opponendosi alla tendenza a smottare che hanno le terre;

2° Costruzione della seconda cunetta stradale anche in muratura, com'era stato fatto per quella a monte;

3° Prolungamento sino al Trebbia del canale di scarico del ponticello;

4° Costruzione di una fognatura di prosciugamento della frana sottostante al muro per impedire lo scalzamento delle sue fondazioni e la rovina del cennato canale di scarico;

5° Costruzione di un breve muro a secco per sostenere il piede del distacco laterale presso la strada.

Or la tendenza delle terre a franare, esplicandosi a misura che si rimovevano quelle già cadute, invadendo sempre più il piano stradale, per impedirne la totale rovina e mantenere il transito, fu necessità ripristinare prima la parte di strada franata. Ciò si fece con una buona muratura a secco, eseguita a brevissime sezioni e limitata alla linea $a\,a'$ (Tav. VI, fig. 3); muratura che si rendeva anche indispensabile per appoggiarvi la cunetta, che fu costruita subito dopo.

Assicurato così il transito, deviate con la cunetta le acque di fusione della neve che scaricavano nella frana, ed arrestata ogni ulteriore estensione del franamento stesso si potè attendere l'avanzato prosciugamento delle terre per procedere con maggior sicurezza e sollecitudine alle riparazioni della scarpata ed all'esecuzione degli altri lavori.

I contrafforti furono eseguiti uno per volta: dopo di che si sgombrarono le zone intermedie ripristinando la scarpa con buon terreno pigiato su fondazione a gradoni, com'era già stato fatto per la parte più bassa che aveva resistito perfettamente bene e che bastò solo ripulire superficialmente. Da ultimo si costruì il pezzo di muro $m\,m'$ e la fognatura $f\,f'$ (Tav. VI, fig. 1).

Cosicchè con le opere aggiunte tutto il lavoro presentò l'aspetto disegnato nell'or citata figura e la maggiore spesa fu di circa L. 3.500.

Ho voluto presentare la storia completa di questo piccolo ma interessante consolidamento per far vedere quanto, nei lavori del genere, non si possa *a priori* tutto prevedere e quanto complesse e varie sono le cause dei franamenti in terreni che, a giudicarli dalla loro costituzione e posizione, massime dopo i primi lavori di prosciugamento eseguiti, erano a ritenersi di una stabilità quasi assoluta.

Non è quindi a meravigliare se, dopo aver provveduto a tutto quello che si credeva necessario per consolidare un terreno in moto, si verifichino dei fatti tali da richiedere provvedimenti novelli che dapprima sarebbero sembrati superflui se non affatto inutili. In fatto di consolidamento nulla può esservi di assoluto: e dopo avere applicato il provvedimento generale e razionale del caso, bisognerà attuare tutti quegli altri che la specialità delle circostanze saranno per richiedere. Solo così sarà raggiunto lo scopo col minimo dispendio.

COSTRUZIONI FERROVIARIE

STUDI SULLE FERROVIE FUNICOLARI.

III. — Lo sdoppiamento della via al punto d'incrocio.

1. — Le linee delle ferrovie funicolari si fanno a semplice e a doppio binario. Ma, salvo che si tratti di linee brevi destinate al trasporto dei materiali nei cantieri di lavoro, o di speciali disposizioni le quali richieggano via distinta per ognuno dei due treni, l'ascendente e il discendente, o che infine non si voglia fare inutile lusso, è da adottarsi, senza eccezione, il binario unico per la grande economia che si realizza nello impianto, già di per sè stesso sempre abbastanza costoso. Solamente, poichè a metà del loro viaggio i due treni s'incontrerebbero sul binario unico, è indispensabile lungo un certo tratto sdoppiare la linea, armarla cioè a doppio binario, per rendere possibile il contemporaneo passaggio dei convogli.

Per intenderci, chiameremo *punto d'incrocio* quello che segna la metà dello sviluppo di tutta la linea, dove quindi i treni s'incontrano, e *sdoppiamento della via* la particolare disposizione dell'armamento che converrà adottare perchè i treni possano evitarsi nel punto d'incrocio.

Non è mio proposito esaminare le varie disposizioni prescelte nei diversi impianti esistenti: disposizioni più o meno complicate, più o meno ingegnose, ma molte volte non rispondenti ai requisiti essenziali della semplicità e dell'economia, come quando, ad esempio, si è costruita metà della linea a doppio binario, che diventava unico solamente dopo oltrepassato il punto d'incrocio, oppure si è armata la via a tre rotaie, di cui la mediana all'incrocio si sdoppiava. Certo la soluzione che a prima vista appare più conveniente è quella adottata in molti impianti e rappresentata schematicamente nella figura 48, con il particolare dei punti estremi *a* nell'altra figura 49. Accoppiando naturalmente a questa disposizione dell'armamento l'altra del materiale circolante, che consiste nel tenere a cerchione liscio le ruote di un fianco delle vetture e a cerchione con doppio risalto le ruote del fianco opposto, senza alcun bisogno di congegni mobili, si raggiunge con la massima semplicità e sicurezza lo scopo del contemporaneo passaggio dei treni, giacchè ogni convoglio non può che seguire la via ove l'obbliga il doppio risalto delle ruote. Evidentemente perchè avvenga regolarmente lo scambio dei binari è d'uopo che mentre un treno ha le ruote a cerchione liscio da un lato, l'altro le abbia dal lato opposto, per modo che sulla medesima rotaia non scorrano mai due sistemi di ruote a doppio risalto.

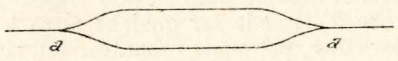


Fig. 48.

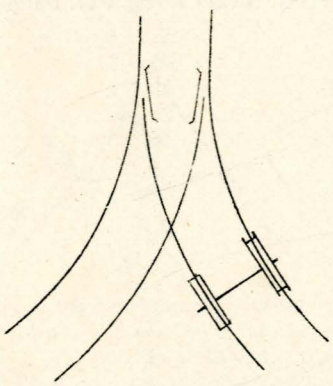


Fig. 49.

2. — Per quanto il tracciato geometrico di questo sdoppiamento sia della massima semplicità, vogliamo qui darne gli elementi sotto forma di esempio numerico riferendoci agli assi delle linee. Il raggio che adottiamo per gli scambi dalla via principale alle parallele di sdoppiamento è di m. 80. Il tratto rettilineo h (vedi fig. 50) interposto fra gli archi di contraria curvatura non dovrà essere inferiore alla distanza fra due sale consecutive di una stessa vettura; nel nostro esempio si è fatto $h = 4^m$. La distanza d fra gli assi delle due vie parallele deve essere tale che quando i due treni s'incontrano, resti fra le vetture di essi un certo spazio di 1^m o $0^m,80$ al minimo; poichè le vetture ordinariamente si fanno larghe da $1^m,90$ a $2^m,20$, dovrà risultare d non inferiore a $2^m,90$ o 3 metri.

Nel caso della figura 50, col raggio di m. 80 e l'angolo al centro delle curve di scambio di 7°, si ha $d = 3^m,359$. Il tratto rettilineo l in cui avviene l'incrocio, si è fissato a m. 10; in qualche caso si potrà far discendere ad un limite ancor più basso. Si badi però che per assegnare ad l una giusta lunghezza, sarà necessario tener conto del numero e delle dimensioni delle vetture di cui componesi ciascun treno: nel nostro caso supponiamo che ogni treno non abbia più di due vetture, lunga ognuna da cinque a sei metri. Lo sviluppo totale di un ramo dello sdoppiamento è di m. 57,104, e la sua lunghezza totale, misurata sull'asse della linea principale, è di m. 56,938. Ove non si disponesse di un tratto in rettifilo così lungo, o per altre ragioni si volesse accorciare lo sdoppiamento, si potrà ricorrere ad un raggio per gli scambi inferiore a quello adottato (*).

Sulla figura son poi notati tutti gli elementi necessari a ripetere speditamente il calcolo per altro raggio: converrà in tal caso partire da un valore di α che resti intorno ai sette gradi.

3. — Nell'esempio trattato, evidentemente si suppone che il punto d'incrocio capiti in rettifilo, in posizione tale che sia possibile collocarvi tutto lo sdoppiamento. Ma non è difficile ad avverarsi il caso che lo sdoppiamento cominciato in curva debba finire in rettifilo o che debba rimanere tutto in curva, senza che d'altra parte sia possibile modificare il tracciato in

(*) I raggi delle curve nelle ferrovie funicolari si possono mantenere molto bassi, specie se la curva ha piccolo sviluppo. Nelle linee della Svizzera i raggi variano da un massimo di 500 metri ad un minimo di 75, raggiunto nella funicolare di Giessbach a contrappeso d'acqua. Nelle funicolari costruite in Francia si è raggiunto il minimo di m. 30, ma questo limite è al certo sconsigliabile, e quando per speciali condizioni del terreno non si potesse fare a meno di adottarlo, sarà necessario ravvicinar molto i rulli che sostengono il cavo di trazione lungo lo sviluppo della curva.

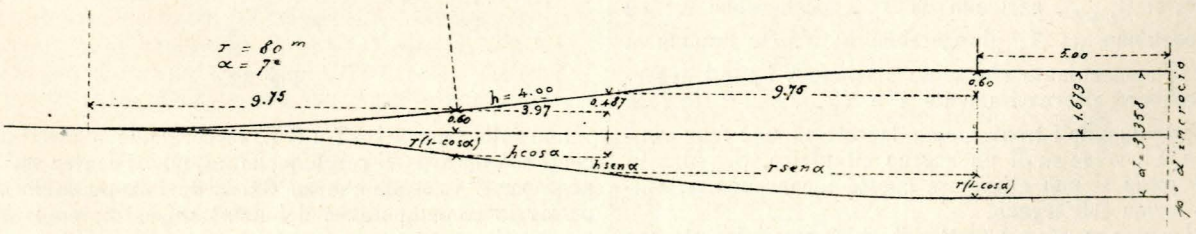


Fig. 50.

modo da creare un rettifilo di sufficiente lunghezza proprio a metà della linea. Per lo scopo istesso delle ferrovie funicolari, queste vengono quasi sempre impiantate in terreno tanto difficile che non si presenta più di una soluzione per l'andamento planimetrico della via, quando non si vuol rinunziare ad alcuni vantaggi naturali. Del resto vedremo che il tracciato dello sdoppiamento, nelle enunciate condizioni singolari, si presenta della massima semplicità.

4. — Cominciamo dal caso in cui lo sdoppiamento iniziato in rettifilo debba finire in curva. Sia C (fig. 51) il punto d'incrocio, situato alla distanza s dal punto D, in cui l'asse principale del tracciato passa dal rettifilo ad una curva di raggio R.

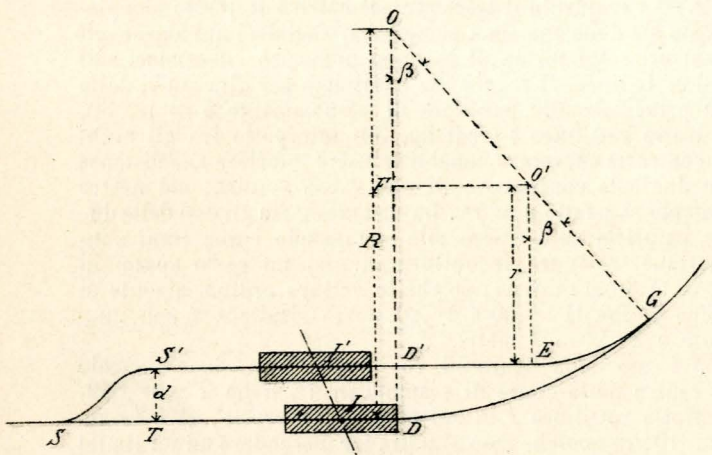


Fig. 51.

Collo scambio S S' si devii dalla linea principale in un'altra ad essa parallela e distante della quantità d, sufficiente, come si è detto nel numero 2, al contemporaneo passaggio dei treni. Sia S' C' l'asse della via parallela: il problema sarà risolto quando si raccorderà S' C' alla curva D B. Assegnato il raggio r a questa curva di raccordo, si avranno subito tutti gli elementi sufficienti a tracciarla.

Infatti:

$$O\,O' = R - r \qquad O\,F = R - d - r$$

$$\cos\beta = \frac{R - d - r}{R - r} = 1 - \frac{d}{R - r}$$

$$D'E' = F\,O' = (R - r)\,\text{sen}\,\beta =$$

$$= (R - r)\sqrt{1 - \cos^2\beta} = \sqrt{2\,d\,(R - r) - d^2} = \sqrt{d\,(2\,R - 2\,r - d)}.$$

5. — Così facendo, i due rami dello sdoppiamento in generale non risulteranno di egual lunghezza. E se fosse δ la differenza di sviluppo fra le due vie, in modo che per andare dal punto X al punto Y, estremi della linea, un convoglio dovesse percorrere la lunghezza L, e l'altro quella $L + \delta$, evidentemente, chiamando $C_{L+\delta}$ il convoglio che segue la linea $L + \delta$ e C_L il convoglio che segue la linea L e supponendo che il primo parta da X ed il secondo da Y, in fin di corsa, quando C_L toccherà X, $C_{L+\delta}$ sarà giunto in un punto Y_δ lontano ancora da Y della lunghezza δ. Alla corsa seguente, poichè nel sistema a cerchione doppio da un lato e liscio dall'altro, ogni treno percorre sempre la stessa linea dello sdoppiamento, il $C_{L+\delta}$, partendo da Y_δ, toccherebbe X; ed il C_L, partendo da X, giungerebbe in Y. Or dunque si avrebbe l'inconveniente che nella stazione Y i punti di fermata sarebbero alternativamente Y e Y_δ, distanti fra loro di δ. Questo quando i treni sono attaccati ad una fune continua che si avvolge su di un argano cilindrico. Si vedrà in appresso come si può eliminare questo inconveniente, mutando la forma dell'argano.

Ma nel caso che stiamo trattando, sarà possibile ottenere l'uguaglianza perfetta nei due tracciati. Basterà infatti che, chiamando con Δ la differenza dei tratti S S' ed S T, gli elementi del tracciato siano tali da soddisfare all'uguaglianza:

Δ = sviluppo arco E G + D' E = sviluppo arco D G,

cioè:

$$\Delta + \frac{2\,\pi\,r}{360}\,\beta + \sqrt{d\,(2\,R - 2\,r - d)} = \frac{2\,\pi\,R}{360}\,\beta,$$

ovvero:

$$\Delta + \sqrt{d\,(2\,R - 2\,r - d)} = 0{,}01745\,(R - r)\,\beta, \qquad (1)$$

che unita alla:

$$\beta = \text{arco cos}\left(1 - \frac{d}{R - r}\right) \qquad (2)$$

ci dà un sistema di due equazioni per le due incognite r e β. Risolvendole per tentativi, provando successivamente con diversi valori di r, si riuscirà a trovare quello pel quale si ottiene l'uguaglianza dei tracciati nello sdoppiamento.

Evidentemente anche Δ è variabile con gli elementi della deviazione; ma è bene, a semplificare il procedimento, assumere nella (1) Δ come un numero, che si sarà prima trovato, cercando di avere un sufficiente valore di d senza un lungo sviluppo della deviazione. Si vede subito, che, fissato d, tale sviluppo diminuisce col raggio delle curve di scambio.

Per la dissimmetria dello sdoppiamento, l'incrocio sarà segnato da un'obliqua alle linee, che unisce I ed I', punti medi dei tracciati. Nella figura 51 è pure segnata la posizione dei treni all'atto dell'incrocio, come converrà fare anche sui disegni a scala per accertarsi che la distanza fra gli assi delle due vie, necessaria al passaggio contemporaneo dei treni, è mantenuta per una lunghezza sufficiente, in corrispondenza di quella dei convogli.

Se supponiamo che ad un rettifilo sul quale trovasi il punto d'incrocio, segua una curva di m. 300 di raggio e assumiamo per le curve della deviazione il raggio di m. 75, avremo $d = 3^m,24$ e $\Delta = 0{,}18$. Ricorrendo alle (1) e (2), per $r = 90^m$ si ha nella lunghezza dei due rami dello sdoppiamento una differenza di $0^n,10$ e per $r = 100$ di 2 soli centimetri: differenza questa assolutamente trascurabile in pratica. Basterebbe d'altronde far qualche altro tentativo per trovare il valore di r, pel quale i due tracciati risultano perfettamente uguali.

6. — Il secondo dei casi speciali che ci siamo proposti di esaminare si ha quando deve eseguirsi lo sdoppiamento tutto in curva. Il punto C, medio dello sviluppo della linea, trovisi sulla curva A B di raggio R (fig. 52). Dai punti A e B de-

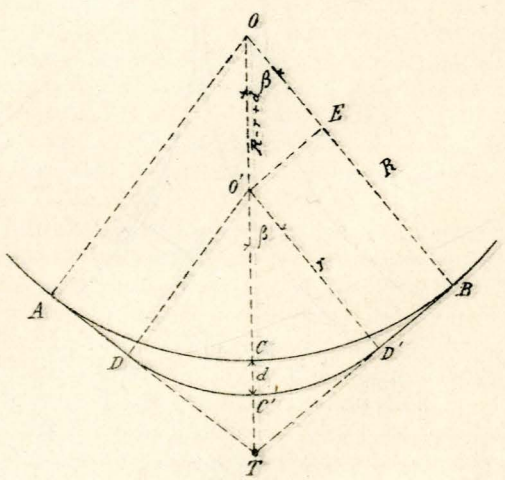


Fig. 52.

viamo sulle tangenti A T e B T, raccordiamo queste due tangenti con un arco di cerchio che, avendo il centro sulla C O, passi per C' in modo che sia $C\,C' = d$, distanza sufficiente al passaggio contemporaneo dei due treni, ed avremo eseguito lo sdoppiamento.

Evidentemente sussisteranno le relazioni:

$$C\,T = R\,(\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta} - 1)$$

$$C'\,T = r\,(\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta} - 1),$$

onde:

$$R\,(\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta} - 1) = r\,(\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta} - 1) + d \qquad (1)$$

Da questa equazione potremo ricavare il valore di una delle incognite r o β fissando l'altra ad arbitrio; sarà conveniente fissare β per rendere più facile l'uso della (1), che risoluta rispetto ad r diventa:

$$r = R + \frac{d}{1 - \sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta}} \qquad (2)$$

La distanza D A sarà poi data da:

$$(R + d - r)\ \mathrm{sen}\ \beta.$$

7. — Esaminiamo ora un poco la (2), perchè in pratica l'impiego ne possa essere spedito e sicuro. Anzitutto osserviamo che il termine $\frac{d}{1 - \sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta}}$ è sempre negativo, perchè $\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta} > 1$, ciò che corrisponde alla condizione $R > r$. Col crescere di β, cresce pure tg. β; il valore della frazione $\frac{d}{1 - \sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta}}$ diminuisce in valore assoluto ed r si avvicina ad R, mentre vi sarà un valore di β, pel quale si ha $r = 0$, quando cioè:

$$R = -\frac{d}{1 - \sqrt{1+\mathrm{tg}^2\,\beta}} \qquad (3)$$

Questa condizione corrisponde geometricamente al caso in cui il raccordo verrebbe fatto colle sole tangenti, risultando $C\,T = d$.

Essendo conveniente, come innanzi si è detto, assegnare β e ricercare il corrispondente raggio r per la curva di raccordo, sarà bene tenere presenti i valori limiti di β pei quali si ha il raccordo con le sole tangenti. Nella seguente tabella sono perciò calcolati, per valori di R che variano di 50 in 50 metri, da 50 sino a 500 metri, i limiti di β per $d = 3^m$ e $d = 4^m$, colla formula (3) risoluta rispetto a tg. β, cioè:

$$\mathrm{tg.}\ \beta = \frac{1}{R}\sqrt{d\,(d + 2R)}.$$

R	Lim. β	
	$d = 3^m$	$d = 4^m$
50	19° 22′	22° 10′
100	13° 52′	15° 56′
150	11° 21′	13° 5′
200	9° 52′	11° 22′
250	8° 51′	10° 11′
300	8° 4′	9° 18′
350	7° 29′	8° 37′
400	7°	8° 4′
450	6° 36′	7° 37′
500	6° 16′	7° 13′

È evidente che sarà necessario attenersi ad angoli, per quanto più è possibile, piccoli, onde far sì che lo sdoppiamento non assuma una grande lunghezza, turbando le mire di economia nell'impianto, cui in fondo tendono tutti questi ripieghi d'arte; ma coll'aiuto della tabella precedente che ci dà i valori di β, al disopra dei quali bisogna sempre mantenersi, un paio di tentativi basteranno per trovare l'angolo β, cui corrisponda un raggio r, pel quale lo sviluppo dello sdoppiamento non assuma grande lunghezza. Così, ad es., per $R = 300^m$, $d = 4^m,00$ facendo $\beta = 12°$, si ha $r = 100$ metri; e lo sviluppo del ramo dello sdoppiamento, che corre tutto in curva, risulta di m. 125,28.

8. — In questo secondo caso però i due rami dello sdoppiamento risultano sempre di differente lunghezza; anzi, la loro differenza dataci dalla relazione:

$$\delta = 2\,[(R + d - r)\ \mathrm{sen}\ \beta - 0{,}01745\ (R - r)\ \beta]$$

è il più delle volte notevole e cresce col diminuire di β. Così nell'esempio del numero precedente risulta $\delta = 1^m,30$. Ma, anche con tale differenza nello sviluppo delle due vie, una funicolare potrà funzionare regolarmente, a patto che nel meccanismo si adotti una modifica molto semplice.

Sappiamo che la trazione è prodotta dal cavo che, mentre da un capo si avvolge, dall'altro si svolge sul tamburo motore che funziona come un argano. Sappiamo pure che se si utilizza un cavo continuo, questo dovrà sempre rimanere avvolto per un certo numero di circonferenze intorno all'argano, onde creare un attrito sufficiente ad impedire scorrimenti nella fune. Tale numero di circonferenze, che chiameremo con i, si ha dalla semplicissima espressione:

$$i = 1{,}5\ (\log.\ T - \log.\ t),$$

rappresentando T la massima e t la minima tensione cui possono andar soggetti contemporaneamente i due capi del cavo. Infatti sappiamo che, per evitare lo strisciamento d'una fune che si avvolge su di un tamburo, deve verificarsi, fra le tensioni dei due capi della fune, la relazione:

$$T \leqq t\,e^{f\alpha},$$

essendo e la base dei logaritmi neperiani, f il coefficiente di attrito fra la fune e la superficie del tamburo, α l'arco d'avvolgimento. Ma se chiamiamo con r il raggio del tamburo, sarà:

$$\alpha\,r = 2\,\pi\,r\,i,$$

onde possiamo anche scrivere:

$$T \leqq t\,.\,e^{f\,.\,2\,\pi\,i},$$

oppure:

$$\log_e \frac{T}{t} \leqq 2\,\pi\,i\,.\,f,$$

cioè:

$$2{,}3026\ \log.\ \frac{T}{t} \leqq 2\,\pi\,i\,.\,f,$$

e quindi:

$$i \geqq \frac{2{,}3026}{2\,\pi\,f}\ \log.\ \frac{T}{t}.$$

Poichè infine il coefficiente f, per funi metalliche è uguale circa ad 1/4, basterà, come si è detto, fare:

$$i = 1{,}50\ (\log.\ T - \log.\ t).$$

Ciò posto, se diamo al tamburo non la forma cilindrica, ma la conica, mentre esso compie un giro, si svolgerà una lunghezza di fune uguale alla circonferenza di diametro $D' \lessgtr D$. Guardiamo un poco la figura 53. Sia C_L il convoglio che percorre sempre la linea lunga L e $C_{L+\delta}$ quello che percorre la linea lunga $L + \delta$. Nella posizione rappresentata dalla figura, $C_{L+\delta}$ deve scendere e C_L deve salire; girando il tamburo nel senso della freccia, la fune si svolgerà a destra, si avvolgerà a sinistra; ma mentre si svolgerà per πD, si avvolgerà per $\pi D'$, essendo $D' < D$. Se chiamiamo con n il rapporto:

$$\frac{L + \delta}{\pi\,D},$$

perchè, mentre il convoglio $C_{L+\delta}$ raggiunge la stazione inferiore, C_L raggiunga la superiore, dovrà esser pure:

$$n = \frac{L}{\pi\,D'},$$

onde:

$$D' = \frac{L}{L + \delta}\,D. \qquad (1)$$

Se facciamo $S = i\,c$, essendo c il diametro del cavo, i il numero delle spire fisse (tratteggiate in figura), avremo:

$$\mathrm{tg.}\ \xi = \frac{D - D'}{S} = \frac{D\left(1 - \frac{L}{L+\delta}\right)}{S}.$$

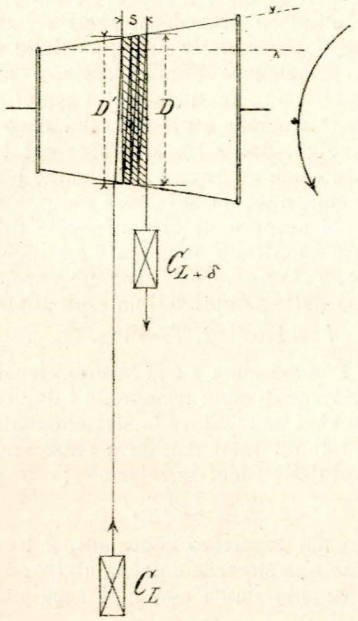


Fig. 53.

Sarà dunque ξ il semiangolo al vertice del cono che dovrà costituire l'argano motore. Per D si sceglierà il diametro medio che si vuole assegnare al tamburo.

Si noti che se le spire fisse mutano di posizione rispetto agli orli del tamburo, la dimostrazione fatta sussiste sempre, perchè la differenza che corre fra D e D' è la stessa per tutti i diametri delle sezioni del cono che distano fra di loro di S.

Nel caso portato ad esempio nel numero precedente, messo $L = 900$ metri, supposto $i = 4$, $c = 0{,}045$, $D = 2^m{,}50$, si ottiene tg. $\xi = 0{,}0277$ e quindi pel tamburo una conicità di $1^o\,36'\,27''$.

Alcune volte, invece di una sola fune continua, se ne dispongono due, ciascuna di lunghezza eguale alla linea e fissata per un capo sul tamburo alle estremità opposte dello stesso diametro o di due diametri corrispondenti. In tali casi si potrà addirittura fare uso di un tamburo composto di due cilindri, calettati l'uno in seguito all'altro sull'asse medesimo e aventi i diametri D e D' legati dalla relazione (1).

Potenza, maggio 1896.

Ing. Filippo Tajani.

NOTIZIE

Il Giornale ufficiale dell'Associazione internazionale per il saggio dei materiali adoperati nelle costruzioni od a scopi tecnici. — I signori Stähle e Friedel di Studgarda annunziano che sotto la direzione del professore Giessler e col concorso di professori e di tecnici d'ogni paese uscirà il primo numero del Giornale ufficiale dell'Associazione internazionale per le prove dei materiali, col titolo: Raumaterialienkunde, rivista internazionale di pubblicazioni riguardanti i materiali adoperati nelle costruzioni od a scopi tecnici.

Il prezzo d'abbonamento per tutti i paesi dell'Unione postale è di fr. 18,75, e per i membri dell'Associazione è ridotto a fr. 12,50.

Questa Rivista, che ha il diritto esclusivo della pubblicazione degli *Atti* e delle *Memorie* dell'Associazione, consterà d'una *parte ufficiale* particolarmente destinata ai Laboratori di sperimento dei materiali, agli Uffizi tecnici governativi o di città, provincie o grandi amministrazioni (ferrovie, ecc.), nonchè agli stabilimenti di costruzione, fonderie, acciaierie, fabbriche di cementi, ecc.; — e di una *parte pratica*, utile a tutti coloro che fanno uso di materiali per le costruzioni od a scopi tecnici.

G. S.

Il varo della corazzata "Generale S. Martin" a Livorno. — Il 25 maggio alle 11, salutata dalle acclamazioni entusiastiche di immenso popolo, è lentamente e maestosamente discesa nelle acque del Mediterraneo la nave che, destinata in origine e col nome di *Varese* alla flotta italiana, fu poi ceduta a quella della Repubblica Argentina, e ribattezzata per *Generale S. Martin*, assicurando così nuovo lavoro all'industria nazionale e affermando all'estero l'importanza e l'abilità dei nostri costruttori navali.

I fratelli Orlando possono bene sentirsi superbi degli applausi loro rivolti e dai quali prenderanno maggior lena per proseguire, nell'interesse loro e dell'Italia nostra, lo splendido cammino incominciato dal loro egregio genitore.

La nave ha le seguenti dimensioni:

Lunghezza fra le perpendicolari	m. 100,00
Larghezza massima	» 18,20
Altezza di costruzione	» 12,19
Immersione media in carico	» 7,10
Dislocamento in carico Tonn. 6840.	

L'apparato motore consisterà in due gruppi di macchine a triplice espansione alimentate con otto caldaie con quattro forni ciascuna.

La potenza collettiva dell'apparato motore, a chiamata forzata, sarà di cavalli 13,000, mentre che a chiamata naturale sarà di cavalli 8500.

La velocità a chiamata naturale che si presume di nodi 18 e mezzo, raggiungerà i 20 nodi a chiamata forzata.

Anche le corazze (dello spessore di 15 centimetri) attestano i progressi dell'industria nazionale, perchè sono in corso di fabbricazione presso le Acciaierie di Terni, e saranno di nickel cementate con un processo speciale di Terni che le rende superiori alle corazze cementate col processo Harvey.

La superiorità delle corazze cementate come quelle del *Generale S. Martin*, in confronto alle corazze semplicemente al nickel, è di circa il 10 per 100, e un proiettile che può traversare le corazze al nickel è arrestato invece da quelle cementate. Tale superiorità ha però richiesta una spesa maggiore assai rilevante.

L'armamento militare della nave comprenderà 44 cannoni di vari tipi e 4 tubi di lancio per siluri di grande modello.

Infine un impianto elettrico addirittura enorme sarà installato sulla *San Martin*, e ne farà, anche sotto questo punto di vista, la nave più moderna e completa.

Il numero dei proiettori è stato di molto aumentato, e così la loro potenza, a cominciare da quello enorme di 75 cm. di specchio della testa d'albero a quelli di 50 cm. della batteria.

Le dinamo da installarsi a bordo saranno sei, delle quali due per trasporto di forza, per mettere cioè in moto i motori elettrici, destinati a muovere le torri dei grossi cannoni, ad elevare le munizioni, a muovere i ventilatori, le pompe, ecc.

Le altre dinamo serviranno a fornire la corrente per i proiettori elettrici, per l'illuminazione dei locali ed alloggi, ecc., calcolandosi che, complessivamente, oltre duemila lampade dovranno essere alimentate dalle dinamo. (*Giornale dei Lavori Pubblici*).

BIBLIOGRAFIA

I.

La ferrovia succursale dei Giovi e la grande galleria di Ronco. — Monografia degli ingegneri L. Capello e G. Giachino. — 2 vol. in-8°, uno di testo di pag. 188, l'altro di 30 tavole litografate. — Estr. dal giornale *Il Politecnico*, Milano, 1896.

La ferrovia da Genova a Torino, iniziata nel 1846, aperta all'esercizio sull'intera sua lunghezza nel 1853, forma tuttora l'ammirazione degli Ingegneri. Ma nel tronco di 10 km. fra Pontedecimo e Busalla, nella traversata dell'Apennino si ha un'ascesa eccezionale che tocca il 35 per mille in alcune tratte allo scoperto, ed il 29 per mille nella classica galleria dei Giovi, lunga m. 3 258,76. Questa traversata dell'Apennino, che era stata tracciata e costruita coll'intento di adottare la trazione funicolare e che fu poi esercita mercè l'invenzione di potenti locomotive, non poteva naturalmente non opporre un limite al numero dei treni, mentre in tutto il resto della linea le pendenze

assai miti permettono un esercizio attivissimo con movimento di gran lunga superiore.

Nell'agosto 1882 veniva quindi approvato il progetto di quella che fu detta la linea succursale dei Giovi, ma che in sostanza è divenuta l'arteria principale tra il primo porto del Regno, l'Italia del Nord e l'Europa centrale, essendo il vecchio tratto di linea ridotto a far esso da succursale nei momenti di eccessivo lavoro, oltre che a servire agli interessi locali.

La nuova linea staccasi da quella antica all'estremo Nord della stazione di S. Pier d'Arena, e rimontando a mezza costa con pendenze non superiori al 16 per mille le valli del Polcevera e del Riccò, supera in galleria, della lunghezza di 8291 metri con pendenza dell'11,66 per mille, la catena principale dell'Apennino per sboccare nella valle della Scrivia presso l'abitato di Ronco e ricongiungersi poco dopo alla Torino-Genova.

Sono 23 km. di ferrovia sviluppata in condizioni difficilissime, mercè di una successione non interrotta di gallerie e di viadotti giganteschi, di profonde trincee e di alti rilevati. L'importo dei lavori ha superate le previsioni al di là di ogni limite. Fissato in 16 milioni di lire dalla legge 1879, preventivato in lire 27.270.000 nella perizia unita al progetto d'appalto, esso risultò effettivamente di lire 79.750.868, non compresi gli interessi delle somme anticipate, e non tenuto conto delle ultime questioni rimaste pendenti colle imprese.

In una parola la spesa chilom. che era prevista di lire 1.145.235 salì invece effettivamente a lire 3.360.655.

Di questa differenza, veramente enorme, furono cause precipue le difficoltà eccezionali dei terreni attraversati, assai maggiori di quelle previste; per cui le fondazioni delle opere d'arte si dovettero spingere a profondità grandissime, facendo anche ricorso, per molti manufatti principali, al sistema costosissimo delle fondazioni a pozzi; le trincee quasi tutte richiesero scarpate molto maggiori di quelle di progetto e alcune anche importanti spese di consolidamento; le gallerie richiesero a loro volta rivestimenti molto superiori a quelli progettati, nè si evitarono con ciò numerose demolizioni e ricostruzioni. Infine l'impiego della perforazione meccanica e la molteplicità degli attacchi nella grande galleria di Ronco, imposta dalla brevità del tempo prefisso alla sua ultimazione, congiurarono colle cattive qualità del terreno nell'accrescere le difficoltà, le deformazioni e le rovine dei rivestimenti.

Sono appunto la grandiosità dei lavori, le non comuni difficoltà incontrate nel loro sviluppo, i tentativi fatti per superarle, gli errori commessi, le conseguenze che ne derivarono e gli ammaestramenti che se ne possono trarre, che incoraggiarono i due animosi e valenti ingegneri che ebbero tanta parte in quei lavori, quali ingegneri dell'impresa, ad esporre nell'interessante pubblicazione che ci sta sott'occhi, le osservazioni e i dati che ebbero l'abilità di raccogliere in ordine ai progetti, alla esecuzione e alla liquidazione di così importanti lavori.

*

La caratteristica principale della linea succursale è quella di comprendere un grandissimo numero di opere d'arte di eccezionali proporzioni, rese necessarie per l'attraversamento delle profonde insenature e burroni che si incontrano nel suo percorso, mentre i corsi d'acqua di qualche importanza, pei quali si richiesero ponti di varie arcate, sono soltanto la Polcevera e la Scrivia, quella presso l'origine, questa presso il termine della linea.

Trattandosi di una linea destinata fin d'ora ad un movimento enorme, e per non pregiudicare l'avvenire, vennero escluse in modo assoluto le strutture metalliche assecondando in ciò anche il desiderio della direzione di esercizio che si preoccupava delle difficoltà gravi che avrebbero presentato la manutenzione e la continua vigilanza di travate poste a così grandi altezze dal suolo. Vero è che quando si è adottato questo partito si era ben lontani dal supporre che si sarebbero incontrate tante difficoltà, specialmente nelle fondazioni, le quali preventivate complessivamente in lire 800 mila costarono invece effettivamente lire 7.345.609.

In alcuni punti sarebbesi anche esagerato in precauzioni. Così nel viadotto Paveto, si credette di dover spingere le fondazioni della 9ª pila fino alla roccia sana e compatta e così a 35 metri sotto il terreno naturale con una spesa di lire 255.760. Sopravvenuto un cambiamento nella direzione, il direttore ing. Giambastiani decideva di fondare le due altre pile seguenti e la spalla a Ronco sullo schisto rimaneggiato, a soli metri 7 circa di profondità. Nè si ebbe di poi alcun segno di cedimento.

In alcune fondazioni dovendosi arrivare a profondità grandissime in terreni di cattiva qualità, con abbondanti infiltrazioni, per cui le armature ordinarie si manifestavano affatto insufficienti a resistere a quelle enormi pressioni, si fece ricorso ad un sistema di scavo che era stato già sperimentato con ottimo successo nelle fondazioni del viadotto Ballataliscia sulla linea delle Caldare in Sicilia, dove si dovettero spingere le fondazioni fino a 40 metri di profondità per attraversare un terreno minato da gallerie per estrazione di zolfo. Tale sistema consiste essenzialmente nello scavare un pozzo di forma elittica, rivestirne la corona esterna con muratura di laterizi eseguita per sottomurazione spingendola fino al terreno sodo, e quindi costruire nell'interno della canna le murature di fondazione.

In una interessante tabella sono registrati per ben 17 fondazioni i dati principali, cioè dimensioni, volumi, e l importo di scavi, rivestimenti, esaurimenti, e murature di fondazione, non meno che i costi unitari delle medesime operazioni speciali. Così vediamo che il costo totale del metro cubo di muratura eseguita con tale sistema per profondità comprese fra 16 e 34 metri ha variato da lire 78 a lire 193 ed è risultato in media di lire 146,8.

Il viadotto Verde, che è il più importante della Succursale, è il solo che sia a due ordini di arcate, le superiori in numero di 18 con metri 18,50 di luce caduna, raggiunge l'altezza sul fondo della valle di metri 58, costò lire 3.581.773 di cui lire 1.041.749 per le sole fondazioni.

Viene subito dopo per ordine d'importanza il viadotto Trasta, di 8 arcate di metri 20 di luce, che è la massima adottata di tutta la linea. Esso ha costato lire 2.434.056 di cui lire 1.670.728 si spesero nelle fondazioni.

Tre altri viadotti hanno luci di metri 16,50, e tutti gli altri hanno luci di metri 10.

Le centinature per tutti questi viadotti hanno formato oggetto di studio speciale, e ne troviamo nel libro che stiamo esaminando i disegni delle più importanti, e i dati principali relativi al volume di legname, al peso del ferro impiegato, ecc.

Infine in una tabella riassuntiva si registrano per le opere d'arte principali nel bel numero di 19 le dimensioni, i volumi e l'importo dei lavori, ed il costo ragguagliato alle rispettive misure unitarie.

Nè meno interessanti sono i bei capitoli seguenti riguardanti le opere d'arte minori, e le 19 gallerie tutte inferiori a 500 metri, ed il cui costo per metro lineare variò da lire 1 503 a lire 3 325 con una media generale di lire 2 190.

*

La maggior parte del libro è consacrata alla grande galleria di Ronco della totale lunghezza di metri 8 291,40 sulla quale, o per dir meglio su di un tratto di metri 813 della medesima dovevano accumularsi le maggiori peripezie che si possano immaginare. Sulle quali vicende essendo perfettamente inutile oggi il ritornare, avendone a lungo discorso a suo tempo, ci limitiamo a ricordare, come la ultimazione di quel breve tratto di galleria venisse affidata dal Governo alla Società Mediterranea che vi impiegò ventun mesi essendosi dovute spendere lire 9.744.878, mentre l'impresa a termini del contratto 26 giugno 1886 non avrebbe potuto pretendere che sole lire 2.311.000.

La interessante ed abbastanza imparziale monografia riguarda la sola parte di galleria eseguita direttamente dall'impresa Ottavi, e sono notevolissime e quanto mai importanti le minute e diligenti osservazioni fatte dagli egregi ingegneri L. Capello e G. Giachino: sulla natura dei terreni attraversati; sull'impianto e produzione dei singoli cantieri, (compreso pure il servizio sanitario); sui materiali adoperati nella costruzione delle murature; sui sistemi di attacco e di esecuzione impiegati coi più interessanti confronti sulla loro produttività economica, e sulla diversa influenza sulla buona riescita dei lavori; infine, sulle vicende dei lavori nella parte di galleria più disgraziata.

Ed a proposito di quest'ultima fase dei lavori gli egregi autori ma-

nifestano il voto che si possano egualmente conoscere i dati e risultati di osservazioni di chi ha ultimato i lavori perchè senza dubbio molto istruttivi. Il quale voto noi crediamo tanto più lecito ed onesto lo sperare di vedere realizzato, in quantochè, e quasi a conclusione di tutte le osservazioni fatte e di tanta esperienza acquisita, gli egregi autori non dubitano di esprimere nettamente la loro convinzione personale « che i lavori sarebbero stati più presto e con minore spesa compiuti se, opportunamente modificata la sagoma dell'intradosso come fu fatto dalla Società, invece di far poi procedere il lavoro a sezione incompleta e di ingrossare empiricamente i rivestimenti, si fosse proceduto in grande sezione ed adottando rivestimenti di spessore minore, ma intercalati con robusti legati di pietra che ne rendessero tutta la grossezza solidale contro l'azione delle forze esterne ».

Per la grande ed oramai antica stima che nutriamo degli egregi autori, e per l'ottima impressione ricevuta nel leggere il libro, abbiamo voluto anche dar atto di codesto loro giudizio che noi crediamo dettato da convinzioni individuali altrettanto rispettabili quanto coscienziose, più che da un sentimento di nobile amor proprio per non aver essi avuto la buona ventura di porre l'ultima pietra di un edifizo che fu per loro oggetto di tante cure intelligenti, assidue e premurose.

G. Sacheri.

II.

Guidi *ing. prof.* Camillo. — **Lezioni sulla scienza delle costruzioni,** date nella R. Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino.

Parte I. — *Nozioni di statica grafica.* — Vol. di 122 pag. con 73 fig. nel testo. — 2ª ediz. autografata, Torino, lit. Salussolia, 1894.

Id. II. — *Teoria dell'elasticità e resistenza dei materiali.* — Vol. di 285 pag. con 122 fig. nel testo. — 2ª ediz. autografata, Torino, lit. Salussolia, 1895.

Id. III. — *Elementi delle costruzioni. Statica delle costruzioni civili.* — Vol. di 106 pag. con 132 fig. nel testo. — Torino, Camilla e Bertolero, 1896.

Id. IV. — *Teoria dei ponti.* — Vol. di 423 pag. con 256 fig. nel testo. — In autografia, Torino, lit. Salussolia, 1894.

Id. V. — *Spinta delle terre. Muri di sostegno delle terre e delle acque.* — Opuscolo di 46 pag. con 36 fig. nel testo. — 2ª ediz. autografata, Torino, lit. Salussolia, 1894.

*

Premettiamo innanzi tutto che le *Lezioni sulla scienza delle costruzioni* annunciate, vennero originariamente pubblicate dall'A. in autografia, e che ora per cura dell'editore cav. Bertolero si procede ad una nuova edizione in tipo, di mano in mano che le edizioni autografate vengono esaurite, come già è avvenuto della Parte III, e come avviene ora della Parte IV, di cui è testè esaurita l'edizione autografata ed è già in corso l'edizione in tipo.

Il titolo *Scienza delle costruzioni* è alquanto elastico, e a seconda dei professori viene anche diversamente inteso; sarebbe certamente interessante di fare un paragone tra ciò che si comprendeva sotto questo titolo molti decenni fa e quello che si comprende oggi; ma l'interesse di un tale paragone non sarebbe che storico, in quanto che la scienza delle costruzioni, come tutte le altre, ha fatto negli ultimi tempi dei progressi giganteschi, quindi estraneo al nostro scopo; d'altra parte, anche allo stato attuale, un confronto cioè fra i trattati moderni di questa scienza, non reggerebbe; poichè in generale la natura della materia a trattarsi, e la maggiore o minore ampiezza di sviluppo delle varie branche, non dipende in modo assoluto dall'Autore, ma dalle condizioni dell'Istituto dove insegna, dai programmi stabiliti e da molte altre circostanze che non si possono trascurare. E nel nostro caso, troviamo subito un'anomalia di questo genere nelle *Lezioni* del prof. Guidi alle quali, per corrispondere al programma dell'insegnamento che abbraccia, *Statica grafica e scienza delle costruzioni,* l'A. ha dovuto premettere delle nozioni di *Statica grafica,* la quale non fa parte propriamente della scienza delle costruzioni, ma è ausiliaria, fornisce i metodi di cui si fa uso nella risoluzione e nello studio dei vari problemi e teoremi di quella scienza. Allo stesso modo troviamo delle nozioni di calcolo sublime, che, a guisa d'introduzione, vanno innanzi alla *Meccanica* di Weisbach.

Diciamo però subito che il prof. Guidi, nel premettere la statica grafica alle sue lezioni, si è limitato strettamente a quelle teorie, che trovano un'immediata applicazione nella scienza delle costruzioni, escludendo tutto ciò che è lusso scientifico; ed in questo ha fatto opera commendevolissima, non menomando gli allievi del poco tempo che il programma assegna per lo svolgimento del suo insegnamento, e che sarebbe materialmente insufficiente, se egli di sua iniziativa non vi avesse aggiunto un'ora in più, per aver campo di svolgerlo in modo completo.

L'A. in vari punti del suo libro fa comprendere che questo non aspira ad essere un'opera completa sulla scienza delle costruzioni, e nel titolo ha indicato chiaramente che si prefigge lo scopo molto più modesto di servire di guida agli allievi *soltanto per il corso delle lezioni orali;* e ciò è ben naturale, poichè è noto che un tale insegnamento è accompagnato da una scuola di disegno, il cui compito è appunto quello di esercitare gli allievi in applicazioni pratiche delle teorie esposte nel corso orale, col sussidio di tutto il materiale scolastico, di cui dispone la scuola. Egli è perciò che saggiamente l'A. non dà molte teorie ed applicazioni, le quali altrimenti potrebbero desiderarsi, mentre in effetti sarebbero riuscite superflue avuto riguardo alla vastità del programma ed al limitatissimo tempo concesso al suo sviluppo. Ma ad onta di tutto ciò l'opera del prof. Guidi è così armonica nel suo complesso, come vedremo nell'esposizione particolareggiata che intendiamo di fare, da riuscire completa e di grandissima utilità anche ai non allievi della sua scuola.

*

Il primo volume in cinque capitoli comprende tutte quelle nozioni di statica grafica che hanno un'intima relazione con la materia trattata nelle altre parti; comincia dalla composizione e decomposizione delle forze nel piano e relativi momenti statici; poi passa a quelle nello spazio, e dalla composizione di queste in una risultante di traslazione ed in una coppia arriva al sistema focale; da questo, con opportune considerazioni, deduce i poliedri reciproci, dalle cui proiezioni ortografiche si ottengono col classico metodo del Cremona le figure reciproche che, nello studio delle travature e incavallature staticamente determinate, servono a trovare gli sforzi a cui vanno soggetti i membri delle medesime.

Il secondo capitolo è tutto consacrato alla ricerca del baricentro delle figure più comuni; il terzo alla determinazione grafica delle reazioni che gli appoggi sviluppano contro i corpi o sistemi rigidi appoggiati; e così gradatamente si arriva alle applicazioni, che nel successivo capitolo trovano un largo sviluppo nelle travature reticolari ad aste giacenti in un piano unico con le forze ad esse applicate. L'A. svolge i noti metodi di Cremona, di Culmann e di Ritter; poi, valendosi dei diagrammi di Saviotti, passa alla trattazione rigorosa delle travature reticolari ad aste caricate, e di quelle in cui alcune barre sono sostituite da travature reticolari secondarie.

Nel quinto ed ultimo capitolo si tratta dei momenti di 2° ordine e d'inerzia; il valore di quest'ultimo per rispetto ad un asse che ruoti intorno al baricentro ha per diagramma polare l'elisse centrale d'inerzia; a sua volta poi con l'elisse centrale si determina rapidamente il momento d'inerzia rispetto ad un asse qualunque del piano. Finalmente si costruiscono l'elisse centrale e il nocciolo di varie figure semplici dapprima e poi composte, e delle principali sezioni occorrenti si danno anche le espressioni analitiche del momento d'inerzia.

*

Il secondo volume delle *Lezioni* del prof. Guidi tratta la teoria dell'elasticità e la resistenza dei materiali; l'A., premesse le solite definizioni, stabilisce subito le equazioni di equilibrio fra le sollecitazioni esterne e le tensioni interne da esse provocate in un solido elastico; quelle sono generalmente date, queste invece devono ricercarsi, e però, siccome la determinazione loro nel caso generale riesce alquanto difficile, così l'A. vi arriva gradatamente, incominciando dalla trattazione dei casi più semplici e passando in appresso ai casi composti. I primi formano oggetto del capitolo primo, si riferiscono a solidi ad asse rettilineo, e considerano la tensione, la pressione, la flessione, il taglio e la torsione singolarmente. Nel secondo capitolo poi, vengono combinati due a due i casi precedenti e studiati gli effetti che da tale combinazione derivano.

La trattazione prende le mosse dalla nota dimostrazione del St-Vénant, della ripartizioue delle tensioni interne e relative deformazioni, la quale, nei limiti di elasticità e quando le sollecitazioni esterne normali sono applicate alle basi del prisma che si considera con ripartizione uniforme, è esatta. Però, anche senza questa restrizione, cioè qualunque sia il modo d'applicazione e di distribuzione, per la pratica offre un'approssimazione sufficiente. Si trova la formola che serve alla determinazione sperimentale del modulo di elasticità, l'equazione di stabilità, il coefficiente di contrazione trasversale, si studiano i solidi di ugual resistenza e si trova l'espressione che dà il lavoro di deformazione tanto pel caso di trazione, quanto per quello di pressione. Segue il caso della flessione a cui la dimostrazione sopradetta può estendersi, e l'A., dopo di averne sviluppata la teoria, determinando la linea elastica del solido, il momento flettente e il modulo di resistenza della sezione considerata, passa a trovare la saetta d'incurvamento e il lavoro di deformazione. Il caso di elasticità e resistenza al taglio vien trattato supponendo la coesistenza di un momento flettente, e si fa poi vedere che la legge della ripartizione delle tensioni tangenziali interne è indipendente dalla grandezza di tale momento, talchè rimane invariata anche nella sollecitazione al taglio semplice. Nella trattazione di questo paragrafo abbiamo riscontrato delle novità. Analoga ricerca si fa pel caso della torsione.

Il secondo capitolo, come abbiamo detto, è dedicato interamente ai casi composti di elasticità e resistenza dei solidi ad asse rettilineo, la cui trattazione si basa sul principio della sovrapposizione degli effetti. Il caso di flessione e taglio, essendo il più importante nelle costruzioni, viene svolto con assai maggiore ampiezza degli altri; determinati gli sforzi interni e l'equazione di stabilità, si passa alla determinazione della linea elastica, studiando vari casi speciali e per essi la relazione fra il momento flettente e lo sforzo di taglio. Segue la trattazione grafica delle travi inflesse, la cui linea elastica viene determinata prima col metodo per integrazione del Saviotti, poi con quello di Mohr o del poligono funicolare; indi la trattazione analitica delle travi inflesse, secondo l'antico metodo, trascurando cioè le deformazioni prodotte dallo sforzo di taglio, il che per la pratica offre sufficiente approssimazione. L'avere fatto correre la teoria grafica parallelamente alla teoria analitica delle travi inflesse, torna a speciale lode del prof. Guidi, poichè in tal modo resta di assai facilitato lo studio al lettore. In un numero a parte, si mostra pure come, volendo, si possa tener calcolo delle deformazioni prodotte dallo sforzo di taglio e quale ne sia l'influenza. Segue la teoria dei solidi di egual resistenza. Il secondo caso composto, tensione o pressione combinata colla flessione, viene pure trattato con una certa ampiezza, perchè si presenta nelle costruzioni quando si studia la stabilità dei solidi compressi o stirati ed inflessi, dei pilastri, dei lunghi prismi compressi parallelamente all'asse, cioè con un'eccentricità iniziale finita; poi si passa al caso speciale dei solidi caricati di punta. Si danno le solite formole di Eulero, e quella semiempirica di Navier e di Rankine. Gli altri casi vengono appena accennati, e si danno per essi le condizioni di stabilità.

Dopo i solidi elastici ad asse rettilineo, l'A. passa a quelli curvilinei a forma di trave, e nel capitolo terzo ne studia le tensioni interne e le deformazioni che ne conseguono; stabilisce le relazioni fra le singole incognite, tre delle quali vengono fornite dalla statica mediante tre equazioni fra le reazioni degli appoggi e le sollecitazioni esterne; le altre sono date dalla teoria dell'elasticità. Ricava le equazioni di stabilità, supponendo di poca entità le tensioni tangenziali, ciò di cui nelle applicazioni alle tettoie e ponti è quasi sempre il caso, avendo lo sforzo di taglio un'importanza secondaria rispetto al momento flettente ed allo sforzo normale; così vi si arriva eguagliando le tensioni normali massime al carico di sicurezza e alla tensione od alla pressione; indi applica le equazioni ottenute ai tre casi di un arco senza cerniere o incastrato (a cui appartengono pure gli archi in muratura), con cerniere d'imposta, e con cerniere d'imposta e al vertice; questo ultimo caso costituisce un sistema staticamente determinato, per cui le sole leggi della statica dei corpi rigidi bastano a determinarne le sollecitazioni.

Il capitolo quarto è dedicato interamente al calcolo dei sistemi elastici col teorema del lavoro virtuale, sul quale si basano i metodi moderni. Dapprima si esaminano le travature reticolari, e precisamente quelle staticamente indeterminate, calcolando gli sforzi nelle aste; poi si studia lo spostamento dei loro nodi; si espongono i teoremi di Maxwell e quelli del minimo lavoro e delle derivate del lavoro di Castigliano; finalmente si ricercano le sollecitazioni incognite dei solidi cimentati a tensione o pressione, flessione e taglio, e qui troviamo introdotta la considerazione delle deformazioni prodotte dal taglio. Egli è perciò che le formole di questo capitolo riescono tutte rigorose; e fra le altre vi si trova l'equazione più completa esprimente il teorema dei tre momenti, l'equazione della linea elastica, ecc., ecc.

Gli ultimi due capitoli trattano delle sollecitazioni ripetute e dinamiche l'uno, e delle proprietà di resistenza dei materiali da costruzione l'altro; nel primo si accenna al metodo di Launhardt colle modificazioni di Weyrauch, senza però pronunciarsi sulla controversia sollevata da Tresca ed altri ed accolta da Leber, che cioè sia illogico il far dipendere le variazioni del carico di sicurezza dalle leggi secondo cui varia il carico di rottura. Nel secondo si passano in rivista le proprietà di resistenza delle pietre naturali ed artificiali, delle malte, dei legnami, della ghisa, del ferro e dell'acciaio.

A complemento delle sue lezioni, il prof. Guidi ha aggiunto un'appendice per coloro che desiderano avere ulteriori nozioni sulla teoria dell'elasticità; in essa tratta in modo analitico e sulle traccie di Grashof dell'equilibrio di un punto interno di un solido, delle sue deformazioni e della relazione fra queste e le tensioni; indi ricerca le dilatazioni principali in ogni punto di un corpo isotropo appoggiato e caricato in determinato modo, e chiude coi teoremi sui solidi elastici isotropi.

Da quanto siamo venuti esponendo risulta che il prof. Guidi in questo volume ha raccolto tutto ciò che dell'elasticità e resistenza dei materiali può occorrere nella scienza delle costruzioni, e sebbene la trattazione sia fatta con molta concisione, è però chiara, ordinata e completa.

*

Gli elementi e la statica delle costruzioni civili formano l'oggetto della terza parte dell'opera del prof. Guidi, la quale offre un interesse tutto speciale, perchè è eminentemente pratica. Gli elementi di costruzione considerati sono: le travi semplici, le travi composte, quelle armate, tanto di legno, quanto di ghisa o ferro; indi i bulloni, i chiodi, le viti, ecc., per le unioni in ferro; quelle in legname vengono tralasciate, perchè fanno parte di altro insegnamento; da ultimo le colonne e i sostegni di ghisa e di ferro. Molto saggiamente l'A. accenna alle diverse specie degli elementi suddetti, che si trovano in commercio, ne esamina la maggiore o minore convenienza, tanto dal punto di vista statico, ossia della resistenza, quanto per rapporto al loro valore pratico; espone i varii modi nei quali vengono cimentati e dà le principali dimensioni, secondo i casi ed i criteri, per calcolarle quando occorra.

Nel II Capitolo sono trattate le varie specie di solai: in legno, in ferro, misti e in cemento sistema Hennebique. Nel III Capitolo, le incavallature; qui l'A. comincia dalle nozioni generali, esamina le forze esterne che sollecitano l'incavallatura e dà il calcolo degli arcarecci, con qualche novità; poi studia separatamente i sistemi non spingenti da quelli spingenti, e dei primi forma due categorie, secondo che i puntoni sono solamente caricati ai nodi, od anche nelle tratte intermedie fra essi; casi che si presentano indifferentemente nella pratica; determina graficamente con qualche novità gli sforzi nelle varie aste, e in ultimo dà qualche cenno sulla costruzione delle incavallature.

Le cupole e i tetti piramidali in ferro vengono trattati nel Capitolo IV, le vôlte e i relativi piedritti nel Capitolo V, che è l'ultimo. Nelle costruzioni civili le vôlte costituiscono uno degli elementi più essenziali, ed hanno perciò trovato nel libro in esame una trattazione corrispondente a questa loro importanza. Tutti i principali tipi vengono studiati: vôlte a botte, a crociera, a padiglione e a cupola; le condizioni di stabilità vengono determinate mediante costruzioni grafiche.

*

La quarta parte è certamente la più importante delle *Lezioni* del prof. Guidi; essa tratta della teoria dei ponti, argomento di grande interesse per gli ingegneri e di una vastità considerevole. Cionullameno l'A. ha saputo condensare tutta la materia in un volume di 423 pagine, conciso, ma completo e di facile studio, nel quale l'allievo trova tutto ciò che si riferisce alla teoria di queste costruzioni. Giova però subito premettere che il programma delle lezioni limita la materia alla teoria statica dei ponti, per cui resta escluso dalla trattazione tutto quanto è relativo alla ubicazione, al numero delle luci, alla scelta del tipo, alle fondazioni ed alla costruzione. L'A. però non ha mancato qua e là di spigolare in questi vari campi quando occorreva riferire nozioni indispensabili allo sviluppo della teoria.

I ponti tutti vengono classificati in tre classi, secondo il loro modo di agire sopra i piedritti, e cioè: ponti a travate, spingenti e sospesi; vengono poi anche presi in considerazione i sistemi combinati. Circa il materiale, quelli in legname vengono trattati insieme coi ponti metallici, poichè la teoria è la medesima, mentre ai ponti in muratura l'A. consacra un capitolo apposito.

Premesse le solite nozioni sulle sollecitazioni esterne dei ponti: peso proprio, carico accidentale, pressione del vento e forza centrifuga, si passa all'esame delle varie disposizioni che ha l'impalcatura composta nei ponti metallici, distinguendo quelli per ferrovia da quelli per strade ordinarie. Indi si inizia la teoria dei ponti colla ricerca dei valori massimi e minimi dello sforzo di taglio e del momento flettente per una trave appoggiata agli estremi, dapprima direttamente caricata, poi, ciò che nella pratica più spesso si verifica, sollecitata per mezzo di travi trasversali, che sopportano l'impalcatura su cui scorre il carico mobile e ne trasmettono l'azione in determinati punti della trave; tale ricerca ha luogo con metodi grafici ed anche in modo analitico, pei vari casi di un carico concentrato solo o in parecchi punti a distanze invariabili, e di un carico uniformemente ripartito solo od insieme coi carichi concentrati; qua e là nelle dimostrazioni e nelle costruzioni, non mancano novità. Per tener conto dell'uso, che in alcuni uffici tecnici tuttora vige, di sostituire al sistema di carichi concentrati un peso uniformente ripartito, si indica il procedimento da seguirsi in quel caso, e si dànno in apposito specchietto i valori relativi da sostituirsi in relazione ad alcune luci di travate.

Ciò che si è fatto per una trave appoggiata agli estremi, viene nel Capitolo IV studiato anche per la trave continua, dapprima graficamente, poi mediante l'analisi. Il metodo grafico è quello ordinariamente seguito, nel quale al sopraccarico costituito da un sistema di carichi concentrati, si suppone sostituito un peso ideale uniformemente ripartito; i risultati che si ottengono non sono che approssimativi, ma sufficienti per la pratica, specialmente per luci superiori a 30 m. Sono poi esatti nel caso di un ponte per strada ordinaria con carico di folla. Un esempio numerico di un ponte per ferrovia con 4 campate illustra efficacemente le cose esposte. Il metodo analitico si basa sul principio della sovrapposizione degli effetti, servendosi dei momenti sugli appoggi ottenuti in varie condizioni di carico, col mezzo dell'equazione dei tre momenti. In questo stesso capitolo si studiano pure le travi Gerber, le quali furono appunto proposte per evitare l'inconveniente prodotto dalla differenza di livello inevitabile negli appoggi, ed offrono nella pratica vantaggi considerevoli. Esse costituiscono il passaggio alle travi a mensola.

Il V Capitolo è dedicato interamente alle travi reticolari, e vi si passano in rivista tutti i sistemi, cominciando da quello a reticolato semplice, con e senza controdiagonali, e passando in seguito ai tipi speciali, e cioè travi parallele, paraboliche, semi-paraboliche, elittiche, ecc.

fino alle travi a reticolato multiplo, con o senza montanti, ed a quelle appoggiate in più di due punti. La determinazione degli sforzi massimi e minimi nei membri delle travi si fa graficamente coi metodi delle linee d'influenza del poligono funicolare, o analiticamente; le cose esposte vengono assai opportunamente illustrate da esempi pratici, che riescono di grande giovamento allo studioso.

Ottenute le sollecitazioni massime a cui possono andare soggette le travi, ne viene di naturale conseguenza il calcolo delle dimensioni da assegnare alle varie parti che le compongono. Ora questo calcolo pei ponti a travate forma appunto l'oggetto del successivo Capitolo, e viene condotto separatamente pei ponti in ferro e per quelli di legname, limitandosi ai ponti per ferrovia e per strade ordinarie, dai quali si possono facilmente dedurre gli altri, pedonali e ponti-canali, le cui condizioni di carico sono assai più semplici. Si studiano quindi le condizioni in cui si trovano le lungherine e le traversine nei ponti ferroviari, e il piano stradale negli altri; poi, per ambidue i tipi, le condizioni dei longoni, delle travi trasversali e dei pezzi di attacco, chiodature e rinforzi, per impedire le deformazioni, e si determinano le necessarie dimensioni per la stabilità. Giova rilevare che nel calcolo delle travi trasversali dei ponti ferroviari, la considerazione delle tensioni principali ideali è una novità dell'A.; novità di una certa importanza in taluni casi. Seguono le travi principali con parete piena, a graticcio, e poi quelle reticolari, e vengono calcolate le dimensioni delle loro parti: correnti, aste, diagonali, ecc.; indi i controventi orizzontali e quelli in piani verticali, e finalmente gli appoggi fissi e scorrevoli, a cerniera o senza. In questa ricerca si presenta il caso di accennare alle norme costruttive, e il prof. Guidi lo fa con larghezza di vedute e fine discernimento, non mancando di illustrare le cose con opportune applicazioni ad esempi numerici.

Il VII Capitolo tratta delle deformazioni elastiche dei ponti metallici a travate, ricerca importantissima per controllare la bontà di una costruzione, ed alla quale si ricorre più specialmente nelle prove di collaudo, dove si richiede appunto la misura dell'abbassamento di punti speciali delle travate principali. Pel calcolo delle medesime si hanno metodi grafici, analitici e misti, ma riesce assai più opportuno, invece di determinare la linea elastica o il poligono di deformazione di una travatura, di trovare la linea d'influenza degli spostamenti di alcuni punti, colla quale si ha il vantaggio di ottenere un elemento della travata indipendente dalla condizione di carico, e quindi servibile per quante altre prove si volessero fare, variando anche le condizioni di carico. E questo è precisamente l'oggetto del Capitolo VII, nel quale si considerano a parte le travi a parete piena o parallele a graticcio multiplo, e quelle reticolari; questo Capitolo è condotto con una cura tutta speciale che rileviamo con vero piacere. Da ultimo l'A. dà il noto diagramma di Williot

Con ciò si abbandona la prima categoria di ponti per passare alla seconda, ossia a quelli le cui travature principali esercitano contro i piedritti spinte oblique che tendono a rovesciarli in fuori. Nelle costruzioni in ferro questi ponti sono ad arco, mentre in quelle di legno gli archi vengono raramente eseguiti, e si preferiscono i ponti a travi rinforzate con saettoni. L'A. tratta separatamente gli uni e gli altri, avvertendo però che pei ponti di legname ad arco, la teoria rientra in quella degli archi elastici senza cerniera.

I ponti ad arco vengono divisi in due classi secondo che la loro parte portante è costituita da travature curve reticolari o a parete piena (od a graticcio multiplo), e tanto per gli uni quanto per gli altri l'A. distingue l'arco senza cerniere, o con sole cerniere di imposta, o con cerniere alle imposte ed al vertice. La ricerca degli sforzi massimi e minimi viene condotta specialmente con l'aiuto delle linee d'influenza, metodo ormai entrato nella pratica generale per la sua eleganza e per la facilità che offre di abbracciare d'uno sguardo l'andamento generale e i risultati che si ottengono, anche là dove (nei ponti per strade ordinarie e nel caso di un peso proprio) non è sempre il più rapido; per carichi singoli concentrati poi si è reso quasi indispensabile. L'arco a tre cerniere è staticamente determinato; l'effetto del peso proprio su tutte le aste si ottiene mediante il triangolo d'influenza della spinta orizzontale e coll'aiuto del diagramma reciproco della travatura; pel sovraccarico si trovano gli sforzi disegnando per ogni asta la superficie d'influenza. L'arco a due cerniere è staticamente indeterminato; si deve quindi ricorrere alle deformazioni elastiche; finalmente quello senza cerniere è tre volte staticamente indeterminato e può calcolarsi ricorrendo alle equazioni di elasticità. In questo capitolo abbiamo trovata esposta in brevi termini la trasformazione del Bertrand de Font violant, ed alcune applicazioni semplicissime alla ricerca di certe linee d'influenza. In tutti i casi poi l'A. determina anche gli spostamenti dovuti alle variazioni di temperatura. A complemento della teoria si accenna pure alle principali questioni costruttive dei ponti esaminati.

I Capitoli IX e X sono dedicati ai ponti sospesi, fra i quali l'A. annovera anche quelli di legname la cui impalcatura rimane sospesa ad un'armatura e che però non esercitano spinte oblique, ed ai sistemi combinati. Nei ponti in ferro distingue quelli deformabili, ossia sospesi con semplici catene o gomene e privi di rigidità, dagli indeformabili, e questi dai sistemi risultanti dall'accoppiamento di una travata con una sospensione o con un arco, allo scopo di ottenere la maggior rigidità possibile. Il calcolo è qui pure condotto con le linee d'influenza.

Seguono nel Capitolo XI i ponti in muratura; abbiamo già accennato che l'arco in muratura può considerarsi come elastico incastrato o senza cerniere, venendo così ad ammettere implicitamente che per effetto del carico, si deforma come un corpo elastico; il problema risulta allora determinato, ed è questa la nuova teoria. Essa però non viene da tutti ammessa, perchè se teoricamente non vi ha dubbio che l'arco in muratura si comporti come un corpo elastico, in realtà ciò non ha sempre luogo, per tante circostanze alle quali non possiamo per brevità accennare, e delle quali alcune l'A. stesso espone in altra parte a proposito dei muri di sostegno delle acque; per cui in tal caso il problema riesce staticamente indeterminato, e per risolverlo occorre fare qualche ipotesi che sia il più verosimile possibile, e questa sarebbe la vecchia teoria. Siccome nella pratica sono di un uso comune l'una e l'altra, così il prof. Guidi fa un'esposizione completa di quella e di questa; nell'una si serve dei noti metodi della statica grafica, nell'altra applica, dimostrandolo rigorosamente, l'elegantissimo metodo di Eddy, e lo completa coll'aggiunta di un termine di correzione dovuto allo sforzo normale, il quale nelle vôlte ribassate ha gran valore.

Chiude il libro un capitolo dedicato ai piedritti dei ponti, tanto in legname, quanto in muratura o in ferro, quindi stilate o palate, spalle e pile in muratura e pile metalliche. In una brevissima appendice poi, si accenna alle tensioni secondarie nei ponti metallici, rilevando tutte le circostanze che vi possono dare luogo; e di ciò ne facciamo vera lode al prof. Guidi, poichè se fino ad oggi queste tensioni secondarie venivano trascurate, la teoria ha però già dimostrato che in taluni casi possono raggiungere dei valori uguali a quelli delle tensioni principali.

*

L'ultima parte delle *Lezioni* del prof. Guidi tratta della *Spinta delle terre e dei muri di sostegno*. Tutti sanno come l'antica teoria del prisma di spinta, ad onta delle accuse che le si fanno, abbia sempre saputo mantenere il campo di fronte alla nuova teoria, e in pratica trovi un'applicazione certamente più estesa. Ciò proviene dal fatto che l'ultima parola sull'argomento non è stata ancora detta, anzi recenti esperienze (1), condotte dal consigliere Donath con molta cura e diligenza, avrebbero fornito per la spinta dei valori diversi da quelli che si ottengono colla nuova teoria. Non è qui il luogo, nè lo spazio assegnatoci basterebbe per sviluppare le nostre idee in proposito; ma non possiamo fare a meno dall'osservare che la nuova teoria ammette come ipotesi fondamentale una massa di terra limitata solo superiormente da un piano, nel resto indefinita, il che evidentemente non si verifica quando le terre si suppongono sostenute da una parete muraria, e per di più si fa muovere questa parete, per studiare le condizioni di equilibrio (2). Per questa ragione lodiamo il prof. Guidi, il quale anche qui, come per gli archi in muratura, ha esposte le due teorie, quella di Coulomb-Poncelet e l'altra di Rankine, trattandole coi noti metodi grafici.

Nel II Capitolo si trattano i muri di sostegno delle terre, e nel terzo ed ultimo quelli di sostegno delle acque; i procedimenti esposti sono due, il primo da seguirsi quando trattasi di verificare la stabilità di un muro già costruito, l'altro quando lo si voglia progettare.

*

Abbiamo procurato di dare un'esposizione esatta della materia contenuta nelle *Lezioni* del prof. Guidi, affinchè il lettore se ne formi un concetto preciso, per quanto è possibile da un cenno bibliografico. Si tratta di una compilazione fatta sopra libri, che l'A. stesso indica in testa a ciascun volume e cita anche nel corso dell'opera, ma la compilazione è condotta con molto criterio e larghezza di vedute. Non solo vi si è tenuto conto dei progressi più recenti della scienza, e, avuto riguardo allo scopo cui è destinata, quello cioè, come già si è detto in principio, di servirsene nel corso che il prof. Guidi stesso professa alla Scuola di Applicazione di Torino, la materia vi è stata condensata il più che si poteva, e le teorie vi sono esposte in forma molto concisa, però con grande lucidità e chiarezza di metodo; ma vi sono molte cose veramente originali e particolari all'A., sopra alcune delle quali abbiamo richiamata l'attenzione del lettore nel corso del nostro cenno bibliografico. Per tutte queste ragioni le *Lezioni* del prof. Guidi, oltrechè essere un'opera eminentemente didattica, concisa nella sostanza e nella forma, hanno raggiunto uno scopo anche maggiore di quello che la modestia dell'A. si era proposto, poichè apportano un buon contributo alla scienza delle costruzioni, e riusciranno pure utilissime e di facile lettura agli ingegneri provetti, ai quali una guida così sicura e illuminata permetterà di famigliarizzarsi colle nuove teorie e cogli odierni metodi della scienza delle costruzioni.

Teramo, maggio 1896.

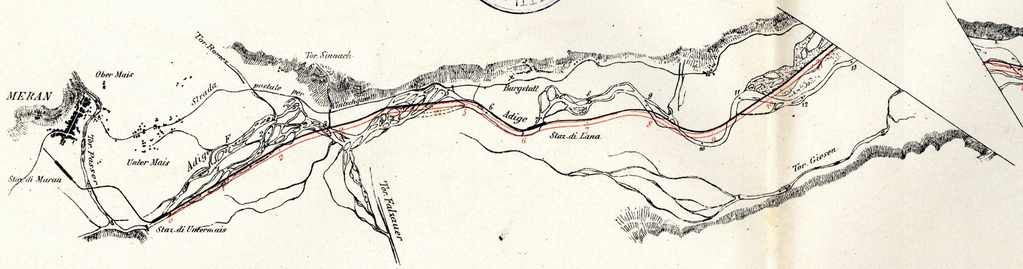
GAETANO CRUGNOLA.

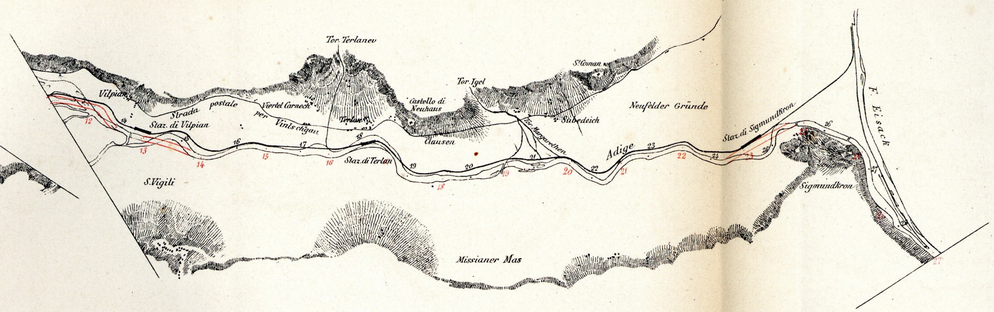
(1) *Zeitschrift für Bauwesen*, 1891.

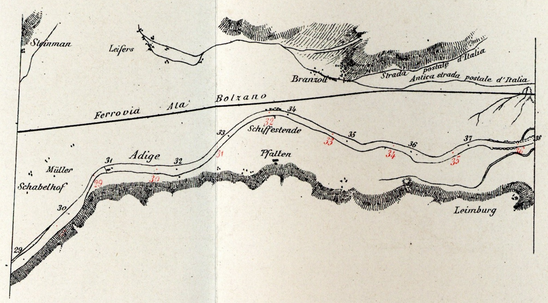
(2) Considerazioni analoghe furono già emesse dal Dr. Zimmermann fino dal 1881; veggasi il suo articolo nella *Deutsche Bauzeitung* di quell'anno a pag. 430.

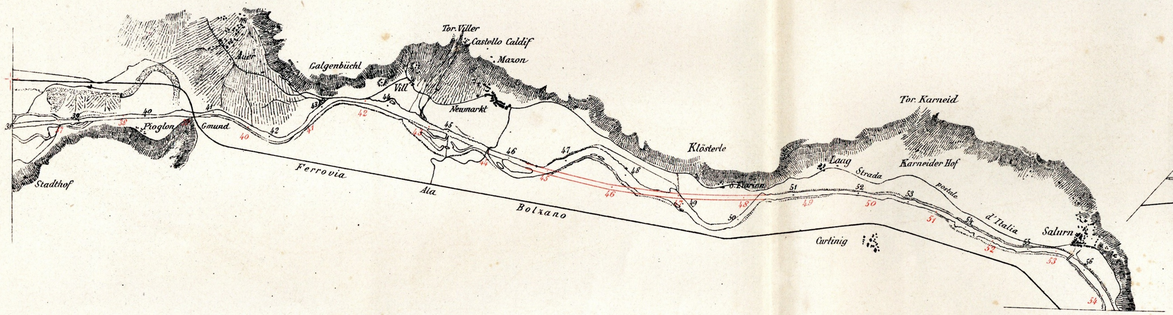
SACHERI GIOVANNI, *Direttore*. Tip. e Lit. CAMILLA E BERTOLERO di NATALE BERTOLERO, Editore. MARIANO PAOLO, *Gerente*.

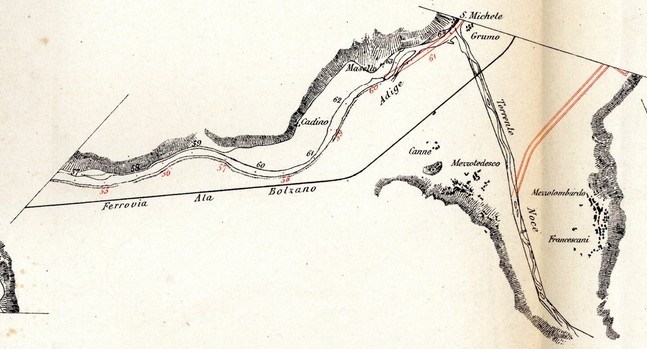
SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI ED ARCHITETTI IN TORINO

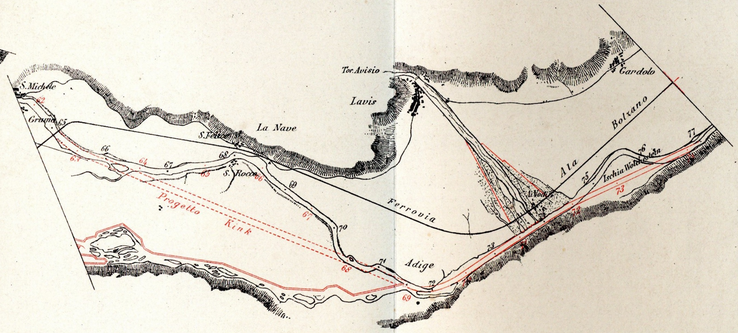


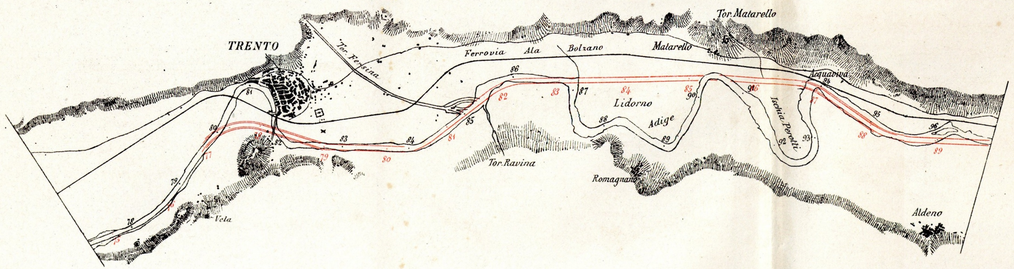


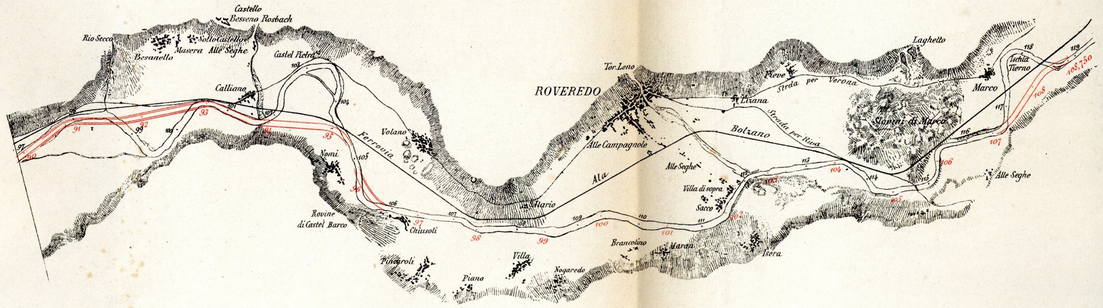












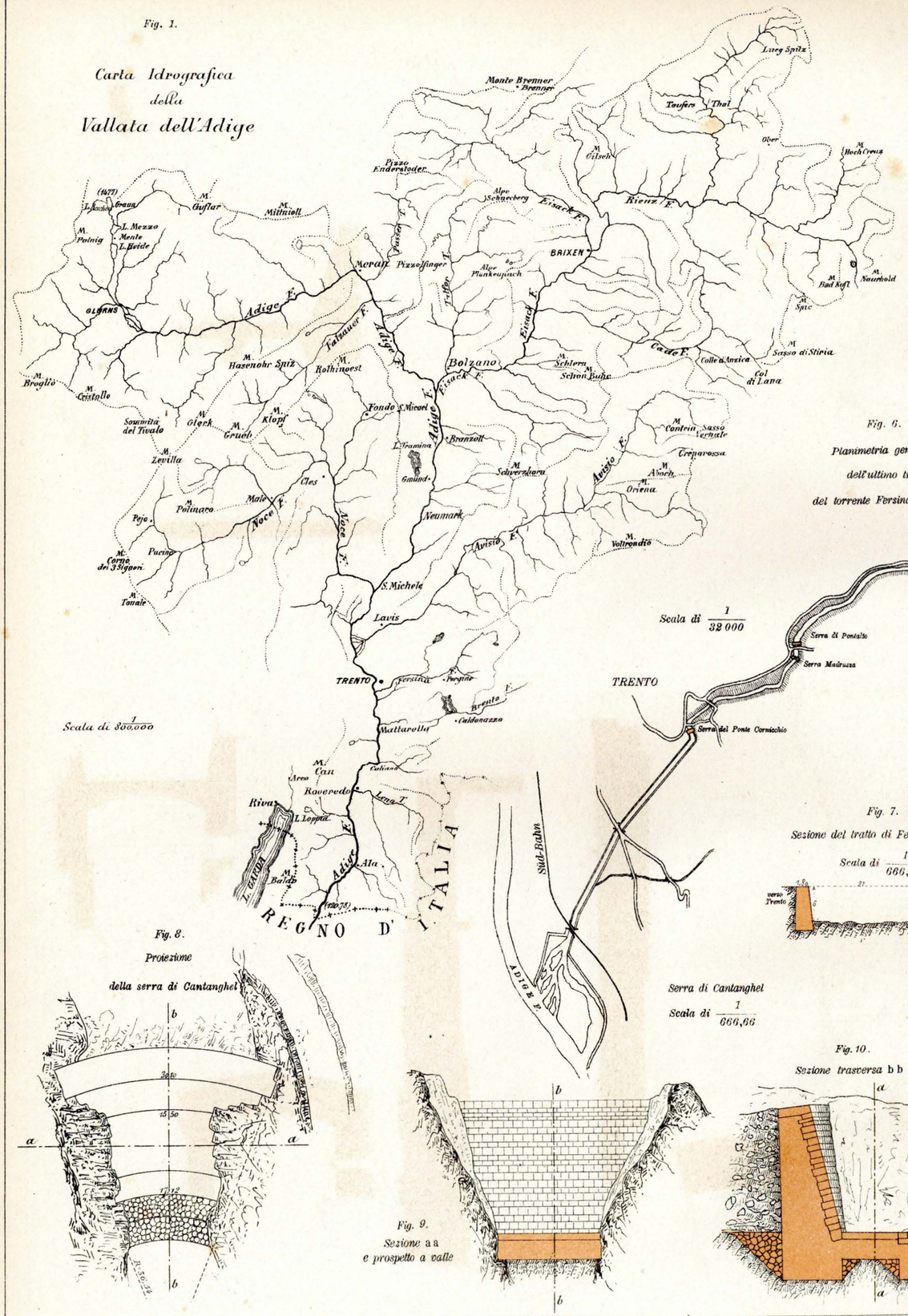
Scala di 1 a 63000

Planimetria generale dei lavori di sistemazione da Meran sino a Roveredo

Tip e Lit Camilla e Bertolero.

Fig. 1.

Carta Idrografica della Vallata dell'Adige



Scala di $\frac{1}{800{,}000}$

Scala di $\frac{1}{32\,000}$

Fig. 6.
Planimetria generale dell'ultimo tratto del torrente Fersina sistemato

Fig. 7.
Sezione del tratto di Fersina arginato
Scala di $\frac{1}{666{,}66}$

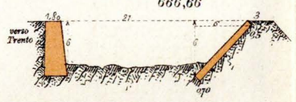



Fig. 8.
Proiezione della serra di Cantanghel

Fig. 9.
Sezione a a e prospetto a valle

Serra di Cantanghel
Scala di $\frac{1}{666{,}66}$

Fig. 10.
Sezione trasversa b b

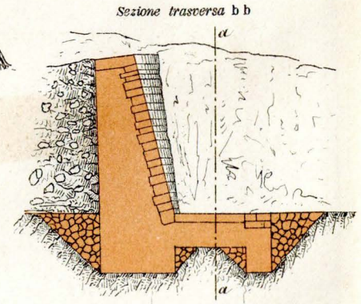


Fig. 2.
Planimetria del Torrente Avisio da San Giorgio al Ponte di Lavis.
Scala di $\frac{1}{6666{,}66}$

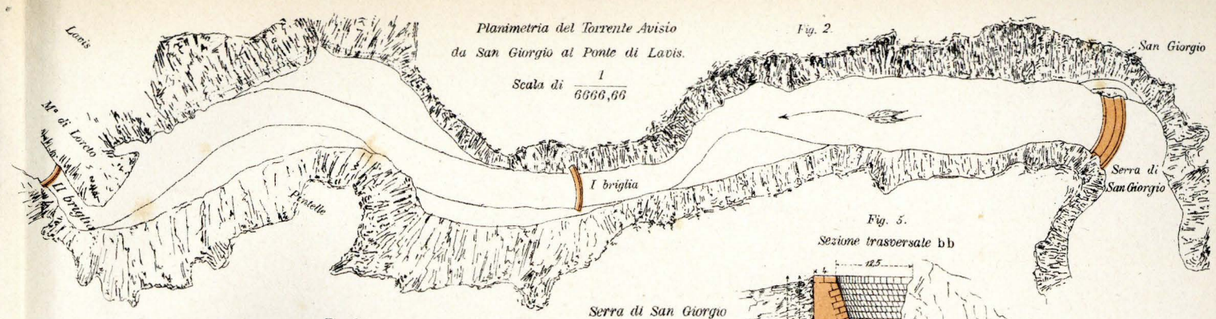


Fig. 3
Proiezione orizzontale

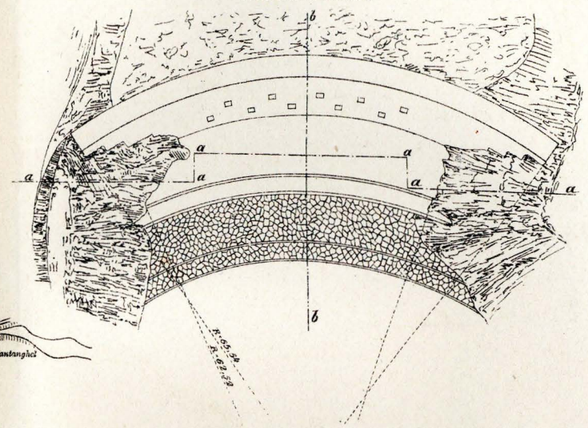
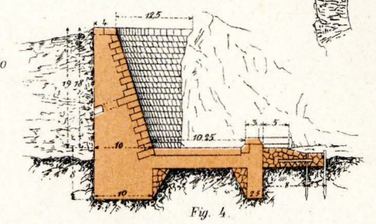


Fig. 5.
Sezione trasversale bb



Serra di San Giorgio
Scala di $\frac{1}{1000}$

Fig. 4
Sezione aa e prospetto a valle

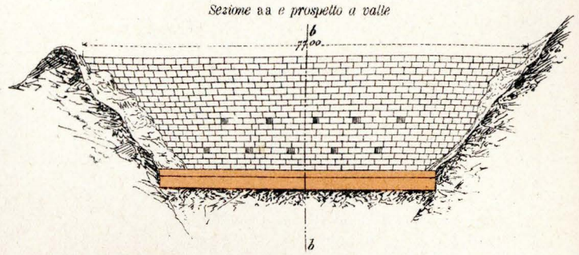


Fig. 11.
Prospetto a valle

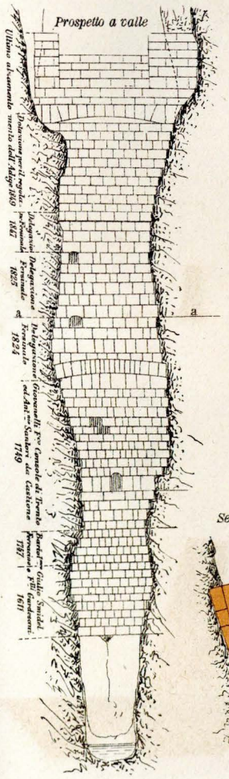
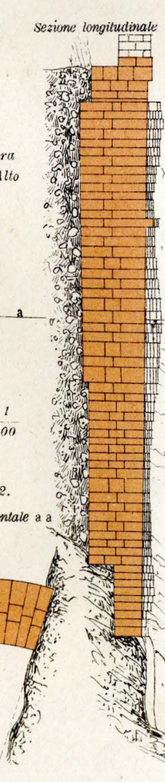


Fig. 13.
Sezione longitudinale



Scala di $\frac{1}{400}$

Fig. 12.
Sezione orizzontale a a

Fig. 14.
Sezione bb

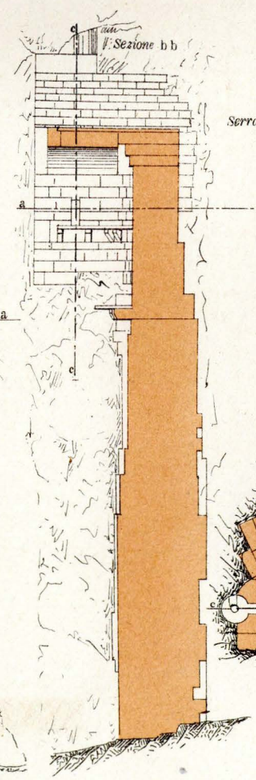
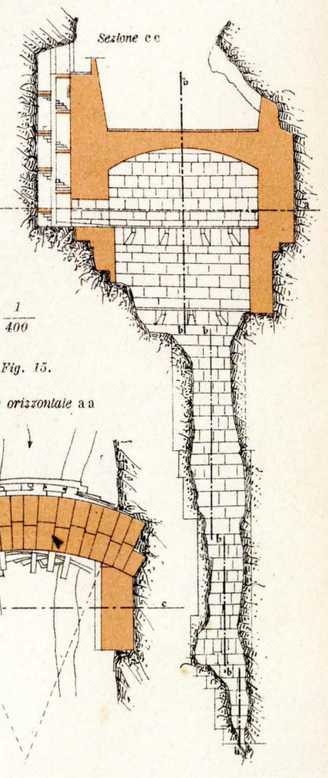
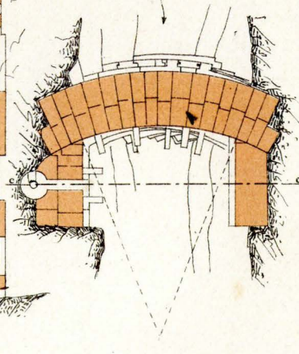


Fig. 16.
Sezione c c



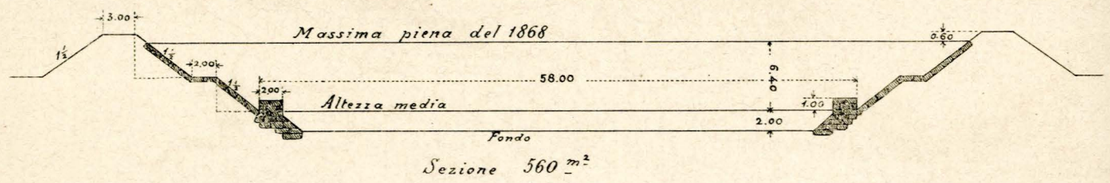
Scala di $\frac{1}{400}$

Fig. 15.
Sezione orizzontale a a



Torino, Tip. Lit. Camilla e Bertolero.

Fig. 4. — Sezione trasversale tipo della sistemazione dell'Adige.



Sezione 560 m²

Fig. 3. — Profilo longitudinale dell' Adige da Merano al mare.

Le altezze sono in piedi viennesi = 0.316 m
Le distanze e le pendenze in Klafter = 1.896 m

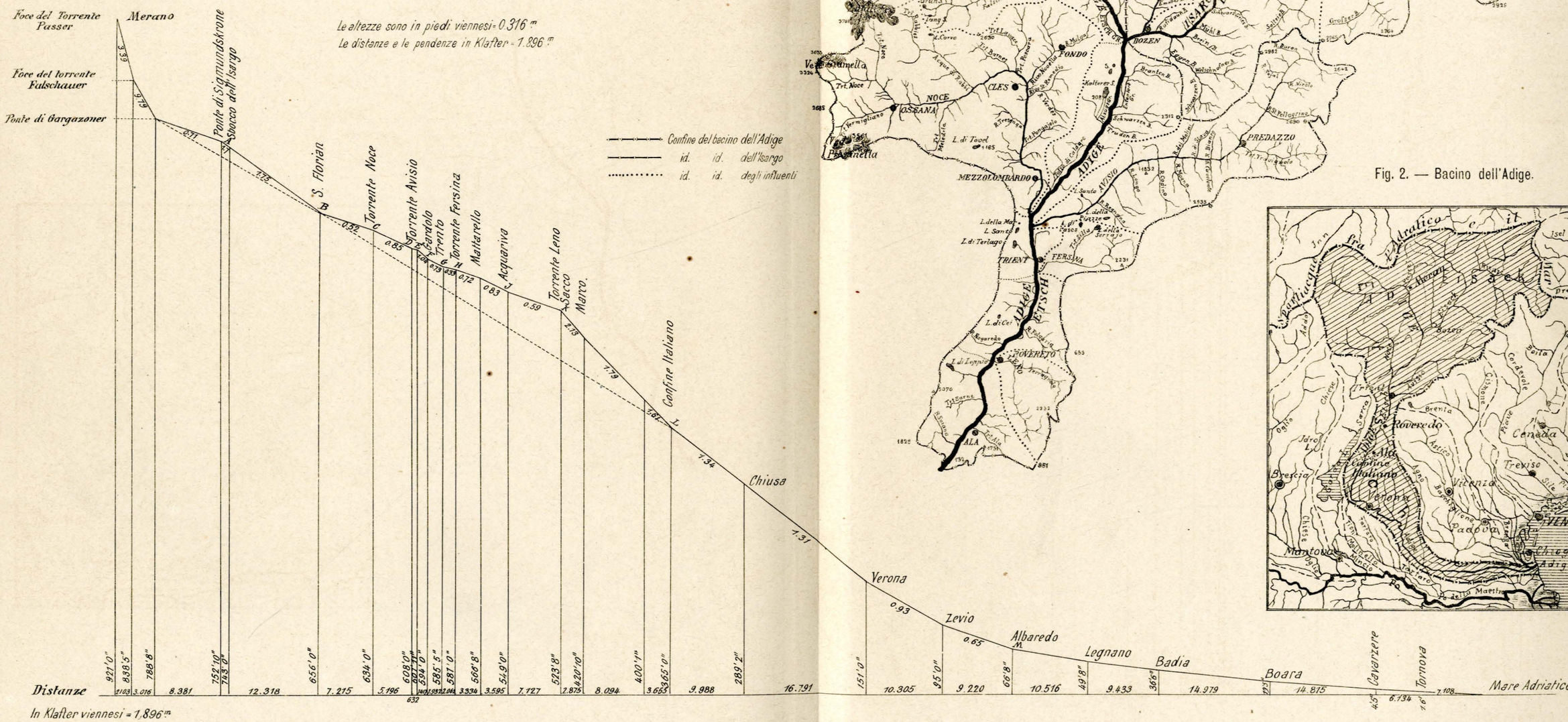


Fig. 1. — Idrografia dell'Adige dalle sorgenti al Confine Italiano.

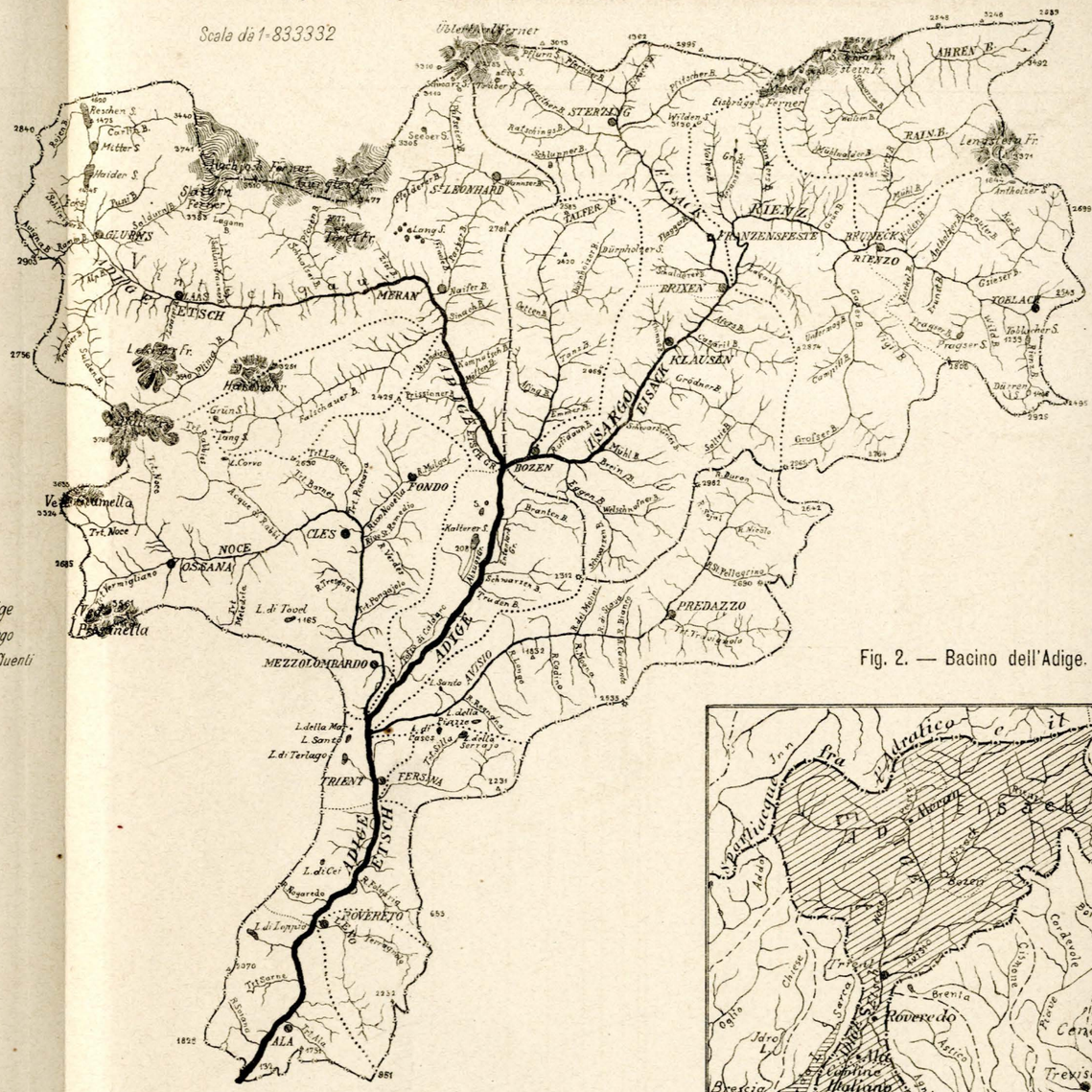
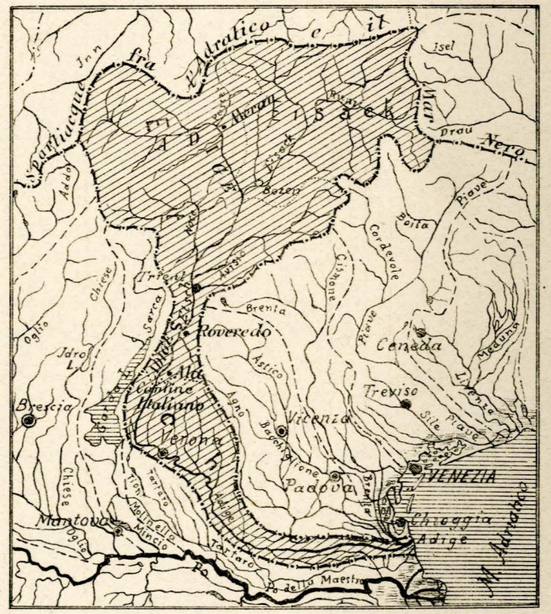


Fig. 2. — Bacino dell'Adige.



Torino. Tip-Lit. Camilla e Bertolero di N. Bertolero, editore.

LAVORI PER LA SISTEMAZIONE DELL'ADIGE. (Tav. I.)

Fig. 1. — Valle del Fersina. - Topografia a monte della serra di Cantanghel.

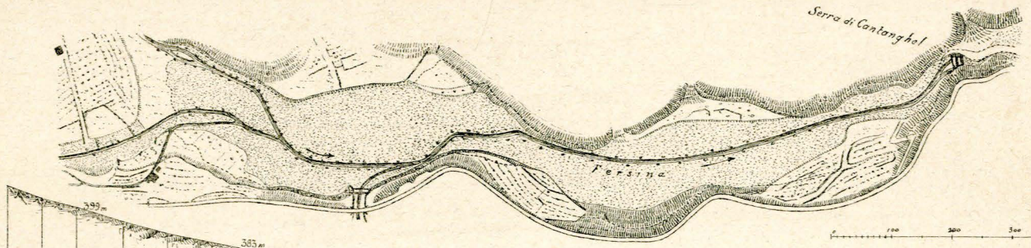


Fig. 2. — Topografia delle serre di Pontalto e Madruzza.

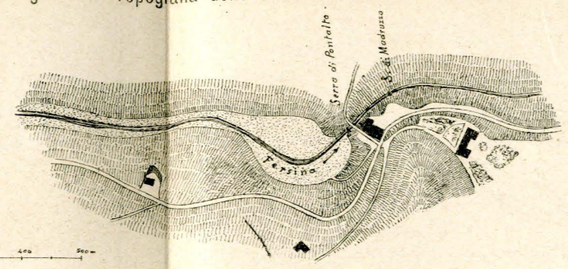


Fig. 4. — Sezione longitudinale tra la serra di Pontalto e quella di Madruzza

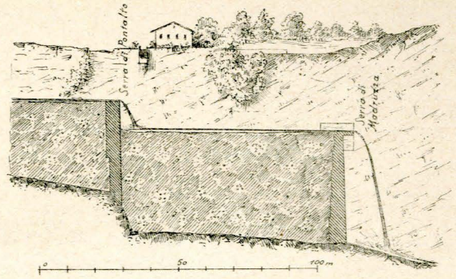


Fig. 3. — Profilo longitudinale della Valle del Fersina e relative serre.

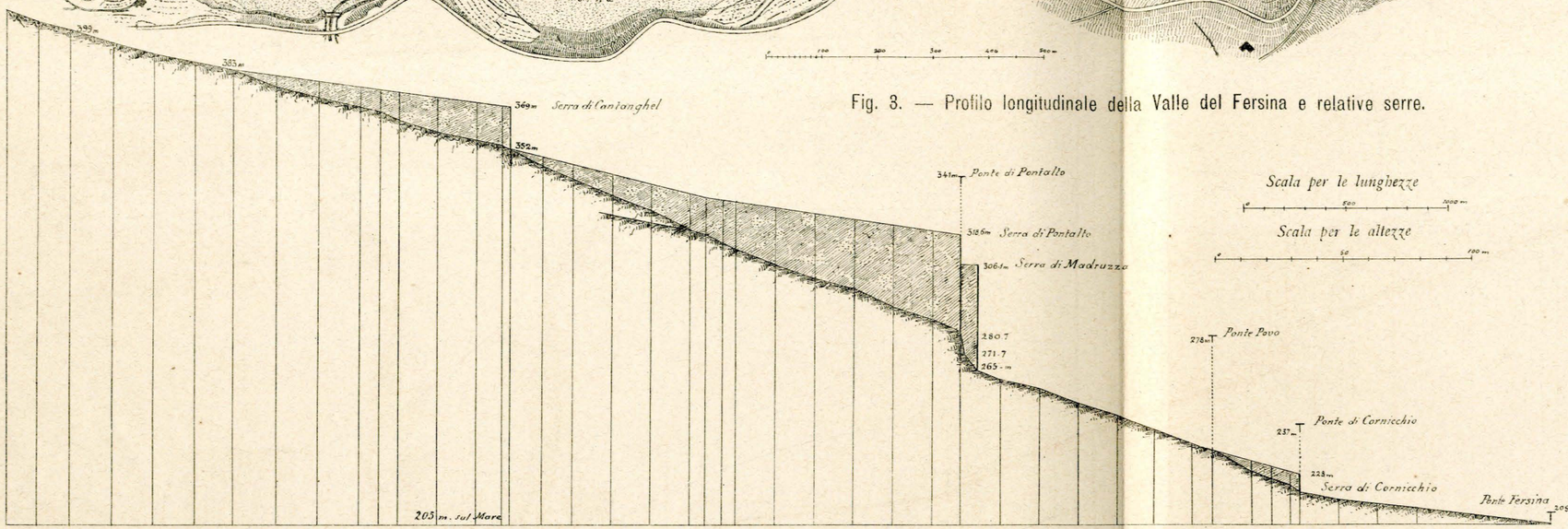


Fig. 7 a 10. — Serra di Pontalto: Prospetto a valle, sezione trasversale e piante.

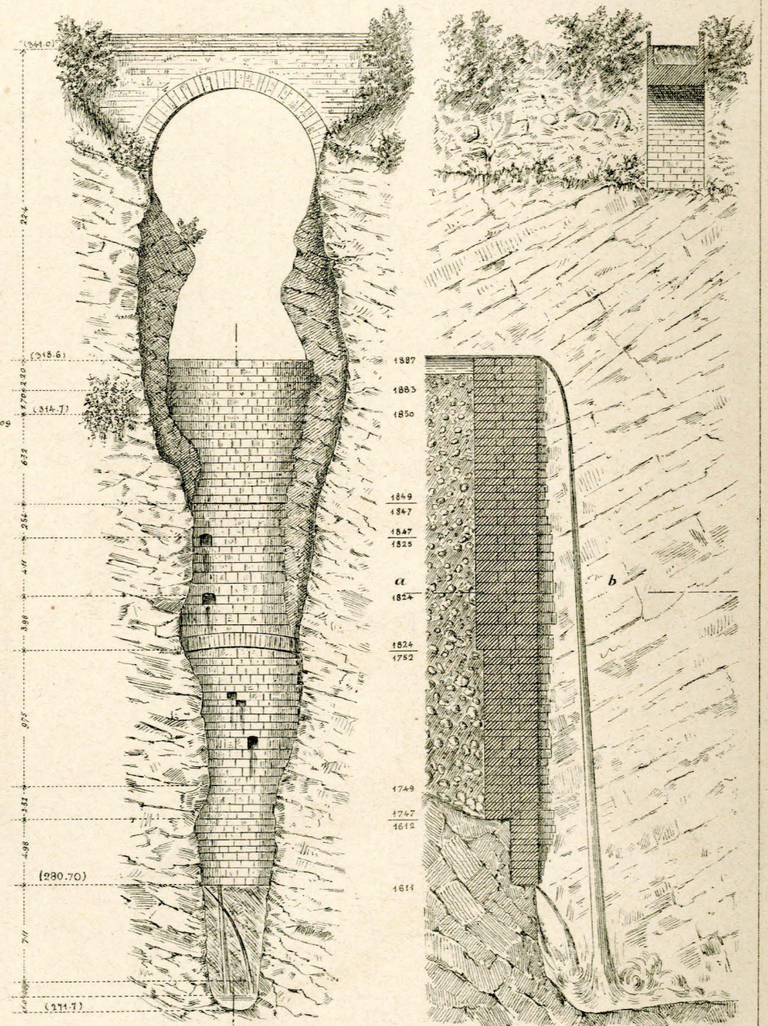


Fig. 5 e 6. — Serra di Cantanghel: Planimetria e sezione trasversale.

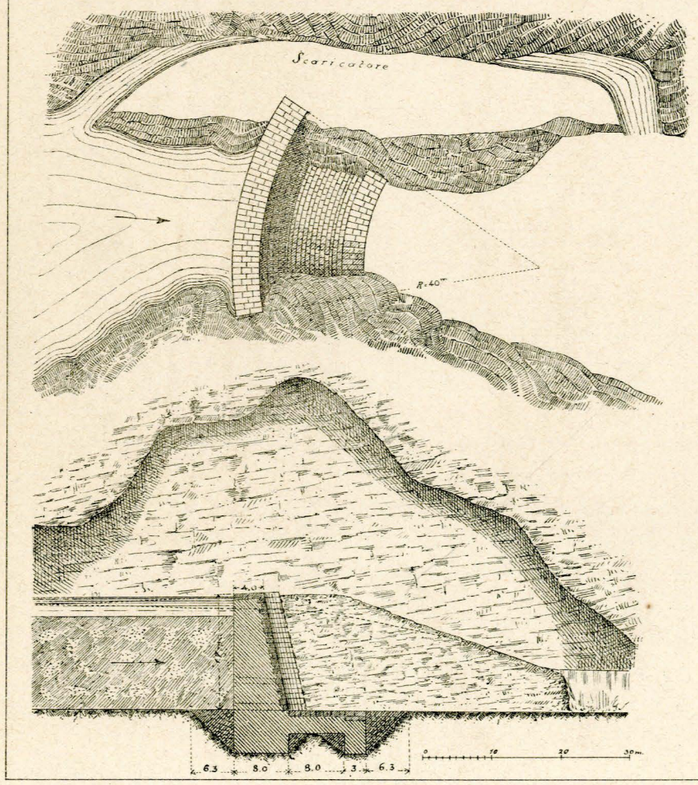
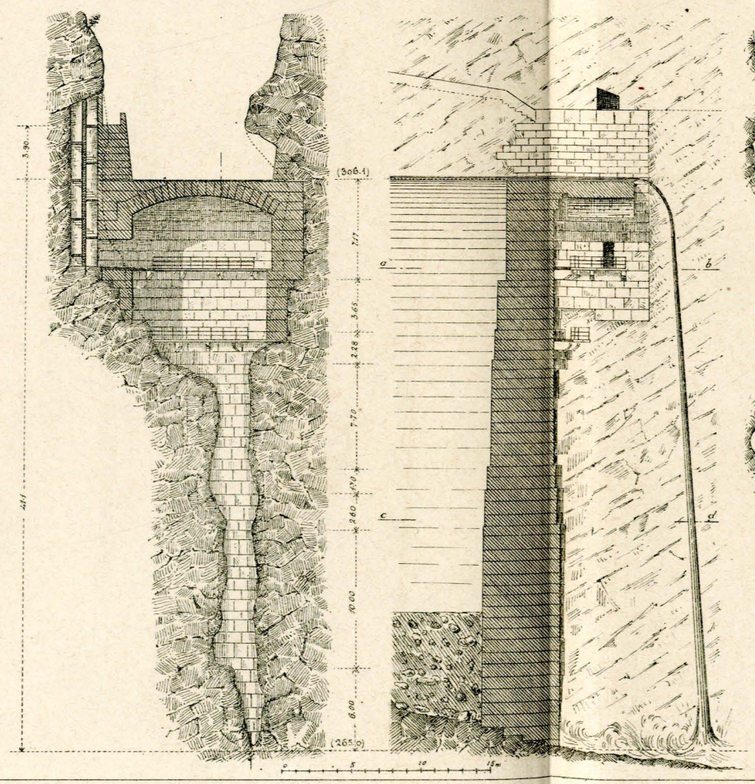


Fig. 11 a 15. — Serra Madruzza: Prospetto a valle, sezione trasversale e piante.



Torino. Tip-Lit. Camilla e Bertolero di N.Bertolero, editore.

Fig. 1 a 6. — Ricostruzione della serra di S. Giorgio.

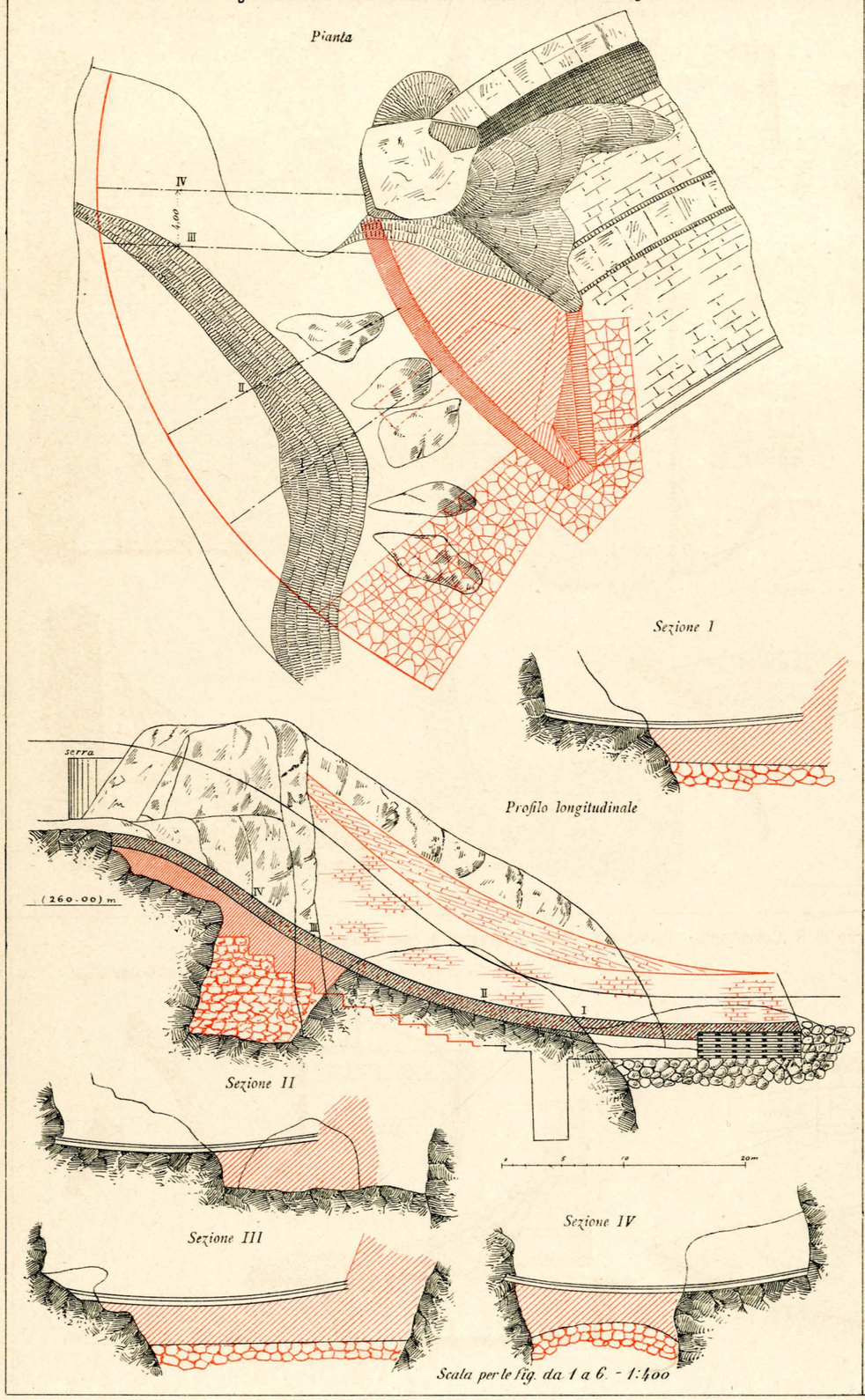


Fig. 7 a 14. — Serra di Terragnolo. - Planimetria, spaccati e prospetto. Sezioni del canale scaricatore.

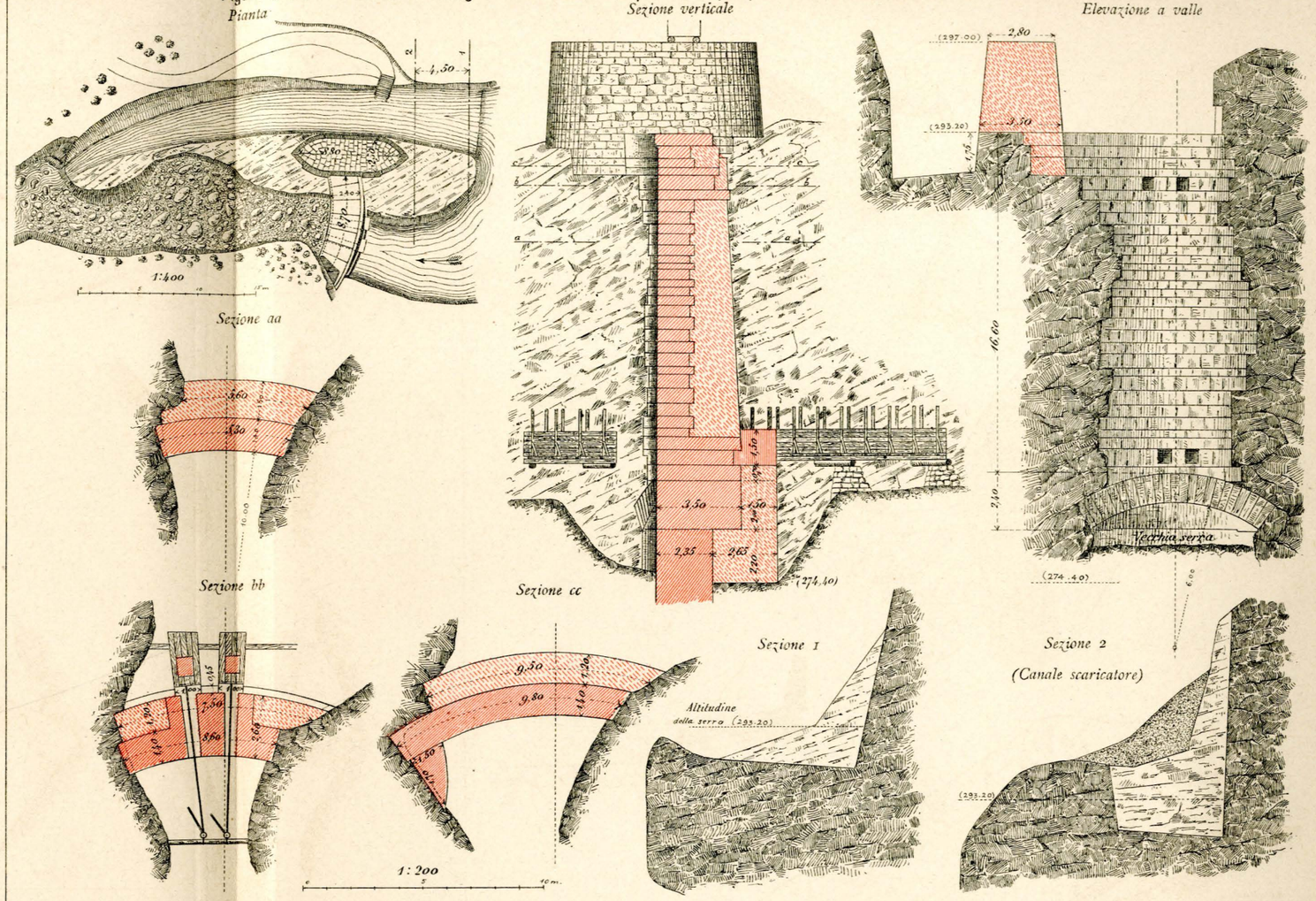
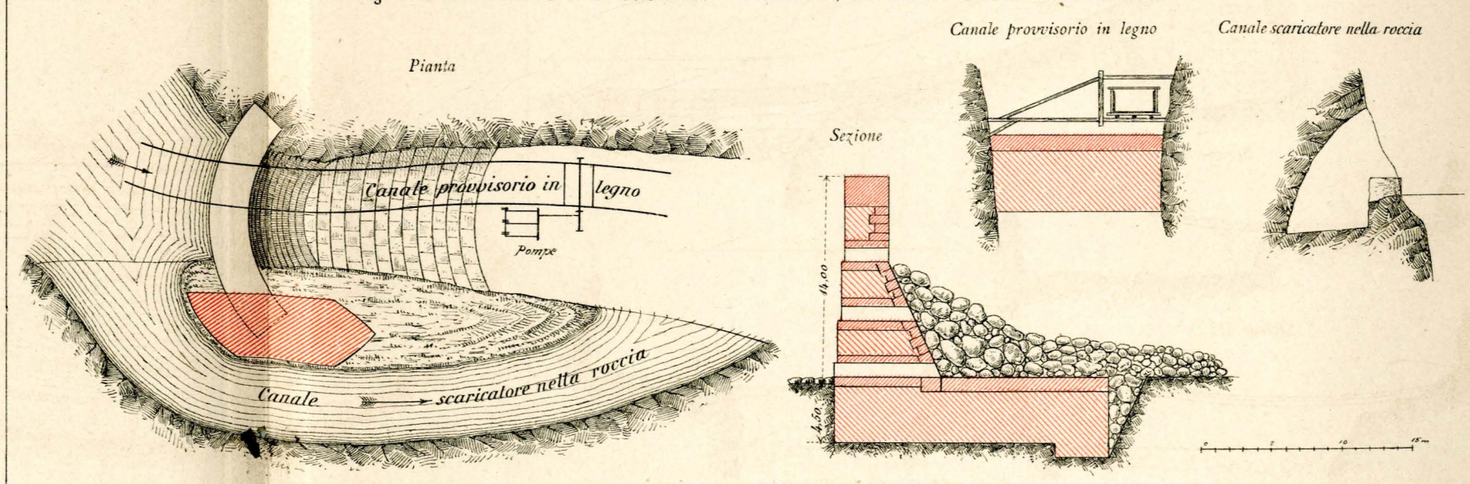


Fig. 15 a 18. — Serra di S. Colombano. - Planimetria, sezione verticale e canali deviatori.



Torino. Tip-Lit. Camilla e Bertolero di N.Bertolero, editore.