

**ALMA MATER STUDIORUM- UNIVERSITA' DI
BOLOGNA**

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA

*CORSO DI LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO IN
INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA*

TESI DI LAUREA

in

Architettura tecnica II

**La ferrovia Porrettana come occasione
di aggiornamento della cultura
Ingegneristica italiana**

CANDIDATO

ANDREA CHATZIS

Relatore

Chiar.mo Prof. **Giovanni Mochi**

Anno Accademico 2014/2015

Sessione I

17/07/2015

Capitolo1: Il Constructer . La tradizione ingegneristica francese e la sua influenza in Europa e in Italia.	1
Capitolo2: Dal modello francese Torino, Milano e Roma prendono esempio ma soprattutto con l'unità, la mentalità sabaudo/francese si estende verso tutta l'Italia.	4
Dal modello francese a Torino	4
Dal modello francese a Milano sino a Bologna	7
Dal modello francese al Sud Italia nelle strade ferrate.....	9
Capitolo 3: La Porrettana come primo esempio di mentalità tecnica e ingegneristica italiana derivante da formazione universitaria teorica e pratica francese. Jean Louis Protche ingegnere capo e i suoi tecnici.	11
L'Ingegnere Girard	20
Capitolo 4: La costruzione della Porrettana nei suoi punti cruciali: Soluzione dei ponti obliqui nel primo tratto Bologna- Pracchia , soluzione della galleria elicoidale nel secondo tratto Pracchia-Pistoia. Convenzione concernente l'assunzione, la costruzione e l'esercizio delle ferrovie nel Regno Lombardo-Veneto	26
La progettazione e la costruzione (1851-1864). La convenzione del 1851.....	32
La nuova convenzione.....	35
Convenzione concernente l'assunzione, la costruzione e l'esercizio delle ferrovie nel Regno Lombardo-Veneto	37
I lavori	54
Il progetto del 1858	55
Il nuovo quadro politico istituzionale.....	63
Convenzione fra i Ministri dei Lavori Pubblici e delle Finanze di Sardegna e la Società anonima delle ferrovie Lombardo-Venete e dell'Italia Centrale, avente per oggetto di confermare, in esecuzione dell'art. 2 del Trattato di Zurigo, le concessioni fatte dai Governi d'Austria, di Parma, Modena, Toscana e degli Stati Romani.....	64
Il Regno d'Italia.....	68
Il progetto Protche.....	71

L'inaugurazione dei vari tronchi.....	74
Capitolo 5: La cultura del progetto ingegneristico nel tratto Pracchia-Pistoia. La galleria dell'Appennino e i progetti tecnici definitivi	80
La grande galleria dell'Appennino	81
La galleria di Casale.....	89
La galleria di Riola.....	92
Il "Prospetto delle principali Opere d'Arte"	93
Capitolo 6: La situazione della ferrovia in Europa e in Italia . La galleria elicoidale del Piteccio e le sue varianti. Primo caso in Italia e paragone con le ferrovie pioneristiche europee: Il caso in Austria, ferrovia del Semmering. Il caso nel Regno Sabauda, linea Torino –Genova, galleria dei Giovi.	109
I progressi della ferrovia	111
Il caso in Austria: ferrovia del Semmering	112
Il caso nel Regno Sabauda, linea Torino -Genova, galleria dei Giovi.	118
Approfondimento strutturale e tecnico della galleria dei Giovi. Tratto dal testo di G.Curioni.	
Appendice III-1877	123
<i>Capitolo I. Rottura e lavori di riparazione della Galleria dei Giovi.</i>	124
<i>Capitolo II. Determinazione delle grossezze dei rivestimenti delle gallerie in terreni mobili.</i>	132
Capitolo 7: Costruzioni di gallerie a fine 800. Testo del Curioni. Dopo 10 anni la galleria del San Gottardo come apoteosi della soluzione tecnica effettuata. Insegnamento delle soluzioni tecniche del Piteccio.	147
Metodi di costruzione di gallerie dell'epoca	147
Sulla costruzione delle gallerie in terreni mobili. Testo di Giovanni Curioni. Appendice III-1877	152
<i>Indicazione dei principali sistemi d'esecuzione delle gallerie.</i>	159
<i>Applicazione del sistema d'attacco in calotta</i>	163
<i>Applicazione del sistema d'attacco in cunetta</i>	165
Galleria del S.Gottardo prima grande opera ingegneristica di galleria elicoidale dopo la Porrettana	169
Costruzione della Galleria del S. Gottardo secondo Giovanni Curioni-Appendice III dell'Arte del Fabbricare-1877	175

Capitolo 8: Storia della Porrettana dopo la costruzione. Problemi di fine 800 con planimetrie. Elettrificazione del 1927. Approfondimento sui viadotti del tratto Pracchia-Pistoia.	182
L'elettrificazione della ferrovia Porrettana	184
Viadotti del tratto Pracchia – Pistoia.....	187
Capitolo 9: Ricostruzione dopo la seconda guerra mondiale. Situazione della Porrettana al giorno d'oggi. Differenze con il 1864. Progetto di gallerie di fine 800 e differenza coi progetti attuali.	190
Capitolo 10. Conclusioni sulle opere della ferrovia Porrettana nel tratto Pracchia-Pistoia.....	199
Bibliografia.....	201

Capitolo1: Il Constructer . La tradizione ingegneristica francese e la sua influenza in Europa e in Italia.

Le prime riflessioni storico- critiche sull'architettura e sull'ingegneria ottocentesche risalgono alla fine degli anni Venti del Novecento. Tra i primi studi sul tema, nel 1929, v'è "Modern Architecture. Romanticism and Reintegration" di Henry Russel Hitchcock. Egli individua nella seconda metà del XVIII secolo le origini della vicenda del "moderno" in particolare per la frattura tra l'aspetto formale e quello tecnico degli edifici. La frattura delineata da Hitchcock corrisponde esattamente alla separazione tra ingegneria e architettura ottocentesche, convenzionalmente originata dalla fondazione dell'Ecole des Ponts et Chaussees nel 1747. Il lento processo di ricomposizione fra tecnica e architettura arriverebbe a compimento solo con il "moderno" novecentesco. Sempre nel testo del 1929 Hitchcock individua nella "New Tradition" e cioè nell'architettura degli ultimi venticinque anni dell'Ottocento e dei primi quindici anni del Novecento il primo momento del processo di ricomposizione tra architecture ed engineering, termine quest'ultimo considerato equivalente di building.

In quel testo però Hitchcock non dedica alla situazione francese la stessa attenzione che ricevono America, Olanda, Austria e Germania allontanandosi dalla tesi di un altro famoso storiografo: Sigrfrid Giedion. La pubblicazione di quest'ultimo di "Bauen in Frankreich" rappresenta il primo tentativo di restituire un quadro organico dell'architettura moderna francese, individuando una precisa genealogia di opere e personaggi.

Punto cruciale è l'Ecole Polytechnique aperta nel 1794 e nel 1805 riformata da Napoleone nel proprio ordinamento dotandosi di statuto militare. In realtà sono poche le differenze con la precedente Ecole des Ponts et Chaussees, così come avviene per l'Academie des Beaux-Arts, nel 1803 separata dalle accademie letterarie, ricalcando precedenti modelli delle Academies Royales e che diverrà nel 1863 Ecole des Beaux- Arts. In tal modo viene rimarcata la tesi sommaria del dualismo tra architettura e ingegneria nel XIX secolo sulla base della creazione di figure professionali distinte proprio attraverso la separazione degli istituti di formazione: da un lato l'architettura ufficiale legata alle arti figurative e dall'altro insegnamenti fondati su matematica, fisica, economia e teorie saint-simoniane. Nell'ottica dell'artificio storiografico con cui separare le due tendenze dell'Ottocento, la linea francese appare quindi quella più adatta.

Riferendosi quindi al contesto francese, per illustrare il "meccanicismo" della frattura e della ricomposizione, Giedion distingue le due linee relative al ferro e al cemento armato: da un lato i grandi magazzini, le strutture espositive e i ponti, e dall'altro, quasi in linea di successione, le opere

di Perret, Garnier, Le Corbusier; in tal modo sembra che la tradizione ingegneristica si esprima, nel corso dell'Ottocento, soprattutto nelle opere in ferro, lasciando agli architetti, a partire all'incirca dal nuovo secolo, il primato delle opere in cemento armato. La "reintegrazione" avvenuta solo con il lavoro di Le Corbusier, sarebbe quindi stata preceduta non solo dai pionieri del cemento armato, ma anche dalle opere in ferro degli ingegneri francesi, ossia proprio i *constructeurs*.

Le ragioni della scelta di questo paese quale caso rappresentativo del processo di "frattura" e "reintegrazione", oltre alla separazione delle scuole di formazione, stanno perciò nella supposta supremazia tecnica francese, raggiunta proprio grazie agli ingegneri-costruttori. Tra i segni di questo primato vi sarebbe ad esempio il fatto che la luce interna del Crystal Palace londinese, di 22 metri, è superata dopo solo quattro anni da quella per la sede dell'esposizione parigina del 1855, di 48 metri.

L'affermazione della figura del *constructeur* è in ogni modo legata allo sviluppo industriale che verso la metà dell'Ottocento raggiunge risultati sorprendenti. Diversamente dall'architetto, il *constructeur* rinuncia alla riconoscibilità e lavora in maniera anonima e collettiva. Perciò, come avveniva nel medioevo talvolta non ne conosciamo i nomi. Appartenente alle generazioni nate tra il 1800 e il 1830, è una figura con una competenza assai ampia e spesso diviene anche imprenditore. I primi *constructeurs*, secondo Giedion, esprimono la loro cultura progettuale con tale coerenza da non avere precedenti se non nella mente dei visionari. Tra quelli della prima generazione sono citati Antoine-Remy Polonceau (1778-1847), Eugene Flachet (1802-1873), Hector Horeau (1801-1872) e Henri Labrouste (1801-1875), mentre tra i nomi della seconda generazione spicca quello di Gustave Eiffel (1832-1923). Ingegnere di ponti e strade, padre dell'inventore della capriata che porta il suo nome, Polonceau progetta nel 1839 a Parigi il celebre pont du Cassouel; Flachet costruisce la prima ferrovia francese; Horeau vince nel 1850 il primo premio per l'edificio della Great London Exhibition, un incarico assegnato solo un mese dopo a Joseph Paxton, con grande rammarico di Giedion. Quella di Labrouste è una personalità tesa a riconciliare nella nuova figura dell'architetto-*constructeur* due ambiti fino ad allora separati, anche perchè essendo egli stesso architetto sembra più facile ravvisare in lui una felice sintesi di due diverse sensibilità. L'altra figura chiave individuata è quella di Eiffel, non solo autore della torre parigina, ma anche abile costruttore di viadotti, di grandi magazzini, di stazioni, dell'armatura della Statua della Libertà e del progetto per le chiuse del canale di Panama. Imprenditore, fonda un'azienda per la produzione di laminati in ferro e diventa uno sperimentatore di nuove strutture come quelle reticolari. Con lui il termine *constructeur* diverrebbe sinonimo di un approccio razionale e moderno.

È interessante rilevare il giudizio di Hitchcock, nel 1958, sulla torre Eiffel, ritenuta opera d'ingegneria e non di architettura, del tutto assimilabile alle strutture dei ponti: "si avverte una notevole ambiguità di concezione. Questa mescolanza di coraggiosa messa in evidenza degli

elementi strutturale e di decorazione applicata, appare molto vicina al modo in cui l'Art Nouveau intende l'edificio in metallo". Il riferimento all'Art Nouveau appare quanto mai indicativo dell'intenzione di considerare la torre come un punto di svolta tra il secolo che si avvia a conclusione e quello successivo. L'Art Nouveau stessa sarà letta dalla storiografia successiva quale ultimo fenomeno del mondo ottocentesco oppure come punto di partenza per gli sviluppi del nuovo secolo.

“L'apparizione dell'ingegnere-costruttore comporta necessariamente l'introduzione di nuove modalità progettuali, rapide e industrializzate”: a differenza di quanto sostenuto dalle tesi ormai consolidate, Giedion sembra ipotizzare che non sia la disponibilità dei nuovi materiali a determinare la nascita della nuova figura professionale, ma un'attitudine legata allo *Zeitgeist*, lo spirito del tempo che interpreta il presente e progetta il futuro.

Va quindi rilevato che la scelta del contesto francese non dipende solo dai *constructeurs*, quanto dalla possibilità di considerare universali tali conquiste tecniche, poi fatte proprie dagli architetti moderni. Il *constructeurs* diviene quindi per Giedion un tassello significativo affinché l'architettura ritrovi la via maestra perduta con la maschera degli stili ottocenteschi. Tale ricerca di radici si spinge oltre la volontà degli stessi architetti, come Gropius o Le Corbusier, decisa a respingere ogni eredità del passato.

La centralità della figura del *constructeur*, forza culturale trainante e vero motore della “reintegrazione”, è l'altra faccia della condanna assoluta, senza alcuna distinzione, dell'eclettismo. Il senso di questa personalità potrebbe essere sintetizzato attraverso la citazione di Le Corbusier: “il secolo della macchina ha prodotto il *constructeur*, e nuovi programmi, nuove tecniche e nuovi mezzi lo hanno aiutato a nascere. Ora egli è ovunque all'opera”.

Capitolo2: Dal modello francese Torino, Milano e Roma prendono esempio ma soprattutto con l'unità, la mentalità sabaudo/francese si estende verso tutta l'Italia.

Dal modello francese a Torino

Negli anni in cui il Piemonte, prima occupato, poi annesso, partecipa alle sorti della Francia di Napoleone, l'ingegneria piemontese si viene a confrontare con la cultura progredita ed efficiente dei tecnici francesi, formati all'Ecole des Ponts et Chaussées, che imprimono nel settore dell'organizzazione tecnica del territorio e nel campo delle opere di ingegneria un notevole impulso, introducendo nuove metodologie, nuove tecnologie non più legate a regole empiriche e strumenti di controllo innovativi. Sin dalla prima campagna d'Italia, Napoleone aveva imposto al sistema amministrativo sabaudo, il modello organizzativo d'oltralpe, ben consolidato già da oltre un secolo in Francia. Per il servizio delle strade, dei ponti, dei porti, per la navigazione commerciale, il Piemonte veniva quindi equiparato ai territori dell'Impero costituendo una specifica divisione. Obiettivo dei funzionari e del Corpo degli Ingegneri, costituito da ispettori generali, ispettori divisionali e ingegneri in capo, era quello di potenziare soprattutto le grandi vie di comunicazione, non trascurando tuttavia , la rete delle strade minori. Il governo napoleonico aveva compreso perfettamente che tutti i lunghi percorsi, difficili e costosi, impedivano i progressi dell'agricoltura, dell'industria ed erano di danno ai commerci. Occorreva quindi rinnovare e valorizzare l'eredità stradale del vecchio regime, in particolare svecchiando le tecniche tradizionali e le tipologie costruttive locali nel campo della costruzione delle strade e dei ponti, attraverso il lavoro di funzionari e professionisti preparati, strutturati in un'organizzazione amministrativa rigida e efficiente, ricalcandone il modello francese.

Già alla fine del Seicento in Francia, si era avviato un processo evolutivo di grande importanza per ciò che riguarda le tecniche costruttive dei ponti. Ciò era senza dubbio favorito in gran parte dalla politica francese di centralizzazione: infatti, in seno all'amministrazione, per la prima volta, si era creato un Corpo di Ingegneri, il Corps des Ponts et Chaussées, fondato nel 1716, che diventerà il principale centro operativo responsabile tecnico dei lavori pubblici. Mentre in Italia le condizioni politiche e strutturali, cioè il frazionamento politico del territorio e le guerre locali, con l'affievolirsi anche dell'impulso ai commerci e alle comunicazioni, ebbero come conseguenza il disuso dalla pratica della costruzione dei ponti, nello stesso periodo in Francia, con l'intento di sistematizzare e di coordinare gli interventi su tutto il territorio francese nasceva l'istituzione di un vero e proprio corpo statale di Ingegneri specializzati, costituito da funzionari tecnici dotati di statuti stabili e durevoli. Al tempo in cui in Piemonte regnava il disordine e la disorganizzazione, quando cioè "i

progettisti dei ponti piemontesi del Settecento erano di varia estrazione , architetti, ingegneri civili e militari,semplici misuratori” con committenze a seconda dei casi della Corte o delle Comunità locali e non si riscontrava alcuna specializzazione rispetto al più ampio campo dell’edilizia civile e militare, né in fase di progettazione, né nella costruzione, nel 1747 al di là delle Alpi veniva istituita l’Ecole des Ponts et Chaussees, ad opera di Daniel Trudaine e sotto la direzione di Jean Rodolphe Perronet. Si trattava di una vera e propria scuola che rappresentò l’inizio di un controllo efficace dello Stato sulla progettazione e costruzione di strade, ponti e canali e sulla formazione degli ingegneri, fondata allo scopo di ovviare alla scarsa preparazione del personale tecnico in servizio, nonché alla mancanza di uniformità nei metodi di lavoro, ritenuti i principali ostacoli alla realizzazione dei grandi progetti. Dopo la Rivoluzione , durante il primo Impero, l’efficienza e le capacità degli Ingegneri della scuola, che avevano partecipato ai grandiosi lavori pubblici voluti da Napoleone, vennero esportati ben oltre il territorio francese, facendo assumere all’Ecole per tutto l’Ottocento un ruolo di modello per molti paesi europei, come lo fu per gli Stati Sardi.

Tuttavia i motivi del progresso francese nelle costruzioni, erano legati oltre che a ragioni amministrative,anche a motivazioni tecniche dovute all’evoluzione scientifica. L’Accademia delle Scienze, grazie al contributo di Philippe De la Hire, aveva fatto grandi progressi della meccanica. Egli nel 1695 aveva già pubblicato il “Traite de mecanique” che tuttavia mai venne compreso dagli architetti e ingegneri del tempo , i quali applicavano ancora “ricette di terreno” e formule empiriche. Fu a Henry Gautier , Ispettore Generale des Ponts et Chaussees, che andò il merito di aver fornito, sebbene l’autore non fosse un teorico, un manuale di base all’Ingegnere dei “Ponts er Chaussees de Generalità: il “Traité des Ponts”. Questo trattato metteva in evidenza la difficoltà per gli architetti e i costruttori di dare applicazione pratica alle formulazioni di De la Hire ,a fronte dei tradizionali principi di dimensionamento geometrico, aggiungendo alcuni annessi per il calcolo della stabilità; l’opera rivelò l’inizio di una nuova epoca che, sempre più , vedeva la formalizzazione l’utilizzazione della meccanica. Se il trattato di Gautier del 1728, indicava attraverso i pochi esempi disponibili, indirizzi e problemi aperti, all’inizio dell’Ottocento , il trattato di Emiland Marie Gauthey, il più illustre degli ingegneri di Ponts et Chaussees , dopo il Perronet, oltre alle indicazioni pratiche di una lunga serie di eccezionali esperienze, poteva ormai sviluppare scientificamente tutti i problemi della costruzione dei ponti e delle opere idrauliche.

Con questa nuova cultura tecnica ,ai primi dell’Ottocento, si viene a confrontare l’ingegneria piemontese. Dalla Restaurazione in poi, l’obbiettivo degli ingegneri piemontesi che si occuparono di ponti du quello di realizzare, dimostrare e sviluppare l’assimilazione delle nuove tecniche e delle nuove tipologie, operazione condotta in modo qualificato e sovente con apprezzabili contributi originali. Le vecchie tipologie , la vecchia tecnica divennero al confronto con i nuovi riferimenti portanti dagli ingegneri francesi improvvisamente obsolete quasi del tutto improponibili, nonostante

le gloriose tradizioni dell'architettura locale, tanto da essere spesso accantonate anche nella realizzazione di costruzioni minori. È senza dubbio il ponte napoleonico sul Po a Torino il manufatto che segnò la svolta, il momento di chiusura con i riferimenti teorici locali e le antiche pratiche della tradizione. Rientrati in Savoia a Torino, nonostante l'attività dei tecnici locali che avevano avuto un ruolo determinante nelle realizzazioni napoleoniche e l'opera dei giovani ingegneri formati all'Ecole des Ponts et Chaussées, il primo biennio della Restaurazione vide un generale ritorno agli usi e costumi dell'Ancien Regime, che portò alla liquidazione dell'organizzazione edificata dai Francesi nel settore delle infrastrutture. Con Paenti del 12 Luglio 1814, venne stabilita la Conservatoria Generale delle strade, già preesistente all'occupazione francese: non si tardò molto a riconoscere la bontà dell'ordinamento francese. Il commercio, dopo il 1814, si era andato rapidamente sviluppando, giovandosi anche delle buone strade e degli efficaci attraversamenti fluviali costruiti durante l'occupazione francese. Il primo, e più importante, passo in questa direzione venne compiuto nella primavera del 1816, con l'assunzione di ingegneri civili, aggregati al Genio Militare, per formare il Corpo Reale del Genio, su modello francese del Corp des Ponts et Chaussées, a cui venne affidato "il compito di ispezionare, conservare e realizzare tutti gli oggetti relativi ai ponti, strade, acque e selve".

L'ossatura del sistema era, evidentemente, costituita dagli Ingegneri del Genio Civile, ai quali si dovettero in buona parte i progressi compiuti dal Piemonte nella costruzione e manutenzione della rete infrastrutturale. Il Genio Civile era costituito da un Direttore, da Ingegneri- ispettori e da Ingegneri di prima e seconda classe: gli ufficiali erano scelti fra gli Architetti Idraulici o Civili o fra gli ufficiali del Genio militare. Tale apparato tecnico- amministrativo, che doveva assicurare il controllo e il confronto fra tutti i nuovi programmi infrastrutturali sabaudi, ricalcava l'ordinamento francese in cui il progetto, strutturato in studio preliminare, relazione tecnica, capitolato, computo metrico estimativo dall'Ingenieur en Chef, veniva presentato dall'Inspecteur Divisionnaire per essere esaminato e approvato dal Conseil Superior di Parigi, solo dopo un'accurata verifica. Inoltre durante la fase di realizzazione dell'opera, in Piemonte, così come in Francia, tutti i lavori dovevano essere monitorati minuziosamente al fine di costituire documentazione di base per le costruzioni successive.

Primo esempio di modello d'Oltralpe fu il ponte della Strada Reale d'Italia, tra San Martino e Boffalora, sul Ticino, progettato e iniziato in epoca francese da Stefano Ignazio Melchioni, ingegnere capo del Dipartimento dell'Agogna del Regno napoleonico d'Italia, e concluso nel 1824 sotto la direzione dello stesso ingegnere assorbito nel Corpo reale del Genio degli Stati Sardi. Di chiara ispirazione francese, fu il risultato di continui affinamenti progettuali che lo hanno reso sia per complessità tecnica sia per tipologia uno dei primi interventi di concezione moderna in Italia. Ancor più rappresentativo fu senza dubbio il ponte Mosca a Torino, un unico arco ribassato di 45

metri di luce con strombature a scavalco della Dora che costituì la prima concreta realizzazione tutta piemontese di una cultura ormai divenuta internazionale. Con il suo ardito progetto l'ingegner Bernardo Mosca riuscì a risolvere il problema dell'obliquità fra il corso del fiume e l'andamento della nuova strada di attraversamento, concretizzando un'idea progettuale già teorizzata da Perronet per un ponte ad una sola arcata sulla Senna a Melun, ma mai realizzata. Così l'ingegner Mosca riuscì ad imporre la sua soluzione caratterizzando l'unica arcata con "cornes de vache", le strombature tipiche dei più illustri modelli francesi per dare al manufatto maggior snellezza ed eleganza; costruito tra il 1823 e il 1830, dimostrazione di una maestria che si andava man mano acquisendo, rappresentò per i contenuti innovativi, sia sotto l'aspetto tecnico che tipologico, un ruolo storico fondamentale nel settore delle infrastrutture.

Il disegno di queste nuove opere infrastrutturali testimonia quindi l'importanza dell'influenza francese nella formazione professionale degli ingegneri piemontesi e documenta nuovi criteri progettuali e costruttivi, improntati più alla ricerca di regole statistiche che non ad indicazioni pratiche. Non si tratta più di strutture massicce e sovradimensionate, tipiche del passato, ma di costruzioni slanciate e sottili, che, grazie all'aumento della luce degli archi, alla snellezza delle proporzioni, alla riduzione della sezione delle pile, attestano il progresso dell'arte e della cultura nell'edificazione dei ponti di metà Ottocento.

Dal modello francese a Milano sino a Bologna .

La necessità di avere un'uniformità dei livelli di conoscenza e competenza dei quadri dell'amministrazione pubblica suggerì a Gaspard Monge una riforma scolastica, elaborata fra il 1793 e il 1794, basata, innanzitutto, su una solida preparazione dei giovani aspiranti ingegneri nelle materie scientifiche, considerate le vere fondamenta anche del sapere tecnico. La vera svolta fu proprio abbinare per la prima volta, preparazione scientifica e perizia tecnica che doveva maturare, nell'allievo, sia attraverso la pratica di cantiere, come anche in veri e propri corsi d'insegnamento: nel biennio dell'Ecole Polytechnique si fornivano le basi teoriche, mentre nei successivi trienni di applicazione si impartivano lezioni di misurazioni agrarie, costruzioni, resistenza dei materiali, architettura. L'abolizione delle Accademie, che pure erano state le sedi della discussione scientifica dal Cinquecento in poi, abolizione operata dai rivoluzionari francesi, segna un altro punto fondamentale nel passaggio verso il moderno sistema di formazione. Considerate depositarie di un sapere aulico ed elitario, ad esse venne preferita una scuola rinnovata dove si conduceva anche la sperimentazione e la ricerca. L'ecole Polytechnique costituisce una grande trasformazione nella preparazione dei nuovi tecnici e solo in alcuni casi europei l'esportazione del modello francese venne ad intersecarsi con la riforma degli studi universitari. Come detto, la grande riforma riguardò la parte iniziale dei percorsi formativi degli ingegneri: nella parte finale di tali percorsi,

l'applicazione delle cognizioni teoriche apprese nel biennio a matrice scientifica avveniva ,ancora , per lo più, in Istituti civili o militari i quali continuarono ad avere un'impostazione prerivoluzionaria di tipo tecnico- pratico.

La riforma mongiana, al seguito delle truppe napoleoniche, giunse anche in Italia. Nei possedimenti austro-ungarici il sistema formativo era affidato al Collegio degli Ingegneri ed Architetti di Milano. Dopo la soppressione di quest'ultimo le competenze in campo formativo passarono all'Università di Pavia mentre, nell'area occupata dello Stato Pontificio, tali funzioni passarono all'ateneo bolognese. Nel 1806 a Bologna e Pavia si aggiunse Padova; nel 1811 nacque anche la Scuola di Applicazione di Ponti e Strade di Napoli. L'estensore della riforma degli studi per accedere alla professione di ingegnere e di architetto nei territori dell'ex Repubblica Cisalpina , poi chiamata Regno d'Italia, fu nel 1796 Lorenzo Mascheroni, il celebre illuminista ,matematico e meccanico che insegnava nello studio pavese. Attirandosi molte critiche sia dagli ambienti universitari quanto da quelli professionali, egli stabilì un percorso di quattro anni di studio presso le facoltà filosofico-matematiche della Repubblica per ottenere la laurea in Ingegneria o Architettura mentre per esercitare la professione sarebbero occorsi quattro anni di tirocinio ed il superamento di un esame di Stato.

Anche se con caratteristiche non omogenee, e con soluzioni molto diverse da Stato in Stato, lentamente e fino alla fine del XVIII secolo, sembra che la preparazione degli Ingegneri avvenisse più o meno similmente a quella dei maestri d'opera o dei protiveneziani. Sarà invece il consolidarsi degli Stati moderni, con la loro necessità di avere quadri tecnici sempre più efficienti ed omogeneamente formati, a prendere in mano le redini del processo formativo , antepoendo l'interesse pubblico a quello privatistico delle categorie professionali.

Se la situazione di Torino e Milano è ,trattandosi di politecnici, sensibilmente anomala, e va pertanto trattata con cautela, più omogeneo riesce un confronto se si prendono in esame le sedi di Padova, Bologna, Roma e Palermo: perché forse anche la scuola di Napoli, per breve periodo toccata da un'esperienza politecnica e generata , fin dal 1811, da una diretta confluenza di esperienze francesi, può essere considerata un caso a parte. Vale la pena citare di nuovo la sede di Pavia, fondamentale polo formativo lombardo prima dell'avvio del Politecnico milanese, ove Sebastiano Locati (1861-1939), membro dell'Accademia di Belle Arti di Milano, dapprima tiene i corsi di Disegno d'ornato e di Architettura, per poi approdare nel 1903 ad un corso di Architettura Pratica. Come anche Muggia a Bologna, Donghi ,che caratterizza la realtà di Padova si mantiene fedele al concetto di razionalismo sviluppatosi nel corso dell'Ottocento, in altre parole resiste tenacemente a qualsiasi modifica suggerita dal mutare dei tempi.

A Bologna, il decreto Cipriani del 30 settembre 1859 riforma in modo organico l'intero ordinamento scolastico e prevede, per gli allievi ingegneri, un corso della durata di cinque anni. Questo primo ordinamento viene perfezionato tre anni dopo dal Decreto del 1 Novembre 1862, che estende all'Università di Bologna i contenuti del Decreto del 14 Settembre 1862 per la Facoltà di scienze fisiche, matematiche e naturali. Gli studenti che mirano ad ottenere il diploma di libero esercizio della professione di ingegneria civile o architetto devono prima conseguire la licenza nelle Facoltà di Scienze matematiche, poi svolgere due anni di praticantato presso un ingegnere o architetto; durante quasi due anni devono seguire presso l'Università corsi di meccanica applicata, agronomica teorico-pratica, mineralogia, geologia, sostenendo i relativi esami, ed infine l'esame di libera pratica. Nasce così, all'interno dell'Università di Bologna, il Corso pratico per gli Ingegneri civili e architetti che però presenta evidenti lacune nella preparazione pratica e teorica degli allievi; tali carenze sono riferibili alla mancanza di un'istruzione adeguata nel disegno, nell'architettura, nella scienza della costruzioni, nell'idraulica e nelle macchine. Tale situazione non consente alla Scuola Bolognese di stare al passo con gli analoghi Istituti italiani (in particolare Torino e Milano), ed esteri, in Francia e Germania, alla luce del fatto che obiettivo della Scuola è la formazione di ingegneri, cioè di una categoria di tecnici destinata ad assumere un ruolo sempre più rilevante nei processi di ammodernamento delle infrastrutture e di incremento della produttività nel nostro Paese.

Così il Regio Decreto del 26 ottobre 1875 sopprime i Corsi pratici dell'Università di Bologna, ritenuti insufficienti ed incompleti e istituisce per il 1875-76 il primo anno di studi della Scuola di Applicazione per gli Ingegneri e Architetti. Gli allievi ingegneri devono seguire il biennio propedeutico presso la Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali e, una volta ottenuta la licenza fisico-matematica ed i certificati di diligenza in mineralogia, geologia, disegno di ornato e di architettura, sono ammessi al triennio, comprendente insegnamenti di tipo tecnologico-professionale, presso la Scuola d'Applicazione. Le discipline impartite nell'istituto bolognese sono accompagnate da varie attività didattiche: oltre alle lezioni si tengono esercitazioni teoriche e pratiche, escursioni, visite guidate e viaggi di studio della durata anche di 15 o più giorni, in Italia e all'estero. Analizzando il piano di studi emerge con chiarezza come l'indirizzo specifico della scuola bolognese sia quello civile. L'ambiente cittadino, ma anche regionale, non offre infatti grandi possibilità di carriera nel settore industriale, al contrario di quanto accade a Torino e Milano; per questo l'istruzione impartita presso la Scuola bolognese rimane per molti anni di tipo tradizionale.

Dal modello francese al Sud Italia nelle strade ferrate.

Il 3 ottobre 1839, sotto il governo, veniva inaugurato il primo tronco ferroviario italiano tra Napoli e Granatello di Portici. Dopo il decreto di Francesco II di Borbone del 1859, che prevedeva la

costruzione di un'organica rete estesa anche alla Sicilia, soltanto con i Decreti del 1860, emanati dal Governo provvisorio (prodittatore della Sicilia Depretis), si iniziarono gli studi per la realizzazione delle prime tre linee ferroviarie siciliane, la cui finalità era principalmente commerciale. Il primo tronco ferroviario fu quello inaugurato nel 1863 tra Palermo e Bagheria esteso, l'anno successivo, sino a Trabia. Nel 1885 erano stati realizzati ben 796 km di infrastrutture ferroviarie con scartamento ordinario.

Con la nascita del sistema ferroviario nel 1825, quando la Locomotiva guidata dal suo ideatore e progettista Giorgio Stephenson, inaugurava la prima corsa della storia ferroviaria dei viaggiatori, lungo la linea ferroviaria Stockon-Darlington(32km) in Scozia, la ferrovia di diffuse abbastanza velocemente in Europa.

Il 3 ottobre 1839 venne inaugurata la linea Napoli-Portici, la cui estensione era di 7,250 km. Le locomotive "vesuvio" presentavano una potenza di 65 HP ed erano capaci di trainare convogli del peso di 46 tonnellate alla velocità di 50 km/h.

La concessione, la costruzione e l'esercizio delle strade ferrate del Regno d'Italia furono regolate dalla legge del 20 novembre 1859 per poi essere sostituita dalla legge sulle opere pubbliche del 20 marzo 1865 che chiariva alcuni punti su la concessione pubblica e privata.

Soltanto dopo il 1861 si tentò di conferire una migliore organicità al sistema ferroviario e, allo stesso tempo, si intrapresero nuove costruzioni. Infatti, nel decennio 1861- 1870 si aprirono all'esercizio 4044 km e sino alla fine del 1877 altri 1980 km.

Capitolo 3: La Porrettana come primo esempio di mentalità tecnica e ingegneristica italiana derivante da formazione universitaria teorica e pratica francese. Jean Louis Protche ingegnere capo e i suoi tecnici.

L'archivio dell'ingegnere ferroviario Jean Louis Protche è conservato presso la biblioteca comunale dell'Archiginnasio di Bologna (Fondo speciale Jean Louis Protche), donato al municipio, e quindi alla biblioteca, nel 1890 (BCABo «Biblioteca municipale. Dono della signora Sofia Protche Ehrenfreund, 1890»). Un primo intervento di ordinamento ed inventariazione fu realizzato da Gaspare Ungarelli a partire dal 1907. Grazie al progetto Una città per gli archivi, finanziato dalla Fondazione del Monte di Bologna e dalla Fondazione Cassa di Risparmio in Bologna, l'intero complesso documentario è stato oggetto di un intervento di riordinamento complessivo allo scopo di fornire, attraverso un moderno inventario scientifico, uno strumento utile per la consultazione dell'archivio.

Jean Louis Protche era nato a Metz, il 19 marzo 1818. Aveva perduto entrambi i genitori in tenera età; la madre, Anne Marie Louise Josephine Francois, a soli 7 anni e il padre, Jean a 13, ucciso da un soldato. Proveniva da una famiglia di tradizioni militari, i cui avi, di origine slava, si erano trasferiti in Francia al tempo delle guerre dei duchi di Guisa. Il padre Jean era luogotenente del primo reggimento di Metz ed anche il nonno, Jean Louis, era colonnello in pensione dell'esercito e ufficiale della legione d'onore. Venne ammesso, insieme al fratello più giovane, Felix ai corsi dell'École Polytechnique, a Parigi, della quale il fratello, uscito nel 1839, sarebbe poi divenuto vicedirettore. Anche il padre Jean (1793-1831) aveva frequentato la scuola, diplomandosi nel 1811. Terminata questa scuola con ottimi risultati nel 1836 - si classificò secondo del suo corso - il 20 novembre 1838 venne promosso allievo all'École des Ponts et Chaussées, divenendo ingegnere ordinario di seconda classe il 2 agosto 1843 e di prima classe il 12 aprile 1851. Gli «ingénieurs des ponts et chaussées» costituirono in Francia un solido corpo di funzionari Statali incardinati nel ministero più efficiente e burocratizzato della monarchia francese: il "Controllo generale delle finanze". Già dalla metà del secolo XVIII era stato avviato, in particolare in Francia, un processo di inquadramento normativo della professione di ingegnere civile in tutti i suoi aspetti, conseguenza dello sviluppo scientifico e tecnologico che caratterizzò l'Europa occidentale. L'École des Ponts et Chaussées era stata attivata nel 1747 e l'École Polytechnique nel 1794.

Mentre fin dal principio all'École Polytechnique venne conferito uno statuto militare (dopo i quattro anni di scuola gli allievi escono con il titolo di sottotenenti), l'École royale des Ponts et Chaussées accompagnò, in ambito tecnico, il processo di razionalizzazione dell'apparato statale avviato nel secolo XVIII. L'intervento diretto dello stato nel settore dei «ponts et chaussées» vide coinvolti vari organismi amministrativi e una miriade di interessi distribuiti nei diversi ambiti sociali. L'intervento

regio fu regolare ed efficace, attestato dalla quantità di realizzazioni e garantito dall'operato degli ingegneri statali incaricati della parte tecnica del servizio. Alla razionalizzazione dell'organizzazione statale si accompagnò la creazione di un corpo professionale che traeva dal legame con l'amministrazione pubblica la sua legittimazione politica e sociale. Non era un corpo assimilabile alle corporazioni di arti e di mestieri o alle altre forme corporative dell'antico regime.

Gli ingegneri del corps erano chiamati commissaires dato che erano ingegneri titolari di commissioni regie. Dall'organizzazione corporativa della società traevano alcune caratteristiche, come la gerarchia dei gradi, l'autodisciplinamento collettivo, la sorveglianza corporativa e uno spiccato senso dell'onore, pur anche proiettati, per mentalità tecnico - amministrativa e collocazione istituzionale al di là dell'orizzonte corporativo. Si prefigurava così la successiva configurazione sociale a base meritocratica del corps che lo farà passare indenne dalla rivoluzione, laddove corporazioni di mestiere, accademie scientifiche ed altre formazioni corporative furono soppresse. Esso è il primo esempio di quei grandi corpi tecnici dello stato che ancora oggi detengono tanto potere in Francia.

Nel Settecento l'ingegneria era di rigido monopolio statale. Nel secolo XIX nascerà una conflittualità con gli ingegneri privati, ma il potere e il prestigio degli ingegneri di stato inseriti nei grandi corpi tecnici dello stato e tutti ex polytechniciens, non verrà intaccato fino ad oggi. La centralizzazione tecnica che caratterizza il settore «ponts et chaussées» fu attuata con l'istituzione dell'École, esempio della «politique des grandes écoles» destinate a dispensare le conoscenze tecniche e la cultura amministrativa ai futuri agenti dello stato di Luigi XV. In contemporanea alla scuola degli ingegneri civili venne fondata l'«École du Genie» di Mézières, quella veterinaria di Lione e di Alford (1762 e 1766) e l'«École des mines» nel 1783. Tutto questo proliferare di istituti formativi fu reso possibile dall'interesse manifestato dal potere monarchico per il progresso e il sapere scientifico in un rapporto tra scienza e potere da cui entrambi trassero vantaggio. L'École introdusse significative novità nella formazione e reclutamento degli ingegneri. Fin dal 1747 gli ingegneri entrarono a far parte del corpo professionale dopo un periodo di istruzione all'École la cui lunghezza dipendeva dalle loro capacità; vennero avviati a quella cosiddetta «socializzazione corporativa» che li caratterizzerà nel tempo, al di là della preparazione professionale. La scuola attuava una rigida selezione tra gli allievi aspiranti al grado di sotto ingegnere, improntata esclusivamente ad un criterio meritocratico. Tale principio, che costituisce un elemento per la mobilità sociale, operava nella direzione del superamento della società di antico regime. Ai requisiti di nascita e status, si contrappongono il talento e il merito tipicamente borghesi che saranno sanciti dalla rivoluzione dalla quale l'École passò indenne. Gli «ingénieurs de la nation» di estrazione borghese si contrapponevano agli ingegneri militari di provenienza nobile: il nesso écoles - corps si conserva anche nella Francia odierna. I titoli scolastici, come lo erano i titoli nobiliari,

assicuravano a coloro che ne erano in possesso un monopolio legale, protetto dallo stato, per l'esercizio di determinate funzioni. Gli ingegneri di «ponte et chaussées» costituirono quella «élite de fonction publique» che traeva dal sapere tecnico - scientifico regolarmente acquisito e formalmente accettato la sua legittimazione politica ed il suo prestigio sociale. Era una modernizzazione che passava attraverso la formazione dispensata nelle «grandes écoles» che producevano personale tecnico altamente specializzato, irregimentato nei grandi «corps de l'état» e che trovava nell'apparato statale la sua spinta propulsiva. Il ruolo degli ingegneri statali nella società francese si comprende tenendo conto dell'intervento di uno stato molto centralizzato nello sviluppo economico e sociale. Il territorio francese venne rimodellato secondo criteri unitari, concepito anche come spazio integrato e politicamente controllato. Lo sviluppo settecentesco delle vie di comunicazione francesi era stato concepito secondo un disegno stellare vertente su Parigi.

Dagli ingegneri statali ebbe origine il tipo moderno del pubblico funzionario. La definizione «ponte et chaussées» fu utilizzata ancora da Colbert nel 1668 il quale predispose un «état du roi pour les ponts et chaussées» per organizzare le risorse finanziarie per la riparazione, manutenzione e costruzione di opere di pubblico interesse. Già nel 1615 e 1626 furono istituiti i nuovi uffici di tesoriere e controllore di ponti e strade. L'origine della parola chaussée è strada incassata, strada resa solida dall'empierrement, che si calza come una chaussure. Fino al XVI secolo le vie di comunicazione erano rimaste fuori dalle competenze del governo centrale e non avevano conosciuto un intervento di sistemazione globale e coerente. La loro costruzione e mantenimento erano demandati alle comunità locali o professionali, agli ordini monastici, ai concessionari dei pedaggi e la manutenzione affidata a questi ultimi o ai proprietari delle terre situate lungo il tracciato della strada. Nel 1690 l'architetto segretario dell'accademia di architettura venne nominato «contrôleur general des ponts et chaussées» col compito di «examiner tous les plans et devis envoyés des provinces»: fu il primo tentativo di centralizzazione del servizio. Si privilegiò la costruzione delle strade che collegavano i capoluoghi di provincia alla capitale e quelle con le frontiere secondo considerazioni di ordine politico - militare e economico - commerciali. Dall'esigenza di conoscere lo stato delle strade nacque il «bureau des dessinateurs», da cui prese le mosse l'«école des ponts et chaussées». La direzione fu affidata al valente cartografo Jean Prosper Marival coadiuvato da diversi disegnatori. In periferia gli ingegneri erano assistiti da «dessinateurs - géographes» (sotto ingegneri o sotto ispettori). Da questo scopo pratico nacque il primo nucleo dell'«École des ponts et chaussées». Annesso al bureau si creò un centro di perfezionamento ed istruzione per sotto ingegneri. L'estrazione sociale degli allievi era la borghesia medio - piccola: figli di gente del mestiere, o con cariche pubbliche o al servizio di grandi signori, medici, avvocati, notai, gestori di attività commerciali all'ingrosso: gente che aveva la possibilità di mantenere i figli a studiare nella capitale, benché spesso le condizioni non dovessero essere molto agiate. Si nota la tendenza al reclutamento interno allo stesso corpo degli allievi dell'école. Si costituirono vere e proprie dinastie

professionali, processo che sarà più marcato nel secolo XIX e del quale la famiglia Protche costituisce un esempio significativo. Molti discendono da accademici, membri dell'Accademia delle scienze e da intendenti provinciali dai quali ultimi dipendeva l'amministrazione periferica dei «ponts et chaussées». L'estrazione borghese e non nobile era servita agli ingegneri in epoca rivoluzionaria per presentarsi, in opposizione a quelli militari, come i veri «ingénieurs de la nation». Erano un'élite professionale che traeva la sua legittimazione sociale e politica dalla consapevolezza di possedere un sapere tecnico scientifico appreso in numerosi anni di studio e di applicazione. Lo sviluppo dei lavori pubblici e l'ampliamento delle attribuzioni agli ingegneri contribuì a determinarne la coesione e il rapido accrescimento degli effettivi del corpo. La carriera degli ingegneri era piuttosto lenta: il salto di qualità avveniva superando la demarcazione tra personale subalterno e superiore, cioè essere nominato «ingénieur en chef» di una generalità, cosa che avveniva con un «arret» del Consiglio; mentre era abbastanza facile divenire sotto ingegnere e ottenere la promozione ad ispettore, cariche in cui si trascorrevano buona parte della carriera; difficile era accedere alla carica superiore di ingegnere o terminare la propria carriera divenendo ispettore generale.

Jean Louis ricevette i suoi primi incarichi in qualità di ingegnere nella sede di Clermont, collaborando alla realizzazione di strade e canali francesi. Il primo intervento realizzato fu la costruzione del canale di congiunzione dalla Marna al Reno del quale l'archivio documenta le fasi costruttive, la realizzazione delle due gallerie sotterranee, i bandi e capitolati per la costruzione e i numerosi elaborati grafici e progetti tecnici, seguiti dagli incarichi per la compagnia Chemin de fer du Nord. La pratica e l'esperienza del giovane ingegnere si formarono nel corpo degli ingegneri dello stato come testimoniano i numerosi appunti, le copie commentate di relazioni e gli studi tecnici. Protche si inserì, divenendone uno dei protagonisti, nella corrente di formidabile attività che si sviluppò in quegli anni in Francia intorno alle costruzioni ferroviarie. La Compagnie des chemins de fer du Nord fu creata nel 1845 e finanziata dal banchiere James de Rothschild che ne divenne il primo presidente; tale carica venne rinnovata fino alla sua morte avvenuta nel 1868. La società costruì la principale stazione di Parigi, la Gare du Nord, come punto di partenza della linea Parigi-Lille che portava a nord e da Lille permetteva di raggiungere Dunkerque e Calais sul canale della Manica. Il suo scopo era quello di assicurare il traffico verso la regione del Nord, in particolare verso le regioni minerarie del Belgio e della Gran Bretagna. La prima linea ferroviaria da essa costruita fu quella che collegava Parigi a Douai e Lille. La rete ferroviaria venne presto estesa verso Valenciennes, Gand, Amiens e Boulogne.

Tra il 1852 e il 1889 la compagnia assorbì una ad una tutte le altre presenti nella regione (Picardie e Flandres, Nord-Est, Lille-Béthune, Lille-Valenciennes, etc.). Rapidamente la rete del Nord diverrà la più estesa e attiva di tutta la Francia; la compagnia si dotò del miglior ufficio studi per i materiali

ferroviari, come ad esempio le sue famose locomotive. La Compagnie du Nord proseguirà la sua attività fino alla nazionalizzazione del 1938 con la creazione della SNCF.

Ancora attorno al 1840 troviamo Protche impegnato nella costruzione delle grandi strade dipartimentali.. Construction entre Clermont Ferrami et Le Cenare con il capitolato d'oneri e la registrazione delle fasi della costruzione nel quale Protche si firma «monsieur Protche, ingénieur attaché a l'école des Ponts et chaussées, me Bertin n. 10, Paris». Se la stagione delle grandi costruzioni ferroviarie volgeva al culmine in Francia, in Italia vi erano ancora diverse difficoltà legate al contesto storico e politico italiano. Lo sviluppo venne frenato in Italia da fattori negativi quali l'accidentata orografia della penisola e, soprattutto, la divisione politica e l'influenza politica straniera che indirizzava la scelta di percorsi e di tecnologia secondo interessi diversi da quelli delle popolazioni che la struttura doveva servire. Non sempre infatti furono fatte le scelte più utili e più convenienti. Basti pensare alla costruzione della ferrovia Ligure il cui progetto fu deciso con apposita legge del 27 ottobre 1860, ma la cui realizzazione, a causa dell'impervia costa ligure, si rivelò tra le più difficili e costose del periodo. La ferrovia doveva correre per lunghi tratti (e in alcuni lo fa tuttora) a contatto con il mare e doveva seguire la tortuosità della costa per ridurre il più possibile il numero e la lunghezza delle gallerie. Anche le inclementi condizioni meteorologiche dell'inverno del 1872 crearono problemi a causa di smottamenti e violente mareggiate, che richiesero di realizzare varianti in corso d'opera. Inoltre, essendo lunghi tratti della costa inaccessibili da terra, si doveva ricorrere al trasporto dei materiali via mare e quindi le condizioni meteo marine erano determinanti per la durata dei lavori. Finalmente il 22 luglio 1874 la tratta fu attivata e con essa la linea poteva dirsi conclusa. Quest'ultimo tratto di linea fu veramente rivoluzionario poiché fece cessare l'isolamento dei piccoli paesi della costa ligure di Levante, tra cui le famose Cinque Terre, che finalmente disponevano di un collegamento diretto con il resto del mondo.

Insieme agli ingegneri Marsano e Spurgazzi, Protche si trovò a dirigere l'arbitrato richiesto in seguito alla controversia insorta tra la società costruttrice della ferrovia ligure e l'amministrazione del governo; ingegnere direttore governativo dei lavori era Alexandre Siben, già ingegnere responsabile della divisione di Pistoia durante la costruzione della linea Bologna-Pistoia. Chiusa o comunque rallentata la stagione francese Jean Louis arrivò in Italia, insieme a Puhn Talabot, uomo di fiducia dei Rothschild e plenipotenziario per i lavori ferroviari in Italia che aveva costituito la Società delle strade ferrate del Lombardo veneto e dell'Italia centrale insieme all'ingegnere capo Charles Du Houx.. La società coinvolse gli ingegneri più preparati disponibili sul mercato internazionale consapevole delle difficoltà che si sarebbero incontrate, soprattutto nelle aree appenniniche. La società aveva la direzione generale a Verona, Al Busche ne era il direttore

generale, ed era divisa in due direzioni: una con sede a Verona per le linee lombarde e venete, l'altra a Bologna per le linee in territorio emiliano e toscano.

Jean Louis Protche fu posto alla direzione dei lavori in Bologna con la carica di ingegnere capo. Nell'ottobre 1856 Protche si trasferiva quindi con la famiglia a Bologna (il commissario pontificio Zucchini ne dava notizia il 7 di ottobre), avutone il permesso da Paulin Talabot. Dalla direzione di Bologna dipendevano gli ingegneri di divisione, presenti a Reggio, Modena, Bologna e in seguito a Porretta, a Pistoia, a Ferrara. Erano tutti francesi tranne l'italiano Eleno Giarola. Daigremont era ingegnere di divisione a Guastalla - Reggio; Abèle Alard del tronco di Ferrara; Enrico Petit del tronco di Porretta, Begliuomini, poi Giarda di quello di Modena. All'interno di ciascuna divisione ogni dieci chilometri erano nominati ingegneri di sezione, a cui sottostavano impiegati ed ausiliari.

In seguito alla chiusura della Società delle strade ferrate lombarde venete e dell'Italia centrale confluita nella Società dell'Alta Italia nel 1865, Protche aprì a Bologna uno studio professionale in palazzo Boschi, via Foscherari n. 1190. A partire dalla metà degli anni Sessanta dell'Ottocento Protche, ormai divenuto celebre in ambito nazionale per l'attività svolta fino ad allora e potendo contare sulla solida preparazione ed esperienza professionale, insignito di numerose cariche ed onorificenze, intraprese l'attività di perito legale negli arbitrati richiesti dalle società concessionarie e dal ministero dei lavori pubblici. Le qualità professionali e la rinomanza acquisita fecero sì che gli venissero affidati importanti incarichi fiduciari nelle società che in quegli anni operavano nel settore delle costruzioni ferroviarie e nelle maggiori controversie che si verificarono. Protche fu chiamato ad eseguire perizie e a dirigere arbitrati di grande rilievo ed importanza. All'insorgere di contrasti intorno alle modalità di affidamento ed esecuzione dei lavori ferroviari veniva nominata una commissione arbitrale ferroviaria incaricata di stabilire i diritti delle parti e di esaminare la documentazione e i manufatti prodotti. La commissione doveva dirimere le controversie insorte tra le imprese e le società concessionarie. In seguito alla gestione dell'affare Frascara, Protche, in qualità di presidente del collegio arbitrale, costituì un ufficio le cui spese gravarono sulle parti: «per lo studio dell'affare Frascara, col quale il sottoscritto cominciò ad occuparsi di affari di arbitrato, si organizzò presso del medesimo, quale presidente del consesso arbitrale, e di piena intelligenza coi coarbitri signori cavaliere Brizio e Massa, un ufficio le di cui spese furono pagate senza osservazione dalle parti, dietro menzione fallane nella parcella degli arbitri». In seguito l'ufficio fu mantenuto; le relative spese furono sostenute dall'affare Genazzini, come anche risultante dai resoconti dei coperiti commendatore Spurgazzi e ingegnere Davicini e dai successivi arbitrati (d'Atri etc.).

Lo studio costituito presso l'ingegner Protche, come si evince dal regolamento per il suo funzionamento del 5 gennaio 1870, aveva per «oggetto di concorrere allo studio degli affari dei quali esso ingegnere ha da occuparsi. Quest'ufficio, sulle di cui spese non conviene al sottoscritto ne

di lucrare ne di rimettere, mentre però supporta naturalmente quelle che potessero risultare dall'eventuale conservazione di un impianto superiore ai bisogni, è del genere di quelli che sono presso tutti gl'ingegneri di società ferroviarie. Si tiene contabilità regolare, da potersi in ogni tempo controllare od esaminare, delle spese di detto ufficio, le quali comprendono, oltre lo stipendio degli ingegneri ed impiegati necessari: il salario del portiere d'ufficio, fatti salvi i servizi personali verso il sottoscritto (...), il fitto del locale d'ufficio corredato dell'opportuna mobiglia». Tale ufficio venne aperto prima in casa Frati, poi Lambertini. Le spese da sostenere erano quelle per la cancelleria e le stampe, quelle postali e telegrafiche, quelle di riscaldamento e di illuminazione.

Questi costi erano ripartiti fra gli affari diversi a cui erano applicati. Quando si trattava di grandi affari, come Frascara, D'Atri, Genazzini, Gonzales etc., affidati a consessi arbitrari e richiedenti molto lavoro preparatorio «che si abbia da eseguire nell'ufficio suddetto», le spese si dovevano conteggiare come spese comuni dei consessi, con controllo ed autorizzazione dei coarbitri e coperti. Nel regolamento dell'ufficio vennero anche elencati i giorni festivi. Protche stilò poi un resoconto dettagliato delle spese «incontrate per l'ufficio (compresovi le missioni in luogo) dall'origine a tutto giugno 1870». L'ufficio era stato aperto per queste funzioni, come si evince dal pagamento dell'affitto, dall'8 maggio 1867. L'attività dell'ingegnere Protche in materia di arbitrati iniziò con il cosiddetto "Arbitramento Frascara", dal nome della società imprenditrice.

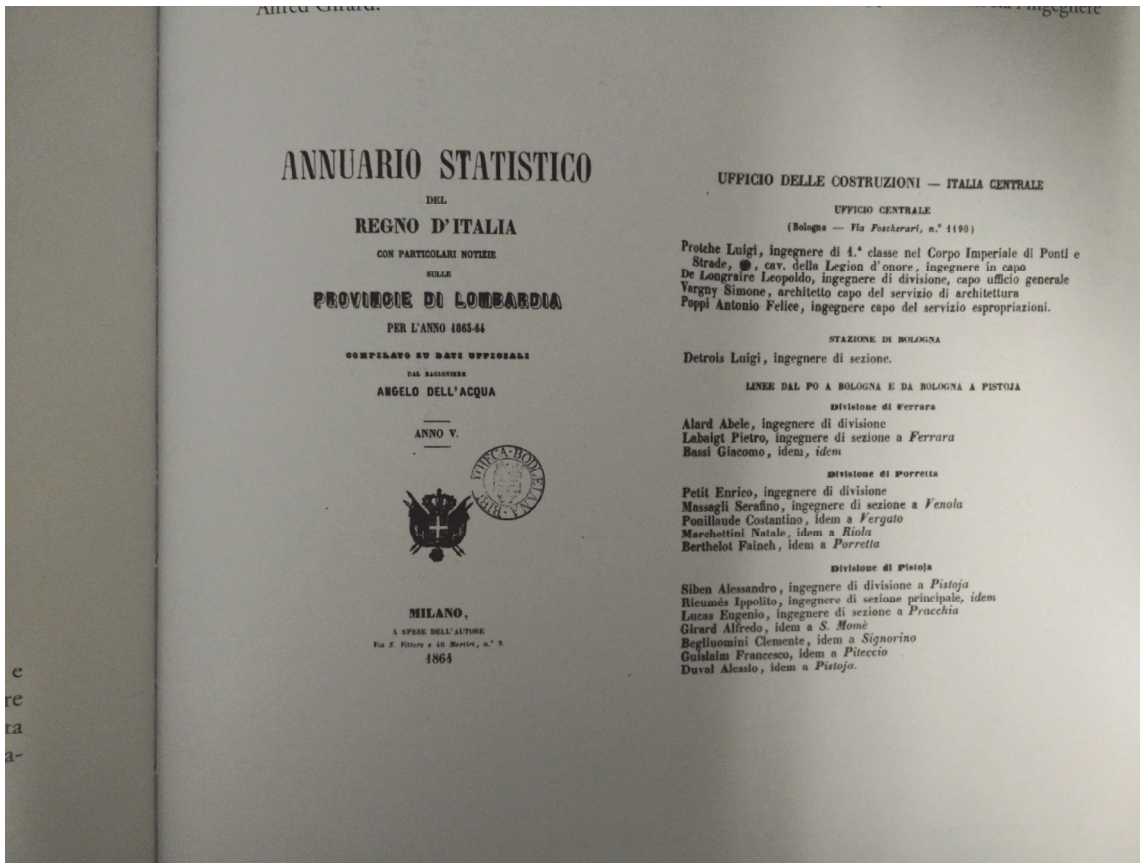
Il 21 marzo 1861 il governo italiano aveva nominato una commissione presso il ministero dei Lavori pubblici con il compito di determinare le linee da costruire e valutare le concessioni già decretate. La concessione per la costruzione delle ferrovie dell'Italia centro - meridionale fu affidata al francese Paulin Talabot il quale, non avendo risorse finanziarie sufficienti, si associò al barone Rothschild, già proprietario delle ferrovie dell'Alta Italia; quest'ultimo però pose alcune condizioni finanziarie e politiche inaccettabili per il parlamento italiano. Fu allora costituita, su iniziativa del conte Bastogi, già ministro delle Finanze del governo Ricasoli fino al marzo 1862, insieme a 92 banchieri appartenenti a diverse regioni italiane e con un capitale di 100 milioni di lire, la Società italiana per le strade ferrate meridionali. Con legge n. 763 del 21 agosto 1862 il governo fu autorizzato a concedere a Bastogi la costruzione delle ferrovie meridionali e in particolare la tratta Ancona – Otranto e la linea Napoli - Foggia. La concessione per la costruzione della linea Napoli - Foggia incontrò molti ostacoli e fu oggetto di dibattiti molto aspri, arrivando a variare il tracciato a lavori in corso, quando erano stati già realizzati circa 40 chilometri di linea, utilizzandone solo una parte; evento che causò il contenzioso legale per il quale Protche fu nominato presidente del consesso arbitrale.

Jean Louis Protche era stato invitato nell'aprile del 1866, con lettera della società "Chemins de fer méridionaux, lignes de Monopoli a Otranto et de Bari a Tarante. Entreprise Brassey, Parent & Buddicom", ad accettare il mandato di arbitro nella causa tra la società meridionale e l'impresa

Frascara insieme agli ingegneri Giuseppe Brizio e Mattia Massa. Nell'atto di compromesso, stilato a Torino l' 11 novembre 1865, firmato da Bartolomeo Bona, in qualità di direttore generale della società delle ferrovie meridionali e da Angelo Frascara, titolare dell'omonima impresa, si legge che «verte la lite avanti il tribunale di commercio di questa città fra la società italiana per le strade ferrate meridionali e l'impresa Frascara che, per contratto 9 dicembre 1862, ha assunto la costruzione della linea di dette strade ferrate da Salerno ad Eboli». La lite era stata causata dalla soppressione del tratto della linea Eboli - Conza, in seguito alla convenzione stipulata tra il governo e la Società per le ferrovie meridionali in data 28 novembre 1864 e 9 febbraio 1865, approvata con legge 14 maggio 1865 n. 2279. Si trattava di stabilire l'indennizzo dovuto all'impresa Frascara per la soppressione della linea citata.

Successivamente Jean Louis Protche, con convenzione del 16 marzo 1864, venne nominato perito nella causa arbitrale vertente tra la Società italiana per le strade ferrate meridionali e l'impresa Pietro Genazzini nella costruzione del tratto dall'Osente a Foggia. L'intervento degli arbitri doveva stabilire quali progetti di opere erano stati approvati dal governo all'epoca della stipula del contratto di cottimo tra la società e l'impresa Genazzini in data 19-23 marzo 1863, precisarne la natura e stimarne il valore. La società Genazzini aveva a sua volta appaltato all'impresa D'Atri, con contratto 30 novembre 1864, la costruzione dei fabbricati delle stazioni da Orta (dopo Foggia) a Brindisi e, con contratto del 2 dicembre 1864, la costruzione di quelle da Fasano a Brindisi e la costruzione della galleria di Ariano nelle Puglie. Insorte divergenze, col compromesso del 9 aprile 1868, si affidò il giudizio della vertenza agli arbitri e il consesso arbitrale si costituì il successivo 1 di giugno. Successivamente con compromesso del 5 settembre 1868 Jean Louis Protche era stato nominato arbitro nella controversia insorta tra la Società per le strade ferrate meridionali, residente in Firenze, rappresentata dall'ingegner Alessandro Fonio e dall'avvocato Achille Moretti, e l'impresa Ernest Gouin e compagni di Parigi, rappresentata dall'ingegner Sebastiano Fiorio, in relazione alle somme dovute all'impresa Gouin dalla società delle ferrovie meridionali in quanto affidataria della costruzione del tronco della linea da Foggia a Napoli compreso fra il Rivo albanese e la città di Benevento.

Infine lo studio professionale Jean Louis Protche fu chiamato a dirimere la controversia insorta tra la Società delle strade ferrate meridionali e l'impresa Gonzales per la costruzione del tratto da Pescara all'Osente e la causa d'arbitrato tra l'impresa costruttrice "Le Fennec e Monetti" e l'impresa generale "Vitali, Picard e Charles" e il governo nella costruzione delle ferrovie Calabro-sicule. Diversi altri interventi tecnici e numerose consulenze pubbliche e private caratterizzarono l'ultima parte della vita dell'ingegnere francese, fino alla morte avvenuta a Bologna il 31 marzo 1886.



L'Ingegnere Girard

L'Ingegnere Adolphe Alfred Girard, ultimo di tre figli, nacque a Polignyi (Francia) il 27 settembre 1827 da Pierre Francois Girard, proprietario terriero, e Françoise Euphrasie Bousson, casalinga. Non abbiamo, al momento, notizie sugli studi condotti dal Girard in Francia in età giovanile; sappiamo soltanto che conseguì la laurea in Scienze Edili (equiparabile all'attuale titolo in Ingegneria Civile) presso l'Università di Lione, il 6 giugno 1853. Sappiamo con certezza che nel corso dell'anno 1856 giunse in Italia al seguito dell'Ingegnere Jean Louis Protche, tecnico responsabile della progettazione e realizzazione della Ferrovia Transappenninica (Porrettana) nel tratto tra Bologna e Pistola, incaricato dalla Concessionaria "Società delle Strade Ferrate della Lombardia e dell'Italia Centrale".

Alfred Girard rivestiva l'incarico di Ingegnere di Sezione, responsabile di circa 10 chilometri di linea ferroviaria, ed a lui venne affidata la costruzione, sotto le direttive dell'Ingegnere di Divisione Alessandro Sibèn (direttore dei lavori tra Ponte della Venturina e Pistola), del tratto senza dubbio più interessante ma anche impegnativo di tutta la linea, quello di valico, che comportava le maggiori difficoltà tecniche dovute in particolar modo alla morfologia dei luoghi attraversati ed alla loro costituzione geologica, dovendosi superare il massiccio di Piastreta che costituiva lo spartiacque tra i bacini imbriferi del Reno e dell'Ombrone.

Confidando unicamente nella vecchia cartografia del rilevamento austriaco allora esistente, si dovette studiare una soluzione che potesse consentire alle locomotive dell'epoca di "scalare" l'Appennino. Venne così abbandonato il primitivo progetto del celebre costruttore Robert Stephenson, di realizzare un tratto funicolare tra la località di San Felice (presso Piteccio) ed il valico: soluzione semplicistica che, pur consentendo il superamento del forte dislivello esistente con costi limitati ed un percorso assai breve, avrebbe comportato un pesante onere per il successivo esercizio, con doppi trasbordi di passeggeri e merci tra le differenti tipologie di convogli sui tratti ordinari su rotaia e funicolare a cavo metallico.

La soluzione vincente, ideata dal Protche fu, come sappiamo, quella dell'avvolgimento della linea tra i contrafforti dell'Appennino, in modo da consentirne una graduale discesa verso Pistoia dalla sommità del valico: in tal modo fu possibile superare il forte dislivello di circa 550 metri tra Pistoia e Pracchia nei pochi chilometri che dividevano in linea d'aria le due località. Questa soluzione comportò anche la costruzione del mirabile tornante in galleria di Piteccio a sviluppo elicoidale; una soluzione geniale che anticipò quella del San Gottardo, ma che tuttavia non sarebbe stata negli anni

esente da problemi, dovuti soprattutto alla maggior produzione di fumo da parte delle locomotive sotto sforzo all'interno di un così lungo traforo, le cui caratteristiche penalizzavano, a causa della pendenza e della tortuosità, la marcia delle macchine.

Ritornando in particolare al tratto di valico compreso tra Pracchia e Sammommè, si rese necessario lo scavo del più lungo traforo della linea, la cosiddetta "Galleria dell'Appennino", di 2 725 metri di sviluppo, la cui realizzazione richiese circa sei anni di intenso lavoro (i minatori lavoravano anche di notte, su tre turni di otto ore) con squadre che operarono sia dai due imbocchi esterni di base che dall'alto, dai 4 pozzi verticali dislocati a diverse progressive.

Notevoli furono i problemi affrontati, causa la durezza del macigno appenninico che rendeva necessaria una continua produzione da parte dei fabbri - presenti nei cantieri di base ed alla sommità dei pozzi - di ingenti quantità di scalpelli che, nonostante la tempra, perdevano rapidamente il taglio contro la durissima roccia.

Una testimonianza del lavoro (e dell'immane fatica richiesta dallo scavo manuale del traforo) è data ancor oggi, per chi si rechi presso il pozzo n.3, sovrastante la galleria, dall'enorme quantità di pietrisco e detriti ancora visibili nel sottostante vallone; questo silenzioso ed appartato angolo d'Appennino, posto in una valletta, non rende infatti oggi giustizia alla frenetica ed ininterrotta attività che si svolse nel cantiere che vi sorgeva, nel quale 63 tra operai, fabbri e minatori vissero dal 1858 al 1864 in completo isolamento, circondati unicamente da boschi e da un alpestre torrente.

Fu proprio della realizzazione di quest'opera - lo scavo della grande galleria - che venne incaricato l'Ingegnere Alfred Girard. Ma non furono solo i problemi di ordine prettamente tecnico quelli che il Girard dovette affrontare-oltre a dover sovrintendere all'esecuzione dei lavori relativi alla linea ferroviaria, al pari degli altri ingegneri di sezione, venne incaricato dell'acquisizione ed esproprio, per conto della Concessionaria Società delle Strade Ferrate della Lombardia e dell'Italia Centrale", di alcuni dei terreni adiacenti alla costruenda ferrovia. Proprio in merito a tali operazioni, si può constatare un atto di "Esproprio di terreno convenuto' nei confronti di un certo Giovanni Pratesi, non in proprio ma in qualità di tutore "sulle ragioni dei Pupilli del fu Onorato Fronzoni" e relativo ad un terreno in "Provincia di Toscana-Comune di Porta al Borgo-Proprietà detta La Carbonaia" nella zona di Sammommè: tutto ciò ad ulteriore riprova del fatto che effettivamente l'Ingegnere Girard rivestiva un ruolo di responsabilità anche nel campo delle operazioni connesse all'acquisizione dei terreni destinati alla costruzione di quel tratto di linea.

Si è in precedenza accennato come Girard rivestisse l'incarico di Ingegnere di Sezione; il Protche su un percorso di 99 chilometri di ferrovia, aveva infatti creato una struttura operativa che prevedeva due ingegneri di Divisione: l'Ingegnere Petit, responsabile del tratto

Bologna-Ponte della Venturina e l'Ingegnere Sibèn, responsabile del tratto Ponte della Venturina-Pistoia. Il Girard rispondeva all'Ingegnere Sibèn quale suo diretto superiore.

È inoltre interessante notare come un altro Ingegnere di Sezione, Clemente Begliuomini, nativo di San Marcelle Pistoiese e responsabile del tratto immediatamente successivo a quello del Girard (in direzione di Pistoia), fu l'artefice di alcune delle più maestose opere d'arte della linea come la Galleria del Signorino ed il Viadotto Le Svolte, manufatto quest'ultimo che, presentandosi come un vero e proprio "balcone" sull'Appennino, consentiva e consente ancor oggi, di avere una suggestiva visione aerea sulla sottostante piana di Pistoia. Tra i due ingegneri, si era instaurato un profondo rapporto di amicizia, testimoniato da una fotografia qui presente, con dedica autografa di Girard "Al suo amico Begliuomini", nella quale il tecnico francese è ritratto accanto ad una sua "invenzione".

All'aspetto strettamente "professionale" della figura di Alfred Girard si lega quello, abbastanza singolare ma non meno interessante, dell'inventore. Fonti certe ricordano come Girard, nel periodo di permanenza in Italia, si diletta nella creazione di oggettistica varia e attrezzature le più disparate.

L'invenzione per certi aspetti più conosciuta (per i motivi che spiegheremo successivamente) fu quella denominata "Perforateur Girard a barre a mine automatique" (Perforatrice Girard a barre a palamine automatiche) che fu depositata dopo quella denominata "Mines Girard èlargies mècaniquemeni a leurfond" (Palamine Girard allargate meccanicamente verso il fondo). Nello specifico, gli attestati delle due invenzioni, allora chiamate "privative industriali" - l'equivalente odierno dei brevetti - furono rilasciati rispettivamente il 22 Ottobre 1863 (numero di protocollo 1959) e 21 Ottobre 1863 (numero di protocollo 1958).

Due anni più tardi, il 23 settembre 1865, le due privative industriali ottennero un "attestato di estensione" con il quale vennero riconosciute la validità e la peculiarità delle invenzioni stesse, ampliandone gli effetti a tutte le Province dello Stato. Il macchinario venne utilizzato, per alcuni mesi, nello scavo della Testa Sud della Galleria dell'Appennino (lato Sammommè) come dimostrato dall'esistenza di diversi rapporti giornalieri di cantiere in cui veniva fedelmente riportato il lavoro prodotto da queste macchine. A causa della particolare composizione geologica estremamente resistente del terreno, il loro uso dovette essere interrotto per far ritorno all'utilizzo dei tradizionali scalpelli a mano, di nuovo impiegati nella realizzazione dei fori destinati ad accogliere le mine con polvere nera. Negli anni 1871 e 1882 il Girard provvedeva a depositare due nuovi brevetti denominati rispettivamente "Machine Girard pour le percement des galeries a barres trapanatrices a helices" (Macchina Girard per la perforazione delle gallerie con barre trapanatrici ad eliche) e "Nouvelle barre a mines Girard" (Nuova barra a palamine Girard) con i quali proseguiva ed ampliava quanto da lui sperimentato con i brevetti del 1863.

Ad uno dei principali problemi che si era trovato ad affrontare nello scavo della Galleria dell'Appennino, la "durezza" della roccia, il Girard cercò di ovviare con la già citata invenzione della "Machine Girard pour le percement des galeries...", un'attrezzatura in grado di poter lavorare in presenza di "ogni tipo di asperità di roccia".

Altre invenzioni che abbiamo rintracciato in questo lungo cammino di ricerca avevano invece per oggetto macchine od attrezzature completamente estranee all'attività professionale dell'Ingegnere; potremmo parlare di mentalità e "vitalità" leonardesca dell'Ing. Girard nel senso che con il trascorrere degli anni, e non solo fisicamente, egli assumeva sempre più le sembianze del celeberrimo genio toscano traendo spunto da una qualunque occasione o circostanza per proporre una sua soluzione o solamente una sua idea che prontamente traduceva in specifiche descrittive e disegni che ai più risultavano sicuramente difficili da decifrare. Seguirono così alcune altre invenzioni, tra le quali merita ricordare quella denominata "Machine Girard pour battre les céréales" (Macchina Girard per battere i cereali), brevetto depositato in data 8 agosto 1876 con il numero 8664, e quella denominata "Roue Girard ou roue ailée dont les ailes peuvent a volente et a chaque instant s'ouvrir et se fermer dans une direction quelconque..." (Ruota Girard o ruota ad elica le cui pale possono in ogni istante aprirsi e chiudersi in una qualsiasi direzione...), brevetto numero 18010 del 9 aprile 1885.

ANNUARIO
SCIENTIFICO
ED INDUSTRIALE

REVISTA ANNUALE DELLE SCIENZE D'OSSERVAZIONE E DELLE LORO APPLICAZIONI
IN ITALIA ED ALL'ESTERO

CON
ESPOSIZIONE DEI LAVORI NAZIONALI DI STATISTICA E STORIA PATRIA

PER
FRANCESCO CRISPIONI E LUIGI TREVELLINI

con la collaborazione dei signori

PROF. FR. DENSA, DOTT. G. BASSO, PROF. F. BERTINI,
DOTT. L. FIGORINI, PROF. A. TARGIONI TOZZETTI, DOTT. T. GARUZZI,
DOTT. G. D'ARAGONA, DOTT. A. MORICOLA, DOTT. A. MARIANI,
ING. E. VENTURA, AVV. A. VALSERI
ED ALTRI SCIENTISTI ITALIANI.

Anno terzo — il 1866.

FIRENZE
STABILIMENTO CIVELLI

Via Pacinola, N. 29.

1867.

1115

LA PERFORATRICE GIRARD.

509

10.

La macchina perforatrice Girard.

La necessità di far presto e bene insegna di grandi cose; nell'arte delle costruzioni specialmente, la maggior parte delle invenzioni le dobbiamo ad alcune circostanze che formando degli impedimenti costringono a ricercare mezzi straordinari per superarli.

Le difficoltà che presentano i lavori di galleria quante macchine perforatrici non han fatto inventare? Quella di cui diamo notizia nel presente articolo si deve al sig. Alfredo Girard, che la ideò nell'occasione del perforamento della gran galleria di Pracchia, eseguito sotto la sua direzione.

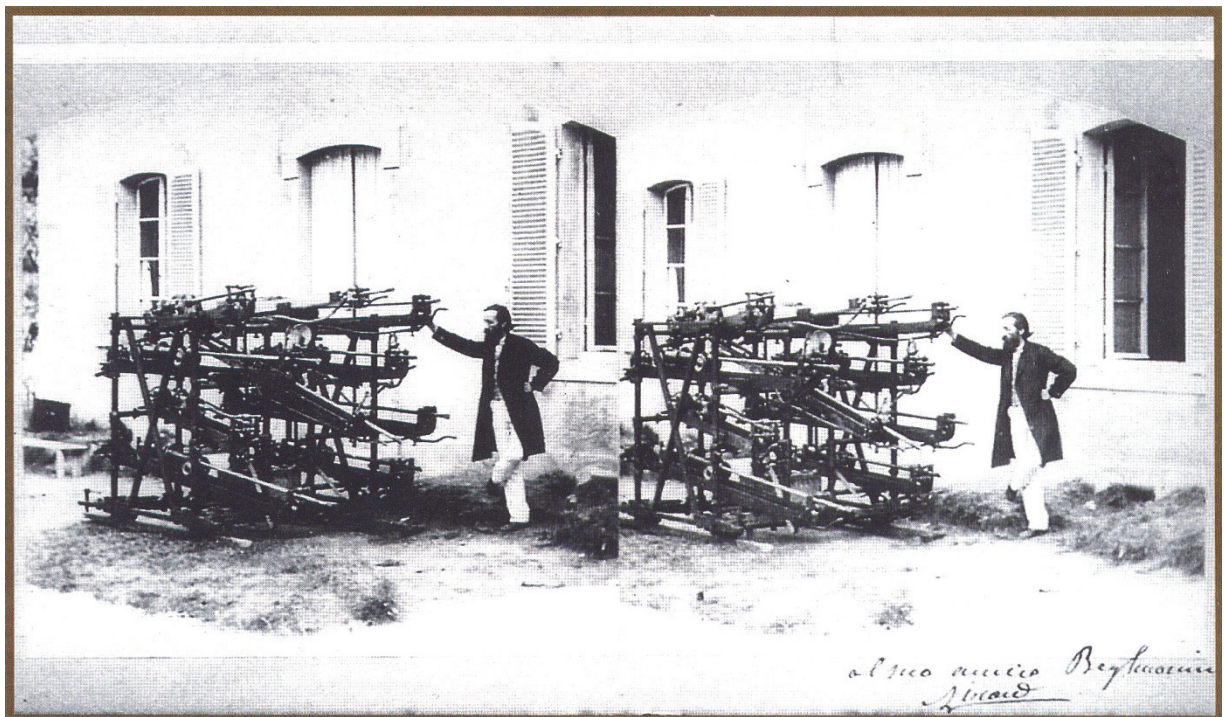
Il Ministero dei Lavori Pubblici, a cui il sig. Girard sottopose l'esame della sua macchina, nominava una commissione composta dei sigg. Ingegneri C. Mella, G. Sorba, G. Bussi, coll'incarico di studiarla e sottoporla ad esperimenti, come difatti si fece. La conclusione del rapporto di questa commissione è nei seguenti tre articoli che sono il risultato degli esperimenti da essa eseguiti in una piccola galleria trasversale a quella di Pracchia.

1° La macchina Girard può ridurre circa alla metà il tempo necessario al perforamento delle gallerie in piccola sezione coi mezzi ordinari anche in roccia di durezza eguale a quella del macigno degli Appennini Toscani;

2° La macchina Girard per il suo piccolo volume e la facilità con cui viene montata e smontata può essere applicata anche nelle gallerie meno accessibili;

3° Il costo dello scavo di galleria eseguito colla macchina Girard, se non inferiore, non sarà almeno superiore al costo dello scavo coi mezzi ordinari.

Il sig. Girard ritiene di poter applicare utilmente la sua macchina al perforamento delle grandi gallerie per la traversata delle Alpi: essa comprende anche 12 perforatori che possono lavorare contemporaneamente ed in diverse direzioni. Questi perforatori sono disposti sopra un telaio portato da un carro che si avvanza col progredire del lavoro. I perforatori oltre il moto progressivo hanno pure un moto rotatorio, che agevola il loro lavoro. Ogni perforatore è



Capitolo 4: La costruzione della Porrettana nei suoi punti cruciali: Soluzione dei ponti obliqui nel primo tratto Bologna- Pracchia , soluzione della galleria elicoidale nel secondo tratto Pracchia-Pistoia. Convenzione concernente l'assunzione, la costruzione e l'esercizio delle ferrovie nel Regno Lombardo-Veneto

Il periodo compreso fra il trattato di Aquisgrana ed i moti del 1848 può dirsi, per l'Appennino Settentrionale, il secolo delle grandi strade di comunicazione, poichè , infatti, tutte le più importanti strade di valico furono aperte o realizzate in questo periodo; il secolo successivo, fino grosso modo alla seconda guerra mondiale, fu invece caratterizzato dalle grandi realizzazioni ferroviarie. In precedenza, prima cioè dell'introduzione della ferrovia, il trasporto era realizzato, sotto la sorveglianza dei governi che ne stabilivano tariffe e modo, tramite servizi di posta, così denominati dal nome dei posti di tappa, generalmente locande e alberghi con stalle annesse; poi "posta " ha indicato anche la distanza tra due posti di tappa successivi, distanza che in pianura difficilmente superava le dieci miglia (16-17 km) e corrispondeva al tragitto che una coppia di cavalli poteva percorrere senza sosta. In montagna quindi le "poste " erano più greche, mentre sui percorsi più acclivi era prescritto l'impiego di un terzo cavallo. Per ogni posta, cioè per ogni cambio di cavalli, si doveva pagare l'importo stabilito dalla "tariffa delle poste". Il viaggio veniva effettuato generalmente tramite un calesse a quattro ruote, senza molle e con mantice aperto davanti, trainato da una coppia di cavalli, che portava due persone più il cocchiere: naturalmente esistevano carrozze più ampie e confortevoli, che richiedevano però un maggior numero di cavalli e quindi una maggior spesa. Le strade attrezzate per i servizi di posta , cioè i "relais" o cambio di cavalli, erano detti postali. Ad esempio il viaggio da Bologna a Firenze per la strada postale della Futa , comprendeva 13 poste e richiedeva dalle 12 alle 15 ore, a seconda dello stato delle strade, del senso di marcia, della durata delle soste.

Dopo l'apertura della strada Porrettana, che non fu mai strada postale, fu organizzato un servizio di diligenza in partenza da Bologna alle 4 di mattino, che in 14 ore giungeva a Pistoia. Da tutto ciò appare come il viaggio, effettuato anche nella prima metà dell'Ottocento, fosse lento, costoso e non privo di rischi. È quindi comprensibile che in questa situazione, e mentre nasceva in ognuno, sempre più forte, il desiderio di uscire dal proprio ambiente, grande fosse l'entusiasmo arrecato dalle notizie ,via via più precisi se e rassicuranti , del successo delle prime ferrovie inglesi, entusiasmo del pubblico ma anche notevole perplessità dei governi, per le temute conseguenze politiche di questo nuovo mezzo di trasporto collettivo. Il problema fu dibattuto in gazzette e riviste, ed economisti e uomini politici espressero il loro parere; a questo proposito, di notevole importanza

è l'articolo che Camillo Cavour pubblicò sulla rivista francese : “Des chemins de fer en Italie” del 12 maggio 1846, che lascia già intravedere quella che sarà la sua condotta nel movimento d'opinione che si va delineando; “ Se l'azione delle strade ferrate farà diminuire questi ostacoli , e fors'anche li farà sparire del tutto , si verranno a creare le più favorevoli condizioni per lo spirito di nazionalità italiana. Un sistema di comunicazioni che provochi un movimento incessante di persone in ogni direzione, che metta forzatamente in contatto popolazioni restate fino ad oggi straniere le une alle altre, contribuirà potentemente a distruggere le meschine passioni municipali, figlie dell'ignoranza e dei pregiudizi, e già minate dagli sforzi degli uomini illuminati d'Italia. Ed è per questo che noi amiamo segnalare le strade ferrate come una delle principali speranze della nostra patria”. Così la mentalità ferroviaria precorse e favorì quel sentimento di nazionalismo nei suoi tre aspetti di indipendenza dallo straniero, di unificazione territoriale, e di progresso politico, il cui trionfo ha portato all'unità d'Italia.

Come detto sopra la prima ferrovia italiana fu inaugurata nel 1839 nel Regno delle Due Sicilie e collegava Napoli con Portici, ma furono in special modo i governanti del Regno di Sardegna, del Lombardo-Veneto e del Granducato di Toscana a impegnarsi per sviluppare gradatamente una rete ferroviaria che rispondeva al binomio ferrovia- modernizzazione e che modificava la struttura economica e sociale del Paese, delle città e dei territori che attraversava. In particolare in questi Stati si verificò quello che può essere definito uno “sviluppo precoce” del dibattito ferroviario assieme a una “partenza anticipata” della realizzazione delle prime reti di strade ferrate.

Nel Lombardo-Veneto i primi progetti per la Milano-Venezia presero il via nel 1835, mentre nel Piemonte tra i sostenitori della necessità di realizzare le ferrovie si distinsero in particolare Camillo Cavour e Carlo Ilarione Petitti di Roreto e nel 1844 furono avviati gli studi per la ferrovia Genova-Torino. Nel Granducato di Toscana nel 1838 fu rilasciata la concessione per il progetto di una ferrovia destinata a congiungere la capitale con il porto di Livorno. La ferrovia Firenze-Livorno fu completata nel 1848 e prese il nome di “Leopolda”, mentre subito dopo si dette il via al progetto della linea Maria Antonia che doveva collegare Firenze con Lucca e quindi Pisa e Livorno transitando per Prato e Pistoia, con un tracciato che si sviluppava nella parte di pianura più vicina ai primi rilievi appenninici. La linea ferroviaria fu completata fino a Prato nel 1848 e fino a Pistoia nel 1851 ma si dovette attendere il 1859 per il completamento della linea per Lucca a causa dei difficili lavori per la realizzazione della galleria di Serravalle.

Già nella fase di progettazione e costruzione della Maria Antonia si accese il dibattito tra gli esponenti della cultura, dell'economia e delle amministrazioni locali sulla necessità di attraversare l'Appennino con una nuova ferrovia destinata a collegare la rete ferroviaria toscana, in particolare il porto di Livorno, con Bologna e il nord Italia e, con un tracciato di massima , la troviamo già indicata in una carta del 1844.

Ma mentre sul versante emiliano, dopo la scelta del papa Pio IX favorevole alle ferrovie non esistevano grossi dubbi sul percorso della linea, su quello toscano prese avvio fin dall'inizio un serrato confronto tra due possibili percorsi di valico: uno nel territorio pistoiese e l'altro in quello pratese. Infatti, a Pistola si diffuse rapidamente l'interesse per la questione ferroviaria e amministratori, uomini di cultura, imprenditori e ingegneri divennero protagonisti di una serie di iniziative a favore della scelta di Pistola come stazione di partenza della ferrovia destinata ad attraversare l'Appennino. Furono così compiuti studi, elaborati progetti e stampate pubblicazioni, spesso corredate da cartografie, in cui era sostenuta la scelta del tracciato della ferrovia nel territorio pistoiese, coinvolgendo i governanti e l'opinione pubblica nella scelta del luogo più adatto per il valico dell'Appennino e per il tipo di ferrovia da realizzare. Tutto ciò assume un particolare valore se si considera che allora Pistola era una piccola città alla periferia del Granducato, contava circa 10.000 abitanti, non era capoluogo di provincia, era al centro di un territorio suddiviso amministrativamente in ben cinque comuni, era governata da una classe dirigente non particolarmente coesa e con un'economia prevalentemente agricola-mezzadrile e un limitato artigianale artistico. Emersero in quel periodo alcune figure di studiosi, professionisti, imprenditori e ingegneri che contribuirono in modo attivo e determinante alla realizzazione di quella che diverrà la Ferrovia Porrettana. Le premesse per una concreta realizzazione della ferrovia furono poste dai fratelli Bartolomeo, Pietro e Tommaso Cini, esponenti di una famiglia di imprenditori di San Marcello Pistoiese, attivi nel settore della produzione della carta, ma anche rappresentanti di una élite culturale cosmopolita e aperta alle innovazioni e alle modificazioni sociali ed economiche. I tre fratelli all'inizio del 1845 si fecero promotori "... della costruzione di una Strada a rotaie di ferro destinata al transito pubblico da Pistola al confine della provincia Bolognese passando per le valli d'Ombrone e per quella del Reno", ottenendo nello stesso anno l'approvazione del Regio consiglio degli ingegneri toscani e nel mese di aprile la facoltà di predisporre i relativi studi. Contemporaneamente, però, si mossero anche gli esponenti più rappresentativi degli interessi della città di Prato che sostenevano una diversa soluzione.

Infatti, nel luglio del 1845, Giovanni Ciardi iniziò a perorare la causa di una linea che si dipartiva dalla sua città e giungeva fino Bologna e nel 1846 fu costituita una società "... per chiedere a S.A.I. e R. il Granduca di Toscana il permesso di fare eseguire studi tecnici di una linea indicata da Prato, per la valle del Bisenzio, a Montepiano" che incaricò l'ingegner Tommaso Bianchi di Parma di fare i necessari studi sostenuti poi anche dal professor Giuseppe Pianigiano e dall'ingegner Herschel Babbage. Nel frattempo i Cini presentarono un progetto di costituzione di una società anonima per la realizzazione della ferrovia pistoiese che fu approvata dai Granduca Leopoldo II alla fine del 1846.

Il progetto della linea era stato affidato a Tommaso, valente ingegnere, che, come afferma in una sua pubblicazione di alcuni anni più tardi, esaminò i vari passi dell'Appennino che mettevano in comunicazione il versante toscano ed emiliano, giungendo alla conclusione che il passaggio attraverso le vallate dell'Ombrone e del Reno, che per un tratto scorrono parallele, era il più adatto per la realizzazione di una strada ferrata. Sosteneva, infatti, che questa via era "... la meno difficile, preparata dalla natura, al passaggio di una strada ferrata per l'Appennino e ... fu appunto lungo di essa, ch'io presi nel 1845 a compilare un progetto per la costruzione di una simile opera"; che riassumeva così: "Per la compilazione di un tale progetto, del quale non mi nascondevo le difficoltà, feci lunghissimi e minuti studi sul terreno, non tanto delle due vallate principali che dovevansi riunire, quanto delle vallate secondarie che le fiancheggiavano. La disposizione però che dopo molti tentativi mi risultava la migliore era, partendosi da Pistola a metri 69.81 sul mare, di risalire l'Ombrone con una media pendenza di 1/50 fino a S. Felice alto metri 125.50; di qui il problema da sciogliersi era quello di giungere a Pracchia sul fiume Reno, dall'altra parte dell'Appennino, a circa 600 metri, donde non si trovavano più difficoltà gravi, né per pendenze, né per curve, per andare a Bologna. Due modi vi erano di sciogliere simile problema. L'uno era di staccare arditamente da S. Felice un piano inclinato quanto occorreva, fino a San Mommè, succeduto poi da un altro con una galleria piuttosto lunga, da attivarsi ambedue con macchine fisse a corde, e giungere così a Pracchia percorrendo la più breve distanza possibile. L'altro mezzo era di volgersi sui contrafforti dell'Appennino alla sinistra dell'Ombrone, e traendo il miglior partito possibile dalla disposizione del terreno, alzarsi a poco per volta fino al punto da poter fare una galleria non tanto lunga, conservando sempre pendenze tali da poter percorrere tutta la strada con locomotive. Seguendo questo sistema, potei svolgere la strada da S. Felice a Pracchia, sopra una lunghezza di metri 16,560 con pendenze che variavano da 1/40 a 1/80 e con curve il di cui raggio minimo era metri 350."

Come si vede il Cini, una volta scelto il valico pistoiense come soluzione ideale, affrontava la questione fondamentale del superamento del ripido dislivello compreso tra Pistola e Pracchia proponendo le due soluzioni tecniche del piano inclinato con macchine fisse a corde e dell'impiego delle locomotive.

Il progetto del Cini fu riassunto in una carta in cui erano illustrati i diversi tracciati del "piano inclinato a macchine fisse e controbilance" e l'andamento per locomotive"; sia l'uno che l'altro, inoltre, comprendevano due varianti. Tutte le soluzioni prevedevano l'uscita dalla città lungo la via Modenese, la risalita della valle dell'Ombrone sull'uno o l'altro versante e il superamento del crinale con una galleria che terminava nella valle del Reno a Pontepetri o a nord dell'abitato di Pracchia. In particolare il percorso con le locomotive comportava un tracciato a spirale con due completi avvolgimenti circolari per superare il dislivello finale prima di immettersi nella galleria di valico nei pressi di S. Mommè. Prendeva così corpo il tracciato "valle dell'Ombrone-valle del Reno", con la

galleria di valico tra San Mommè e Pracchia, che animerà il dibattito sulla Porrettana per quasi vent'anni e che preconizzava, nella sostanza, quella che poi sarà la scelta definitiva del suo percorso finale.

A sostegno delle idee del Cini e della sua società si schierò, già nel settembre del 1845, anche Paolo Savi, geologo e botanico. Lo scienziato pubblicò un opuscolo che esaminava la geologia dell'Appennino pistoiese portando un valido contributo diretto alla scelta del percorso attraverso le valli dell'Ombrone e del Reno.

Affermava il Savi: “dovendo esaminare la composizione e struttura dell'Appennino Pistoiese, onde conoscere le facilità e le difficoltà che potranno incontrarsi nell'attraversarlo con quella Via ferrata che unir deve la Lombardia, alla Toscana, ... sembrai conveniente d'incominciare dal caratterizzare geologicamente la catena appenninica”. Così, al termine di una dotta e completa dissertazione sulla costituzione geologica dell'Appennino Toscano in generale, e pistoiese in particolare, sosteneva che: “La parte N. O. del nostro Appennino ... offre delle particolari disposizioni di valli traile quali ve ne ha delle più favorevoli per stabilire una comunicazione per mezzo di via ferrata, fra la pianura lombarda, e quella Toscana: e questa appunto è la prescelta a tal'uopo dalla Società. I due fiumi che vanno a scaricarsi l'uno nell' Adriatico e altro nel Mediterraneo, scorrono per un tratto di cinque miglia, fra loro paralleli, giacché quello che termina all'Adriatico ... ha la sua origine entro una profonda valle. È questa l'alta valle del Reno ... L'indicata costiera a dunque, che e quel a per cui la Società si propone passare dal versante del Mediterraneo a quello dell'Adriatico, essendo situata in mezzo al letto di due fiumi d'opposto corso, tanto per la sua piccola elevazione, quanto per la mediocre larghezza della sua base, presentasi come la parte dell'intera giogaia, più adattata al passo di via ferrata mediante un traforo.”

Il Savi terminava, infine, con un esame della composizione e struttura delle rocce del punto di valico ed escludeva, facendo una previsione che si rivelò errata, che non si sarebbero incontrate acque sotterranee nello scavo della galleria.

Gli studi di Tommaso non ebbero però una conseguenza diretta poiché le sue vicende personali e gli eventi politici e bellici del biennio 1848-49 bloccarono completamente il progetto e alla fine del 1849 la società destinata alla costruzione della linea fu sciolta e la concessione ritirata. Con quest'atto si concludeva la fase preparatoria e pionieristica della costruzione della ferrovia di valico, sviluppata in una logica interna alla singola compagine statale, e si apriva la fase di un progetto di e si collocava in una logica internazionale coinvolgendo tutti gli stati presenti sui due versanti dell'Appennino. Negli stessi anni, infatti, anche l'ingegnere pistoiese Giuseppe Potenti si dedicava a studi e progetti per la realizzazione di una rete ferroviaria a dimensione italiana, affrontando anche il problema del collegamento tra la Toscana e l'Emilia.

Il Potenti fu uno dei più colti, preparati e attivi ingegneri ferroviari toscani e avvertì fin dagli anni Quaranta l'importanza delle ferrovie per l'unificazione, lo sviluppo e la crescita dell'Italia, anche con una visione ampia legata all'Europa e alle esperienze delle altre nazioni. Prese parte alla costruzione di ferrovie in Piemonte e al dibattito sul percorso delle linee toscane e visitò numerosi stati europei studiando le loro reti ferroviarie. Pubblicò i suoi studi sulle ferrovie italiane nel 1842 e, nel 1846 dette alle stampe un opuscolo e una carta ferroviaria d'Italia in cui tracciava le linee principali: la grande ligne vertebrale, da nord a sud, la grande jonction italienne, da est a ovest e le Chemin de fer execute, en execution et en project. Tra le linee in progetto compare la transappenninica nella quale il Potenti riprendeva l'idea ciniana riportando sulla carta un percorso che si staccava da Pistoia e giungeva fino a Bologna.

Nello stesso anno il Potenti disegnò la stessa ferrovia anche nella grande Carte itinéraire, historique et statistique des Chemins de fer" in cui figuravano le linee attive in tutta Europa. Nella carta figurano, e sono citate con un apposito cartiglio, le ferrovie europee in funzione in quel momento ed è indicata con sufficiente precisione anche la prevista strada ferrata da Pistola a Bologna lungo il Reno e con un percorso sinuoso nel versante toscano.

Nel 1846 anche un altro ingegnere pistoiese, Domenico Baldacci, con l'ausilio dell'ingegnere Francesco Bartolini, progettò una strada ferrata che superava il dislivello tra Pistola e Pracchia, con una linea che si sviluppava con un lungo rettilineo sul lato settentrionale della città, poi si dirigeva verso est e quindi iniziava a salire gradatamente con un percorso molto lungo e tortuoso, ma con poche gallerie, per giungere, infine, alla testata della valle dell'Ombrone, a nord di Villa di Piteccio. Lì il Baldacci proponeva due varianti: nella prima, la linea si dirigeva a ovest verso Cireglio, quindi tornava nella valle dell'Ombrone, per poi passare il valico con una piccola galleria nei pressi del passo della Castellina e giungere nella valle del Reno in località Le Panche; da lì, infine, proseguiva per Pracchia e Bologna. Con l'altra s'indirizzava decisamente verso est e, nei pressi di San Mommè, l'ingegnere prevedeva di realizzare la grande galleria di valico sbucando a sud dell'abitato di Pracchia.

In ultimo occorre ricordare anche la figura di Giovanni Antonelli progettista di numerose linee ferroviarie che valicavano l'Appennino da Firenze e Lucca verso Ravenna e Modena, oppure da Firenze verso l'Umbria. I suoi studi furono pubblicati tra il 1846 e il 1863 e contribuirono ad ampliare il bagaglio di conoscenze e riflessioni sull'ingegneria ferroviaria dell'epoca, in particolare sulle linee di montagna, e furono utilizzati anche per la progettazione della Porrettana.

Così, mentre si sviluppava l'acceso confronto con gli esponenti pratesi sul percorso di valico, si era formata nel Pistoiese una pattuglia di tecnici, geologi e ingegneri, che per oltre un ventennio animarono il dibattito sulle ferrovie toscane e l'attraversamento dell'Appennino,

fornendo progetti, studi e collaborazioni professionali che contribuirono alla realizzazione della linea Porrettana.

La progettazione e la costruzione (1851-1864). La convenzione del 1851

L'avvio delle procedure che avrebbero determinato la costruzione della ferrovia Porrettana si deve far risalire alla convenzione internazionale che venne sottoscritta a Roma il 1° maggio 1851 dai plenipotenziari di cinque Stati preunitari: l'Impero d'Austria, il Ducato di Parma, il Ducato di Modena, il Granducato di Toscana e lo Stato Pontificio. Con la firma della convenzione i rappresentanti dei cinque governi concordarono

... la costruzione di una strada ferrata che assumerà il nome di Strada Ferrata dell'Italia Centrale e che partendo, per una parte da Piacenza si debba dirigere per Parma a Reggio, e per l'altra parte staccandosi da Mantova proceda egualmente a Reggio, e di colà per Modena e Bologna a Pistoia od a Prato, secondo che sarà riconosciuto più agevole e men dispendioso il passaggio dell'Appennino, congiungendosi infine, nell'una o nell'altra di dette città, alla rete delle strade ferrate toscane. Si prevedeva anche che: "La costruzione della strada ferrata per l'Italia centrale sarà affidata ad una o più Società intraprenditrici" cui venivano assicurati protezione e assistenza negli studi e nei lavori, il diritto di esproprio, il privilegio esclusivo per cento anni, l'esenzione da imposte e la garanzia di un minimo di interesse sul capitale. Da parte sua la società concessionaria doveva, oltre ai normali lavori, permettere l'installazione del servizio telegrafico lungo la linea e assicurare il servizio postale gratuito.

Il progetto della Strada ferrata dell'Italia centrale si collocava all'interno di un sistema integrato di ferrovie del Lombardo-Veneto e della Toscana fortemente voluto dall'Austria e destinato a collegare il porto di Livorno con il nord Italia e il centro Europa. Per la realizzazione della ferrovia fu istituita a Modena una Commissione composta da cinque "Commissari", uno per ciascun governo, che doveva gestire i progetti, i contratti di appalto e l'esecuzione dei lavori.

Il testo firmato lasciava insoluta la scelta della città di arrivo sul versante toscano del tratto appenninico. Anche se fin dall'inizio il governo austriaco risulta essere stato favorevole alla soluzione pistoiese, la formula dubitativa adottata riaccese il dibattito sul tracciato della linea nel settore montano, sviluppato già fin dalla metà degli anni Quaranta da notabili locali e tecnici pratesi e pistoiesi. In questo clima, a sostegno del percorso pistoiese Tommaso Cini decise di pubblicare i risultati dei suoi studi sulle varie ipotesi di superamento dell'Appennino di alcuni anni prima, e riassunti nel capitolo precedente, giustificando così la sua uscita pubblica: "Avendo avuto

occasione, or sono quattro anni, di studiare minutamente una porzione dell'Appennino Toscano, per compilare il progetto di costruzione d'una strada ferrata che da Pistola si dirigesse verso Bologna [...] mi è sembrato che non sarebbe opera del tutto inutile il pubblicarne i risultamenti principali, adesso che la costruzione di una simile strada sembra prossima ad essere definitivamente stabilita. La importanza di una via ferrata tra la Toscana e il bacino del Po è grandissima; ma le difficoltà tecniche che ne accompagnano la esecuzione, sono egualmente grandi. Io non saprei trovare in Europa (ne credo vi sia pure in America) una strada costruita, la quale nella stessa lunghezza riunisca un ugual numero di difficoltà. Ciò non deve allontanare dal proposito di costruirla, ma deve rendere estremamente cauti nella scelta della linea.”

E concludeva che, comunque, "La strada da Pistola a Bologna per Val d'Ombrone e di Reno ha il vantaggio, che riunisce tutte le difficoltà nello spazio di soli 8 chilometri".

Nel 1852 la Società dei fratelli Cini, rappresentata da Vincenzo Amici e dal banchiere milanese Angiolo Mortera, presentò alla Commissione il progetto, che prevedeva il transito da Pistoia, insieme alla domanda di concessione che stabiliva un capitale di 75 milioni di franchi per la costruzione della linea e l'esercizio per 90 anni. Alla società tosco-milanese si aggiunse successivamente il banchiere triestino Pasquale Revoltella.

La Commissione scartò il progetto presentato dai pratesi, valutato meno dettagliato e dotato di capitali insufficienti e il 26 giugno 1852 fu stipulato l'atto di concessione con la società tosco-milanese-triestina senza specificare, però, il percorso definitivo e l'esatto punto di valico tra le valli dell'Ombrone e del Reno. Accollatori dei lavori risultarono gli inglesi Jackson, Brassey, Fell e Jopling. Nonostante ciò i pratesi non si arresero e il Ciardi tornò a proporre il suo progetto che da Prato, per il valico di Montepiano, conduceva a Bologna e nel settembre del 1852 pubblicò, insieme ad Antonio Giuliani, un opuscolo completato da una carta in cui i due illustravano dettagliatamente le loro idee.

Ciardi e Giuliani erano consapevoli della fase decisiva in cui si trovava la progettazione della linea e i due: “Approssimandosi il momento col quale l'Eccelsa Commissione internazionale pronunzierà intorno ad una scelta alla quale sono legate tante italiane speranze sottopongono alla pubblica opinione i loro studi.” Pertanto, proponevano un percorso che da Prato risaliva la valle del Bisenzio, proseguiva in quella del Setta, raggiungeva la valle della Limentra orientale e sboccava nella valle del Reno a Riola, o, in alternativa, alla Madonna del Sasso.

L'ipotesi pratese ebbe un'immediata risposta da parte pistoiese. Poco più di un mese dopo l'ingegnere Domenico Baldacci pubblicò un opuscolo contenente alcune considerazioni, che "rassegnava" all'eccelsa Commissione" e in cui dimostrava come fosse più conveniente e più facile il tracciato per Pistola, piuttosto che per Prato. L'ingegnere, però, non si limitava a contestare la tesi

pratese, ma riproponeva il progetto, elaborato nel 1846, e di cui si è già parlato, con una linea che partiva da Ponte della Venturina, risaliva la valle del Reno sul versante orografico sinistro, che riteneva più solido, fino a Pontepetri e con un traforo in località "Le Panche" si immetteva nella valle dell'Ombrone e quindi scendeva lungo le valli della Brana e delle Buri fino a Pistola, collocando la nuova stazione a nord della città in località "Lo Specchio".

Nonostante questi interventi nel 1853 fu sostanzialmente deciso il tracciato definitivo del tratto montano con la risalita lungo la valle dell'Ombrone e la galleria di valico tra S. Mommè e Pracchia e la discesa verso Porretta lungo la valle del Reno. Il progetto della linea, ormai decisamente indirizzato verso l'uso delle locomotive e scartando l'idea di un piano inclinato caratterizzato da eccessiva lunghezza e pendenza, fu illustrato in maniera chiara in una delle prime guide di Pistola compilata nel 1853 dall'abate Giuseppe Tigri che, al capitolo "Itinerario per le vie ferrate", scriveva:

“Itinerario per la via ferrata dell'Italia centrale, dalla stazione di Pistola a quella della Porretta.

Questa Via, secondo la convenzione del 1 Maggio 1851 stipulata fra i cinque Governi segnatori. Pontificio, d'Austria, di Parma e Piacenza, di Modena, e di Toscana dovrà essere aperta nel 1857. Si diparte dalla Stazione di Pistola, e percorre il territorio pistoiese fino alla Stazione di Pracchia per chi. 31 pari a mig. fior. 18,74. Dalla Stazione di Pistola si dirige verso levante per volger subito a settentrione, passando per i villaggi di S. Agostino e di S. Rocco; d'onde piegando a ponente presso Candeglia e S. Alessio, s'inoltra sotto il Colle gelato, varca la Val di Brana, e, oltre il luogo detto della Spagna, piega, al villaggio di S. Felice, a settentrione; dove fra questo villaggio e quel di Piteccio sarà una Stazione. Traversati poi i due piccoli fori, giunge a S. Mommè, e ivi, presso ai Lagoni, passa l'appennino per una Galleria di chilom. 2 e mezzo pari a mig. 1,51, avendo riuscita da settentrione sul piccolo Reno, dove trova la Stazione di Pracchia di seconda classe, e la Dogana di confine. Quindi or di qua or di là dal Reno, che è a confine col Pontificio, lasciando in alto a destra la Sambuca, giunge alla Stazione di Verretta, a chilometri 42, pari a miglia fiorentine 25,39. Da Porretta prosegue per Bologna, Modena, e Reggio; d'onde si stacca un ramo per Guastalla, e tocca il Po dirimpetto a Borgo-forte, dove si congiunge con la strada ferrata di Mantova, e col sistema delle vie ferrate Austriache: con un altro ramo poi tocca Parma e Piacenza. Qui è probabile che si colleghi a una Via ferrata per Milano, e a un'altra per Alessandria. Questa Via ferrata dell'Italia centrale da Pistola a Piacenza e a Mantova è di chilom. 270, pari a miglia fior. 163,23. Tocca direttamente sei grandi Città, percorre per 200 chilom. un paese piano, fertile e popolatissimo, da doversi presumere gran concorrenza di merci e di passeggeri.

Il tracciato della linea era ancora in una fase preliminare e ben diverso dalla sua reale attuazione. Le differenze più evidenti risiedevano nel passaggio a est della città con l'ampio tornante verso la valle dell'Ombrone e nell'imbocco sud della galleria di valico, ancora indeterminato.

Le scelte progettuali di quel periodo furono inoltre documentate in una pianta manoscritta e in una "Carta topografica del Compartimento Pistoiese".

In questo clima la società Amici-Mortera iniziò la sua attività. Il gruppo era stato scelto perché era apparso agli occhi dei commissari come quello più solido dal punto di vista finanziario. Questa previsione si rivelò ben presto del tutto infondata, tanto che già dall'anno successivo all'affidamento, cominciò a rivelare la sua debole consistenza. Anche i lavori, affidati all'impresa inglese, procedevano lentamente e in maniera insoddisfacente, anche a causa della morte sopravvenuta di Tommaso Cini. Infatti, nel tratto appenninico nel 1853 erano cominciati i primi lavori solo a Piteccio e a Pracchia ed era iniziato, con risultati limitati, lo scavo della galleria di valico. Le difficoltà economiche e i problemi tecnici portarono nel 1855 alla sospensione dei lavori in attesa del riordino finanziario e della riorganizzazione della società, finché la gestione della complessa vicenda non fu assunta dal governo austriaco che trasferì la sede della Commissione a Vienna, furono cercati nuovi finanziatori, si cambiarono i progettisti scegliendo tecnici francesi e la Commissione decise di rescindere il contratto.

La nuova convenzione

Si costituì così un nuovo gruppo finanziario i cui nomi rivelavano una maggiore solidità: il capofila fu il marchese Raffaello de Ferrari duca di Galliera, con la collaborazione del banchiere barone Rotschild, del Credito mobiliare viennese e del livornese Pietro Bastogi. Il 17 marzo 1856 venne stipulata a Vienna una nuova "Concessione della strada ferrata centrale italiana" con cui i cinque rappresentanti dei governi "segnatari della Convenzione di Roma 1 Maggio 1851"

“Dopo aver preso in maturo esame un relativo progetto, già presentato da S.E. il Marchese Raffaello de Ferrati, Duca di Galliera, danno, trasferiscono e concedono al prefato Sig. Duca come Mandatario dei Signori Concessionari delle strade di ferro Lombardo-Venete il diritto di costruire, e di attivare nel proprio interesse e a loro spese, rischio e pericolo la strada ferrata centrale italiana.”

Negli atti della nuova concessione era indicato con sufficiente esattezza il tracciato della linea e, in particolare, si risolveva in maniera definitiva il problema lasciato insoluto nel 1851 del percorso di valico dell'Appennino a favore di Pistola, poiché si stabiliva che: “La strada ferrata centrale Italiana dovrà partirsi dalla sponda destra del Po presso Piacenza per congiungere con la linea più retta e normale queste città con Parma, Reggio, Modena e Bologna, donde per la valle del Reno attraverserà l'Appennino per quindi incontrare a Pistola le strade ferrate toscane. Un braccio della stessa strada dovrà inoltre staccarsi da Reggio, e toccata Guastalla e Luzzara, passare con apposito

ponte il Po' a Borgoforte, dove andrà a immettere nelle strade ferrate Lombardo-Venete per Mantova.”

I lavori sulla ferrovia furono suddivisi in tre tronchi principali:

il primo dalla sponda destra del Po' presso Piacenza fino a Bologna compresa la stazione in quest'ultima città:

il secondo da Bologna a Pistola compreso il necessario aumento della stazione già esistente in questa ultima città in servizio delle strade ferrate Lucchesi, e della Maria Antonia, o una nuova stazione da ivi destinare a esclusivo servizio della centrale;

il terzo da Reggio alla sinistra del Po' fino all'incontro delle Lombardo-Venete per Mantova.

Pistoia diveniva così il terminale toscano della linea, rivelando però l'insufficienza della stazione inaugurata appena cinque anni prima, tanto che veniva prescritto il suo ampliamento o la costruzione di un nuovo apposito edificio.

S'indicavano anche i tempi per mettere in attività la linea: i lavori dovevano iniziare contemporaneamente in più punti nell'agosto 1856 e il primo tronco doveva entrare in funzione entro il 1856, il secondo entro il 1861 e il terzo entro il 1862.

Il relativo "Capitolato" dettava le caratteristiche principali della linea che doveva essere a due binari fino al piede dell'Appennino", avere curve amplissime e mai inferiori a 500 metri, con esclusione del tratto montano dove il raggio minimo doveva essere di 300 metri e con pendenze mai maggiori di uno in duecento. Solamente nello sviluppo della strada nell'Appennino potrà adottarsi la pendenza fino all'uno in quaranta".

Con il Regolamento della Commissione internazionale stilato il 30 novembre si completo il quadro internazionale degli organismi deputati a realizzare la nuova ferrovia. Veniva così definita la struttura organizzativa con i rispettivi compiti e i rispettivi componenti. La nuova Commissione era composta di cinque commissari in rappresentanza dei cinque stati firmatari della Convenzione del 1851 e costituiva l'anello di congiunzione tra gli stati coinvolti nell'impresa da un lato e la società concessionaria dall'altra. Disponeva di una propria sede in Modena, di personale tecnico e amministrativo ed era dotata di ampi poteri poiché: "... ordina e provvede a tutto quanto attiene alla costruzione, all'esercizio, al mantenimento ed alla amministrazione della strada ferrata e in particolare, esaminava e approvava gli studi e i progetti che comunicava ai vari governi attraverso i rispettivi commissari. Inoltre disponeva di un Ispettorato Tecnico composto da ingegneri sorveglianti. Lì, rilasciava il permesso all'esercizio della linea, acquistava il materiale rotabile,

determinava il numero delle corse e gli orari dei treni, assumeva il personale e predisponava i bilanci.

Al termine del processo di rinnovamento e riorganizzazione la vecchia società fu sciolta nell' Aprile del 1856 e il Consiglio d'Amministrazione della società il 30 maggio 1857 nominò direttore generale "Alfonso Busche Ispettore Generale di ponti e strade di Francia, al cui sapere ed attiva cooperazione noi ci compiacciamo aver affidata tanta parte della somma degli affari dell'intrapresa", mentre Paulin Talabot operava in nome e per conto della Commissione. Nel 1857 la progettazione definitiva della linea fu affidata all'ingegnere francese Jean Louis Protche, affiancato dal collega Du Houx e da altri tecnici francesi e italiani ed era già stato tracciato il percorso di massima della galleria dell'Appennino, come si può vedere nella carta del Granducato di Toscana del 1857.

In quell'anno era già predisposto il progetto di massima del tratto toscano poiché, come veniva comunicato a Reischammer: "La commissione ha approvato "in massima" il progetto del tratto compreso nel territorio toscano dal Fosso Faldo a Pistola con i tipi planimetrici ed altimetrici non che della elevazione taglio dei tre grandi viadotti che ricorrono inferiormente a Piteccio. E, infatti, cominciarono gli espropri sui due versanti della galleria di valico.

Convenzione concernente l'assunzione, la costruzione e l'esercizio delle ferrovie nel Regno Lombardo-Veneto

Stati interessati: Impero Austriaco- 1856

“Allo scopo di compiere, nell'interesse del Commercio, al più presto possibile la rete delle Strade ferrate del Regno Lombardo-Veneto e di semplificare possibilmente l'esercizio e l'amministrazione delle Strade di ferro, appartenenti all'I. R. Erario e formanti parte della rete medesima, venne conchiusa fra gl'II. RR. Ministri delle Finanze e del Commercio da una parte, ed i Signori:

in Vienna

Sua Altezza il Principe Giovanni Adolfo di Schwarzenberg, Presidente dell'I. R. pr. Società austr. di credito per il Commercio e l'Industria;

Sua Eccellenza il Conte Francesco Zichy (minore), Vice-Presidente della I. R. pr. Società austr. di credito per il Commercio e l'Industria;

Il Barone A. S. di Rothschild, Vice-Presidente dell'I.R. pr. Società austr. di credito per il Commercio e l'Industria.

La Casa bancaria di S. M. di Rothschild;

in Italia

Il Duca Rafaele di Galliera in Bologna;

Il Duca Lodovico Melzi in Milano;

Sua Eccellenza il Conte Giuseppe Archinto in Milano, l'ultimo rappresentato dai signori Sebastiano Mondolfo e C. F. Broth;

Pietro Bastogi in Livorno;

in Francia

Fratelli Rothschild in Parigi, rappresentati dalla Casa bancaria di S. M. di Rothschild in Vienna;

E. Blount e Comp. in Parigi;

Paulin Talabot in Parigi;

in Inghilterra

N. M. di Rothschild e figli in Londra, rappresentati dalla Casa bancaria S. M. di Rothschild in Vienna;

Samuele Laing in Londra;

Matteo Uzielli in Londra; rappresentato dal sig. S. Laing;

d'altra parte, sotto riserva della Sovrana approvazione di S.M.I.R.A., la seguente convenzione:

Art. 1 L'I.R. Erario cede ai detti signori le II. RR. Strade ferrate dello Stato situate nel Regno Lombardo-Veneto con tutte le loro pertinenze, si mobili che immobili, eccettuandone soltanto quel tronco che partendo da Verona s'inoltra verso il Titolo meridionale, onde abbiano ad esercitarle ed usufruttuarle per la durata di 90 anni.

Art. 2. Col diritto all'esercizio ed usufrutto delle II. RR. Strade ferrate Lombardo-Venete vengono pure ceduti ai surripetuti Signori, tutti i diritti ed obblighi dell'Erario verso terze persone, in quanto codesti diritti ed obblighi sieno inerenti all'esercizio ed usufrutto delle dette strade, o connessi al terreno sul quale sono situate, oppure consistano finalmente nell'obbligo di manutenzione e costruzione di ponti, strade e consimili.

Art. 3. Fra gli obblighi assunti dai detti signori, sono pare compresi quelli che consistono in prestazioni verso i possessori dei fondi espropriati od intersecati da quelle Strade ferrate, la cui scadenza non sia anteriore alla Sovrana approvazione della convenzione presente; stantechè l'Erario si dichiara tenuto a soddisfare agli obblighi di qualsiasi natura, scadenti fino al giorno detta Sovrana Sanzione del presente contratto.

Art. 4. Circa i tronchi delle II. RR. Strade ferrate Lombardo-Venete che trovansi attualmente in progresso di costruzione affidata mediante contratti regolari a determinati imprenditori, a modo di quello in fra Coccaglio e Bergamo, viene pattuito, che i surripetuti signori subentreranno col giorno della Sovrana approvazione di codesta convenzione in tutti i diritti ed obblighi derivanti per lo Stato dai surriferiti contratti.

A quest'effetto verranno ai suddetti Signori consegnate delle copie autentiche dei rispettivi contratti, e, occorrendo, gli originali stessi, contro ricevuta e promessa di restituzione ulteriore.

Art. 5. Si metteranno eziandio a disposizione dei detti Signori tutti gli studi preliminari concernenti la rete delle Strade ferrate Lombardo-Venete, nonchè ogni altro documento relativo esistente presso le autorità, tosto che ne sarà fatto l'inventario, contro regolare ricevuta e promessa di restituzione dopo l'uso occorrente.

Art. 6. La consegna delle strade ferrate e delle loro pertinenze avrà principio non più tardi di un mese dopo ottenuta la Sovrana Sanzione di questa convenzione, e verrà condotta a termine nel più breve lasso di tempo possibile, senza interruzione alcuna.

All'effetto della consegna ed assunzione verrà compilato un dettagliato ed esatto inventario steso in doppio esemplare, in concorso di chi rappresenterà il consegnante e gli assuntori.

Art. 7. La consegna, di cui sopra, sarà compiuta o considerata come tale, non più tardi della fine dell'anno 1856; seppero col primo gennaio dell'anno 1857 i surriferiti signori avranno ad entrare

nel pieno possesso delle Strade ferrate Lombardo-Venete e delle loro pertinenze, e ad assumerne essi medesimi l'amministrazione.

Art. 8. All'Erario incombe unicamente l'obbligo di consegnare le Strade ferrate e loro pertinenze in quello stato in cui esse saranno per trovarsi al tempo della consegna, e quindi esso non garantisce alcun danno od ammanco.

Nondimeno l'amministrazione dello Stato si presterà a fare risarcire dagli'impiegati od inservienti responsabili in via amministrativa, quelle sottrazioni ch'emergessero all'atto della presa di possesso in confronto dell'inventario, e che fossero ad essi imputabili, sempreché codesti impiegati non avessero a quell'epoca abbandonato il servizio dello Stato.

Art. 9. L'amministrazione dello Stato eserciterà le Strade ferrate per conto dei soprannominati Signori anche prima del termine indicato dall'articolo 7.

Ove la Sovrana Sanzione della presente Convenzione venisse abbassata entro la prima metà di un mese, l'amministrazione per conto dei concessionari avrà principio col primo giorno del mese successivo; e quando giungesse entro la seconda metà, la gestione per conto dei concessionari comincerà soltanto col primo giorno del secondo mese successivo.

In entrambi i casi avrà termine col finire dell'anno 1856, a meno che i suddetti signori assumessero l'amministrazione prima dell'epoca additata all'articolo 7.

Art. 10. Intorno alla gestione tenuta da gli agenti dell'Erario per la Società, si renderà conto esatto, e verranno alla medesima consegnati i ricavi in quanto questi le fossero dovuti a tenore dell'articolo 17.

Art. 11. Nel corso della gestione degli agenti dello Stato per conto dei concessionari, non potrà farsi spesa alcuna che non fosse indispensabile per mantenere non interrotto l'esercizio, o che non

derivasse dagli obblighi assunti a tenore degli articoli 2 e 4, se non dopo riportato un consenso in iscritto per parte dei concessionari oppure del loro rappresentante.

Art. 12. Il corrispettivo per la cessione delle II. RE. Strade ferrate Lombardo-Venete è fissato in cento (100) milioni di lire austriache, da versarsi, a scelta dell'Erario, in moneta effettiva austriaca o d'oro o d'argento.

Laddove per altro all'epoca della scadenza il valore dell'oro eccedesse relativamente a quello dell'argento la proporzione di quindici e mezzo ad uno, sarà in facoltà dei concessionari di diffalcare dalle somme da sborsarsi in oro, l'importo corrispondente a questa differenza. In caso contrario, ove cioè il valore dell'oro scendesse al disotto della soprannominata proporzione, l'Erario avrà il diritto ad un compenso corrispondente alla differenza.

Art. 13. Il versamento dei cento (100) milioni di lire austr. stipulati all'articolo precedente si farà nei termini stabiliti, come segue:

Venti (20) milioni di lire austr. si pagheranno entro mesi tre dalla Sovrana Sanzione del presente contratto.

Cinquanta (50) milioni verranno sborsati in cinque rate annuali di dieci (10) milioni ciascuna. — La prima di queste rate avrà scadenza un anno dopo quella dei venti (20) milioni; le altre successivamente un dopo scaduta l'anteriore.

Art. 14. I trenta (30) milioni residui verranno successivamente pagati con metà dei redditi netti annui delle Strade ferrate cedute ai soprannominati signori, nonchè di quelle concesse all'articolo 20, in quanto i redditi stessi siano per sorpassare il sette (7) per cento del capitale erogato per la costruzione ed attivazione di queste strade (art. 33 e 34.)

Il versamento di tali somme dovrà effettuarsi al più tardi entro trenta giorni dopo sanzionato il bilancio annuo.

Art. 15. Se prima, od all'atto del versamento della quinta delle scadenze annue, di 10 milioni, i sovranominati Signori dichiareranno di voler pagare i trenta (30) milioni di cui all'articolo precedente, in rate annue di dieci (10) milioni scadenti ciascuna rispettivamente nei due anni successivi, qualunque abbia ad essere l'ammontare degli utili a percepirsi per parte dei concessionari nelle due annate corrispondenti, eglino saranno disobbligati dal pagamento dell'ultima rata di dieci (10) milioni.

Art. 16. Sopra i cento (100) milioni stipulati all'articolo 12 non verranno pagati interessi, purchè i versamenti avvengano alle scadenze determinate dagli art. 13, 14 e 15; per lo contrario, in caso di ritardo di uno qualsiasi dei versamenti dovranno essere sborsati, in uno col capitale, gli interessi al sei (6) per cento decorribili dal giorno della rispettiva scadenza.

Art. 17. I detti Signori avranno diritto a percepire gli utili netti risultanti dall'esercizio, condotto per conto loro, a sensi del l'art 9, dopochè saranno stati versati i primi venti (20) milioni in uno cogli eventuali interessi di mora.

Art. 18. I sullodati Signori si obbligano a licenziare entro sei mesi decorribili dai giorno della presa di possesso delle strade di ferro, quelli fra gli impiegati od inservienti assunti dallo Stato, che i concessionarj non vorranno ritenere al proprio servizio, e di corrispondere loro le competenze di norma per il semestre successivo alla fatta intimazione. Nel caso per altro che durante il termine sopraccennato alcuno dei detti impiegati divenisse inetto al servizio, non potrà esigere una pensione per parte dei concessionari, assumendo, per patto espresso, l'Erario le pensioni e provvigioni loro, delle loro vedove e dei figli.

Art. 19. Ai sullodati Signori incombe l'obbligo di completare le ferrovie in esercizio che furono loro cedute a tenore dell'articolo 1, nonchè di costruire ed attivare i tronchi nuovi entro il tempo stabilito dall'articolo 21.

Tali tronchi sono:

- a) quello da Coccaglio per Bergamo a Monza, colla diramazione per Lecco;
- b) quello che da Casarsa va a raggiungere per Udine, Cormons presso Nabresina la Strada di ferro meridionale dello Stato;
- c) quello che da S. Antonio di Mantova dovrà prolungarsi sino alla sponda sinistra del Po presso Borgoforte.

Art. 20. Oltre ai tronchi indicati dall'articolo 19, i sovradetti Signori assumono l'obbligo di costruire ed attivare le seguenti strade di ferro:

- a) da Milano per Lodi sino a Piacenza, onde congiungersi colla strada ferrata della Italia Centrale, con una diramazione da Melegnano al confine presso Pavia, per rannodarsi alla strada ferrata Sarda per Genova;
- b) da Milano al confine Sardo presso Buffalora, onde congiungersi colla strada ferrata Sarda per Torino, con una diramazione per Sesto Calende, in corrispondenza colla navigazione sul Lago Maggiore.

Art. 21. I tronchi di Strada ferrata indicati agli articoli 19 e 20 dovranno essere compiuti ed attivati, rispettivamente; quello da Coccaglio per Bergamo a Monza entro due anni; la diramazione per Lecco entro anni tre; il tronco tra Casarsa e Nabresina parimenti in tre anni. Per l'attivazione delle Strade ferrate da Milano per Piacenza, Pavia, Buffalora e Sesto Calende è concesso un termine di cinque anni.

I prelodati Signori non hanno obbligo di prolungare la via di ferro di già attivata da Milano per Treviglio, circa la cui ulteriore destinazione verrà statuito dal Governo, dietro proposta da presentarsi per parte dei concessionari nel corso dell'anno 1857.

Art. 22. Riguardo alle congiunzioni colle Strade ferrate Sarde a Pavia e Buffalora i concessionari si sottoporranno alle stipulazioni dei rispettivi Governi.

Si accorda fin d'ora ai concessionari di disporre un binario da Strada ferrata sulla parte del ponte sul Ticino presso Buffalora che giace sul territorio austriaco, promettendo il Governo Austriaco d'interporre presso il R. Governo Sardo affine d'ottenere per la rimanente parte del ponte l'eguale agevolezza.

Art. 23. Il ponte sul Po presso Piacenza dovrà costruirsi in opera muraria, ferro battuto o ghisa ed il relativo progetto sarà da inoltrarsi entro un anno all'amministrazione dello Stato onde riportarne l'approvazione.

Metà delle spese di costruzione, ad eccezione di quelle dipendenti dal collocamento del binario da Strada ferrata, staranno a carico dell'Erario, che dovrà rimborsarle ai prelodati Signori a misura del progresso della costruzione, in rate trimestrali.

Art. 24. I termini stabiliti all'articolo 21 decorrono dal 1 gennaio 1857.

Art. 25. Il Governo trasmette ai prelodati Signori ogni diritto, derivante in suo favore dalla Convenzione per la quale la città e provincia di Bergamo si sono obbligate a cedere allo Stato gratuitamente tutti i terreni necessari per la stazione di Bergamo e per la linea da Coccaglio per Bergamo a Monza entro i confini della Provincia di Bergamo. Per l'osservanza di questo patto il Governo si obbliga ad interporre, occorrendo, la sua mediazione fra i detti Signori da una e la città e provincia di Bergamo dall'altra parte.

Art. 26. L'amministrazione dello Stato concede ai sullodati Signori l'uso gratuito del tronco della Strada ferrata meridionale dello Stato da Nabresina fino a Trieste, per il corso dei loro convogli, nonchè l'uso in comune colla detta amministrazione delle stazioni di Nabresina e Trieste. Viceversa l'amministrazione dello Stato si riserva l'uso promiscuo gratuito delle due stazioni di Verona e del tronco della Strada ferrata Lomb. Veneta che rannoderà la Strada ferrata del Titolo meridionale colle suddette stazioni.

Le disposizioni più precise verranno d'accordo stabilite con apposito regolamento.

Art. 27. Si concede pure ai detti Signori il permesso di costruire intorno a Milano una Strada ferrata di congiunzione e di fabbricare ivi una stazione centrale.

Art. 28. In caso che terze persone chiedessero di costruire delle Strade di ferro sia in continuazione, sia quali diramazioni delle Strade ferrate concesse, i detti Signori avranno, questi entro i confini del Regno Lomb. Veneto, la preferenza per la costruzione ed esercizio di tali strade di ferro a patto che accettino le condizioni proposte da terzi, e ne facciano valida dichiarazione entro mesi tre, dal giorno dell'avuta comunicazione.

Art. 29. Egualmente ove l'amministrazione dello Stato trovasse di costruire una Strada ferrata entro i confini del Regno Lomb. Veneto, offrirà ai detti Signori la concessione per la costruzione ed esercizio di tale Strada di ferro e non potrà intraprendere essa medesima la costruzione, nè darne la facoltà ad altri che nel solo caso in cui i concessionari non accettino espressamente entro tre mesi l'offerta concessione.

Viene inoltre concesso ai detti Signori di riunire alla loro impresa altre strade di ferro o parti di esse, sotto riserva dell'approvazione per parte dell'amministrazione dello Stato.

Art. 30. Tanto le strade di ferro, che già sono in esercizio, quanto le non terminate e quelle che sono da costruirsi contemplate dalla presente concessione, saranno possedute ed esercitate dai suddetti Signori con tutti i diritti ed obblighi portati dalla legge di concessione del 14 settembre 1854 (Bollettino delle Leggi, N. 238) e dal regolamento intorno all'esercizio delle Strade ferrate del 16 novembre 1851 (Bollettino delle Leggi del 1852 N. 1) in quanto non fu loro derogato colla presente convenzione, nè venga altrimenti stabilito da future disposizioni di legge.

Art. 31. L'uso delle ferrovie cedute ai detti Signori coll'art. 1, come pure la concessione contenuta negli articoli 19 e 20 e la prerogativa assicurata loro cogli articoli 28 e 29, avranno fine coll'ultimo giorno dell'anno 1948.

Art. 32. Tutte le strade ferrate cedute o concesse ai detti Signori, costituiscono un unico ente indivisibile, onde essi non potranno alienare parte alcuna, nemmeno sotto forma d'affitto.

Art. 33. L'amministrazione dello Stato garantisce, per le strade ferrate cedute ed in servizio, come per quelle da costruirsi ed attivarsi per tutto il tempo di cui sopra (art. 31), un utile netto, dedotte le spese d'amministrazione e d'esercizio, di cinque per cento d'interesse, più un quinto ($\frac{1}{5}$) per cento per il fondo d'ammortamento.

Tale garanzia comprende unicamente quelle somme, che a termine degli articoli 13, 14 e 15 saranno state e verranno successivamente sborsate per la costruzione e l'attivazione dei tronchi di Strada ferrata di cui agli articoli 19 e 20, come pure pel materiale mobile e scorte, provveduti nello spazio di tre anni dopo attivate le dette Strade di ferro.

Art. 34. Saranno pure compresi nel capitale di costruzione ed esercizio gli interessi pagabili durante la costruzione, in ragione del cinque per cento sulle azioni ed obbligazioni emesse.

Art. 35. All'oggetto però che l'Erario possa essere tenuto a prestare la garanzia assunta (art. 33 e 34) è dopo che vengano assoggettati al suo esame e da esso lui approvati i conti delle costruzioni.

Perciò in caso di ricorso alla suddetta garanzia la Società sarà in obbligo di presentare all'amministrazione pubblica uno stato degli introiti e delle spese dell'anno corrispondente, tre mesi prima della scadenza, rispetto a cui si verifica l'ammacco del quale l'Erario sarà tenuto in debito.

Un ritardo nella presentazione di detto stato darà diritto all'Erario ad una dilazione corrispondente pel pagamento da effettuarsi. Codesti pagamenti si faranno nelle valute stipulate all'articolo 12.

Art. 36. La garanzia di cui sopra, impone bensì all'Erario l'obbligo di somministrare ogni anno le somme occorrenti onde portare al cinque ed un quinto per cento i frutti del capitale, di cui agli articoli 33 e 34; ma le somme a quest'uopo versate dovranno considerarsi non altrimenti che come un'anticipazione fatta al quattro per cento, e tosto che le rendite nette saranno maggiori del garantito interesse annuo di 5 $\frac{1}{5}$ p. % si dovrà coll'eccedente rifondere le somme stesse imputando prima a sconto degli interessi e poi del capitale.

Art. 37. Il Governo è autorizzato d'ispezionare e sorvegliare col mezzo di un suo agente a ciò delegato ogni ramo di gestione della Società, affine di premunirsi contro tutti gli abusi nell'applicazione dell'articolo 33.

Art. 38. Viene condonata ai detti Signori per tutto il tempo stabilito alle costruzioni (art. 21 e 24) la metà dei dazi d'introduzione sopra tutti gli oggetti e materiali necessari alla costruzione ed esercizio del complesso delle Strade ferrate che saranno riconosciuti e certificati come tali per iscritto dall'agente a ciò destinato dal Governo. Codesto dazio di favore sarà peraltro limitato a quella quantità di materiali e scorte, che verrà attestata necessaria per intera durata della costruzione e per l'esercizio di tre mesi successivi.

Art. 39. Fino al termine dell'anno 1861, entro il quale dev'essere compiuta ed attivata la rete delle Strade ferrate, è concessa ai sullodati Signori l'esenzione dall'imposta sulle rendite.

Art. 40. Gli acquisti d'immobili fatti dalla Società all'uopo dell'esecuzione e dell'esercizio delle Strade ferrate comprese nella presente convenzione, sia per effetto d'espropriazione forzata, sia all'amichevole, sono esenti dalle imposte di trasferimento, portate dalla legge del 9 febbraio 1830. (Bollettino delle Leggi N. 50.)

Art. 41. Le corrispondenze riguardanti l'amministrazione delle Strade ferrate potranno spedirsi liberamente sulle linee delle Strade ferrate cedute, per mezzo degli impiegati dell'impresa.

Art. 42. I sullodati Signori sono autorizzati a creare stabilimenti, officine, orifizi, a possedere cave di carbone fossile, lignite e torbiere, ad acquistare boschi e foreste, sotto l'osservanza delle leggi generali sì attuali che future e sotto l'esplicita riserva che il disposto degli articoli 38, 39 e 40 non sarà applicabile a questa industria.

Art. 43. È concesso ai detti Signori di costituire una Società anonima colla residenza a Vienna, e di emettere azioni intestate a determinati individui od al portatore, il cui valore nominale non potrà essere, per ciascuna, minore di Lire seicento austriache. Non sarà per altro lecito di emettere azioni prima che gli statuti della Società non siano stati approvati.

La Società in total guisa costituita subentrerà in tutti i diritti ed obblighi dei detti Signori concessionari.

Art. 44. Affine di procurarsi ulteriori capitali, è concessa ai sullodati Signori, oltre all'emissione d'azioni, anche la creazione di obbligazioni, la cui somma totale, come pure le modalità e condizioni relative dovranno approvarsi dall'amministrazione dello Stato.

Anche queste obbligazioni potranno essere al portatore, ma non mai di un valore nominale minore di Lire austriache seicento ciascuna. Gl'interessi di codeste obbligazioni avranno un diritto di priorità sulla rendita delle strade ferrate, garantita dal Governo (art 33).

Art. 45. Ai detti Signori è conferito il diritto di percepire in oro, argento il prezzo dei trasporti, a norma delle seguenti tariffe.

I. Pei viaggiatori; per lega austriaca (pari a 7586 metri) nella

1. classe 20 carantani,

2. » 15 »

3. » 10 »

Questa tariffa si potrà aumentare di venti per cento per i convogli celeri con soli viaggiatori di prima e seconda classe. La celerità di tali convogli non dovrà essere minore di quella dei simili convogli sulle Strade di ferro esercitate per conto del Governo.

II. Per le mercanzie a piccola velocità per quintale austriaco (pari a 56 chilog.) e lega:

1. classe 1 carantano,

2. » 1 ½ »

3. » 2 carantani.

Il prezzo pei trasporti di qualsiasi altro oggetto, le tasse accessorie, la classificazione delle mercanzie e le altre condizioni pel trasporto saranno fissate conformemente alla tariffa promulgata il 24 gennaio 1852 dalla Direzione della strada ferrata Sud-Est austriaca.

Codesta tariffa costituisce un limite che non potrà venire oltrepassato senza autorizzazione del Governo.

Art. 46. Pel caso che le rendite nette eccedessero il quindici (15) per cento, sarà in facoltà dell'amministrazione dello Stato di far introdurre un corrispondente ribasso dei prezzi portati dalla tariffa, a senso dell'articolo 10, lettera e) della legge del 14 settembre 1854 sulle concessioni di Strade di ferro. In caso d'incremento straordinario di vettovaglie potrà il Governo stabilire per quelle derrate una riduzione temporaria dei prezzi di trasporto fino a metà del massimo della tariffa.

Art. 47. I trasporti dei militari saranno nella terza classe fatti a prezzo ridotto; cioè pei militari dal sergente in giù alla metà del prezzo. Ogni qualvolta l'amministrazione militare farà trasportare sulle Strade di ferro di cui trattasi, o truppe, od effetti militari, pagherà un terzo della tariffa ordinaria.

Pel trasporto di oggetti non classificati nelle tariffe, l'amministrazione militare pagherà solo i prezzi di tariffa stabiliti per le mercanzie di seconda classe.

Art. 48. I funzionari pubblici incaricati della sorveglianza alla gestione della Società o della tutela degli interessi dello Stato, in quanto questi si riferiscono alla presente convenzione, verranno trasportati gratuitamente coi loro effetti, qualora giustifichino la propria qualità ufficiale.

Art. 49. Con ciascun convoglio celere o da viaggiatori partente da una stazione principale, dovrà spedirsi, giornalmente e senza compenso, un vagone a quattro ruote ad uso esclusivo dell'amministrazione delle Poste.

Ove l'anzidetta amministrazione abbisognasse di più di un veicolo, pagherà per ogni vagone addizionale una tassa di soli centesimi dieci per chilometro.

Saranno esenti dal pagamento di porto o tasse le spedizioni postali ordinarie, siccome pure gli impiegati ed inservienti viaggianti per ordine dell'amministrazione postale. Incombe altresì alla Società il trasporto e la sorveglianza gratuita delle spedizioni postali non accompagnate da impiegati ed inservienti, nonché la cura dei vagoni postali.

E finalmente obbligo della Società di disporre gratuitamente nelle stazioni, in cui la Posta riceve e spedisce delle lettere, locali atti al servizio postale.

Art. 50. Qualsiasi fatto diretto a defraudare la Società di quanto le è dovuto per trasporto di merci o di viaggiatori, ogni falsa dichiarazione di qualità e di peso, come pure l'agglomeramento in un solo invio di articoli diversi appartenenti a persone diverse, sarà punito col pagamento della triplice tassa. Codesta disposizione verrà inserita nelle tariffe da pubblicarsi per cura della Società.

Art. 51. L'amministrazione dello Stato si riserva il diritto di erigere per proprio conto e pel proprio servizio i telegrafi elettrici, lungo le strade di ferro e sul loro terreno, o di valersi gratuitamente dei telegrafi della Società. In corrispettivo è concesso alla Società di stabilire telegrafi per conto proprio e di sospendere i suoi fili telegrafici ai pali dei telegrafi dello Stato. La Società non se ne varrà per altro, se non per le comunicazioni interessanti esclusivamente il servizio delle sue strade di ferro, e sarà sotto questo rapporto sottoposta alla sorveglianza delle competenti autorità.

Art. 52. Incombe alla Società l'obbligo di far sorvegliare gratuitamente, dalle persone addette al suo servizio, i telegrafi dello Stato esistenti o da erigersi in appresso lungo le sue strade di ferro, e d'imporre loro la cura delle piantagioni, fatte o da farsi, come pure le s'impone l'obbligo di notificare immediatamente i danni avvenuti, sia agli apparati telegrafici sia alle piantagioni rispettivamente alla prossima stazione telegrafica o all'autorità politica la più vicina.

Art. 53. La Società dovrà mantenere in buon stato la rete delle Strade ferrate L. V. per l'intera durata (art. 31) della sua concessione, e munirla dei mezzi di trasporto corrispondenti ai bisogni del movimento.

Art. 54. Se la Società non adempisse qualsiasi dei patti della presente Convenzione, l'amministrazione dello Stato sarà in diritto di prendere le disposizioni portate dalla legge 14 settembre 1854 di concessione delle Strade ferrate, ed al bisogno di ordinare gli opportuni rimedi.

Art. 55. Scorso il termine stabilito dall'articolo 34 della presente Convenzione, lo Stato rientra tosto nel possesso e godimento delle ferrovie cedute a tenore dell'art. 1; ed acquista pure, a titolo gratuito, la proprietà delle altre ferrovie costruite in base alla presente Convenzione coi relativi terreni, opere d'arte, lavori di terra, piano stradale ed armamento delle strade, nonchè delle loro dipendenze immobili, come stazioni, tettoie da carico e scarico, fabbriche nei punti d'arrivo e di partenza, casette da guardiani e sorveglianti coi loro annessi, macchine fisse ed ogni altro oggetto immobile o mobile, quali locomotive, vagoni, materiale, combustibili, approvvigionamenti di ogni sorte. Ciò vale pure per tutti gli annessi mobili ed immobili stati eseguiti per la manutenzione od il miglioramento delle Strade di ferro, cedute a tenore dell'art. 1. Rimarranno per altro proprietà della Società gli edifici indicati all'art. 42.

Art. 56. Le controversie che potrebbero sorgere intorno all'interpretazione dell'attuale Convenzione dovranno essere definite da arbitri.

Nascendo una tale controversia, la parte pretendente dovrà notificare in via legale alla contraria la scelta fatta dell'arbitro, invitandola a procedere dal canto suo a simile nomina. Ove codesto invito

non sortisse entro 14 giorni il dovuto effetto, sarà lecito alla parte attrice di passare alla nomina del secondo arbitro dandone semplicemente avviso all'avversaria.

Art. 57. In caso di discrepanza fra i voti dei due arbitri le due parti, e non accordandosi queste, i due arbitri nomineranno un terzo arbitro. Ove nemmeno gli arbitri potessero accordarsi intorno alla nomina del terzo, la di lui scelta, fra i proposti, si farà dipendere dalla sorte.

Art. 58. Ambe le parti saranno tenute di assoggettarsi alla concorde sentenza dei due arbitri od a quella del terzo arbitro, sempre che il lodo da esso lui pronunciato rimanga nei limiti risultanti dalle proposizioni dei due primi.

Art. 59. La Società dovrà consegnare le strade e loro annessi in buon stato. In caso diverso l'amministrazione dello Stato potrà far procedere alle riparazioni e spese della Società oppure obbligarvi quest'ultima. Nascendo disaccordo in proposito, si procederà come è detto agli art. 56 e 58.

Art. 60. Col 1° genn. 1949 l'amministrazione dello Stato avrà il diritto di prendere il possesso delle Strade di ferro e di amministrarle per suo proprio conto. Senonchè incomberà in allora alla Società l'obbligo di mantenere ed esercitare alla sua volta le Strade di ferro di cui trattasi, a richiesta e per conto dell'amministrazione dello Stato per il corso di altri sei mesi.

Art. 61. Entro i tre mesi successivi si renderà al Governo il conto della gestione per lui tenuta, e questo sarà considerato liquido, in difetto di rilievi entro il successivo trimestre da parte dell'amministrazione dello Stato. Se poi i rilievi non avranno schiarimenti entro sei settimane dalla partecipazione, dovranno ritenersi fondati i rilievi stessi. Si terranno poi per accettati gli schiarimenti se entro sei settimane non daranno luogo a rilievi ulteriori.

Art. 62. Scorso l'anno 1889, sarà in facoltà dell'amministrazione dello Stato il riscattare le Strade di ferro cedute e concesse a' prelodati Signori contro lo sborso di una rendita annua, pagabile semestralmente a tutto l'anno 1948.

Art. 63. Sulla dichiarazione dell' dello Stato di voler riscattare le Strade di ferro, di cui nella presente Convenzione, si avranno a rilevare le somme degli utili netti percepiti durante ciascuno dei 7 anni precedenti quello della notifica di riscatto, se ne diffalcheranno gli importi delle due annate più sfavorevoli, e si prenderà indi la media delle residue cinque annate. Codesta media sarà il montante della rendita annua che l'Erario dovrà corrispondere, e non potrà in verun caso essere inferiore al 5 e 1/5 per cento del capitale erogato, cioè all'importare garantito dall'amministrazione dello Stato a sensi dell'articolo 33.

Art. 64. L'Erario entra nel pieno possesso di tutte le Strade di ferro, di cui nella presente Convenzione col primo gennaio successivo alla notifica di riscatto. — Circa l'obbligo incombente alla Società di consegnare in buon stato le Strade di ferro e loro pertinenze, di mantenerle ed esercitarle, circa il diritto di risarcimento ed altri a ciò relativi, sta pure per questa evenienza il disposto degli articoli 55 a 61, colla modalità, che questi entreranno in vigore, non col primo gennaio 1949, ma bensì col primo dell'anno di cui nel principio di quest'articolo.

Art 65. In caso che la Società costituita a sensi dell'art 43 avesse a sciogliersi prima del termine dell'anno 1948, sarà in facoltà dell'amministrazione dello Stato di procedere giusta quanto è stabilito a verificarsi del 1.º gennaio 1949, agli articoli 60 e 61.

Art. 66. Finché non sarà costituita, a sensi dell'art. 43, una Società anonima, i prelodati Signori saranno solidariamente garanti dell'adempimento degli obblighi assunti colla presente Convenzione.

Art. 67. Per tutte le vertenze relative e scaturienti dalla presente Convenzione i detti Signori o la Società ad essi subentrata avranno a sottostare all'I. R. Ministero del Commercio, dal quale verranno emanati gli ordini e le decisioni e trasmesse per mezzo del Governo generale L. V. alla Società, la quale alla sua volta indirizzerà le proprie istanze direttamente o per l'indicata via al sullodato Ministero.

In fede di che la presente Convenzione venne stesa in doppi esemplari si in idioma tedesco che francese, di cui uno munito del bollo di 1 fiorino, essendosi per ultimo stipulato, che abbia a considerarsi testo originale e però a servire di norma in caso di contestazioni, quello steso in idioma tedesco.

Così fatto in Vienna il giorno 14 marzo dell'anno mille ottocento e cinquanta sei.”

I lavori

In quel periodo furono assegnati anche i lavori per il tratto appenninico, il più complesso dal punto di vista tecnico. La società appaltatrice risultò dalla fusione, avvenuta il 19 luglio 1856, della società modenese di Vincenzo Stefano Breda, Pietro Bonacini e Israele Guastalla con quella pistoiese di Angiolo Cheli, Metello Lapini e Giovanni Romanelli, con sede a Modena. I lavori vennero ripartiti fra i due tronconi della società: il tratto toscano venne assegnato ai toscani Cheli, Lapini e Romanelli con un contratto di appalto, quello pontificio da Sasso a Pracchia ai modenesi Breda, Bonacini e Guastalla.

La componente pistoiese della società appaltatrice riprese i lavori al punto in cui li aveva lasciato la precedente società per il tratto da Pracchia a Pistola, ricominciando dagli espropri dei terreni. Invece quello che potremmo definire prevalentemente pontificio, dal Sasso a Pracchia, la cui costruzione era stata assunta dalla componente emiliana, non venne neppure iniziato, poiché la società nel periodo precedente al 1859 era impegnata nella realizzazione della Piacenza-Bologna e su questa linea si lavorava alacremente al fine di rispettare i termini di consegna del lavoro. Questa situazione venne decisamente sanzionata dal granduca di Toscana che mostrò in modo chiaro di non gradirla. Solamente l'impianto di qualche cantiere lungo questo tratto impedì che le proteste toscane si manifestassero in modo più radicale, come risultava da una relazione dell'ispettore tecnico Campilanzi del marzo 1858, nella quale si affermava che da qualche tempo "a quei lavori fu messo mano in più punti e che sul posto si sono fatti larghi approvvigionamenti di materiale".

La situazione dello stato dei lavori nel tratto appenninico risulta da un documento del 1858. La commissione internazionale che dirigeva da Modena i lavori del tratto Piacenza-Bologna, avrebbe dovuto riunirsi, come di prassi, nel marzo di quell'anno al fine di procedere a un approfondito sopralluogo diretto ai lavori, ma in quel momento le "nevi che in questa stagione ingombrano tuttora la campagna impedirono di mettere in atto l'intendimento di uno de 'più grandiosi lavori che si va a compiere sul principio del prossimo mese di ottobre". La Commissione si riunì invece dal 20 aprile al 14 maggio 1858 e in questa tornata fu deciso di visitare tutta la linea da Piacenza a Pistoia. Il 30 aprile 1858, dunque, i commissari, accompagnati dall'ispettore Campilanzi, dal direttore generale Alfonso Busche, dall'ingegnere in capo Protche e dal dottor Beni percorsero la linea iniziando da Piacenza ed ebbero modo di constatare come i lavori sulla Piacenza-Bologna fossero in stato di notevole avanzamento, compresi i grandi ponti che dovevano attraversare il Taro e il Panare, mentre per quello sulla Secchia la prima pietra sarebbe stata posta dal duca di Modena nell'ottobre dello stesso anno.

Giunti a Bologna i commissari constatarono come al ponte sul Reno a Borgo Panigale, la cui prima pietra era stata posta l'anno prima alla presenza del Papa Pio IX, "restano due pile" sulle 15 previste e "la spalla sinistra a fondarsi", mentre l'accesso alla stazione per la via di circonvallazione e la porta Galliera risultava comodo, "lasciando che il Municipio di Bologna pensi poi a qualche altra maniera di comunicazione colla Città stessa quando credesse che la molta concorrenza di carri alla Porta Galliera difficoltà il libero e pronto accesso alla stazione", cosa che avvenne in seguito con l'apertura di via Indipendenza. Nello stesso maggio 1858 si era anche iniziata la costruzione della stazione di Bologna.

L'ispezione sul tratto appenninico cominciò l'8 maggio, ma percorrendo la valle del Reno fino alla Venturina i commissari non videro alcun cantiere aperto. Da qui proseguirono sulla strada carrozzabile Leopolda, aperta da poco più di dieci anni e raggiunsero Pistola. Quindi, con la guida dell'ingegnere Protche e dell'ing. di divisione Siben, risalirono la valle dell'Ombrone per raggiungere il crinale spartiacque verso la valle del Reno. Da Pontepetri arrivarono poi a Pracchia per verificare la situazione dei lavori alla grande galleria dell'Appennino e risultò così che, a parte l'avvio dello scavo della galleria di valico, il resto della linea non era stato affatto iniziato.

Anche la galleria del Signorino, che faceva passare la strada ferrata dalla valle dell'Ombrone a quella della Brana iniziando in questo modo la grande curva del primo tornante verso Pistola, non era ancora stata iniziata. La commissione infatti "nulla trovò da osservare perciocché, ad eccezione delle strade di servizio che mettono dalla Strada Porrettana alle teste del sotterraneo stesso e dei suoi pozzi, non sonovi cominciati i lavori". Anche il granduca di Toscana pochi mesi dopo, il 19 ottobre 1858, volle sincerarsi personalmente dello stato dei lavori e da Pistola si diresse fino a Pracchia in carrozza e di tale visita rimase una lapide, che non venne però mai murata forse per gli avvenimenti dell'anno successivo, in una villa nei pressi del Ponte Calciola dove il sovrano sostò.

Il progetto del 1858

In questo stesso anno 1858 l'ingegner Protche e i suoi collaboratori terminarono la stesura del progetto della linea e lo presentarono alla commissione. Le scelte fatte per il tracciamento della ferrovia e per i manufatti trovarono il consenso dei commissari che tributarono ... i debiti elogi agli Ingegneri della Società pel modo intelligente e accurato con cui diedero opera e compimento allo sviluppo del progetto di dettaglio di questo tronco il più difficile forse della Centrale Italiana. Fu approvato anche l'andamento delle due gallerie di Riola e Casale, sollecitando la società a iniziare presto i cantieri dei pozzi e concordarono sia sulla regola che imponeva di tenere il piano rotabile a un livello di almeno due metri al di sopra della linea di massima piena, sia su quella che prevedeva per i ponti "l'imposta della volta a m. 0,80 sulla massima piena" dei corsi d'acqua. Per le gallerie

venne imposto che dovessero essere costruite secondo la forma "prescritta per la galleria dell'Appennino dal voto Ghega e Manetti". I commissari constatarono anche le difficoltà che il progettista aveva dovuto superare per condurre la strada ferrata nella stretta e sinuosa valle del Reno dal Ponte della Venturina a Pracchia. Il fine di rendere il tracciato non troppo pieno di curve venne raggiunto "a furia di regolazioni del torrente, di ponti e di sotterranei", con la costruzione di ben sette ponti e tredici gallerie di lunghezza variabile da 88 a 313 metri e in ogni modo i raggi delle curve rimasero nei limiti imposti dal capitolato. Anche la progettazione dei viadotti subì alcune variazioni. Quello di Piteccio sul rio Castagno fu progettato per primo; era quello "sul quale saranno regolati quelli di Fabbrica e Fabbricaccia" e passò da una lunghezza di 174 m a una di 184,20 con 15 archi, ma più che altro si decise di realizzarli tutti con tre ordini di archi rispetto ai due inizialmente previsti. In realtà il progetto presentato dal Protche ai cinque della commissione internazionale nel 1858 non venne realizzato in toto, ma fu in parte modificato in corso d'opera. Lo possiamo arguire dalla comparazione delle planimetrie e della documentazione originaria con il progetto effettivamente realizzato nei vari tratti della linea e in particolare tra il Sasso e Venturina.

Il biennio 1859-60

Secondo il nuovo progetto i lavori procedettero regolarmente nel tratto di pianura. Nel maggio 1859 tra Bologna e Modena erano impegnati 970 lavoratori, tra muratori e manovali e la ferrovia era già terminata in quella stessa primavera. Ma le vicende della costruzione si scontrarono in quell'anno con l'accelerazione degli avvenimenti causata dai complessi eventi della seconda guerra di indipendenza che scardinarono il sistema politico preunitario e determinarono importanti conseguenze nell'assetto istituzionale della Ferrovia centrale Italiana e nei rapporti con i nuovi governi provvisori e con quello piemontese.

Il 1859 fu, infatti, l'ultimo anno in cui rimase in funzione la Commissione internazionale istituita nel 1851 dai governi di Vienna, Roma, Firenze, Modena e Parma. Il 26 aprile scoppiò la guerra che vedeva impegnate le truppe piemontesi e francesi contro gli austriaci; il 27 il granduca di Toscana fuggì da Firenze e fu sostituito dal Governo provvisorio, determinando in questo modo per la Commissione una situazione di grave difficoltà e l'impossibilità di proseguire nella propria attività. Gaetano Zucchini, rappresentante del governo pontificio all'interno della commissione, il 1° giugno scriveva all'Anronelli sottolineando che:

Alla partenza del legittimo Sovrano di Toscana, non vi è più una legale rappresentanza di quel governo. Anche il Commissario Estense appartenendo all'Armata del Duca di Modena quale Capo dello Stato Maggiore, mi ha fatto capire che le necessità del suo servizio lo possono obbligare alla rinuncia delle incombenze di Commissario, ne si pensa a sostituirlo.

Dopo la vittoria di Magenta del 4 giugno la via di Milano era oramai aperta per Vittorio Emanuele II e Napoleone III e con l'armistizio di Villafranca la Lombardia fu ceduta al Piemonte. Il 7 giugno lo stesso Zucchini scrivendo ancora all'Anronelli sostenne che, di fronte al precipitare degli avvenimenti la società costruttrice avrebbe voluto aprire la linea il 1° luglio e per questo aveva preparato dieci locomotive, costate 200.000 franchi, che si trovavano a Piacenza. Egli consigliò di portare le locomotive a Bologna "... dove in territorio neutrale e rispettato da tutte le potenze non può esservi timore di abuso delle medesime". Ma anche in questa città cambiò ben presto la situazione poiché cinque giorni dopo, il 12 giugno, il cardinale legato, rappresentante in loco del potere papale, partì dopo una dimostrazione popolare. Anche a Modena e Parma furono nominati, il 9 e l'11 giugno, i nuovi governi provvisori. Nonostante ciò, e pur in presenza di questa caotica situazione militare e politica, la ferrovia Piacenza-Bologna venne aperta "al pubblico servizio". Il 21 luglio 1859 così annotava il Bottrigari:

“In questo giorno 21 corrente venne aperta al pubblico servizio la Ferrovia che da Bologna giunge fino a Piacenza. Questo sublime trovato dell'ingegno umano, si può dire nuovo per noi, riunirà queste popolazioni alle altre provincie dell'Italia superiore, colle quali desideriamo di condividere le sorti politiche, e sarà strumento di ricchezza e di fratellanza fra gli Italiani.” In funzione della nuova situazione politica, la stampa cominciò subito a sottolineare l'importanza della nuova linea, proprio in relazione alla questione incombente dell'unificazione nazionale. Il «Monitore di Bologna» riferendosi al 24 luglio annotava: Domenica pertanto, col mezzo della ferrovia, cittadini e guardie nazionali di sei città dell'Emilia potevano radunarsi in Parma sotto di un solo vessillo, ed acclamando un solo Rè. Col treno delle sei antimeridiane partivano da Bologna buon numero di cittadini, e non pochi ufficiali e soldati delle nostre Guardie Urbane e Provvisoria. Acclamati lungo la via dagli abitanti delle campagne univansi a Modena ed a Reggio a distaccamenti di quelle Guardie Nazionali che coi loro uniformi, con bandiere e con musicali concerti venivano anch'essi a prendere parte a quest'atto solenne di fratellanza, a questo politico avvenimento non meno importante che commovente. Da Piacenza poi, oramai, si poteva raggiungere Alessandria e la capitale del regno sabauda, Tonno, cosicché il Bottrigari, nel gennaio 1860, ricordava che:

... col giorno 20 la corsa delle strade ferrate percorrerà da Bologna fino a Torino circa in dieci ore di tempo.

Il completamento della linea tra Bologna e Firenze, assumeva un significato ancora maggiore in funzione del collegamento nord-sud in un futuro, ma sempre più probabile, stato unitario. Mentre in Emilia si apriva il tratto di pianura una relazione del 19 agosto 1859, redatta a Firenze, illustrava in maniera esauriente lo stato dei lavori sul tratto montano toscano, sottolineando il buon andamento dello scavo delle gallerie e la situazione di cinque imponenti viadotti: al di là degli Appennini la massima parte dei lavori per la Strada Ferrata Centrale Italiana sono rimasti sospesi a cagione degli

ultimi avvenimenti politici che si sono verificati nel territorio bolognese sino a Piacenza e a Borgoforte. In Toscana però non soltanto sono stati proseguiti quelli che erano già iniziati nella parte più montuosa come per esempio il traforo dalla valle del Reno a Pracchia in vai d'Ombrone, a Cataldera, quello sotto il Signorino dalla Val d'Ombrone in vai di Brana che sono i principali, ma altri otto sotterranei di minore importanza furono incominciati sono quelli di

Secchete, 1

Ponticelli, 2

Corbezzi, 3

Cugna, 4

Calde, 5

Casaleccio, 6

Piteccio, 7

Castagno, 8

E tra questi vi è il n. 7 di massima difficoltà atteso che trovasi in curve disposte in senso inverso e alla complessiva lunghezza di m 1560 dei quali sono perforati n. 96. Viadotto Ombrone a sei arcate alto 30 m. finito, tre viadotti alti 48-50 m Castagno, Fabbrica, Fabbricacela in corso. Disposizioni per cominciare viadotto Borrina. Mille operanti settimanali impegnati nei lavori.

Gli avvenimenti della primavera e dell'estate ebbero importanti conseguenze anche per la struttura istituzionale delegata a costruire la ferrovia. In una nota stilata di comune accordo i due governi provvisori emiliano e toscano prendevano atto del nuovo assetto politico e venivano stabilite le seguenti:

Disposizioni da prendersi per la Strada italiana ferrata dell'Italia Centrale:

1. I due governi dell'Emilia e della Toscana inviteranno la Società concessionaria della ferrovia dell'Italia centrale a riconoscere i governi stessi e ad entrare con essi nelle opportune trattative
 2. La Commissione internazionale della Strada anzidetta costituita dalla Convenzione di Roma del 12 maggio 1851 verrà disciolta
 3. Verrà ricomposta una Commissione Nazionale per la Strada ferrata Italiana Centrale all'oggetto di trattare con la Società concessionaria e modificare quelle condizioni della Convenzione che fossero incompatibili nella situazione presente
-

4. Esaminare se la Strada ferrata tra Bologna e Pistoia sia per avere le condizioni di stabilità di suolo che ne assicurino la durata e le condizioni di pendenza che si richiedono per un esercizio proporzionato al movimento commerciale tra Toscana e Bologna

5. La commissione nazionale è posta sotto la dipendenza dei Ministeri dei Lavori Pubblici dei Governi dell'Emilia e della Toscana

6. La commissione nazionale sarà composta da un commissario eletto dal Governo dell'Emilia, da uno eletto dal Governo della Toscana e di un terzo eletto dai due Governi prendendolo dal Regno di Piemonte e Lombardia.

Le disposizioni introducevano alcuni elementi importanti. Innanzi tutto i due governi provvisori decidevano di non interrompere i lavori e si ponevano come interlocutori istituzionali della società concessionaria e quindi diretti responsabili e attori primari della prosecuzione del progetto. L'altro fatto rilevante era costituito dallo scioglimento della Commissione internazionale del 1851 sostituita da una Commissione nazionale composta dai rappresentanti dei due governi e del Regno Sabauda. In questo modo la Ferrovia entrava in una logica che presupponeva l'esistenza di un futuro governo unico dell'Italia o, perlomeno, dell'Italia settentrionale e della Toscana così come stava prendendo forma dopo il fallimento, di fatto, del quadro istituzionale previsto dagli accordi di Plombières.

Il punto quattro, inoltre, sembra accogliere l'antica polemica sollevata dagli scritti del Baldacci sulla scelta del tracciato elaborato dal Protche e, forse, l'ingegnere pistoiese aveva colto l'occasione della nuova situazione politica per riproporre la sua tesi trovando, a quanto sembra, una cauta accoglienza.

Con i plebisciti dell' 11 e 12 marzo 1860 anche l'Emilia e la Toscana vennero annesse al Regno sabauda e nella nuova situazione politica e istituzionale i lavori subirono un'accelerazione, ma, contemporaneamente le nuove strutture amministrative desideravano avere un quadro completo della costruzione della ferrovia e per questo fu richiesto al regio commissario per le Strade ferrate toscane di fornire notizie precise sulla impresa della Strada ferrata Centrale Italia dalla sua prima istituzione fino al presente [...] di compilare un rapporto corredato di documenti da cui chiaramente si rilevino le notizie. Nella risposta si informava che era stata nominata una nuova commissione e che era avvenuto il cambio del nome della ferrovia da "Strada ferrata dell'Italia Centrale a Strada ferrata Centrale italiana". Si sottolineava anche la nuova ferrovia "... doveva essere aperta l'1-7-1861 ma ciò non avverrà che forse nel 1861 o 1865 con danni all'economia toscana e del porro di Livorno".

I problemi principali del ritardo erano individuati "nelle pendenze tra il 22 e il 25 a mille, nelle frequenti gallerie disposte in curva ed in pendenza e nelle argille in val di Reno".

Si tornava, inoltre, a sottolineare che "... dimostra ciò lo scritto dello ingegnere Baldacci che sostiene rovinosa e non esercitabile codesta via sul versante meridionale dell'Appennino e si terminava con la proposta di una visita sulla linea della "Commissione con commissario Emilia, uno Toscana e uno del Regno subalpino".

Ma non c'era ormai più tempo per ripensamenti e modifiche del tracciato e furono così definite le caratteristiche di esecuzione delle gallerie, dei materiali da costruzione da impiegare e dei raggi delle curve.

Le dimensioni delle gallerie, che erano già state stabilite quattro anni prima da Carlo Ghega e da Alessandro Manetti in un arbitrato datato 22 dicembre 1856, vennero ribadite in un supplemento alla perizia generale del 3 giugno 1860. Da questi documenti risulta che i tunnel dovevano essere di larghezza 4,40 metri a livello delle guide, cioè dei binari, mentre a due metri da tale livello dovevano raggiungere metri 4,70, l'altezza era prevista in metri 5,50 e che le gallerie: Presenteranno superiormente ad un linea posta a due metri al di sopra delle guide una forma ellittica ed inferiormente si limiteranno con archi di cerchio.

Il fondo delle gallerie doveva trovarsi a 65 centimetri dal livello dei binari, mentre le garitte di sicurezza, larghe due metri e alte due e mezzo, erano previste ad una distanza di cento metri l'una dall'altra, alternativamente sui due lati, in modo che ciascuna distasse 50 metri dalla più vicina. Il pagamento per la costruzione delle gallerie era stabilito "per metro lineare comprendente tutta la spesa", mentre le murature dovevano venir calcolate a metri cubi. Tali prezzi comprendevano "gli sterri, la loro estrazione, trasporto ed alzamento, la somministrazione, trasporto ed impiego dei materiali; le spese dei centini [cioè delle centine] palchi ed attrezzi di ogni genere".

I pozzi, che vennero aperti soprattutto nelle gallerie più lunghe per accelerare lo scavo con l'apertura di più fronti di avanzamento e per l'estrazione dei materiali, erano previsti di tre metri di diametro. La perizia prevedeva argani a cavalli, per quelli di meno di 50 metri, e per quelli più profondi montacarichi a vapore che dovevano avere una potenza di 50 cavalli. Per prevenire incidenti era previsto per ogni pozzo un sistema di ventilazione e fu disposto che per l'accensione delle mine si dovessero usare solo razzi di sicurezza. Ancora per accelerare i lavori erano previsti più turni che coprissero l'intero arco della giornata, compresa la notte. Il necessario materiale, sia per murature ad opera incerta, sia conci squadrati per le murature a vista, doveva essere estratto dalle cave di pietra di Panico, Calvenzano, Madonna dei Boschi, Vergato, Riola e Porretta ed anche da quelle minori di Oreia [Oreglia] e Ciglio. Un così elevato numero di cave doveva servire a rendere più agevole e meno dispendioso il trasporto delle pietre, indispensabili per la costruzione di tutte le opere d'arte: ponti, viadotti, gallerie, muri di sostegno, canalizzazioni delle acque. I ciottoli minuti e il pietrisco adatti alla realizzazione delle carreggiate, la ghiaia e la sabbia per le murature potevano essere

prelevati dalle stesse cave, ma anche dai letti dei fiumi e torrenti, anche per facilitarne il trasporto, mentre per la calce viva e per i mattoni era prevista la possibilità di aprire nuovi opifici lungo la linea, in località da stabilire. La questione delle cave ebbe fondamentale importanza perché la pietra fu l'elemento strutturalmente fondamentale per la costruzione di tutta la linea e possiamo trarre informazioni su alcune di esse da documenti del 1866, relativi ai reclami successivi all'apertura della linea.

Fra le clausole relative ai criteri della costruzione della linea occorre ricordare che nel decreto del ministero dei lavori pubblici del Regno d'Italia del 4 giugno 1860, col quale si apportavano alcune modifiche al progetto del 1858, fu stabilito che le curve non potessero essere costruite con un raggio inferiore ai 400 metri, regola che venne ancora modificata dal capitolato del 25 giugno 1860.

Per assistere all'avvio dei lavori nel tratto fra Sasso e Pracchia e per l'accelerazione nel tratto Pracchia-Pistoia, galleria dell'Appennino compresa, fu necessario attendere l'estate 1860. Il 2 luglio venne infatti sottoscritto un nuovo contratto fra la società concessionaria e una nuova impresa costruttrice, la Guastalla-Bonacini-Breda. La scelta di questo gruppo imprenditoriale e finanziario era collegato al fatto che negli anni precedenti aveva costruito la Piacenza-Bologna, aperta al traffico nell'anno precedente, e che questo suo diritto, già previsto dall'articolo 7 della convenzione di Parigi del 26 febbraio 1858, era stato ribadito dall'arbitrato di Paulin Talabot. In realtà i lavori nel tratto Sasso-Pracchia non erano ancora iniziati, ma la società si limitò ad esercitare la prelazione solamente sulla parte da Sasso alla Venturina, per il fatto che a sud di quest'ultima località la valle del Reno, in precedenza ampia e popolata, proseguiva in una stretta gola, incassata fra alte e scoscese montagne e non era servita da alcuna strada. Per questo la costruzione presentava difficoltà decisamente maggiori per il tratto più settentrionale, soprattutto per una società che aveva consolidato la sua esperienza nella ferrovia di pianura. Per questo motivo fu necessario ricercare un'altra società costruttrice per il tratto Venturina-Pracchia: lo stesso giorno del contratto con la Guastalla-Bonacini-Breda, il 2 luglio 1860 venne steso a Torino un contratto d'appalto con la società Vitali-Picard e C., che aveva la sua sede a Parigi in piace Venderne ed era rappresentata da Joseph Charles "qui devra olire domicile a Pistoja dans le delai d'un mois".

La società assunse l'incarico per il tratto Venturina-torrente Orsigna ed anche per quello da tale torrente fino a cento metri a valle della galleria di Cataldera nel versante meridionale, comprendente perciò anche la grande galleria dell'Appennino. Lo scavo di quest'ultima era già stato iniziato dalla società Cheli-Lapini-Romanelli ed era proseguito in maniera non soddisfacente, tanto che in ripetute occasioni era intervenuto lo stesso Protche. La nuova società avrebbe dovuto iniziare immediatamente i lavori, in continuità con la precedente tanto che i rappresentanti di entrambe avrebbero dovuto tenere riunioni comuni in modo che gli elementi di conto" di quella che cessava divenissero il punto di partenza di quella che subentrava. La fretta della società concessionaria

risulta evidente, perché il completamento dei lavori della galleria dell'Appennino era fissato al 1° agosto 1863, un termine molto stretto che infatti, venne superato di più di un anno. Il domicilio della nuova impresa era stabilito a Lione, ma a Sainte Hélène .

In questa situazione una relazione del settembre 1860 ci permette di avere un quadro sostanzialmente esatto dello stato dei lavori nel tratto toscano:

Rapporto mensile a tutto il 31 agosto 1860

Tronco toscano dal torrente Orsigna a Pistoja

Opranti nel mese: 1487

Gran galleria scavato 1159,70 da scavare 1565,30

Mano d'opera n. media per giorno

Movimenti di terra		Terrajoli	114
Cariolanti	52		
Spianatori	2		
Opere d'arte allo scoperto		Muratori	100
Scalpellini	45		
Manovali	443		
Falegnami	1		
Gallerie		Asciugatori	20
Minatori	346		
Muratori	66		
Manovali	298		

Si lavora alle gallerie di: Gran galleria, Cataldera, Secchete, Signorino, Ponticelli, Corbezzi, Cugna, Borrina, Calde,

Casaleccio, Colle, Piteccio, Grazzini, Vajoni

Ponti: Orsigna, Reno, fosso Ville

Viadotti: Ombrane, Strada Regia, Piteccio, Fabbrica, Fabbricacela, Grazzini

Passaggio di S. Anna

Acquedotto del Castagno

Acquedotti e chiaviche

Il relatore sottolineava, inoltre, che i lavori erano proseguiti fino ad allora in maniera piuttosto lenta e che nel precedente mese di luglio erano stati impiegati 1506 opranti. Risultano evidenti i ritardi sullo scavo della galleria di valico, il numero elevato, ma non ancora sufficiente, di lavoratori impiegati, specialmente manovali, minatori e terraioli, e lo stato dei lavori su tutti i viadotti e su 14 delle 23 gallerie presenti nel tratto.

Il nuovo quadro politico istituzionale

Nell'estate del 1860 si pose un nuovo fondamentale problema, poiché i cinque governi che avevano firmato le precedenti concessioni erano stati ridimensionati o cancellati dagli avvenimenti della seconda guerra d'indipendenza e dalle ribellioni popolari ai rispettivi sovrani dell'anno precedente. Pertanto, l'8 luglio 1860 il parlamento torinese emanò una legge per approvare la nuova concessione, che era stata sottoscritta dallo stesso governo e dai rappresentanti delle società il 25 giugno. Gli stessi firmatari della convenzione sottoscrissero anche un ampio capitolato con cui si stabilì che la linea da Reggio a Borgoforte fino a Mantova e Verona, prevista dagli accordi fra i cinque stati pre-unitari, non si dovesse più costruire e al suo posto venisse realizzata la Bologna-Ferrara-Pontelagoscuro. Fondamentale anche la decisione, già ipotizzata anche dai precedenti contratti, del raddoppio della Piacenza-Bologna, ma solo nel caso che l'introito/chilometro lordo avesse raggiunto le 24.000 lire annue, un'ipotesi realistica per una linea che con l'apertura della Porrettana avrebbe mostrato ancor di più la sua funzione di asse portante delle comunicazioni nord-sud del Regno. Subito dopo fu rinnovato anche la struttura dirigenziale poiché:

Il re in udienza del 18 agosto 1860 nomina il cavaliere Lorenzo Rovere ispettore del Genio Civile a Commissario tecnico governativo per la ferrovia da Bologna a Pistoia.

Quanto al tratto appenninico vennero stabilite clausole tecniche abbastanza diverse rispetto alle precedenti: la maggiore novità riguardò il raggio minimo delle curve che venne stabilito in soli 400 metri, minore rispetto al capitolato precedente, mentre la pendenza massima veniva fissata al 25 per mille. Era stata sicuramente la società a sollecitare questi cambiamenti, in relazione a fatto che i

suoi tecnici avevano già potuto constatare sul terreno le notevolissime difficoltà che il progetto del 1858 avrebbe incontrato. In questo modo si procedette a modifiche, in alcuni casi, di notevole portata, sia rendendo il tracciato più sinuoso, sia eliminando alcuni manufatti.

Convenzione fra i Ministri dei Lavori Pubblici e delle Finanze di Sardegna e la Società anonima delle ferrovie Lombardo-Venete e dell'Italia Centrale, avente per oggetto di confermare, in esecuzione dell'art. 2 del Trattato di Zurigo, le concessioni fatte dai Governi d'Austria, di Parma, Modena, Toscana e degli Stati Romani.

Regno di Sardegna

1860, 25 giugno

I. — Le concessioni di ferrovie accordate sul territorio degli Stati di S. M. il Re Vittorio Emanuele II alla Società delle ferrovie Lombardo-Venete e dell'Italia Centrale, quali risultano dalle Convenzioni col Governo Austriaco, in data del 14 marzo 1856. 8 aprile 1857 e 23 settembre 1858, e dalla Convenzione del 17 marzo 1856 coi Governi austriaco, parmense, modenese, toscano e pontificio, vengono riconosciute e confermate colle modificazioni specificate nella presente Convenzione e nell'annesso capitolato.

II. — Conseguentemente lo Stato guarentirà alla Società, per tutta la durata della concessione:

1. Un interesse annuo del 5 per 0/0 e l'ammortizzazione computata sulla base di 2/10 per 0/0 sulla totalità delle spese incontrate per l'acquisto o per l'esecuzione delle linee lombarde comprese negli Stati di S. M.

2. Una rendita annua netta di 6,500,000 lire italiane per le linee dell'Italia Centrale. Queste guarentigie, separate ed indipendenti da quelle riferibili alle linee possedute dalla Società sul territorio dell'Impero austriaco, verranno applicate in conformità delle condizioni stipulate nell'annesso Capitolato.

III. — La Compagnia assume l'obbligo di regolare, fra il termine di un anno, col Governo austriaco, l'applicazione degli articoli 14 e 15 della Convenzione 14 marzo 1856 e degli articoli 16 e 17 della Convenzione 23 settembre 1838, in modo da svincolare assolutamente in qualunque caso la rete lombarda dalla clausola che stipula una eventuale partecipazione dello Stato austriaco nei redditi superiori al 7 per 0/0.

IV. — Tutte le strade ferrate concesse alla Società negli Stati di S. M. sia sul territorio Lombardo, sia su quello dell'Italia Centrale, s'intenderanno concesse e saranno possedute ed esercite con tutti quei diritti e quegli obblighi che risultano dalle leggi e dai regolamenti in vigore, ed in particolare dalla legge del 20 novembre 1859 (3754) in quanto il presente atto non vi deroga, nè venga altrimenti stabilito per future disposizioni di legge o di regolamento. È espressamente convenuto che la Società non sarà soggetta alla compartecipazione prescritta dall'art. 244 della precitata legge.

V. — La costituzione della Società sarà modificata nel modo seguente:

Un Consiglio d'Amministrazione residente negli Stati di S. M. rappresenterà la Società in tutto ciò che riguarda le ferrovie lombarde e dell'Italia Centrale. Questo Consiglio avrà, relativamente a queste ferrovie, le stesse attribuzioni e gli stessi poteri di cui è rivestito il Consiglio residente in Vienna, relativamente alle ferrovie situate nel territorio austriaco.

L'Amministrazione delle ferrovie lombarde e di quelle dell'Italia Centrale, già concesse, o che fossero per esserlo più tardi alla Società sarà interamente affidata al detto Consiglio di Amministrazione. Questa Amministrazione verrà tenuta affatto indipendente e separata da quella delle altre linee appartenenti alla medesima Società.

Il domicilio legale della società, per tutto ciò che riguarda le ferrovie lombarde e dell'Italia Centrale, si intenderà essere in quella città dei Regii Stati nella quale risiederà il Consiglio d'amministrazione. Le assemblee generali degli azionisti della Società avranno luogo a Parigi. I nuovi statuti della Società redatti sulle basi che precedono saranno sottoposti all'approvazione del Governo di S. M. il Re.

VI. — La durata della concessione di tutte le linee costituenti la rete lombarda resta fissata a novant'anni dal 1° gennaio 1865. La concessione delle ferrovie dell'Italia Centrale spirerà il 31 dicembre 1948.

VII. — Si dichiarano annullate tutte indistintamente le disposizioni relative alle reti delle strade ferrate lombarde e dell'Italia Centrale, contenute nelle Convenzioni in data 14 marzo 1856, 8 aprile 1857, 23 settembre 1858, stipulate col Governo Austriaco, e nelle Convenzioni in data 1 maggio 1851, 17 marzo 1856, stipulate coi Governi dell'Austria, di Parma, di Modena, Pontificio e della Toscana, non che nel Capitolato annesso alla suddetta Convenzione del 17 marzo 1856.

I rapporti tra il Governo e la Compagnia, per quanto si riferiscono alla concessione, costruzione ed esercizio delle reti stesse, saranno quindi innanzi esclusivamente regolati dalla presente Convenzione e dall'annesso Capitolato.

VIII. — La presente Convenzione firmata in doppio originale dalle parti contraenti, non sarà definitiva ed esecutoria se non dopo essere stata approvata per legge.

Essa andrà esente da ogni qualsiasi tassa.

Torino, il 25 giugno 1860.”

Dopo questi atti fu possibile avanzare un'ipotesi sul costo di realizzazione della linea per cui ha calcolato un costo approssimativo per ogni metro lineare di lire italiane 670,14 che, considerando lo sviluppo finale della linea di 98.391,65 m comportava un importo totale prevedibile di 65.936.180 lire dell'epoca.

Da allora i lavori procedettero in modo spedito, tanto che nel settembre si registrò una protesta degli abitanti e del comune pistoiese di Porta al Borgo contro "... i passaggi numerosi e continui di mezzi sulla strada Ponte Calcaiola-Piteccio" che rovinavano il fondo stradale, rendevano difficile la vita dei residenti e ostacolavano le tradizionali attività commerciali. All'inizio dell'anno successivo, il 27 gennaio 1861, il governo piemontese approvò i nuovi statuti della società concessionaria che, in relazione alla nuova situazione politica, comportarono il suo sdoppiamento in due tronconi. Quello che ancora riguardava gli stati austriaci venne chiamato Società delle Strade ferrate dell'Austria meridionale e della Venezia e l'altro assunse il nome di Società delle Strade ferrate della Lombardia e dell'Italia centrale. Anche la gestione fu separata con due distinti consigli di amministrazione che ebbero sede a Vienna e a Torino. La sezione italiana venne presieduta da Pietro Paleocapa coadiuvato da quattro consiglieri per la sezione lombarda (il marchese Carlo d'Adda, il cavalier Brot, il conte Alessandro Porro e l'avvocato Restelh) e ad altri quattro per la rete dell'Italia centrale (il marchese Carlo Bevilacqua, il cavalier Enea Bignami, il marchese Gioacchino Popoli di Bologna e il commendator Ubaldino Peruzzi di Firenze), di la quale faceva parte anche la Porrettana. Inoltre si stabilì che, nel tempo necessario per organizzare lo sdoppiamento, sarebbe rimasto in funzione il comitato sedente a Parigi, composto di otto membri, che risiedevano in parte a Londra e in parte nella capitale francese, dove si sarebbero dovute anche tenere le assemblee generali. L'ingegnere in capo Du Houx conservava la direzione generale dell'impresa e venne affiancato da due ingegneri: uno per le linee lombarde e Jean Louis Protche per quelle dell'Italia centrale. Il cavaliere Daday, che risiedeva a Milano, conservò la carica di direttore di entrambe, poiché nello stesso capitolato di lui si diceva che nei momenti difficilissimi della guerra del 1859 ha dato prove non comuni di capacità e di attività congiunte alla maggiore prudenza che lo pose in grado di evitare ogni inconveniente.

Oramai tutto era pronto per la fase finale dei lavori e l'attesa delle autorità e delle popolazioni per la nuova impresa era notevole. Lo documentano molte carte, fra le quali una lettera del 9 luglio 1860 diretta all'Intendente generale di Bologna, il funzionario che aveva sostituito il legato pontificio e che presto sarebbe stato sostituito dal prefetto previsto dalla normativa piemontese, con la quale il Comune di Praduro e Sasso lo sollecitava a fare tutto il possibile perché la stazione di Sasso (oggi Sasso Marconi) non venisse realizzata, come era voce popolare comune, nella località Fontana a sud della rupe e quindi lontana dal paese, ma in località più comoda al centro, "avvicinandosi il momento in cui verrà posto mano ai lavori". Anche la questione della scelta del valico, quando ormai era stato deciso e i lavori della galleria erano avanzati, ritornò in qualche modo d'attualità, soprattutto perché i pratesi faticavano ad accettare l'idea che la linea dovesse avere il suo capolinea a Pistoia e non nella loro città. Ancora il 31 agosto 1861 Tommaso Bianchi, uno dei più strenui sostenitori del tracciato per la via di Bisenzio e il valico di Montepiano, pubblicò un ulteriore opuscolo soprattutto per criticare la scelta già presa e riproporre ancora il tracciato pratese. In questo caso egli aveva dalla sua le informazioni relative alle difficoltà che il tracciamento della linea presentava soprattutto nella parte della valle del Reno compresa fra il Sasso e Pracchia:

“Ed anche oggi, per quanto è a mia notizia, il tracciamento lunghesso il corso del Reno rimane tuttavia da determinarsi per le continue instabilità di suolo che vi si riscontrano; la Galleria della Pracchia al varco dell'Appennino, appunto perché solamente aperta, sembra essere riconosciuto che non possa mandarsi a compimento per causa della grande mobilità e scorrevolezza del suolo, onde necessita ricercare un'altra posizione, se pure sarà possibile rinvenirla. Secondo lo stesso Bianchi anche il tratto meridionale presentava criticità notevolissime, "dopo tanti studi tentati e ritentati tante volte e da tanti anni". Critiche radicali, che non avrebbero però determinato ripensamenti, oramai superati in relazione all'avanzamento della progettazione e ai lavori già intrapresi.

Che molte difficoltà si fossero già presentate sia nel tratto pistoiese, soprattutto nell'avvio dei lavori nella galleria di valico, sia nel tratto Sasso-Pracchia, è confermato dal fatto che l' 11 luglio 1860 il governo emanò un decreto e nominò una commissione, già richiesta nell'aprile, composta dagli ingegneri Maurizio Brighenti, Giovanni Negletti, Giuseppe Bella, Quintino Sella, Girolamo Tarducci, che ebbero il compito di fare precise indagini e sopralluoghi per rispondere alla domanda .. se sussista in realtà l'impossibilità di praticare un sicuro passaggio per la ferrovia nella valle del Reno, o se le difficoltà possono essere superate dall'arte, e la questione si riduca tutta ad un maggior dispendio.

A partire dal 6 agosto i membri della commissione accompagnati dal Protche, iniziarono a percorrere la valle del Reno e le valli meridionali, cosicché il 21 agosto essi, trovandosi a Rimini, stesero le loro conclusioni, votate da quattro dei cinque commissari, con l'esclusione cioè di Giovanni Negretti. Essi affermarono dunque che il tracciato da Porretta a Pistoia proposto da

Protche e già in parte tradotto in atto nel versante sud dell'Appennino risultava del tutto accettabile, soprattutto in relazione alla qualità, decisamente stabile, dei terreni.

Nel tratto da Porretta a Bologna, definito da questo documenti "francese", perché presidiato da ingegneri di tronco di origin francese, la linea "presentava ogni probabilità di buona riuscita soprattutto perché il Protche aveva previsto il passaggio da un sponda all'altra del fiume, al fine di superare i terreni più soggetti a frane, come ad esempio nella zona dell'attuale Lama di Rem nella quale il tracciato in destra orografica del fiume permette e superare le rovine di Loggiola, o in quello dove oggi si trova la stazione di Pioppe di Salvare, anch'esso in destra fiume, dove la ferrovia supera le rovine di Camugnone, o infine in quello fra Riola e Casale.

Nel 1860 proseguirono, pertanto, le pratiche per l'esproprio dei terreni su cui avrebbe dovuto passare la strada ferrata nel tratto Bologna-Pracchia. Per questo vennero pubblicati numerosi manifesti a stampa, che furono diffusi nei centri abitati interessati alle espropriazioni, in cui venivano resi pubblici gli elenchi dei proprietari e dei rispettivi terreni che si dovevano occupare, insieme ai prezzi stabiliti dall'ingegnere in capo Protche, che agiva di conserva con l'avvocato Giuseppe Minelli consulente legale della società e i singoli proprietari.

Tre di queste notificazioni sono datate 25 giugno 1860 per i comuni di Granaglione, Porretta, Casto e Casola, Gaggio, Veggio e Vergato; 9 agosto 1860 per i comuni di Caprara sopra Panico, Praduro e Sasso e Pieve del Pino e 22 novembre 1860 ancora per il comune di Granaglione. Questi atti vennero firmati dal Mayr, intendente generale di Bologna che era il rappresentante in loco del governo torinese e riportavano l'intestazione del Regno Sabauda: "regnando S.M. Vittorio Emanuele II". La società concessionaria Bonacini-Breda-Guastalla provvide anche a dividere il lavoro con alcune società sub-appaltatrici. Un caso è quello del contratto dell' 11 dicembre 1860 con cui il dott. Saverio Carbonargi, con l'ing. Ramualdo Braglia per la parte tecnica e i fratelli Giovannardi rappresentati da Giuliano, tutti di Modena, assunsero il sub-appalto di un tratto definito della Pioppo, cioè di Pioppo di Salvare, che comprendeva sia il ponte sul Reno presso l'osteria di Camugnone sia lo scavo delle due gallerie di Camugnone e di Calvenzano e il termine di consegna dei lavori era fissato al 31 ottobre 1861 in modo che si potesse procedere a stendere la ghiaia e fissare i binari.

Il Regno d'Italia

L'anno 1861 vide una notevole accelerazione nel ritmo della costruzione della linea. Le previsioni sui tempi della realizzazione dell'opera in questo momento risultarono decisamente ottimistiche: il «Bollettino delle strade ferrate» di Torino del 13 febbraio 1861 prevedeva che la Bologna-Pistoia si

sarebbe potuta aprire nel 1863 mentre per la Bologna-Ferrara si prevedeva l'apertura entro l'anno corrente 1861".

Ancora in questo anno si ripropose l'annosa polemica della scelta del valico, poiché dopo il tentativo di Tommaso Bianchi, un altro instancabile pratese, Giovanni Ciardi, ritornò all'attacco con una lettera aperta a stampa che il 31 maggio 1861 indirizzò al ministro dei lavori pubblici, ribadendo e argomentazioni già ampiamente proposte in precedenza da lui e da altri personaggi eminenti della città toscana. A quelle argomentazioni aggiunse la constatazione che la commissione nominata dal governo nell'anno precedente non aveva reso pubblici i suoi risultati ma, evidentemente, il gruppo dei commissari si era limitato ad inviare le proprie conclusioni al governo. La lettera si concludeva con alcune previsioni decisamente catastrofiche sulla realizzazione della Bologna-Pistoia: "persisto nel credere che non in due anni, come Eliaca detto, ma nemmeno inducendo, i popoli transappennini e cispennini saranno sicuri di incontrarsi per quella via!"

Il 12 luglio 1861 fra la società concessionaria e la ditta Bonacini-Breda-Guastalla venne sottoscritta una nuova convenzione che prevedeva l'anticipazione di un mese del termine dei lavori al 1° luglio 1863 e al 15 settembre 1862 il termine dei lavori per il tratto da Sasso a Marzabotto: scadenza che venne rispettata poiché la ferrovia fu aperta fino a Vergato, quindi molto più a sud, il 18 agosto, e cioè solo un mese e mezzo dopo della data fissata per l'arrivo a Marzabotto. Sul versante toscano i lavori procedettero con regolarità e il tratto intitolato "Divisione di Pistoia" fu organizzato con i tecnici che risiedevano a Pistoia, ma anche a Capo di Strada e a La Cugna, una piccola località lungo la strada statale Porrettana, e i disegni esecutivi e le varie relazioni risultano firmati in questi tre luoghi.

I lavori procedettero in modo piuttosto spedito, anche se non abbastanza da accontentare tutti i soggetti in gioco. In particolare troviamo ripetute sollecitazioni da parte della società concessionaria nei confronti delle imprese appaltatrici e da parte del ministero dei trasporti nei confronti di entrambi questi soggetti. Secondo un documento del 28 luglio 1861 il Du Houx, direttore generale della società concessionaria, rilevò che l'incontro fra l'ingegner Protche e il ministro non fosse andato bene, perché il primo aveva trovato il secondo "oltremodo irritato circa l'andamento dei lavori" soprattutto per i ritardi che si erano manifestati nella sezione la cui costruzione era stata affidata all'impresa Bonacini-Breda-Guastalla, in particolare nello scavo delle gallerie di Riola e Casale. Lo stesso ministro sollecitò il Protche ad accelerare i lavori e il Du Houx a procedere ad una puntuale ispezione della linea per acquisire informazioni sul campo. Nella riunione del consiglio del 6 agosto dello stesso 1861 la società concessionaria prese atto sia del regolare proseguimento dei lavori nel tratto Venturina-Pistoia, sia delle difficoltà manifestatesi nel tratto Bologna-Marzabotto, la cui apertura era prevista per il 15 settembre successivo. Per questo si decise di diffidare la stessa società sollecitandola ad accelerare i lavori. I motivi delle preoccupazioni manifestate dalla società

concessionaria sono da collegare al fatto che il mancato rispetto del termine per l'apertura dei vari tronchi avrebbe avuto come conseguenza la perdita della garanzia statale prevista che il governo sarebbe stato tenuto a corrispondere per ogni tratta terminata.

La società rispose con un articolo comparso sul «Monitore di Bologna» del 16 agosto 1861 sostenendo che le cose procedevano come previsto e che la tratta fino a Marzabotto sarebbe stata aperta entro il 21 settembre successivo, mentre il treno avrebbe raggiunto Vergato entro il 21 maggio dell'anno dopo. Occorre poi ricordare che proprio nello stesso anno 1861 la città di Bologna si avviava a diventare uno dei principali nodi ferroviari d'Italia, per il quale l'attesissima apertura della Transappennina avrebbe rappresentato un anello essenziale per lo smistamento del traffico passeggeri e merci lungo l'essenziale direttrice nord-sud. Nel settembre 1861 venne infatti inaugurata la strada ferrata da Bologna a Forlì, città dalla quale la linea avrebbe dopo poco raggiunto Rimini. Il 26 gennaio 1862 venne aperta anche la Bologna-Ferrara.

L'acquisita importanza della stazione ferroviaria di Bologna avrebbe anche determinato profonde trasformazioni urbanistiche nella parte nord della città, quella che dalla porta di Galliera conduceva al nuovo nodo ferroviario bolognese. A cominciare da quegli anni venne infatti aperta una nuova strada di collegamento del centro cittadino con la stazione ferroviaria, via dell'Indipendenza, che sarebbe subito diventata una delle arterie essenziali per i movimenti all'interno e verso l'esterno della città. Il Bottrigari alla data 7 aprile 1862 annota che in questo stesso giorno il Consiglio Comunale [...] approvava il progetto Monti modificato dalla Giunta per la via che dovrà condurre alla Stazione della Ferrovia. Le modificazioni consistono nell'aggiunta di una vasta piazza innanzi la Porta di Galliera, che si estenda sin di rimpetto o quasi al Fabbricato della Stazione, mettendo la piazza stessa in comunicazione con tutte e tre le vie accennate nel progetto del Monti. La principale di dette vie, seguendo l'allargamento di Canton de' Fiori, si porterà alla sinistra della porta di Galliera sull'indicata Piazza. La strada di Galliera rimarrà in mezzo, ed alla destra della Porta altra grande via condurrà fino al Canale di Reno, passando per gli orti circostanti, fino a che il Comune potrà prolungare la detta via fino alla selciata di S. Francesco. Felici coloro cui sarà dato di vedere, forse fra cento anni, il compimento del grandioso progetto.

Anche sul versante toscano la nuova ferrovia si innestava sul reticolo delle strade ferrate toscane e comportò un primo ampliamento degli impianti tecnici della stazione di Pistoia attivando il processo di urbanizzazione dell'area a sud della città, con l'apertura di una nuova porta nelle mura.

Tutto ciò fa comprendere come l'attesa dell'apertura della Porrettana fosse del tutto giustificata e le sue conseguenze non si sarebbero fatte attendere poiché avrebbe permesso un diretto collegamento fra il sistema ferroviario padano e quello toscano in una dimensione nazionale e internazionale.

Il progetto Protche

Come abbiamo visto il primo a progettare la strada ferrata era stato, negli anni 1845-1846, Tommaso Cini, che aveva scelto la valle del Reno ed aveva previsto una galleria di valico poco a monte dell'attuale galleria dell'Appennino. Il Protche nello stendere il suo progetto tenne in conto le idee del Cini, che erano state riprese nel 1851 anche da Metello Lapini.

Il problema più importante da risolvere era quello relativo al superamento del notevole dislivello altimetrico che intercorreva fra l'imbocco sud del grande traforo sottostante al crinale appenninico spartiacque e la città di Pistoia. A tale scopo i tre progettisti pensarono a un allungamento del percorso della strada ferrata che avrebbe consentito di non superare la pendenza del 25 per mille, che era la massima prevista per mantenere l'aderenza dei convogli alle rotaie.

Per questo il Protche allungò la percorrenza per mezzo di due ampi tornanti che si snodano alternativamente fra le valli dell'Ombrone, che la ferrovia incontra al suo sbocco nel versante sud a San Mommè, e della Brana, fino a raggiungere la piana di Pistoia. In totale questo tratto fra Pracchia (m 617,5 s.l.m.) e Pistola (m 63,9) risultò della lunghezza di 25,09 km con una pendenza media del 22,1 per mille. La distanza lineare fra le stazioni dei due centri tracciata su di una carta risulta di soli 14 chilometri, una lunghezza che implicherebbe la pendenza del 4 per cento, assolutamente non adatta per una strada carrozzabile e a maggior ragione per una ferrovia. L'allungamento si pose quindi come inevitabile e questa fu una delle decisioni progettuali più rilevanti dell'ingegnere francese.

Il tracciato finale prevedeva il distacco della nuova ferrovia, poco fuori della stazione di Pistoia, dalla linea per Lucca-Pisa con un'ampia curva verso il lato ovest della città, l'attraversamento nei pressi di Capo di Strada della via Modenese e, dopo aver lambito il parco della villa di Scornio di Niccolo Puccini, l'ingresso nella valle della Brana. Da qui con due gallerie e il viadotto del Grazzini tornava nella valle dell'Ombrone che risaliva gradatamente sul versante orografico sinistro con tre grandi viadotti fino a Piteccio, dove era collocata la prima stazione. Subito con una serie di gallerie la ferrovia ritornava nella valle della Brana e dopo il viadotto della strada Bolognese continuava a salire ritornando nella valle dell'Ombrone fino ad attraversare il fiume con l'ultimo viadotto e immettersi nella galleria di valico che terminava a Pracchia. Quanto al tratto settentrionale il Protche trasse spunto dai progetti che nel 1844 la società bolognese del principe Spada aveva commissionato all'ingegner Pohimayer.

Come abbiamo già avuto modo di notare uno dei problemi di maggiore rilevanza riguardava la natura dei terreni argillosi della valle del Reno, che già avevano creato seri problemi alla strada di Porretta aperta al traffico negli stessi anni Quaranta, che avevano visto il primo progetto della strada ferrata. Per risolverli il progettista decise di far passare la ferrovia in

destra orografica del Reno in tutti quei tratti nei quali il versante della sponda sinistra risultasse particolarmente franoso. Una seconda altrettanto importante intuizione fu quella di far correre la quasi totalità della linea lungo i terrazzi alluvionali del greto del fiume, terreni sicuramente più stabili, perché formati non dalle argille dei due versanti, ma dai ciottoli che il corso d'acqua aveva sedimentato nei millenni. Una scelta progettuale come questa aveva la sua contropartita nel fatto che una ferrovia che percorresse sostanzialmente il greto del fiume sarebbe stata più soggetta ai capricci della corrente di un corso d'acqua come il Reno, a prevalente regime torrentizio, che poteva comportare l'arrivo di piene disastrose anche per la massicciata della ferrovia.

E i fatti confermarono che questo sarebbe stato l'unico vero pericolo per la stabilità della linea nel corso dei centocinquanta anni del suo esercizio. Per questo si pose subito la necessità di imponenti difese della massicciata e dei ponti contro la corrente e le intemperanze del fiume. La ferrovia nel versante nord percorse dunque la valle del Reno, che da Ponte alla Venturina fino a Bologna si mostra ampia, con un greto del fiume per ampi tratti amplissimo mentre, verso sud, la valle si restringe fortemente e diviene scoscesa e selvaggia. **Questa situazione fece sì che nel primo dei due tratti fu necessario scavare solo 8 gallerie, mentre nel secondo sia la ristrettezza della valle del Reno, sia la necessità di superare il dislivello fra Pracchia e Pistoia, resero inevitabile lo scavo di 39 gallerie.**

Un altro episodio progettuale di grande importanza fu quello relativo alla galleria di Piteccio, la terza della linea per lunghezza (m 1753) con una pendenza del 22,63 per mille, che ha un andamento sinusoidale e raggi di curvatura per la maggior parte di 300 metri. L'andamento della galleria mostra il principio tecnico sul quale saranno basate le cosiddette gallerie elicoidali, che, ad esempio a Wassen nella ferrovia del Gottardo, permise il superamento di notevoli dislivelli in poco spazio. Come è noto la galleria comincia con una curva di 300 m, poi c'è un tratto mistilineo e quindi si riprende la curva in senso inverso con lo stesso raggio di 300 m.

La letteratura relativa alla ferrovia Porrettana ha spesso enfatizzato l'importanza di questa galleria, facendola divenire quasi l'unico elemento tecnicamente rilevante della linea; ma non solo per questo particolare, l'intero tracciato presenta molti elementi di novità e rilevanti intuizioni tecniche. Infatti, anche i numerosi ponti rappresentano un ulteriore motivo di valutazione positiva del lavoro del progettista della linea. Nel tratto fino alla Venturina molti grandi ponti, alcuni in ferro, attraversavano il fiume Reno per i motivi sopra riportati, mentre altri permisero di superare i numerosi affluenti di destra e sinistra. Nel versante meridionale sono particolarmente significativi i grandi viadotti di San Mommè, della strada Bolognese, Piteccio, Fabbrica, Fabbricaccia e Grazzini, dei quali i tre di maggiore altezza sarebbero stati costruiti a tre ordini di arcate (Piteccio, Fabbrica e

Fabbricaccia) e due (Grazzini e strada Bolognese) con un andamento curvilineo. Complessivamente, al termine dei lavori i manufatti (stazioni, ponti, gallerie) esistenti nel tratto Bologna-Ponte alla Venturina erano 31 e più del doppio, ben 65, per il tratto dalla Venturina a Pistola.

Inoltre, in particolare in questo ultimo tratto, erano presenti numerose rilevanti opere destinate a regimare i corsi d'acqua che intersecavano la linea e a preservare il territorio da frane e smottamenti come gallerie idrauliche,88 fossi di guardia, condotti, chiaviche e pozzetti di varia misura, oltre a sottopassi e sovrappassi.

Occorre inoltre ricordare che Protche organizzò il lavoro dei suoi collaboratori in maniera funzionale sia dal punto visto tecnico che amministrativo. La ferrovia fu suddivisa in sezioni, affidata a un ingegnere di sezione in tratti di lunghezza variabile e per ogni tratto, alla fine dei lavori, furono istituiti dei fascicoli contenenti i disegni e i documenti relativi alle opere realizzate su quella porzione di percorso. Sono infatti conservati i profili trasversali e la planimetria, i disegni delle opere d'arte, i calcoli degli sterri e dei riporti, i movimenti di terra, il dettaglio estimativo, i metraggi, l'analisi dei prezzi ecc., fornendo un quadro completo delle scelte progettuali e dei costi di realizzazione della linea.

Nonostante ciò il progetto del Protche fu fortemente e inutilmente contestato fino all'ultimo. Infatti, nel 1862 l'ingegnere Baldacci pubblicò una carta, disegnata dall'ingegnere Francesco Bartolini, che riproponeva il suo progetto, redatto nel 1846 e illustrato anche nell'opuscolo del 1852, con due varianti e confrontandolo con la linea in costruzione.

Anche se la linea era già in avanzato stato di realizzazione il Baldacci tornava a ripresentare uno sviluppo della ferrovia che partiva dalla stazione di Pistoia e con un percorso lunghissimo e tortuoso saliva fino all'alta valle dell'Ombrone, si dirigeva oltre Cireglio e, con un traforo, si immetteva nella valle del Reno per raggiungere Pracchia. In alternativa proponeva un tracciato che si staccava presso San Mommè e con una lunga galleria entrava nella valle del Reno e sbucava a sud, e non a nord come previsto dal Protche, dell'abitato di Pracchia. Ancora nel 1863, a breve distanza dall'inaugurazione della linea, e quando ormai anche i pratesi erano rassegnati, magari nella speranza che le molte difficoltà sopraggiunte rallentassero o interrompessero i lavori dimostrando in questo modo la fondatezza della loro opposizione, il Baldacci volle tornare sull'argomento. Così, il 18 gennaio 1863, pubblicò un opuscolo fortemente polemico con il progettista della Porrettana in cui rifaceva la storia dei suoi studi richiamandosi alla pubblicazione del 1852 e affermando, in maniera fortemente polemica, di averla addirittura consegnata sette anni prima: in proprie mani al Direttore di quest'opera il sig. Protche nell'anno 1856, e forse da esso non inteso perché ignaro di nostra lingua.

La più grave delle sue eccezioni riguardava le pendenze scelte per la discesa su Pistoia, che secondo l'ingegnere pistoiense si sarebbero presto rivelate eccessive. Le sue critiche erano basate sul principio secondo il quale a superare un dislivello tra due estremi con maggiore facilità e maggiore forza motrice, converrà adottare il maggiore sviluppo di cammino possibile, onde ottenere un piano il meno saliente, e ciò tornerà a maggiore profitto nell'esercizio sia della montata che per la discesa. Al fine di allungare la percorrenza, riducendo in questo modo le pendenze, egli proponeva di allungare la linea nella valle del Reno a monte di Pracchia, fino al punto culminante in luogo detto alle Panche in comoda e lata adiacenza interposta tra la corrente di Reno e la via regia Modenese. Per il tratto da Pracchia a Porretta egli consigliava di abbandonare il tracciato del Protche che prevedeva numerosi passaggi da una sponda all'altra del fiume e lo scavo di numerose gallerie, per mantenere tutta la linea sempre il piano sopra a questa pendice, a sinistra di Reno, perché meglio esposta, e di struttura naturale più solida in confronto dell'altra una proposta di difficile realizzazione vista l'estrema sinuosità del corso del fiume che avrebbe comporto un tracciato con molte più curve. Per il tratto a nord della Venturina, verso Porretta, egli consigliava di condurre la strada ferrata al di là del fiume Reno, sul suo versante destro orografico, "superiormente al Bagno della Porretta Vecchia". Ma la scelta che il Baldacci considerava in modo più critico era quella di fondare le due stazioni principali della linea, quelle di Porretta e Pracchia, sui terrapieni che si erano formati dal deposito del materiale terroso ricavato dallo scavo delle gallerie. Secondo lui questa scelta definita "azzardata", avrebbe avuto conseguenza catastrofiche sulla stabilità delle stesse stazioni.

Al contrario di quanto da lui paventato, quando la linea si sarebbe aperta per l'intero suo percorso, la scelta di fissare la massicciata in gran parte sul greto del Reno e le due stazioni sui terrapieni, che Protche aveva mutuato dal Pohimeyer, si sarebbe rivelata del tutto adatta. In ogni caso i lavori erano a un punto tale da sconsigliare qualsiasi cambiamento rispetto al progetto del Protche.

L'inaugurazione dei vari tronchi

Come abbiamo visto il primo tratto ad essere aperto al traffico ferroviario fu quello da Bologna a Vergato. Il «Monitore di Bologna» del 16 agosto 1862 annunciò l'apertura della linea, prevista per il 18 successivo, e rese pubblico il primo orario che riguardava due sole coppie di treni in partenza da Bologna rispettivamente alle 7,35 e alle 19,10, con arrivo a Vergato alle 9,15 e alle 20,50. In senso contrario le partenze dal paese montano erano previste alle 4,30 e alle 18,30 con arrivo in città alle 5,55 e alle 19,55. La percorrenza risultò dunque di un'ora e 40 in salita e un'ora e 25 in discesa. Per

raggiungere poi la Toscana, a Vergato attendeva il treno un servizio di diligenze che, percorrendo la strada provinciale Porrettana, raggiungeva Pistoia in sei ore verso sud e sette verso nord.

Il costo del biglietto era stabilito in 15 lire per la prima classe e in 12,50 per la seconda e la terza. Il prospetto orario pubblicato dal giornale riporta anche le "corrispondenze", cioè le coincidenze, a Bologna per le linee di Torino, Milano, Ferrara e Ancona e a Firenze per Livorno e Pisa. Ecco qualche esempio dei tempi: partenza da Torino alle 21,05, arrivo a Bologna alle 5,20 con viaggio notturno. Partenza da Milano alle 23,35, arrivo a Bologna alle 5,20. Partenza da Ferrara alle 4, arrivo a Bologna alle 5,40.

Tutte queste corse permettevano poi di prendere il treno delle 7,35 in partenza per Vergato. Sul versante toscano: partenza da Livorno alle 17,15, arrivo a Pistoia alle 20,30; partenza da Firenze alle 19 arrivo a Pistoia alle 20,15. In entrambi i casi sette ore di diligenza notturna avrebbero permesso di raggiungere Vergato per prendere il treno che partiva alle 4,30 per Bologna dove si giungeva alle 5,55. Riportiamo una piccola tabella con il numero delle ore occorrenti per il viaggio su alcuni percorsi, tenendo come che a questi tempi occorreva aggiungere le sei o sette ore di diligenza che servivano per l'attraversamento dell'Appennino:

Bologna-Milano	ore	5,40	circa
Bologna-Ferrara	ore	1,30	circa
Bologna-Ancona	ore	6,10	circa
Pistoia-Firenze	ore	1,10	circa
Pistoia-Livorno	ore	3,45	circa
Torino-Firenze	ore	21,30	circa
Milano-Livorno	ore	21,30	circa

L'inaugurazione del tratto da Bologna a Vergato venne così descritto dal Bottrigari nella sua Cronaca: Nel giorno 18 agosto è stata aperta al pubblico servizio la nuova linea ferroviaria da Bologna a Vergato, che deve poi prolungarsi fino a Pistoia. Per la diretta corrispondenza con la ferrovia toscana verrà oggi stesso avviato un servizio di diligenza fra Vergato e Pistoia, che farà il tragitto in sei ore.

Dopo questa prima apertura, già l'anno dopo venne attivato un secondo più lungo tronco: quello fino a Pracchia. Si trattò di un'opera di notevole impegno, perché comportò la realizzazione di numerosi e lunghi ponti lungo la valle del Reno nel Bolognese e anche il superamento di uno dei tratti più

impervi della linea, quello fra la Venturina e Pracchia, lungo la stretta e selvaggia valle del Reno. In quest'ultimo caso numerosissime le gallerie e i ponti che permisero di evitare molte delle svolte che il fiume compie in questo tratto, poiché il suo corso segue veri e propri meandri. La linea arrivò solamente fino a Pracchia, perché mancava ancora la grande galleria di valico che si stava alacrememente scavando, ma nel 1863 non era ancora giunta a compimento.

Dopo il positivo esito della corsa di prova del 13 novembre 1863, tutto fu pronto per l'arrivo di Vittorio Emanuele II, re del neonato Regno d'Italia, che presenziò all'inaugurazione. Traiamo la descrizione dell'arrivo del sovrano e della cerimonia che ne seguì dal «Monitore di Bologna» che il 21 novembre così li descrisse in riferimento a quanto era avvenuto il giorno prima:

“Sentiamo che l'inaugurazione del nuovo tronco ferroviario Pracchia-Vergato avvenuta ieri mattina, ebbe luogo in splendida guisa, ed al tutto degna della Maestà del Rè, che degnava poi soffermarsi alquanto in tutte le nuove stazioni, esprimendo i sensi della Reale sua compiacenza tanto ai rappresentanti della Società concessionaria quanto all'egregio ingegnere cav. Protche, direttore delle costruzioni. Gli applausi dell'Augusto Sovrano suonarono grandissimi su tutta la via da Esso percorsa.”

Proveniente da Napoli, il Rè giunse a Pracchia la mattina del 21 novembre e fu accolto dal ministro dei lavori pubblici lacini, dal prefetto, da molte autorità locali e da una delegazione della società costruttrice. Da Pracchia egli salì sul treno e percorse il tratto fino ai Bagni della Porretta e della sua visita venne lasciata traccia per mezzo di una lapide che ancor oggi si legge nell'atrio della stazione ferroviaria. Risalito sul treno egli giunse a Bologna verso le 17; da qui, dopo aver visitato l'infermo generale Cialdini, ripartì alle 18,30 alla volta della capitale Torino. La vera e propria apertura del traffico ferroviario avvenne qualche giorno dopo, precisamente il 1° dicembre 1863.

Per la completa apertura della linea occorre però attendere la conclusione dello scavo della grande galleria dell'Appennino che permise di superare il crinale spartiacque Tirreno-Adriatico. Il 9 settembre 1864 cadde l'ultimo diaframma che ancora separava i due avanzamenti meridionale e settentrionale. L'evento fu rivestito di una particolare attenzione e per questo la caduta dell'ultimo diaframma fu salutata con enfasi dal quotidiano fiorentino "La Nazione":

Il traforo dell'Appennino è compiuto! L'insormontabile barriera di macigno che divideva la gente Toscana dal resto d'Italia è perforata! Le alpestri giogaie dei nostri monti, che impedivano le pronte e facili comunicazioni fra la ricca vallata del Po e quella dell'Arno, hanno già le viscere traforate dalla mano dell'uomo! Una rete di ferro unisce Bologna e Pistola, vincendo difficoltà, che anche uomini eminenti e dotti ritenevano insuperabili. L'opera è portentosa e grande. Il cuore più inaridito, l'anima più fredda, sente commuoversi alla vista d'un tanto spettacolo. Prosegua pure nelle sue nenie qualche pessimista, dicendo che il mondo peggiorando invecchia, purché si facciano di simili passi,

purché l'epoca nostra compia simili opere ciclopiche, quale è la via ferrata da Bologna a Pistoia. Il giorno 9 settembre segnerà un'epoca notevole nella nostra storia, perché fu in esso che le ultime mine e l'ultimo colpo di martello ruppero nelle viscere profonde dell'Appennino l'estremo lembo di quella barriera che gigantesca si opponeva. “

Dopo meno di due mesi, il 2 novembre 1864, la linea venne inaugurata interamente e, il «Corrieredell'Emilia» del giorno dopo, così descrisse la cerimonia:

“La Toscana è ormai unita con linea ferroviaria al resto d'Italia. Oggi, come avevamo da molto tempo predetto, si apre al pubblico la ferrata da Pracchia a Pistoia. Quanto sia importante questa linea, e quanto sontuosi e sorprendenti siano i lavori, che in essa si osservano, ampiamente abbiamo descritto altra volta. Ieri percorremmo quella linea insieme al ministro dei lavori pubblici, ed alla Commissione governativa per il collaudo dei lavori, i quali vennero trovati perfetti. Partiti da Bologna alle 7 ant. si giunse a Pistoia il mezzogiorno e lì si trovò imbandita una colazione per cura della benemerita Società, che tratta sempre splendidamente. Non vi erano invitati, che i senatori e i deputati della provincia, e molti impiegati della Compagnia. Ritornati la sera a Bologna dopo un felicissimo viaggio di 4 ore, la Società ha pure qui imbandito agli invitati un lauto pranzo, che è riuscito una bellissima festa di famiglia. Il marchese Bevilacqua, che, quale amministratore delegato, rappresentava il presidente del Consiglio di Amministrazione, il venerando Paleocapa, portò per primo un brindisi al Rè, che fu accolto con moltissimi applausi. Il Sindaco conte Pepoli, leggendo un telegramma del ministro dei Lavori Pubblici, portava anch'esso, per delegazione, un brindisi al Rè, alla Società, ed, in nome di Bologna, ne propose uno per l'ingegner cav. Protche. Questi rispose con parole veramente affettuose verso Bologna ed i suoi impiegati. Bisogna dirlo, fu egli il vero eroe della festa, e meritatamente, poiché alla sua intelligenza, attività ed energia si deve il compimento di quest'opera che da moltissimi si estimava impossibile. Altri brindisi vennero fatti al direttore della Società e quello dell'esercizio ed al distintissimo ingegnere Siben esecutore del tronco Pracchia-Pistoia. Fu assai felice l'amministratore cav. Bignami, che proponendo un brindisi in francese disse che nel campo dell'industrie scompaiono le nazionalità, essendo la libertà del lavoro e dell'industrie l'avvenire delle Società libere. La festa si chiudeva con cordiale affetto, ne la Società ha dimenticato le opere di beneficenza, imperocché largiva L. 15.000 da dispensarsi ai poveri dei Comuni attraversati dalla ferrovia, e di L. 5.000 per la Cassa di Mutuo soccorso degli impiegati.

La «Gazzetta delle Romagne» dello stesso 3 novembre 1864 ricordò che

... tutto il tronco è di per se stesso uno dei più bei lavori dei nostri tempi ma il tratto da Pracchia a Pistoia è un vero miracolo d'arte, è una di quelle opere che rivelano la potenza del genio che sa affrontare e vincere le più ardue difficoltà e salutava con enfasi il giorno dell'inaugurazione come

uno di quei giorni in cui l'unità "della Nazione viene confermata dal più valido e materiale argomento di stabilità, vogliamo dire: la prosperità universale". Lo stesso articolo affrontò uno dei temi fondamentale in relazione all'apertura di questa nuova ferrovia, quello relativo alla sua grande importanza nell'opera di unificazione nazionale che si era concretata da soli tre anni: Da oggi i gioghi dell'Appennino sono varcati dalla locomotiva, e da Torino a Livorno in 14 ore di cammino, viaggiatori, merci e prodotti dell'agricoltura porteranno la prosperità e la vita in mezzo alle popolazioni rigenerate dal sole della libertà.

Dal punto di vista finanziario si può annotare che il costo complessivo della costruzione fu notevolissimo. I dati relativi ai tronchi costruiti dall'impresa Cheli-Lapini-Romanelli sono disponibili e risultano molto significativi: la galleria dell'Appennino, a cui dal luglio 1860 aveva lavorato l'impresa Vitali-Picard e Compagni, costò complessivamente 3.836.866 franchi; il viadotto di Fabbrica 415.957; quello di Piteccio 476.463. In totale agli appaltatori Cheli-Lapini-Romanelli furono sborsati 13.321.000 per i lavori alla grande galleria fino al 2 luglio 1860 e per la costruzione della restante parte del tronco pistoiese dalla galleria di Cataldera a Pistoia fino al 7 novembre 1866.

Appena aperta la nuova strada ferrata fu messa a dura prova dagli avversi eventi atmosferici che iniziarono a imperversare proprio il giorno successivo all'inaugurazione. Il 3 novembre infatti piogge torrenziali colpirono tutto l'Appennino e il 6 la linea risultava già interrotta per "un piccolo sfranamento di terra caduto su la linea ferrata da Porretta a Pracchia".

Si trattò di un'interruzione che a una prima analisi sembrò essere di poco conto, ma ben presto si comprese che era invece assai grave. La «Gazzetta delle Romagne» del 10 novembre 1864 parlò infatti della "distruzione di una testata di ponte, una rotta e tre breccie negli argini della strada".

Pur di fronte a questo primo piccolo incidente occorre rilevare che la nuova linea aveva retto bene a un evento atmosferico e a una piena del fiume di così consistente portata; infatti "... tutti i ponti fecero ottima prova e così tutte le altre opere a modo che riparati i danni superiormente accennati, la linea sarà delle più solide e sicure d'Italia".

I lavori per il ripristino del traffico ferroviario procedettero alacramente, ma nel frattempo, il 15 novembre si provvide ad attivare un servizio di trasbordo con diligenze gestito dalla ditta Monari: due diligenze partivano da Bologna alle 5,40 e alle 12,55, ma per percorrere la strada provinciale Porrettana occorrevano ben cinque ore. Solamente il 3 gennaio venne riaperto il tratto da Marzabotto a Riola, cosicché rimaneva interrotto il tratto da Riola ai Bagni della Porretta. I treni in questo momento partivano da Bologna alle ore 5,20, 9,30 e 15,45 e da Firenze alle ore 5,10, 11,30 e 16,00. La riapertura del tronco ancora interrotto, prevista in un primo momento per la prima metà di gennaio, subì dei ritardi, cosicché anche il Rè che avrebbe dovuto percorrere tutta la linea per recarsi a Firenze, nuova capitale del Regno d'Italia, fu costretto ad utilizzare quelli che oggi

chiameremmo servizi sostitutivi. Giunse dunque a Bologna il 4 febbraio 1865 alle 15,25 accompagnato dal generale La Marmerà presidente del consiglio dei ministri per raggiungere Porretta parte in treno, parte lungo la strada carrozzabile. Così si espresse il «Corriere dell'Emilia»:

“da persona che faceva parte del corteggio d'accompagnamento del Rè da qui per la Toscana, abbiám saputo che a Vergato era ad accoglierlo, oltre alle autorità, grandissima folla plaudente e la banda della Guardia Nazionale. A Riola le medesime accoglienze, ed a Porretta splendida illuminazione. Ci si diceva altresì che nel tratto carrozzabile il Rè veniva acclamato da contadini accorsi a festeggiarlo al suo passaggio.”

Il tratto percorso in carrozza era quello fra Riola e Porretta; ancora i giornali dell'epoca annotano:

"il treno reale che aveva condotto il Rè a Riola tornò ieri mattina, e fu dopo il mezzogiorno avviato di bei nuovo a Torino". Vittorio Emanuele II giunse a Firenze a notte fonda, alle 23.45. La riapertura completa della linea avvenne solamente alla metà di febbraio 1865: il 15 del mese venne compiuta la prima corsa di prova e cinque giorni dopo la strada ferrata fu di nuovo percorsa dai convogli.

Per celebrare la imponente realizzazione della ferrovia l'impresa costruttrice promosse alcune importanti pubblicazioni. Commissionò a Odoardo Galli e ad altri fotografi del periodo (Emilio Anriot e Alphonse Bernaud) un completo rilevamento fotografico della linea. Di queste foto furono stampate molte copie su supporto sensibile all'albumina, procedimento all'avanguardia per la fotografia dell'epoca. Le raccolte più importanti sono contenute in due album rilegati, conservati nelle biblioteche dell'Archiginnasio di Bologna e Forteguerriana di Pistola.

La società, inoltre, celebrò la sua impresa con la pubblicazione di un'originale veduta a volo d'uccello di tutta la ferrovia da Bologna a Pistola, intitolata Panorama della Strada-Ferrata degli Appennini, ripiegata a soffietto, della notevole lunghezza di millimetri 3210 per 230. Anche la data di pubblicazione, che i giornali dell'epoca fissano al mese di dicembre 1864, sottolinea la sua funzione pubblicitaria: la ferrovia era stata infatti aperta poco più di un mese prima, il 2 novembre.

Così come l'ingegner Begliuomini originario della Montagna pistoiese e amico dell'ingegnere Girard, conservò presso di sé un consistente nucleo di copie di carte e disegni originali dei tratti di ferrovia da lui disegnati e realizzati e che la famiglia successivamente ha depositato presso la Biblioteca Forteguerriana di Pistola. A Bologna la figlia del Protche, Sophie Protche Ehrenfreund, nel 1890 donò al municipio le carte del padre, scomparso nel 1886, che vennero inventariate per la prima volta nel 1909 nella biblioteca dell'Archiginnasio e che oggi sono state nuovamente e più analiticamente inventariate.

Venturina, 3 Capanne 4 Pavana, 5. Cigno, 6. Lustrola, 7. Granaglione, 8. Campeda, 9. Diavolo, 10. Cupandia, 11. Boschi, 12. Randaragna, 13 Biagioni 14. Olivacci, 15. Chiombi, 16. Frassignoni.

Da Pracchia a Pistoia: 1. dell'Appennino, 2. Cataldera, 3. Pisanecco, 4. Cicerbaia, 5. Castagno, 6. Seccherò, 7. Signorino, 8. Ponticelli, 9. Corbezzi, 10. Casciano, 11. Cugna, 12. Borrina, 13. Strada Bolognese, 14. Crocicchio, 15. Marroneta, 16. Calde, 17. Casaleccio, 18. Colle, 19. Piteccio, 20. Rovina, 21. Grazzini, 22. Ponzano, 23. Vaioni.

Alcuni autori hanno fornito numeri diversi da questo, ad esempio il Giuntini parla di 25 gallerie da Pistoia a Pracchia e 24 da Pracchia a Marzabotto, mentre, in realtà, furono rispettivamente 23 e 22. L'errore per il versante sud è stato sicuramente determinato dal fatto che nel 1882 la galleria di Piteccio fu divisa in três tronchi tramite l'apertura delle due spettacolari trincee di Vignacci e del fosso di Castagno, elevando così di due il numero complessivo dei tronchi di galleria; i due nuovi tunnel si chiamano Fabbiana e Vignacci. Per il tronco Pracchia-Marzabotto il numero di 24 si ottenne a causa del fatto che negli anni 1888-1889 venne realizzata la galleria di Morello che sostituì un tratto di linea franato. Gli errori sono perciò legati al fatto che questi autori si riferiscono alla situazione attuale e non a quella del momento della costruzione.

I documenti del Fondo Speciale Jean Louis Protche della Biblioteca dell'Archiginnasio di Bologna e quelli conservati presso la Biblioteca Forteguerriana di Pistoia delineano in modo circostanziato la costruzione di molte gallerie della linea e qui ne illustriamo le tre principali a titolo esemplificativo. Si tratta delle gallerie dell'Appennino (altrimenti detta di San Mommè o di Pracchia o di valico), di Pian di Casale (altrimenti detta di Casale) e di Riola.

La grande galleria dell'Appennino

La prima galleria della quale, dopo la scelta della posizione del superamento dello spartiacque, era iniziato lo scavo fu quella di valico, fra Pracchia, versante del Reno e San Mommè, versante dell'Ombrone. I primi scavi erano iniziati fin dal 1853, ben prima del deciso avvio della costruzione della transappennina che data dagli anni 1860-1861. Nell'anno di avvio si era concentrata a Pracchia una notevole quantità di semplici manovali, ma anche di operai specializzati nello scavo di gallerie, nella speranza di essere assunti dalla società inglese appaltatrice dei lavori. Sia costoro, sia i progettisti pensavano che i lavori potessero procedere spediti, ma in realtà occorsero ben undici anni per vedere compiuta questa opera, che si rivelò ben presto come la più complessa.

Un ritardo così consistente può essere ascrivibile sia alle vicissitudini delle varie società che si avvicendarono, sia al rinnovo della convenzione, nel 1856, fra i cinque Stati preunitari, sia infine

alle oggettive difficoltà del terreno su cui si lavorava, sia in superficie, sia nello scavo della galleria. Complesso si rivelò infatti lo studio della geologia di questa sezione di Appennino e la struttura interna dei terreni nei quali si iniziarono gli scavi mostrò la presenza di un problematico strato di materie terrose prodotte dalla millenaria decomposizione delle sottostanti rocce, sia scistose, sia arenacee, che raggiungeva anche i 25-30 metri di spessore. Fin dai primi tempi fu anche avanzata l'ipotesi di utilizzare nello scavo apposite macchine, che proprio in quel periodo si andavano inventando, utili soprattutto all'estrazione di terra e acqua dai pozzi.

Come risulta da un documento del ministro toscano Baldasseroni, fra l'agosto e il settembre 1853, si era già proceduto alla deviazione delle acque del fiume Reno per creare lo spazio necessario alla predisposizione del piazzale all'imbocco nord della grande galleria. Nello stesso anno si erano anche iniziate a tracciare le strade di servizio che dovevano consentire un più comodo accesso ai primi due pozzi, pensati per velocizzare lo scavo, in modo da affrontare il complesso lavoro non solo dalle due bocche nord e sud, ma anche da altri punti nel cuore della montagna. Gli scavi veri e propri dalle due teste e dai quattro pozzi predisposti iniziarono fra i mesi di settembre e di novembre 1853. Il motivo comunque principale che, dopo un così promettente avvio dei lavori, ne avrebbe pesantemente rallentato l'esecuzione, furono sicuramente le notevoli difficoltà finanziarie dell'impresa costruttrice. Questa situazione si risolse in modo negativo il 15 dicembre di due anni dopo, 1855, con la sospensione ufficiale dello scavo della galleria, anche se in realtà tali lavori proseguirono e vennero definitivamente interrotti un mese e mezzo dopo, il 31 gennaio 1856.

Secondo una relazione dell'ingegner Manzotti al momento dell'interruzione la situazione dei metrimlineari di galleria già scavati era la seguente:

scavato dal	fino al	complessivi metri	
pozzo n. 1	15 settembre 1853	gennaio 1855	72,60
pozzo n. 2	15 settembre 1853	settembre 1854	37,00
pozzo n. 3	novembre 1853	gennaio 1855	42,50
pozzo n. 4	ottobre 1853	gennaio 1855	94,50

Questo schema mostra che in poco più di un anno si era proceduto a rilento e che quindi i risultati erano limitatissimi, in relazione ai più di 2700 metri che si dovevano scavare. L'interruzione poté essere superata solamente dopo che una nuova società, la Cheli-Lapini-Romanelli, si accollò l'incarico di costruire il tratto Pracchia-Pistoia firmando il contratto l'1 settembre 1857. Il nuovo inizio ufficiale dello scavo venne fissato al 15 ottobre 1857 e il suo termine ultimo, piuttosto ampio, entro i successivi 45 mesi.

Quanto alla larghezza di questa e delle altre gallerie, l'ingegner Protche aveva avanzato una proposta secondo la quale in relazione alla loro larghezza era previsto uno spazio di soli m 0,72 fra la parete della galleria e la sagoma delle carrozze, troppo limitata soprattutto in relazione all'eventuale presenza di personale in galleria al passaggio del treno. Per dirimere la questione erano stati nominati due arbitri, Ghega e Manetti, che il 22 dicembre 1856 avevano rese note le loro decisioni. Se per l'altezza delle gallerie essi accettarono la proposta di Protche, per la larghezza essi rilevarono la limitatezza della sua proposta e proposero l'allargamento da m 4,50 a m 4,70, per la larghezza misurata a due metri dal piano dei binari, e da m 4,20 a m 4,40 per la quella misurata sul piano dei binari, sempre definiti "guide", con un allargamento complessivo di 20 centimetri.

Sempre al fine di salvaguardare l'incolumità del personale in galleria fu anche deciso di scavare ogni centro metri "nicchie alternate", che in seguito sarebbero state definite garitte, che quindi sarebbero state distanti 50 metri una dall'altra e che avrebbero dovuto sufficientemente larghe da alloggiare almeno due persone.

Per il rivestimento delle volte si prevede di utilizzare pietrame dal pavimento all'impostazione della volta e mattoni per la volta stessa, murati con cemento composto di pozzolana o di calce idraulica cosicché le inevitabili infiltrazioni d'acqua non ne impedissero l'indurimento. Per le pendenze, viste le difficoltà dell'esercizio della ferrovia in galleria, legate soprattutto all'umidità che rendeva i convogli meno aderenti alle rotaie, si decise di diminuirle rispetto ai tratti di linea all'aperto. Per conoscere lo stato dei lavori al 1858 è presente la relazione del sopralluogo del maggio di quell'anno compiuto dai cinque componenti della commissione internazionale di Modena. La loro descrizione risulta precisa e analitica. Essi constatarono dunque che a cominciare dalla testa nord, quella di Pracchia, lo scavo vero e proprio non era ancora iniziato, ma si lavorava alla trincea di avvicinamento all'imbocco vero e proprio. Quanto ai pozzi, il primo, che si trovava a 553,71 metri dall'imbocco nord e che per raggiungere il piano viabile era previsto, di 143 metri di profondità, era giunto a soli 73 metri. Il secondo, distante 465 metri dal primo, era arrivato ad una profondità di 38 metri, per un totale di 192 metri previsti dal progetto. Il terzo era prossimo al crinale spartiacque e perciò era previsto più profondo degli altri, ben 223 metri ed era stato scavato per 56 metri. Il quarto si trovava nel versante sud dell'Appennino, distava 901 metri dal terzo, era previsto di 164 metri ed era scavato per 104. Ogni pozzo era servito da un meccanismo a cavalli che muoveva "l'ascesa e discesa alternata di due secchioni" utilizzati per l'estrazione dei materiali di scavo e dell'acqua. Si trattava di un meccanismo decisamente antiquato, che fu così descritto nella relazione del sopralluogo: il meccanismo a cui è applicata la forza motrice consiste in un grande cilindro a rotazione orizzontale con albero verticale con leve a braccia orizzontali alla cui estremità sono applicati i cavalli. Una fune si avvolge e svolge dal cilindro a tamburo e passando sul dosso di una ruota opera l'ascesa e discesa dei secchioni nel pozzo. Anche i commissari giudicarono davvero

antiquato il sistema, soprattutto in relazione a un veloce scavo della galleria. Per questo essi sollecitarono la società ad acquistare apposite macchine a vapore che avrebbero accelerato in modo deciso "l'evacuazione delle acque e lo sgombrò delle materie", il cui volume alla fine dei lavori risultò davvero enorme, se si pensa che le due più vaste e complesse stazioni, quella dei Bagni della Porretta e quella di Pracchia, col loro ampio fascio di binari, vennero realizzate sui terrapieni che si erano formati col materiale di risulta dello scavo delle gallerie. Del resto la società aveva già provveduto ad ordinare tali macchine a un'industria inglese. Anche questa relazione ribadì il già stabilito termine di consegna dei lavori, previsto entro 45 mesi dall'ottobre 1857.

I commissari constatarono anche che i due versanti del crinale fra Pracchia e San Mommè erano attraversati da numerose strade di servizio che mettono in comunicazione tutti i posti di lavoro colla piazza dei cantieri e colle strade già esistenti, mentre nei pressi dell'imbocco il grande viadotto che attraversa l'Ombrone le spalle e le pile vi sono bene avanzate e che la società vi avrebbe costruito anche una o più briglie o serre attraverso l'alveo del torrente stesso onde formare tra questo e il viadotto uno spazio sul quale potere depositare le materie di rifiuto da sgombrarsi dal sotterraneo.

Il "Monitore toscano" del 22 luglio 1858 ci mostra una situazione ancora più avanzata. L'autore dell'articolo ricorda l'aumento della profondità dei pozzi, l'inizio dello scavo dalla testa sud, il fatto che il ponte sul Reno a Pracchia era già "all'impostare della volta" e la costruzione del viadotto di San Mommè era già stata avviata, come anche quella del muro di sostegno che si doveva costruire sotto di esso per contenere i materiali di scavo.

Poco dopo anche l'ingegner Campilanzi stese un rapporto sullo stato dei lavori, dal quale ricaviamo che i materiali che venivano utilizzati per costruire le volte della galleria, pietra e cemento, risultavano di buona qualità, anche se all'imbocco nord lo scavo procedeva, ma a un ritmo inferiore di quello previsto. I pozzi 2 e 4 procedevano con "lodevole sollecitudine", mentre il numero 3 e il viadotto dell'Ombrone languivano. Sono questi i primi elementi negativi che avrebbero determinato, di lì a due anni, la sostituzione dell'impresa costruttrice.

Il Protche nell'ottobre del 1858 volle constatare di persona la situazione e il 1° novembre scrisse al Lapini che "l'Entreprise a repris les puits commencé par l'ancienne Compagnie, en substituant cependant un nouveau puit que nous avons appelé puit n. zero". In tutto, quindi, i pozzi risultarono cinque. Egli constatò che proseguendo con questo ritmo sarebbe stato impossibile terminare i lavori entro il termine previsto e che quindi si sarebbe dovuto procedere secondo quanto stabilito nel capitolato dei lavori: 12 metri al mese per i pozzi e di 8 per la galleria. Rispondendo a questa lettera il Lapini ribadì invece che il termine sarebbe stato rispettato dalla ditta e anzi era addirittura probabile che si finisse prima della data prevista. In realtà queste rosee previsioni si sarebbero rivelate del tutto infondate, perché la galleria sarebbe stata ultimata solamente nell'autunno 1864 e

non nel giugno 1861. Lo stesso Protche, evidentemente poco convinto di quanto aveva affermato il Lapini, il 29 novembre ribadì che era necessario rispettare i ritmi di avanzamento concordati, affermando che se lo scavo delle due teste della galleria procedeva come previsto di 20 e 24 metri al mese, il pozzo numero 0 il cui scavo era iniziato nel luglio 1858 era avanzato speditamente solo fino a novembre.

Per di più il pozzo numero 2 era praticamente fermo, i pozzi 3 e 4 avanzavano di soli 6 metri al mese e dalla fine di ottobre anziché avviare uno scavo più spedito i lavori erano ancor più rallentati. Inoltre non era ancora stata installata nessuna macchina a vapore per la salita e discesa dei materiali dei pozzi profondi più di 50 metri, praticamente tutti quelli della galleria dell'Appennino, cosicché si procedeva ancora con gli antichi e lentissimi argani a cavalli.

In effetti i lavori procedevano con estrema lentezza. Alla fine dell'anno, rispetto ai dati del maggio e quindi dopo 7 mesi, il livello degli scavi era il seguente:

Imbocco nord: m 152

Imbocco sud: m 65 sui 2710,35 previsti.

Pozzo 0: tutto scavato per m. 55,54

Pozzo 1: 79,80 m, con un avanzamento di 6,8 m

Pozzo 2: 43 m, con un avanzamento di 5 m

Pozzo 3: 104 m, con un avanzamento di 48

Pozzo 4: 150,70 m, con un avanzamento di 46,7 m

Per ovviare a questo quasi stallo il Protche sollecitò drastici rimedi al fine di rispettare i seguenti ritmi: 12 metri lineari al mese per i pozzi, 20 per gli altri scavi e 24 per l'avanzamento sud, il quale, essendo in discesa, permetteva una più rapida uscita dei materiali scavati.

Ulteriore sollecitazione dell'ingegnere in capo fu di invitare la ditta a procedere subito a rivestire le pareti scavate, e comunque entro sei settimane. Le pareti appena scavate e non ancora rivestite rappresentavano infatti un serio pericolo di crolli e smottamenti della terra. Anche la questione delle macchine a vapore venne presa in considerazione dal Protche, imponendo il termine di 30 giorni per la loro messa in funzione. Tutte queste sollecitazioni non rappresentarono affatto un amichevole tentativo di rendere i lavori più rapidi, ma furono una vera e propria imposizione, che avrebbe comportato, in caso di inadempienza, la rescissione totale o parziale del contratto di appalto. Il 4

marzo 1859, messa di fronte ad una formale comunicazione delle norme di questa ingiunzione da parte del direttore generale Busche, la società appaltatrice Cheli-Lapini-Romanelli rispose il 20 maggio accettandole in toto. Ma le sollecitazioni e le ingiunzioni, in realtà, non vennero prese in seria considerazione dagli appaltatori. Questo fatto risulta da un altro rapporto dell'ingegner Siben datato 16 settembre 1859: i ritmi risultavano ancora molto lenti e non si era compiuto il minimo sforzo per accelerarli. Il 20 maggio la testa nord si era unita allo scavo del pozzo numero 0, ma questo lavoro rappresentava solamente i due terzi di quello che sarebbe stato previsto nello stesso periodo. L'importante avanzamento del pozzo numero 0 verso il numero 2 il 20 marzo 1859 era stato sospeso e il numero 1 era addirittura chiuso. L'unico elemento positivo di quell'estate fu l'installazione l'11 luglio della prima macchina a vapore al pozzo numero 2.

Ma nonostante questa importante novità i lavori procedevano ancora lentamente soprattutto, a detta del Siben, anche per la loro disorganizzazione, confermata dalla constatazione che venivano usati gli stessi contenitori sia per l'estrazione delle acque sia del materiale di scavo. I timori del Siben erano anche collegati al fatto che dal 22 luglio al 1° settembre si erano scavati solamente 6,40 metri. Per cercare di velocizzare almeno l'estrazione delle acque, sempre abbondanti in questa zona dell'Appennino, si decise di realizzare a circa sei o sette metri dal fondo del pozzo numero 2, l'unico dotato di macchina a vapore, un deposito per le acque, in modo che potessero essere estratte per mezzo di una pompa azionata dalla stessa macchina. Il problema delle sorgenti che si rinvenivano continuamente nello scavo si manifestò in modo prorompente al pozzo più importante, il numero 3. Qui il 27 gennaio 1859 si era manifestata una falda acquifera, che non si era riusciti a trattenere e che aveva determinato l'allagamento dell'intero impianto. Dal 19 al 25 marzo si era proceduto al prosciugamento del pozzo, ma anche nel periodo successivo le cose non erano molto migliorate, anche se il Siben annota che erano arrivati i primi pezzi per il montaggio della pompa idraulica a vapore. Una situazione così poco organizzata aveva fatto sì che al pozzo numero 3 l'avanzamento risultasse praticamente inesistente: dal 27 gennaio al 1° giugno si erano scavati 8,20 metri di galleria e se ne erano rivestiti in muratura 6,30; dal 1° giugno al 1° settembre 3,05 metri di scavo e 6,30 metri di rivestimento a mattoni.

Le cose andarono un po' meglio al pozzo numero 4 per il quale lo scavo verso la testa sud era avanzato di 101,35 metri, circa 16,90 metri al mese: molto se confrontato con gli altri, poco se messo in relazione a quanto era stato imposto dalla società. Così per la testa sud che verso il pozzo 4 era avanzata di 48,10 metri, solo i due terzi di quanto stabilito e per di più l'8 luglio 1859 il lavoro era stato interrotto. La sconsolata relazione del Siben si concludeva con la constatazione che in tutti i cantieri da lui visitati risultavano scarsi anche gli approvvigionamenti di materiali, soprattutto in vista dell'inverno, ragione in cui le possibilità di trasporto attraverso le fangose strade di servizio

risultavano quasi nulle. Un esempio era quello del combustibile per le macchine a vapore: quello presente nei cantieri era sufficiente per appena un mese.

Anche per il 1860 la documentazione ci presenta una situazione tutt'altro che rosea. Un altro rapporto del 18 maggio ci offre numerose informazioni: in riferimento alle due teste sud e nord, vi si afferma che a fronte di un'avanzamento della parte già rivestita di 39,35 metri non erano ancora stati realizzati il canale di scolo e i lavori di completamento. Le parti nelle quali scavo e rivestimento erano completati risultavano di 194,65 metri; le parti infine dove si era avanzato di 3 metri cubi per metro lineare erano di 136 metri; per complessivi 370 metri. Alla testa sud erano stati terminati 292 metri e la galleria d'avanzamento misurava 414 metri per un totale di 706 metri. Poiché la lunghezza totale prevista della galleria era di 2725 metri, risulta che non era stato fatto nulla per 1649 metri.

Per risolvere l'oramai annoso problema della lentezza dei lavori fu necessario attendere l'estate del 1860, quando, constatata l'incapacità dell'impresa Cheli-Lapini-Romanelli, la società concessionaria decise di rescindere almeno in parte il contratto con questa e affidare i lavori a un'altra impresa. L'appalto dello scavo della galleria dell'Appennino, del viadotto sull'Ombrone al suo sbocco meridionale, della prima breve successiva galleria di Cataldera e di tutto il tratto da Venturina a Pracchia, venne affidato il 2 luglio ai francesi Vitali-Picard e C. di Parigi. Costoro si rivelarono molto più capaci ed efficienti, anche se per assistere all'apertura della galleria sarebbe stato necessario attendere ancora quattro anni. La nuova situazione determinatasi col cambio di appaltatore è documentata da una fonte conservata nell'archivio dell'ingegner Protche. Si tratta dei numerosi stati di avanzamento che venivano redatti settimanalmente e per questo descrivono le vicende degli scavi in modo preciso.

Il foglio del 25 agosto 1861 ci informa che alla testa nord si erano scavati in tutto 516,75 metri; dal pozzo zero si pompava una grande quantità d'acqua; nel tunnel di tangente era stata collocata una "locomobile" che serviva per la ventilazione della galleria. Al pozzo numero 3, che in precedenza aveva dato molti problemi, era in corso di installazione un'altra pompa e i lavori di scavo si sarebbero iniziati entro il mese seguente. Il foglio del 30 settembre rilevava che lo scavo alla testa sud aveva raggiunto i 949 metri e anche in questa zona, in precedenza considerata la più asciutta, si era incontrata un'altra vena d'acqua della notevole portata di 5,519 metri cubi all'ora, ma comunque il problema era meno grave, poiché la pendenza favoriva lo smaltimento delle acque.

Alcuni fogli del febbraio 1862 descrivono che al pozzo 2 era in corso di collocazione una macchina perforatrice il cui funzionamento era stato iniziato a provare fin dal maggio precedente. Fu utilizzata nei pozzi 2 e 3 e permise di iniziare lo scavo in entrambe le direzioni. La situazione dello scavo in quel momento era la seguente:

data	testa nord	testa sud
9 maggio 1862	m 635,40	m 1072,50
24 ottobre 1862	m 762,30	m 1165,40
2 gennaio 1863	m 802,45	m 1187,00
10 aprile 1863	m 862,05	m 1126,90

Solo in alcuni dei fogli settimanali troviamo l'annotazione: "questa settimana si è scavato senza interruzione", poiché la maggior parte riportano le difficoltà che rallentavano i lavori. Anche il ritmo giornaliero risultava molto sostenuto: si lavorava tutti i giorni, con la sola interruzione del giorno dell'Ascensione e della ricorrenza di Santa Barbara, la protettrice dei minatori. Così in uno dei fogli viene annotato: "il dì 4 dicembre 1862 giorno di S. Barbera non si è lavorato alla Testa Nord, al Pozzo n. 3 e alla Testa Sud della galleria n. 84 detta di Sammommè".

In quei mesi si cercò di determinare con esattezza la natura

dei terreni da scavare e alla fine dell'anno il Siben compilò un'approfondita relazione sulla stratigrafia della galleria, che permise di procedere più speditamente. Nel 1863 i lavori erano piuttosto avanzati, tanto che al 13 marzo fu annotata la sospensione dello scavo al pozzo numero 2, perché oramai era prossimo il collegamento con lo scavo della testa nord. In quel momento, oltre ai due avanzamenti principali, era ancora in funzione solo il pozzo 3, dal quale mancavano ancora 410,20 metri verso nord e 107,80 verso sud.

Ma ancora all'inizio del 1864 la galleria non era completata, tanto che in aprile si decise di montare allo scavo della testa nord la macchina perforatrice detta "del Signor Girard".

Andrea Giuntini afferma che nella grande galleria venne usata anche la macchina del savoiardo Germano Sommeiller. La macchina del Girard fu utilizzata per lo scavo della piccola galleria d'avanzamento in calotta e non in basso, con risultati non soddisfacenti. Infatti pochi giorni dopo, lo scavo per mezzo del nuovo meccanismo venne sospeso e i minatori ripresero il normale lavoro. Nel giugno la macchina venne utilizzata anche per la testa sud, ma nel foglio del 17 giugno 1864 venne annotato:

“ha cessato di lavorare all'Avanzamento alle ore 5,45 pomeridiane del 16. Il 17 fu levata di galleria. È stato di fatto con questa Macchina in giorni 14 e un terzo di esperimento, un avanzamento totale di metri 5,22, cioè di 0,36 per giorno di 24 ore, risultato poco diverso da quello che si sarebbe ottenuto con i mezzi ordinari, essendosi presentata la roccia dura e compatta in modo veramente

eccezionale.” A quella data mancavano oramai soltanto 91,78 metri alla congiunzione delle due teste, che avvenne all'inizio del mese di settembre.

Così ne parla il foglio di avanzamento: il dì 9 settembre 1864 a ore 4 antimeridiane seguì l'incontro dell'avanzamento, il medesimo giorno a ore 4,30 pomeridiane Sua Eccellenza il Ministro dell'Interno Signor N. Peruzzi inaugurò la giunzione fra le due teste. Dal 7 ottobre si procedette dunque con la realizzazione della volta in pietra e mattoni. La galleria risultò lunga poco più di 2700 metri e la pendenza, nonostante nel progetto si fosse tentato di limitarla, risultò del 24,3 per mille, che era la massima consentita e che in un sotterraneo aggravava i problemi.

“Accidentalità, soccorsi agli operai. L'intraprenditore sarà tenuto di fare curare a sue spese gli operai che venissero feriti per accidentalità risultanti dai suoi lavori, e di assicurare soccorsi, durante la loro malattia, ad essi ed alla loro famiglia. Se qualche operario soccombesse in seguito di queste ferite, dovrà l'intraprenditore assicurare alla vedova ed ai figli dei soccorsi che si credo poter fissare in proporzione al totale del salario dell'operario durante sei mesi. Se non lo farà l'ingegnere in capo dopo cinque giorni dall'invito a pagare di stabilire la somma da pagarsi e di farla saldare a conto dell'impresa. In ogni caso la responsabilità resta dell'intraprenditore e non della Compagnia.”

La galleria di Casale

Si tratta della seconda per lunghezza delle gallerie della Porrettana, misura 2621 metri e si trova fra le stazioni di Porretta e Riola. La complessità del suo scavo fu maggiore di quella della galleria di valico, soprattutto perché attraversava terreni soprattutto argillosi e per questo difficili sia nella fase di escavazione sia per contenerne le spinte per mezzo delle murature. Proprio la presenza di larghi movimenti franosi di superficie era stata la causa che aveva spinto l'11 luglio 1860 il governo a nominare una commissione per stabilire la fattibilità dell'opera. I commissari, avendo visitato questo tratto della linea il 9 e 10 agosto, avevano annotato le difficoltà dovute alla natura dei terreni: dalla Porretta a Vergato durano gli strati argillosi dei detti contrafforti, i quali sono facili a sfaldarsi per l'azione delle acque e del sole, e quindi a smottare verso l'alveo del fiume, che è l'ultima parte e l'asse della valle.

Difficoltà ancora maggiori erano determinate dal fatto che "non è possibile il determinare a priori la profondità a cui s'arresta questo movimento" al fine di poter condurre la galleria su terreni più stabili. A conclusione della loro ispezione i commissari affermarono la fattibilità dell'opera sottolineando comunque la bontà della scelta del Protche di realizzare la massicciata per la maggior parte sull'alveo del fiume. Del resto anche per lo scavo di questa e altre gallerie, si ipotizzava con sicurezza che poteva: "stimarsi il massimo limite della profondità dalle dilatazioni lungo le sponde,

e quindi la norma pratica per regolare le costruzioni della ferrovia". Infatti erano state eseguite perforazioni ai due futuri imbocchi, che avevano permesso di stabilire che in quelle posizioni il fondo si trovava "sopra suolo stabile". Anche per questa galleria vi sono i fogli degli stati di avanzamento dai quali è possibile ricavare informazioni a cadenza settimanale.

L'inizio dei lavori è da stabilire nella primavera del 1861: "alla testa nord si iniziò a lavorare il 26 marzo, a quella sud il 7 maggio, mentre i tre pozzi si erano iniziati a scavare fra il 13 e il 20 maggio. Si continuò a lavorare per tutta l'estate e all'inizio di settembre lo stato di avanzamento risultava in linea con le previsioni, anche se v'e motivo per dubitare che quest'inverno e forse anche dopo le prime piogge d'autunno i cantieri non potranno venire approvvigionati a causa delle strade di servizio, che l'impresa aporse in terreni smossi, senza prendere l'indispensabile precauzione di selciarle e munirle di opere valevoli ad assicurarne la loro durata."

La prima parte dello scavo dalla testa nord era risultato agevole perché si era trovato buon galestro, ma a 47 metri dall'imbocco la situazione era cambiata perché "si riscontrarono acque di filtrazione estese di metri 49. Quest'acque hanno decomposto completamente il galestro riducendolo ad argilla ben poco resistente". Al di là di questo difficile tratto si tornò a trovare terreno stabile. Fino a settembre la galleria nel versante sud aveva raggiunto i 121 metri "in piccola sezione", un'espressione che si riferisce al metodo di scavo che consisteva nel realizzare un primo piccolo tunnel nella parte alta della galleria, il cui scavo veniva poi proseguito in due successivi momenti nella parte inferiore fino a raggiungere la sagoma prevista dal progettista. In questo primo tratto "tutto il terreno attraversato è argilloso e mescolato di blocchi calcarei di sovrapposizione e però senz' umidità". Il pozzo numero 1 era stato scavato per 47,50 metri ed i materiali si estraevano prima con un semplice argano azionato dagli uomini, sostituito poi da un analogo meccanismo a cavalli. Il fondo previsto a 100,40 metri era stato raggiunto il 25 luglio 1861 e da lì si era iniziato a scavare nelle due direzioni. Analoghe situazioni si riscontravano nei pozzi 3 e 2. Per la ventilazione di quest'ultimo era stato montato un ventilatore 60 metri dalla superficie. Anche in questa galleria la società appaltatrice cercò di accelerare lo scavo e a tale scopo il 19 novembre 1861 venne aperto un quarto pozzo, definito numero 0, il cui scavo seguiva un ritmo, determinato dalla diversa consistenza dei terreni incontrati, da 4 a 17 metri la settimana.

Nel maggio dell'anno successivo un lungo tratto della galleria scavata rovinò per la notevole lunghezza di 60 metri. Il motivo del cedimento era collegato al fatto che non erano stati eseguiti i necessari lavori di sostegno e rivestimento della piccola galleria di avanzamento, in presenza di un terreno decisamente argilloso e quindi molto mobile. Per di più in un tratto sottostante a causa di una grossa frana era crollata anche una parte delle murature già eseguita: al disotto di una lavina le murature di rivestimento già eseguite in grande sezione manifestano segni evidenti di cedimenti e segnatamente alla chiave dell'intradosso ove sotto la forte pressione i conci romponsi negli spigoli e

cadono a pezzi al basso. Si teme, con ragione, che tali pressioni siano per aumentare col progredire verso la maggior lavina. Questi fatti determinarono anche per questo scavo notevoli ritardi, tanto che nel foglio del 27 giugno si faceva notare che non si era ancora realizzato nessun collegamento fra i vari tratti della galleria che veniva aggredita sia dalle due teste, sia dai quattro pozzi, ai quali era stato aggiunto un quinto, il 3 bis, ma nei pozzi 2 e 3 si verificavano crolli e l'impresa era preoccupata per i movimenti e le deformazioni che si verificavano nelle murature del tunnel. Il grave problema dei cedimenti delle murature fu risolto con l'aumento del loro spessore portandolo fino a un metro e ricostruendo fino a 60 metri di tratti di galleria.

Un grave errore si verificò poi nel calcolo delle curvature quando fu scavata una controcurva. In un primo momento, il 29 maggio il Protche impose all'impresa di ovviare al grave errore demolendo le murature già in opera, ma il 6 giugno cambiò opinione autorizzando l'impresa a una modifica del progetto.

Altri fogli di avanzamento informano sulla situazione fra il 1862 e il 1863. Il 12 dicembre 1862 fra i primi due pozzi rimanevano da scavare solamente 12 metri in calotta, mentre era già iniziato il montaggio di macchine a vapore: "... è arrivato il Cilindro per la macchina a vapore sul cantiere il giorno 6 corrente". I pozzi O e 1 si congiunsero in calotta il 3 gennaio 1863, ma "... la notte del 7 gennaio fu sospesa l'estrazione del materiale a motivo della gran pioggia, perché i manovali all'esterno non potevano più resistere. La porta per impedire il correre dell'aria fra il pozzo n. 1 e n. 0 non è ancora stata messa".

Il foglio del 20 febbraio 1863 ci informa che alle 6 pomeridiane si congiunsero i pozzi 3 e 4 e lo scavo ebbe termine.

Anche durante i lavori di questa galleria si ha notizia di alcuni incidenti: "il giorno 15 corrente (Febbraio 1863) alle ore 9 pomeridiane nuovamente il Martello che saliva si prese nel fondo di quello che scendeva, quest' ultimo si sganciò e cadde nel pozzo senza ferire nessuno"; questo tipo di incidente, che si verificò al pozzo n. 3, era molto frequente.

Lo scavo della galleria di Casale terminò alla fine di aprile del 1863; così annota il rapporto settimanale del 1° maggio 1863 a proposito del pozzo n. 3: "... alla mezzanotte dal 28 al 29 aprile ebbe luogo l'incontro col pozzo n. 2, mediante il quale venne ultimato il perforo di questa galleria".

La galleria di Riola

Anche per la galleria di Riola i numerosi stati di avanzamento settimanali ci permettono di ricostruire le vicende della sua realizzazione. Il primo foglio settimanale ci dice che questa galleria si iniziò a scavare in contemporanea con quella vicina di Casale. In totale sarebbe risultata lunga 1385 metri, con la limitata pendenza del 10 permille. Le carte, tutte riferibili alla tarda primavera del 1861, ci informano che il 28 aprile iniziò lo scavo del pozzo numero 2, il giorno dopo si attaccò la testa sud, il 2 maggio la testa nord e infine il 29 giugno il pozzo numero 1. Fin dai primi tempi i due pozzi furono dotati di un argano a cavalli e di un ventilatore.

La situazione dei terreni scavati è ben delineata dai rapporti: la zona in cui si scavava dal pozzo numero 2 risultò formata da terreno vegetale e "schisti decomposti" misti a strati di arenaria, dai quali scaturiva anche una certa quantità di "gas idrogene leggermente solforato". Più stabile la situazione alla testa sud, nella quale vennero rinvenuti banchi di dura arenaria, intervallati ad argilla; in questa zona si trovavano anche infiltrazioni d'acqua, che rendevano sempre difficile lo scavo. Nella prima parte dello scavo nord, fino a 10,50 metri, la situazione era analoga a quella dello scavo a sud. Alla testa nord fu rinvenuta una ricca sorgente, che sgorgava da un terreno ghiaioso. Anche in questa galleria fu aperto un terzo pozzo, il numero zero, nei pressi della testa nord. In quella galleria venne utilizzata una metodologia diversa: anziché scavare la piccola galleria di avanzamento nella zona alta della calotta, si scavò nella parte bassa su cui sarebbero poi state poste le guide, cioè i binari. Si andò avanti così fino al 1 settembre 1861. Nel foglio di avanzamento di quel giorno fu annotato che mancava la pietra da taglio per la realizzazione delle volte che doveva essere trasportata dalle vicine cave d'Oreja. Quanto al ritmo dei lavori, il foglio di avanzamento dell'ottobre 1861 riporta che alla testa nord si scavavano 0,28 metri al giorno, a quella sud 0,22. In questo stesso mese iniziò anche il lavoro del rivestimento in muratura dei pozzi 1 e 2. Lo scavo fu ultimato fra l'estate e l'autunno del 1861: l'11 maggio si congiunse la testa nord col pozzo numero 1, il 20 luglio la testa sud col pozzo numero 2. Alla fine di agosto i lavori al pozzo numero 1 vennero sospesi perché i materiali di scavo si iniziarono a portare fuori dal tunnel per mezzo della testa nord, allo stesso modo furono sospesi gli scavi al pozzo numero 2 i cui materiali venivano estratti dalla testa sud. Il 3 novembre si concluse lo scavo alla piccola galleria, premessa indispensabile al completamento delle murature in galleria.

L'unico incidente si verificò il 21 gennaio 1862 al pozzo numero 2 "all'avanzamento nord ed alla distanza di 36 metri d'asse del Pozzo (...) un Operaio dopo l'esplosione delle mine, avendo accesa presso al terreno la sua lampada dette fuoco ad una sorgente di gas idrogeno protocarbonato, che tosto si estinse dietro forte detonazione".

Il "Prospetto delle principali Opere d'Arte"

Al termine dei lavori della ferrovia, Luigi Niccolai, segretario del direttore dei lavori ingegner Siben compilò un Prospetto delle principali Opere d'Arte" della "Strada ferrata dell'Italia Centrale. Linea da Bologna a Pistola" descrivendo con cura e attenzione il quadro generale della nuova ferrovia.

La linea è suddivisa in due "Divisioni". La prima è denominata "di Porretta" ed è compresa tra la stazione di Bologna e il Ponte alla Venturina, antico confine tra Granducato di Toscana e Stato Pontificio, delimitato dal ponte sul Reno della strada Porrettana. La seconda è quella "di Pistoia" e parte dalla Galleria della Venturina per giungere fino alla città toscana. La descrizione del tracciato procede in senso geografico da Bologna a Pistoia elencando, in numero progressivo e con le distanze chilometriche, tutte le opere d'arte che risultano: in totale 96, 31 nel primo tratto e 65 nel secondo.

L'analisi dei dati disaggregati ci permette di comprendere le caratteristiche tecniche della ferrovia e le sue particolarità, fornendo un quadro esauriente della complessità e difficoltà dell'opera, specialmente nel tratto toscano. La lunghezza totale della linea era di 98 chilometri e 391,65 metri: il tratto porrettano misurava 61.960 metri, quello pistoiese 36.431,65 metri, pari rispettivamente al 62 e al 38. Le stazioni erano 11 di cui 7 nel tratto emiliano (Bologna, Casalecchio, del Sasso, Marzabotto, Vergato, Riola e Porretta) e 4 in quello pistoiese (Molino di Ballone, Pracchia, Piteccio e Pistoia) a riprova di una minore presenza dei centri abitati in quest'ultima porzione. Erano tutte di nuova costruzione a eccezione di quella di Pistoia, inaugurata nel 1851 lungo la linea Maria Antonia. I ponti e i viadotti erano complessivamente 38 suddivisi a seconda della modalità di realizzazione: 32 in muratura e 6 in ferro.

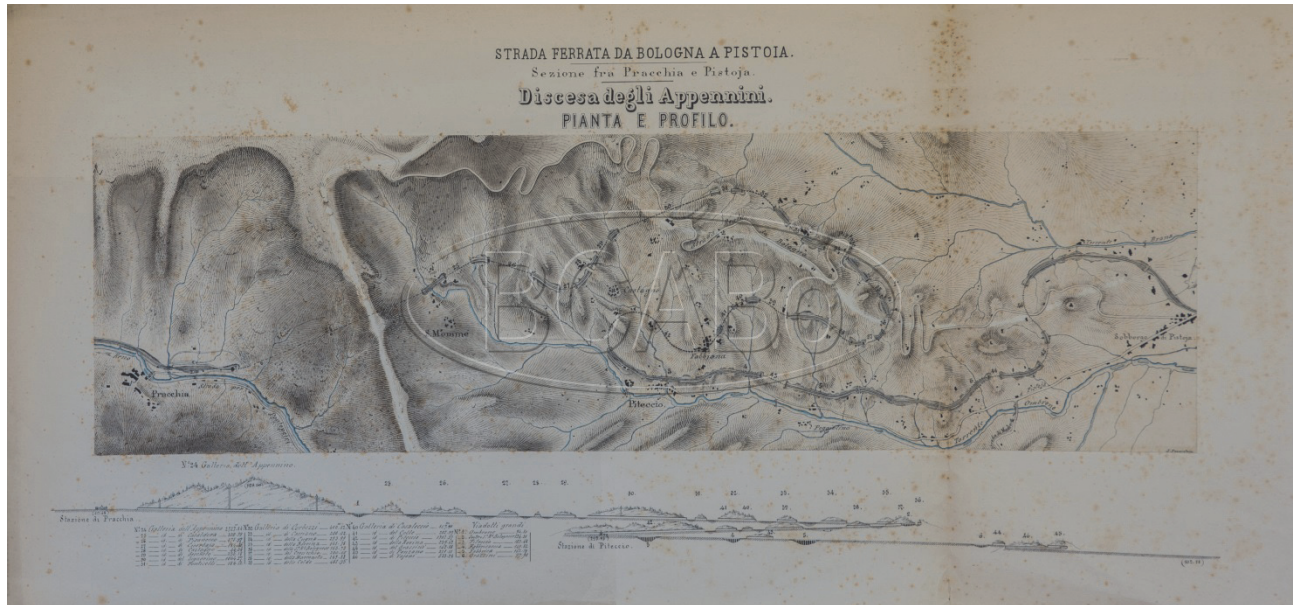
Quelli in muratura erano ripartiti tra 9 nella divisione di Porretta e 23 in quella di Pistoia, di cui 9 viadotti. I manufatti in ferro erano presenti solo sul tratto emiliano, 4 mentre i viadotti erano presenti solo su quello pistoiese, ben 95 di cui 3 a 3 ordini di arcate. Complessivamente i ponti in ferro si sviluppavano per 17 campate e quelli in muratura per 109 arcate, di cui 41 a 3 ordini. In totale i ponti coprivano 1.880,875 metri di cui 838,875 nel Porrettano e 1042 nel Pistoiese.

Le gallerie erano 46; di cui 8 nel primo tratto e 38 nel secondo e per scavarle erano stati aperti anche 9 pozzi e 3 pozzetti. Si sviluppavano in tutto per 18.495,90 metri (pari al 18,82 dell'intero percorso) di cui 5.258,87 nel Porrettano (5,37) e 13.237,03 nel Pistoiese (13,45). Se però calcoliamo la loro presenza sui rispettivi tratti abbiamo la percentuale dell'8,49 nel primo e del 36,33 nel secondo. La linea tra Ponte alla Venturina e Pistola si sviluppava, cioè, per più di 1/3 nelle viscere della terra. La somma dello sviluppo di ponti e gallerie fornisce l'idea della complessità dell'opera.

In totale essi coprono 20.376,77 metri con una percentuale del 20,70%; cioè un quinto della linea che nel tratto pistoiese saliva però al 39,19% e quindi a oltre due terzi. Tutto ciò perché in questa porzione di ferrovia solo una piccola parte, poco più di 4 km, si sviluppava in pianura e già a Vaioni iniziava il difficile tratto collinare e montano da affrontare con ponti e gallerie. Numero delle stazioni e manufatti complessivi e impegnativi sono inversamente proporzionali a conferma di un territorio attraversato dalla ferrovia che nel versante emiliano era caratterizzato da una moderata acclività e numerosi centri abitati e in quello toscano presentava pochi nuclei rilevanti e un territorio difficile e più acclive.

Infine occorre considerare che il Niccolai elenca solo le opere principali, costitutive della linea la sua ossatura superficiale, ma la Porrettana, in particolare nel tratto pistoiese, era formata, sorretta e mantenuta efficiente da una serie di opere idrauliche che non sono dichiarate nel prospetto, ma rendevano l'opera ancora più complessa e articolata. Si può parlare, cioè, di una vera e propria infrastruttura diffusa e ramificata nelle vallate e sui pendii che attraversava, finendo per costituire un elemento di regimazione delle acque e un'opera di presidio della stabilità del territorio.

Strada Ferrata Dell'Italia Centrale											
Divisione di Sorretta						Divisione di Sistoia					
Indicazione	Ponti e Viadotti in opera		Punti in ferro	Gallerie	Totale in metri	Indicazione	Ponti e Viadotti in opera		Punti in ferro	Gallerie	Totale in metri
	Stato	Stato					Stato	Stato			
1. Ponte sul Reno	18	20,00	300,00		320,00	Galleria della Venturina					20,00
2. alla Stazione di Caracalchio						Ponte sul Reno detto delle Caspane	1	20,00	20,00		20,00
3. alla Stazione del Sasso						Galleria di S. Andrea					20,00
4. Ponte di Lamina	5	18,00	325,00		343,00	Ponte di S. Andrea	8	6,00	48,00		54,00
5. di Lomice	4	17,00	60,00		77,00	Ponte sul Reno S. S. Comrada	1	20,00	20,00		20,00
6. Gallerie di S. Bartolomeo				100,00	100,00	Galleria del Duomo					20,00
7. alla Stazione di Marzabotto						Galleria di S. Andrea					20,00
8. Gallerie di S. Giovanni				240,00	240,00	Galleria di S. Andrea					20,00
9. Ponte sul Reno (Viale)	2	20,00	40,00		60,00	Galleria di S. Andrea					20,00
10. della S. Croce	3	12,00	70,00		82,00	Galleria di S. Andrea					20,00
11. di S. Giovanni	5	14,00	70,00		84,00	Galleria di S. Andrea					20,00
12. Gallerie di S. Giovanni				370,00	370,00	Galleria di S. Andrea					20,00
13. di S. Giovanni				110,00	110,00	Galleria di S. Andrea					20,00
14. della Madonna di S. Maria	5	14,00	70,00		84,00	Galleria di S. Andrea					20,00
15. della Madonna di S. Maria	5	14,00	70,00		84,00	Galleria di S. Andrea					20,00
16. della Madonna di S. Maria	5	14,00	70,00		84,00	Galleria di S. Andrea					20,00
17. della Madonna di S. Maria	5	14,00	70,00		84,00	Galleria di S. Andrea					20,00
18. di S. Giovanni	5	14,00	70,00		84,00	Galleria di S. Andrea					20,00
19. alla Stazione di S. Giovanni						Galleria di S. Andrea					20,00
20. Ponte sul Reno	2	20,00	40,00		60,00	Galleria di S. Andrea					20,00
21. di S. Giovanni	3	36,00	100,00		136,00	Galleria di S. Andrea					20,00
22. di S. Giovanni	3	36,00	100,00		136,00	Galleria di S. Andrea					20,00
23. di S. Giovanni	3	36,00	100,00		136,00	Galleria di S. Andrea					20,00
24. Gallerie di S. Giovanni				130,00	130,00	Galleria di S. Andrea					20,00
25. alla Stazione di S. Giovanni						Galleria di S. Andrea					20,00
26. Ponte delle Casette	2	20,00	40,00		60,00	Galleria di S. Andrea					20,00
27. Gallerie di S. Giovanni				100,00	100,00	Galleria di S. Andrea					20,00
28. alla Stazione di S. Giovanni						Galleria di S. Andrea					20,00
29. Ponte della Madonna di S. Maria	3	36,00	100,00		136,00	Galleria di S. Andrea					20,00
30. Gallerie della Madonna di S. Maria				200,00	200,00	Galleria di S. Andrea					20,00
31. al Ponte della Madonna di S. Maria						Galleria di S. Andrea					20,00



da Bologna a Porretta: 1. Saltello, 2. Misano (o Mizzano), 3. Camugnone, 4. Calvenzano 5. Madonna dei Boschi, 6. Riola, 7. Casale.

Da Porretta a Pracchia: 1. della Madonna del Ponte, 2. Venturina, 3 Capanne ,4 .Pavana, 5. Cigno, 6. Lustrola, 7. Granaglione, 8. Campeda, 9. Diavolo, 10. Cupandia, 11. Boschi, 12. Randaragna, 13 Biagioni 14. Olivacci, 15. Chiombi, 16. Frassignoni.

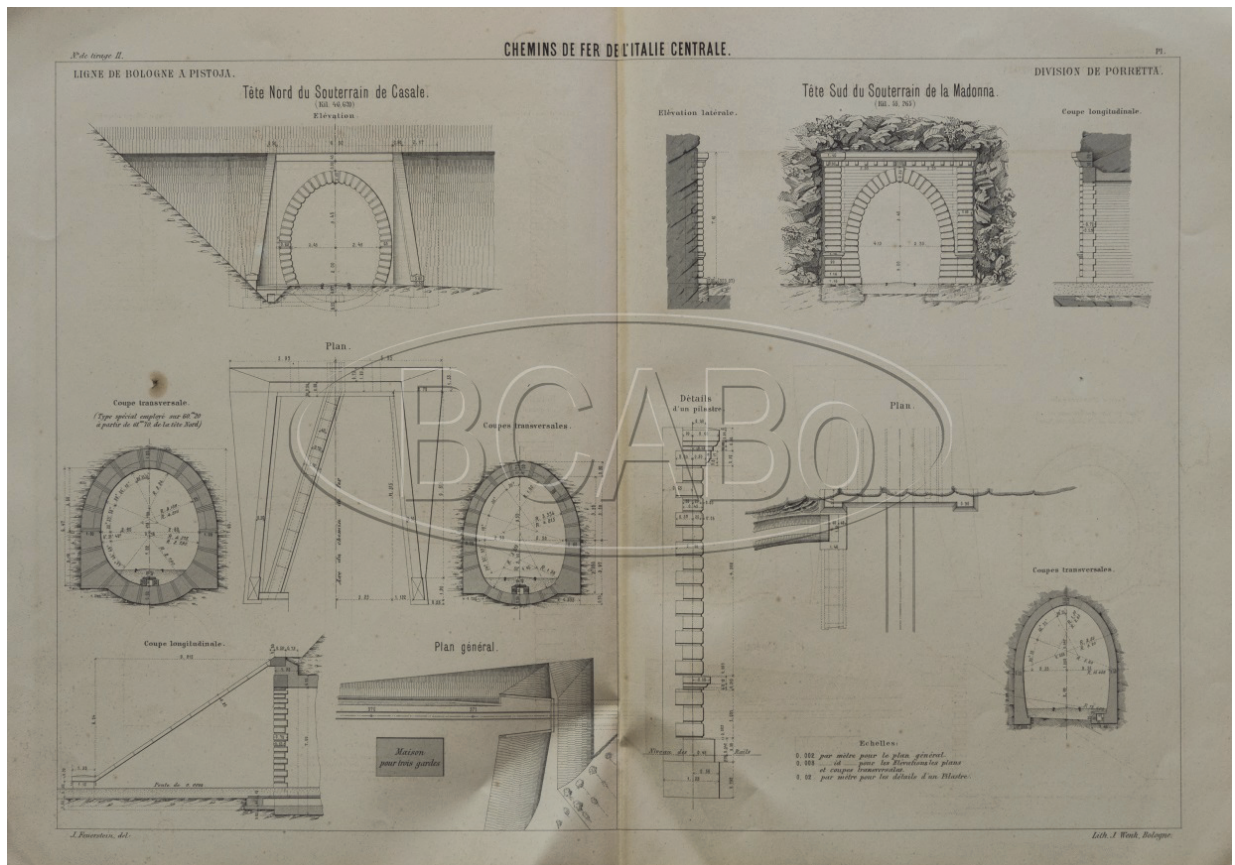
Da Pracchia a Pistola: 1. dell'Appennino, 2. Cataldera, 3. Pisaneco, 4. Cicerbaia, 5. Castagno, 6. Seccheto, 7. Signorino, 8. Ponticelli, 9. Corbezzi, 10. Casciano, 11. Cugna, 12. Borrina, 13. Strada Bolognese, 14. Crocicchio, 15. Marroneta, 16. Calde, 17. Casaleccio, 18. Colle, 19. Piteccio, 20. Rovina, 21. Grazzini, 22. Ponzano, 23. Vaioni.

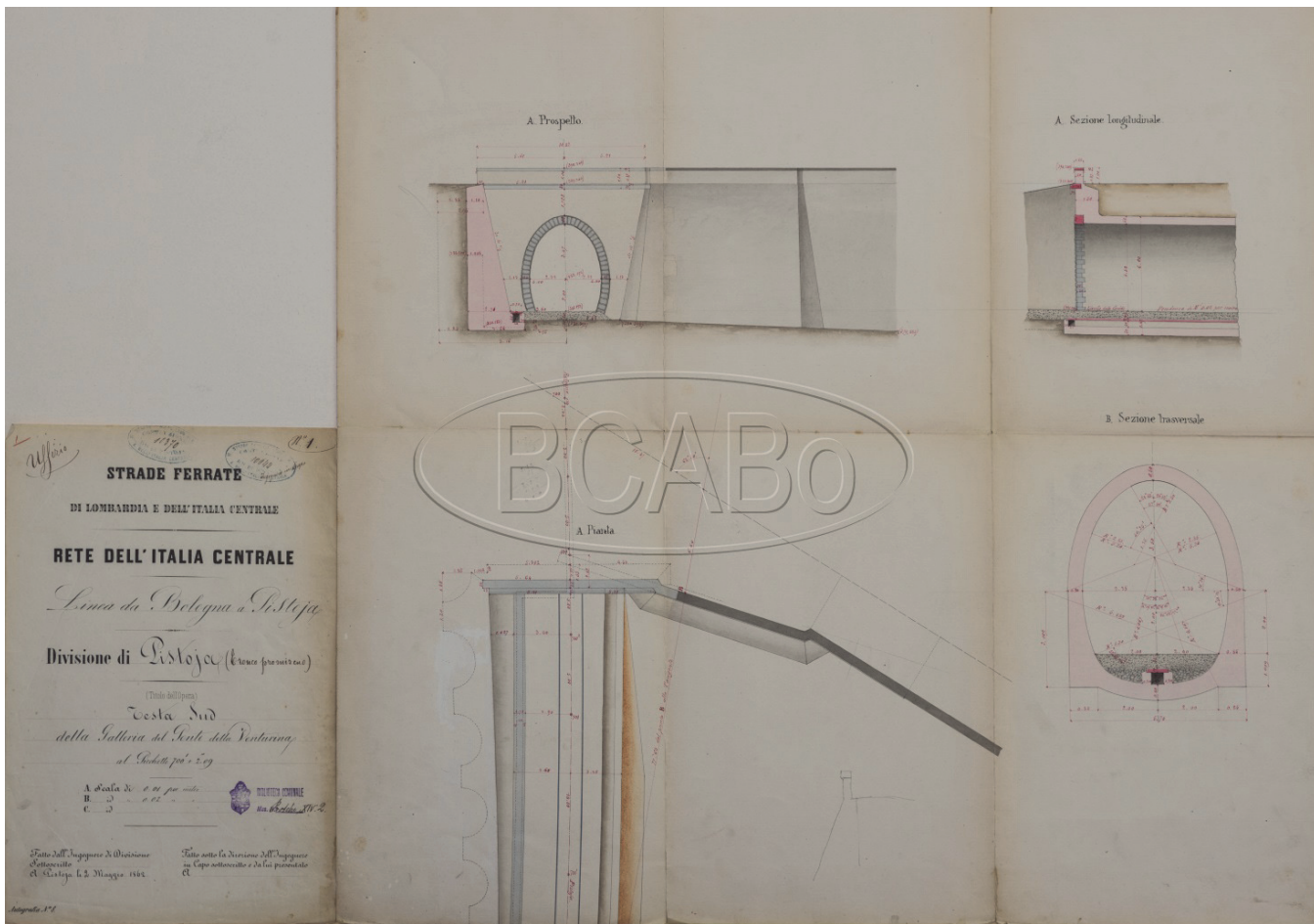
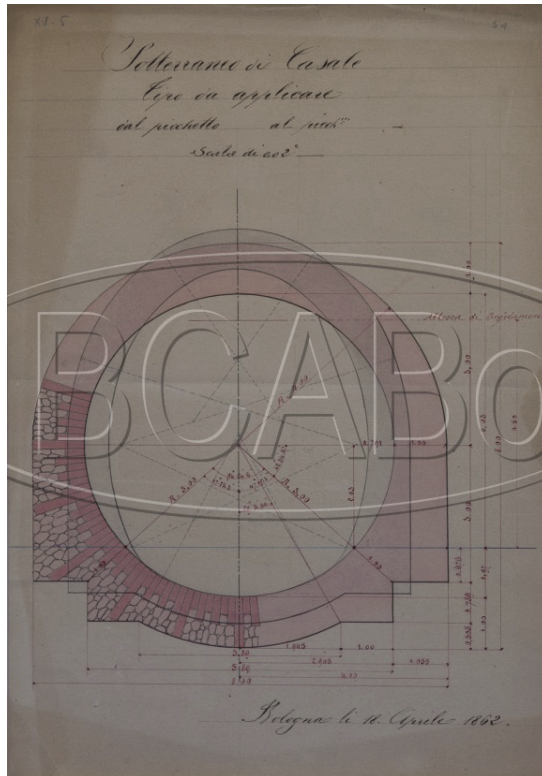
Disposizioni dell'Ingegnere Protche tratte da "Costruzione tra il Sasso e il Ponte sulla venturina" e "Costruzione tra il torrente di Capofaldo e Pistoia":

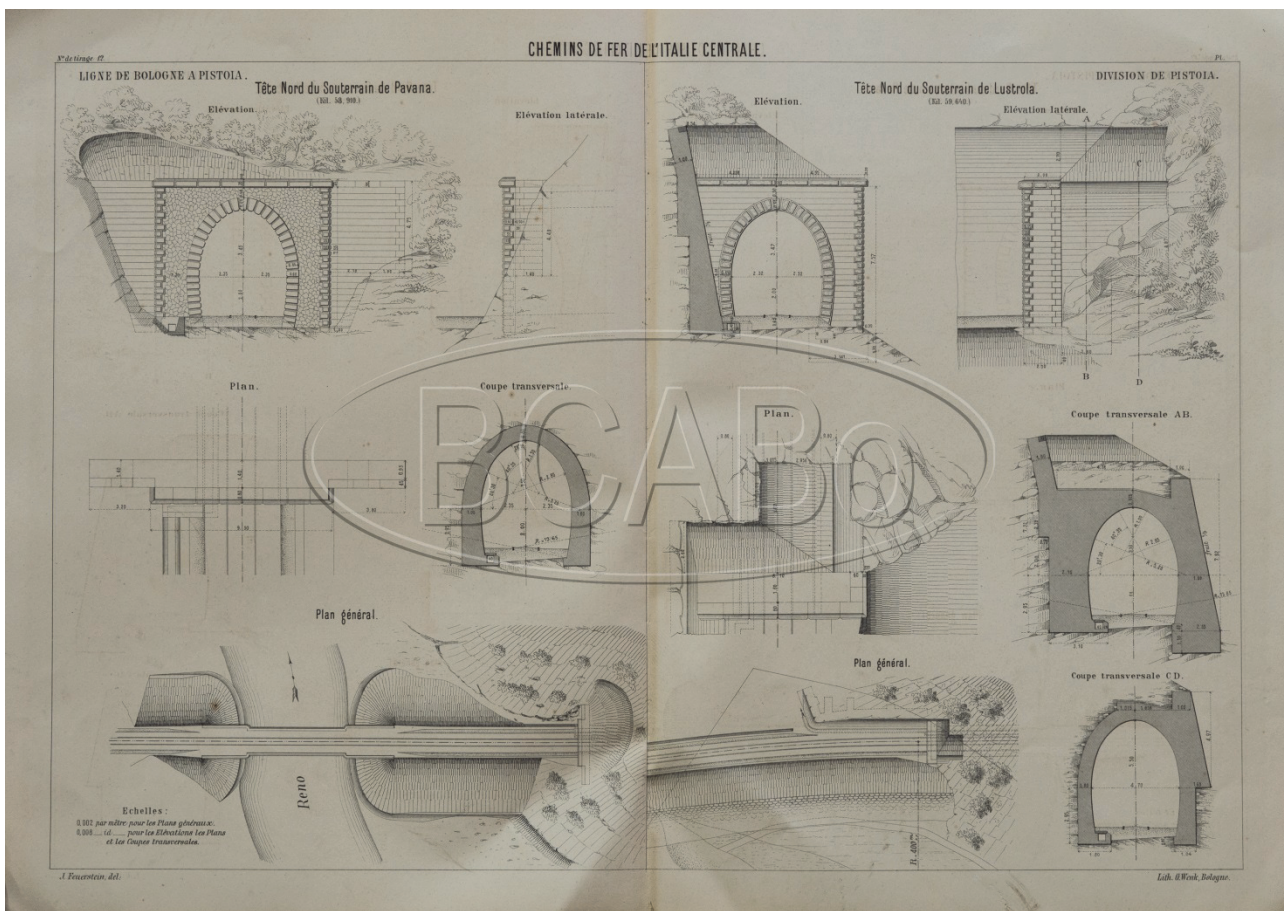
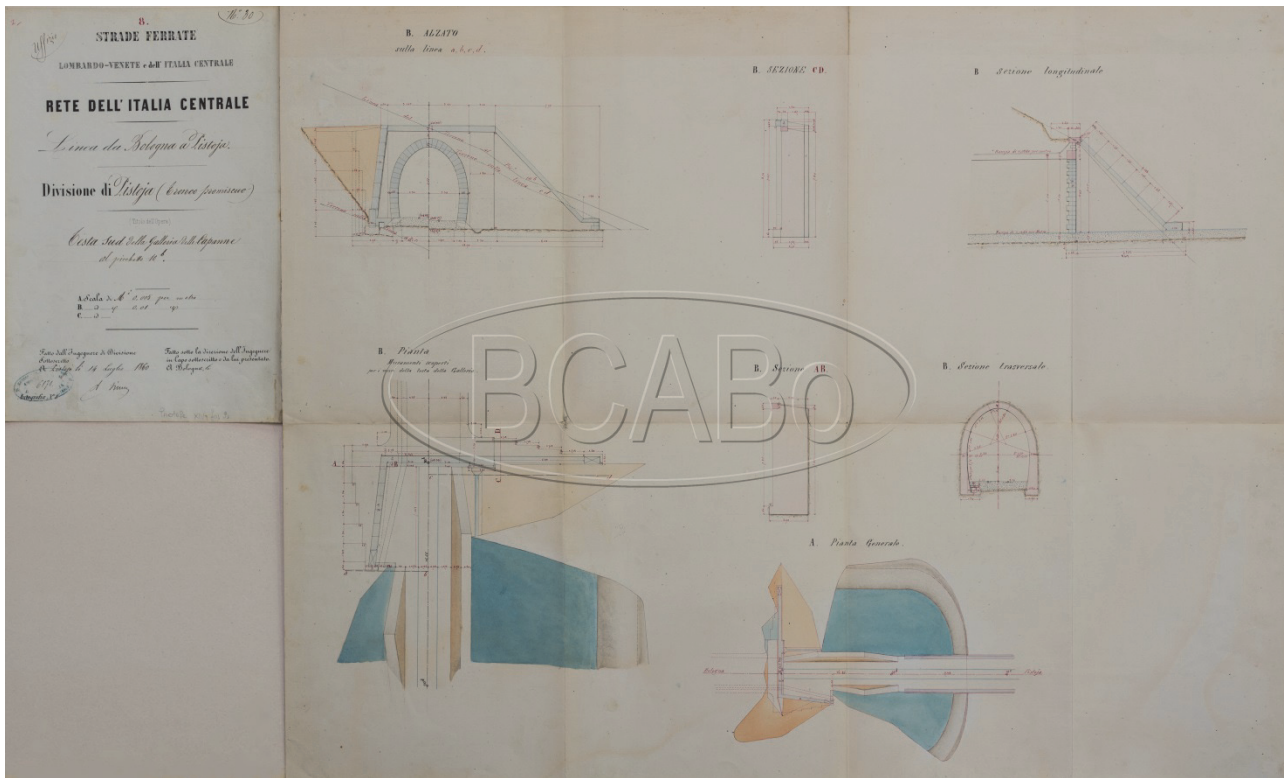
...In ciascuna delle grandi gallerie di bocca ,uno sterzo completo al mese decorrendo dal medesimo terzo mese, di 12 metri pella galleria in pendenza e di 10 metri pella galleria in rampa...

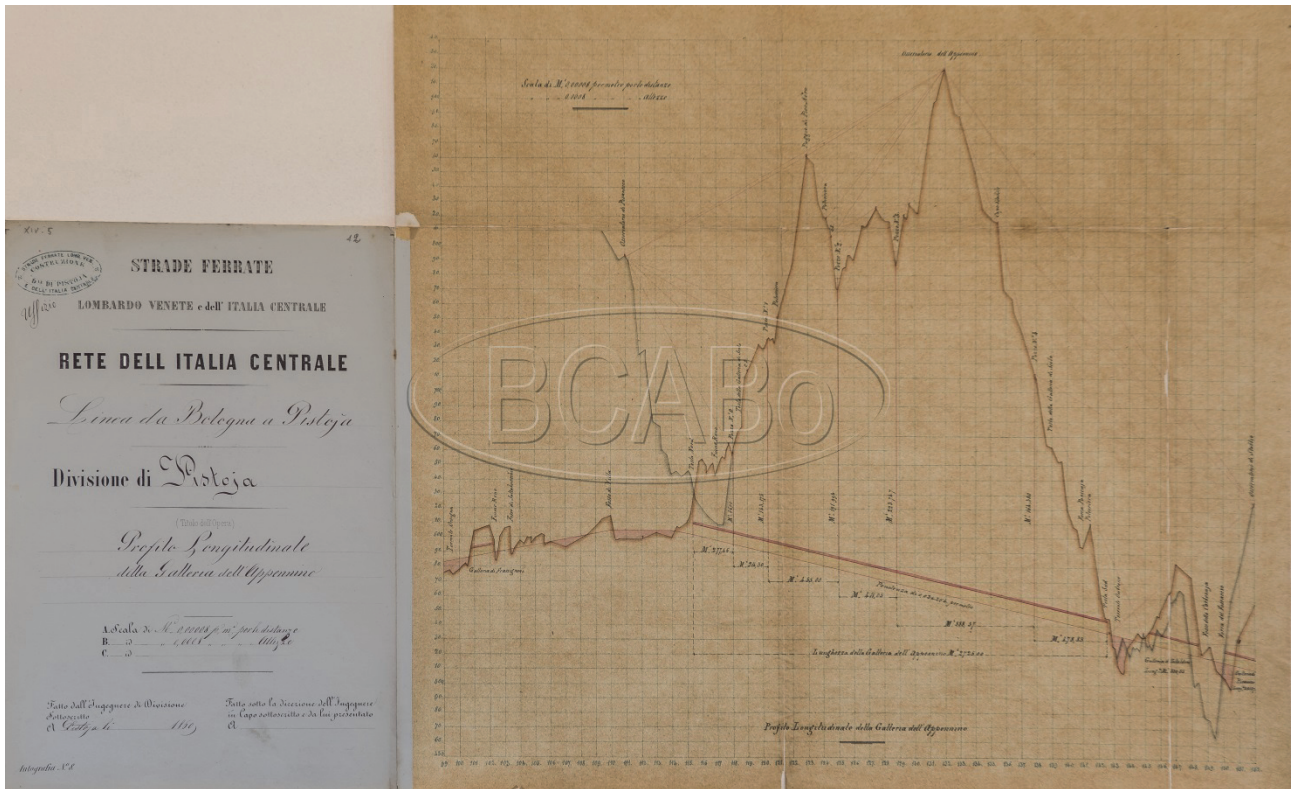
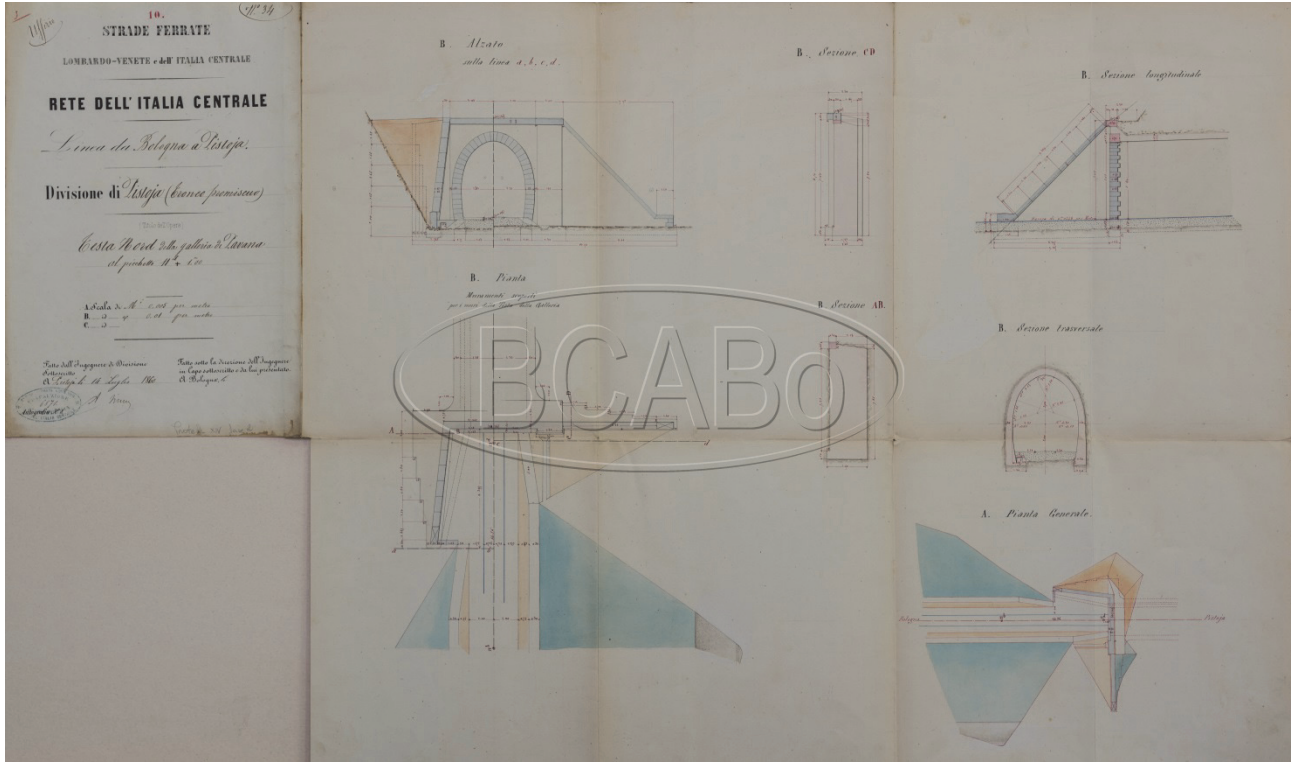
...La testa delle pietre, come pure la fronte delle murature, non dovrà presentare alla prova del regolo rientranze o sporgenze maggiori di metri 0,02.. e la grossezza media delle connesure non oltrepasserà m 0,02 nè la massima m.0,03. Le gallerie saranno aperte in modo da presentare una lunghezza da 4 m e 70 cm a 2 m al di sopra delle guide; la loro elevazione misurata dalle guide sarà di 5 metri e 50 centimetri.. presenteranno superiormente una forma ellittica ed inferiormente si limiteranno ad archi di cerchio, riducendo a 4 m e 40 cm la lunghezza libera al livello delle guide...

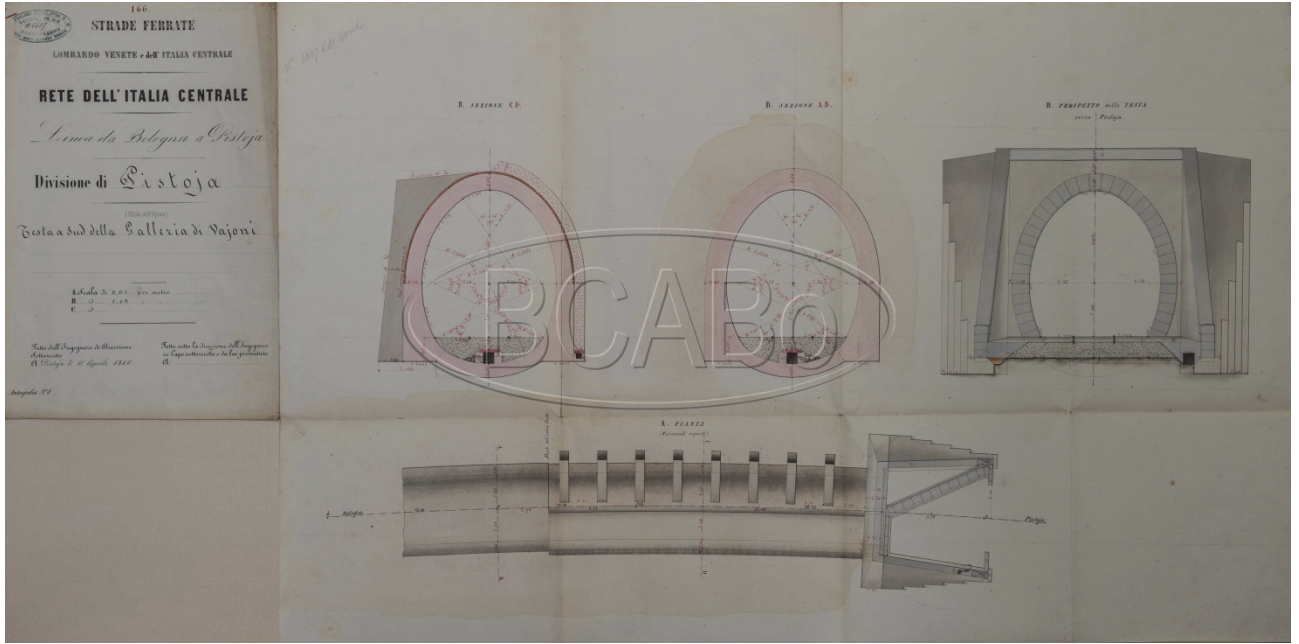
...Si apriranno per l'esecuzione delle gallerie quanti pozzi saranno necessari ,ed almeno 4 per la galleria di S.Mommè, 2 per quella del Signorino e 2 per la maggiore di Piteccio. I pozzi saranno circolari, scavati vericalmente a 8 m dall'asse delle gallerie ed intieramente rivestiti mano a mano del loro foro, di murature che presentino un diametro interno di 3 m. Si rilegheranno colle gallerie principali col mezzo di gallerie secondarie parimenti rivestite,che presenteranno la medesima altezza delle gallerie principali e 2.5 m di larghezza interna...



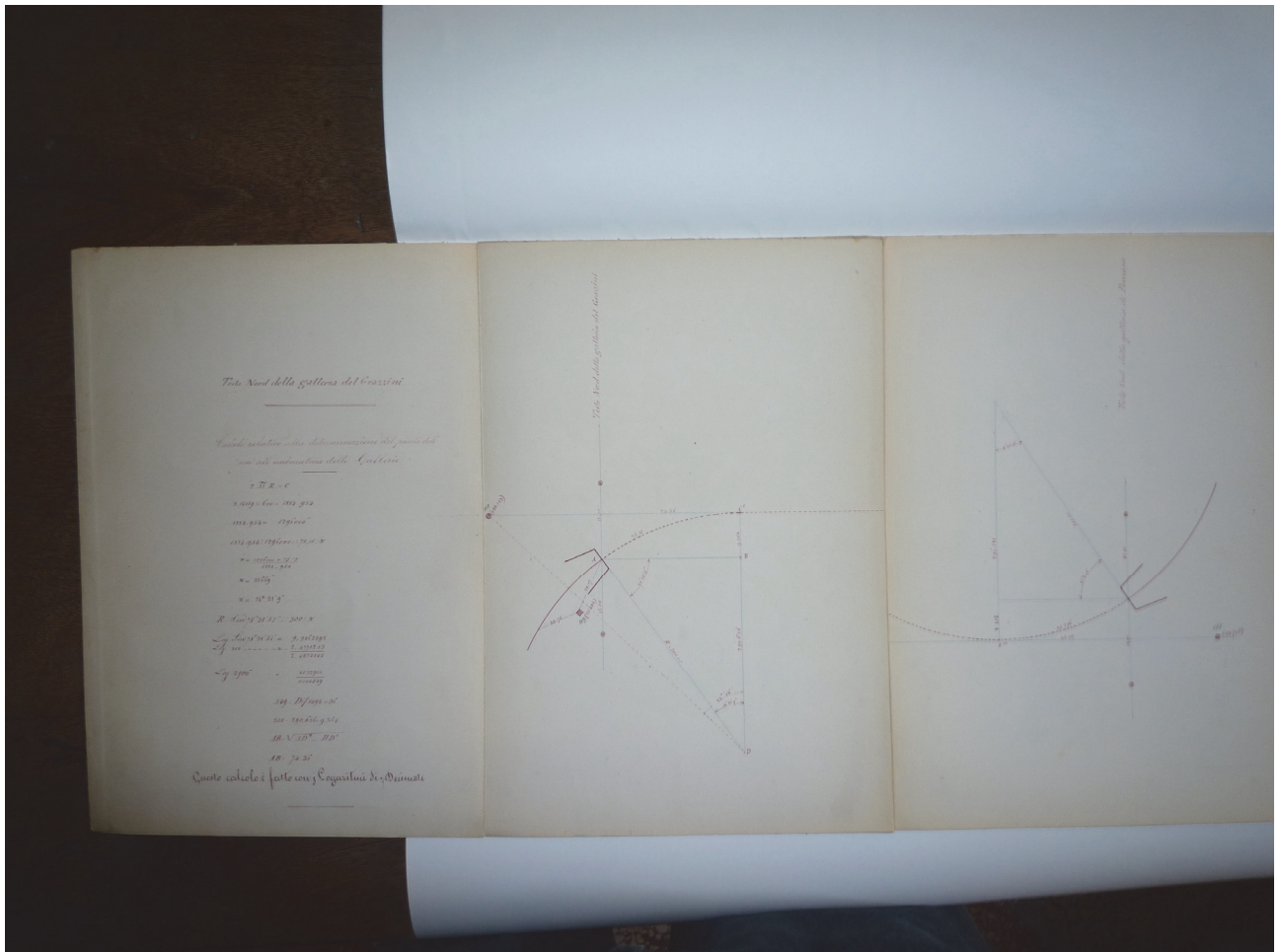




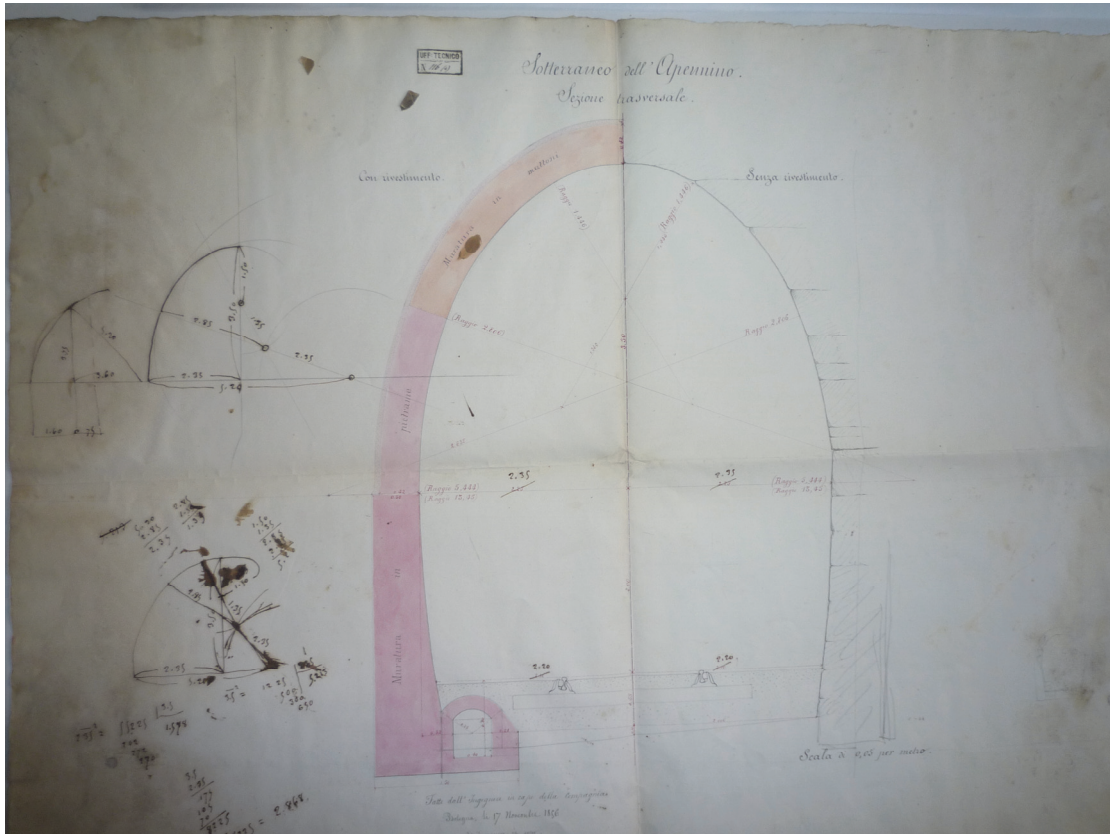




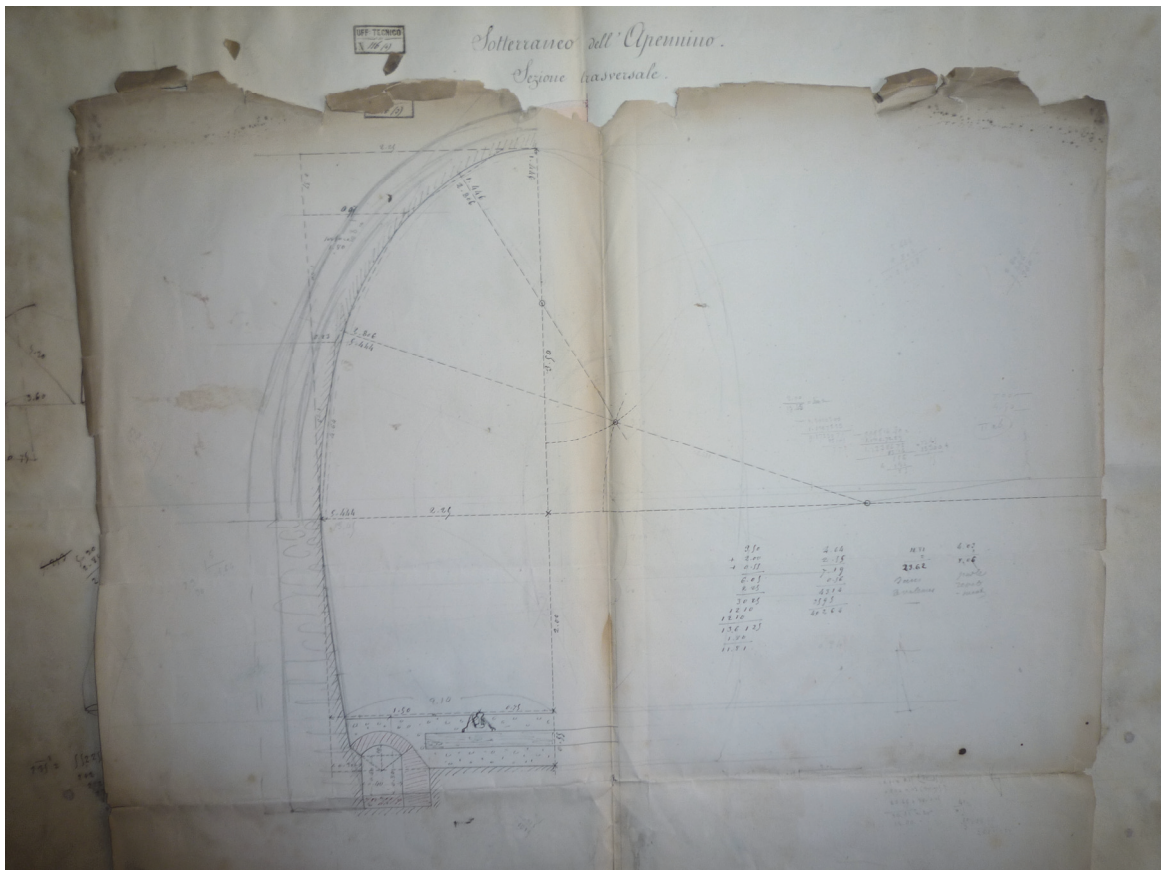
Inoltre sono indicative alcune foto dell'archivio Protche rilevate attraverso mezzi propri.

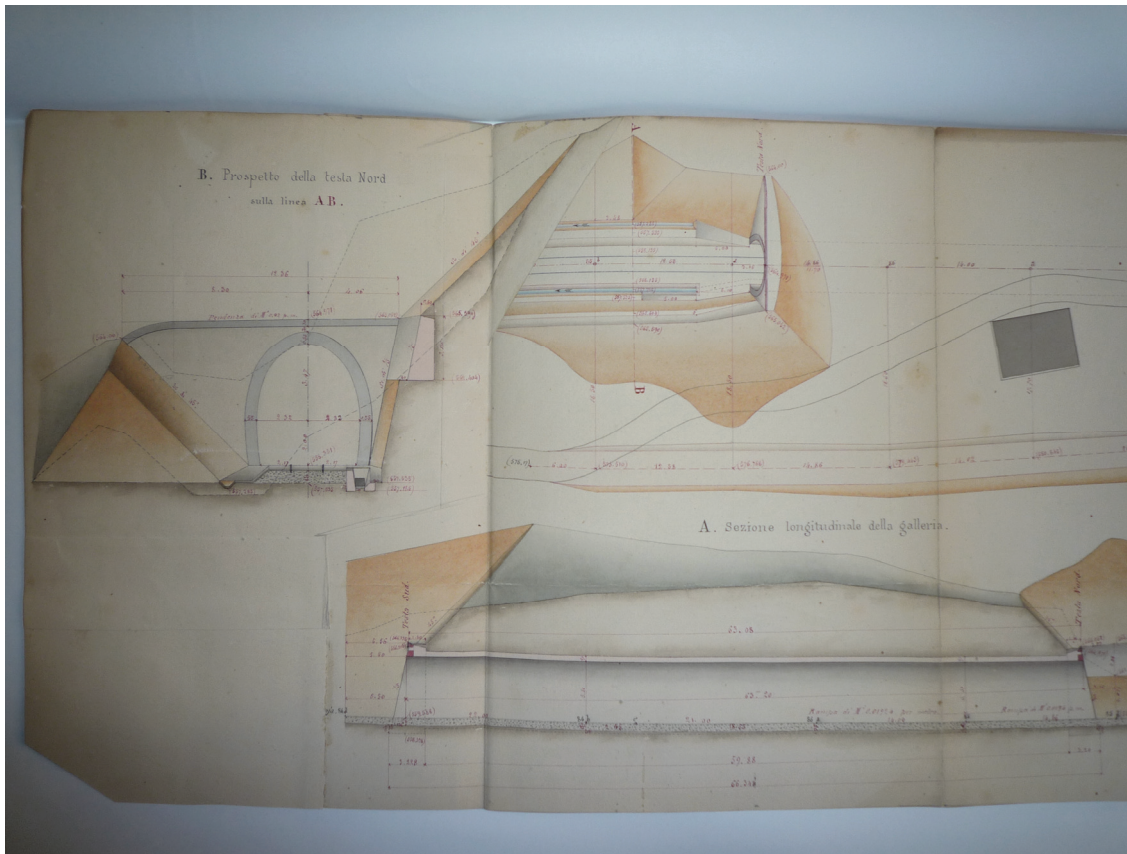


Calcoli della determinazione del punto d'asse delle teste della galleria Grazzini

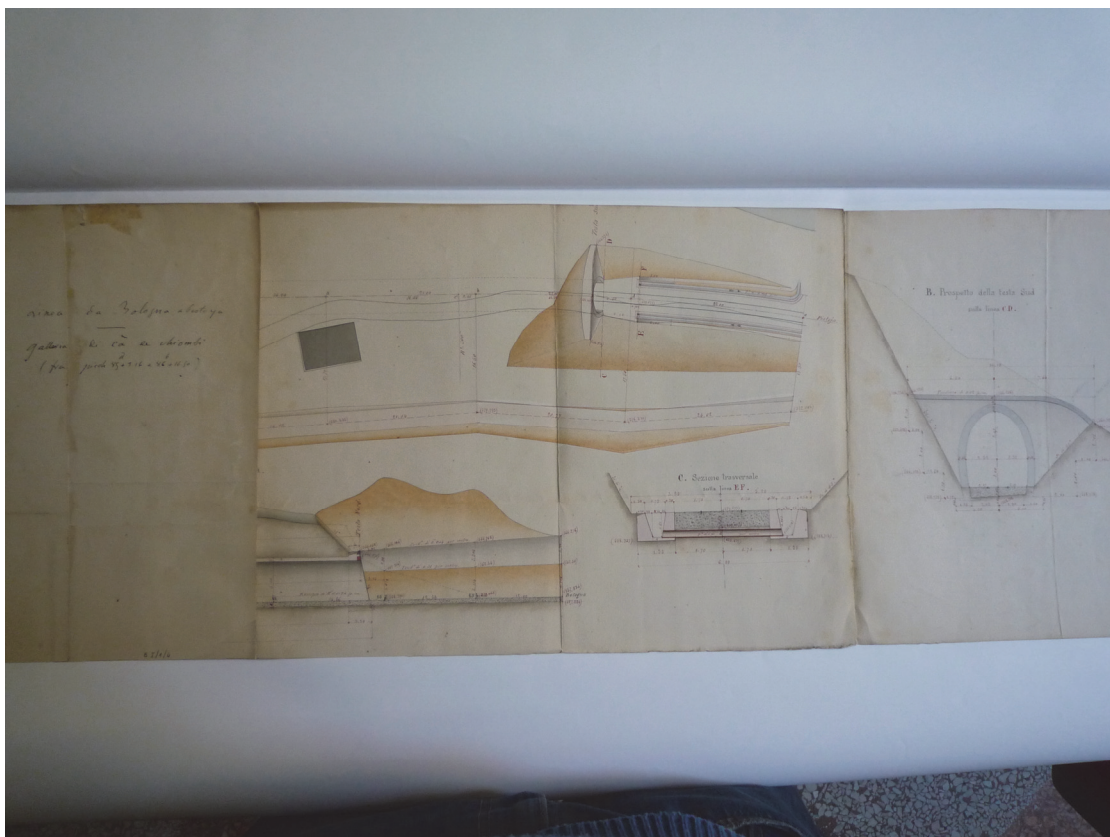


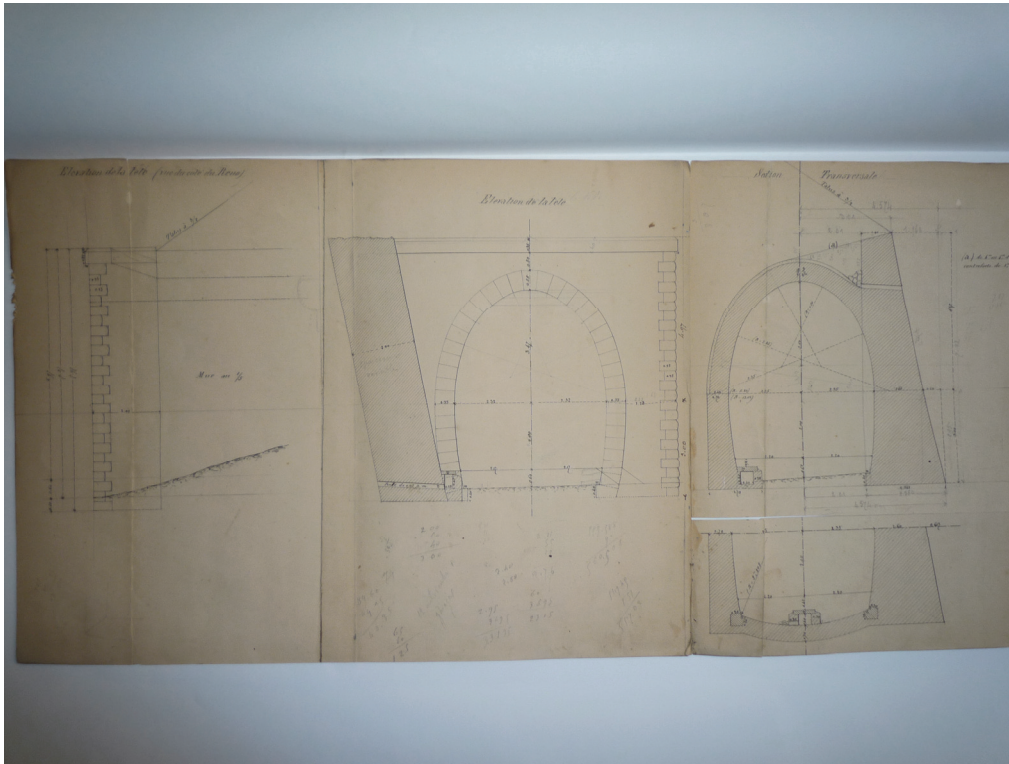
Calcoli su sezione della galleria dell'Appennino



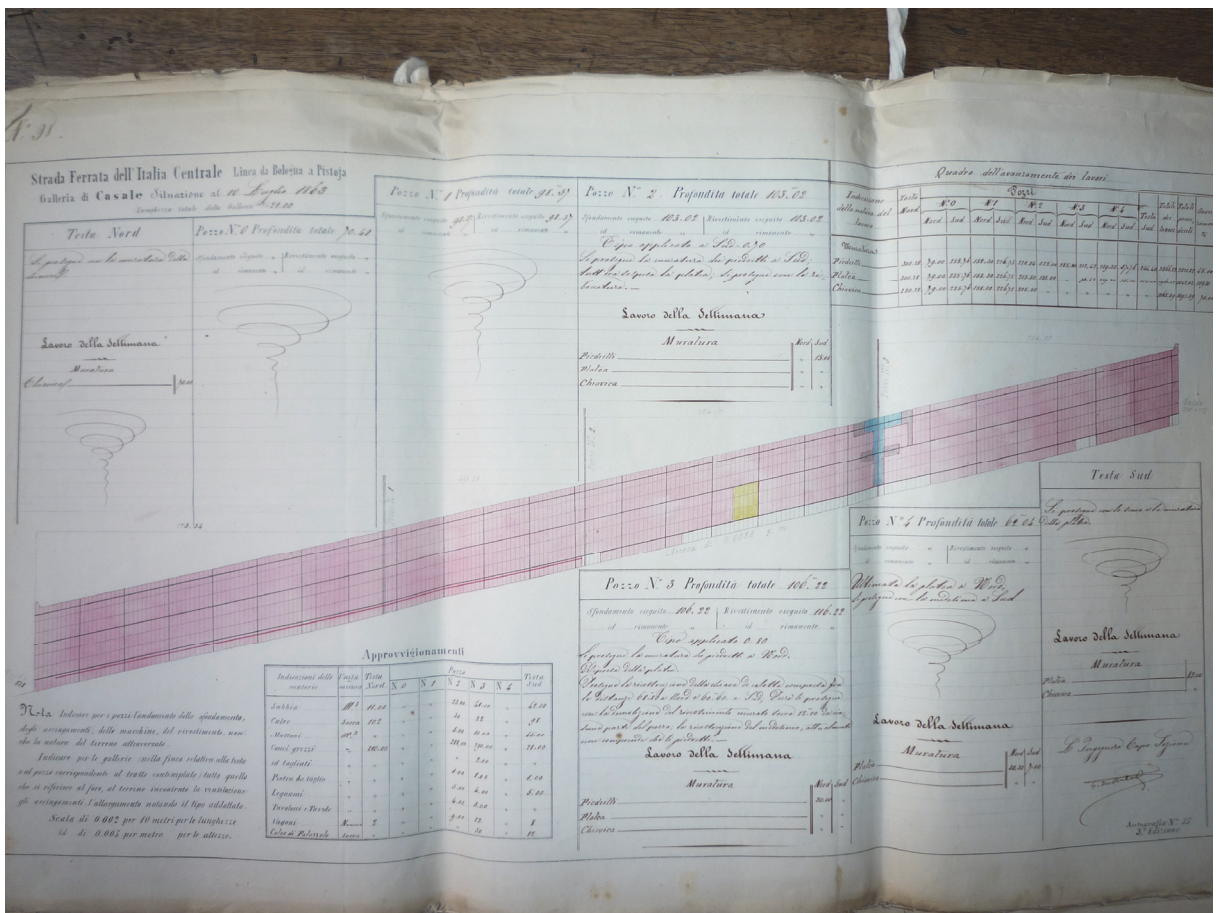


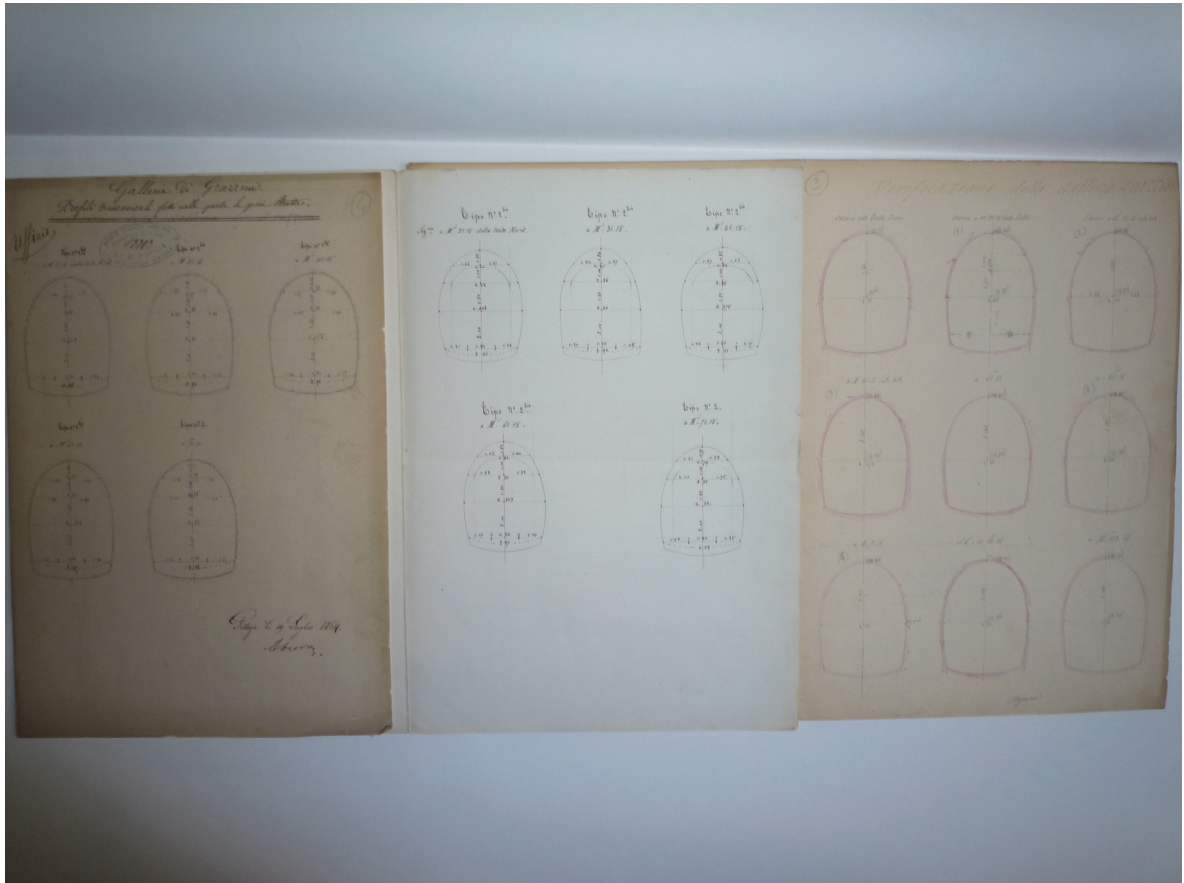
Galleria Ca de Chiombi



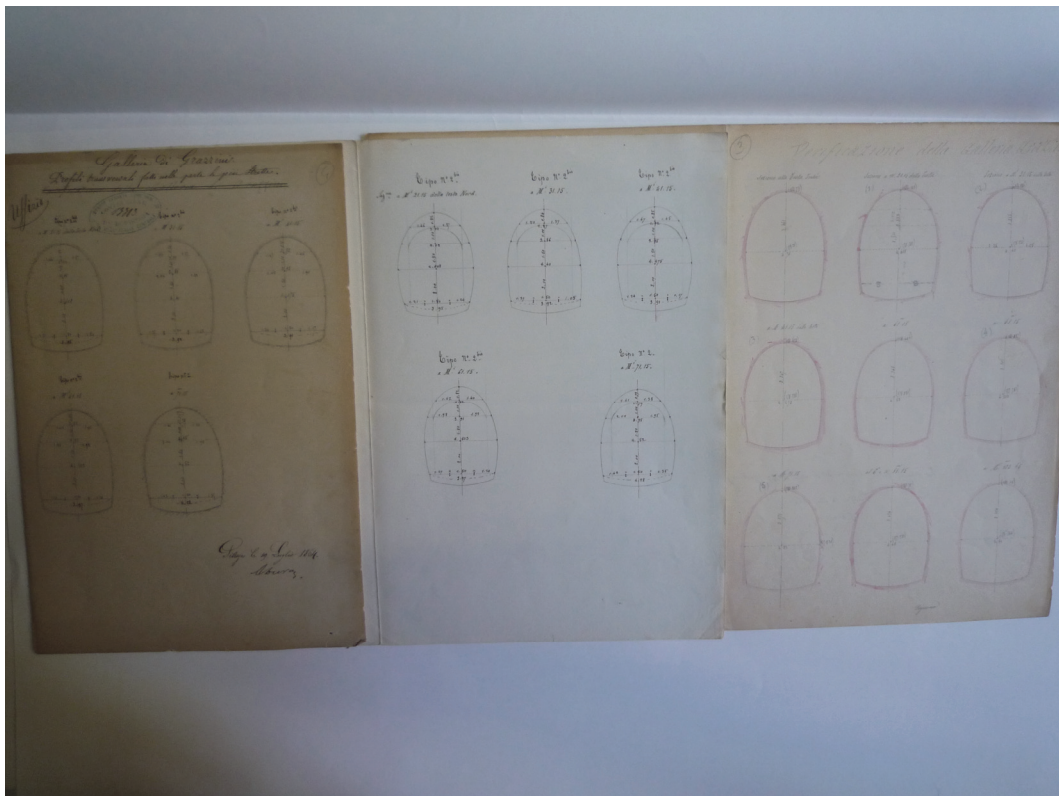


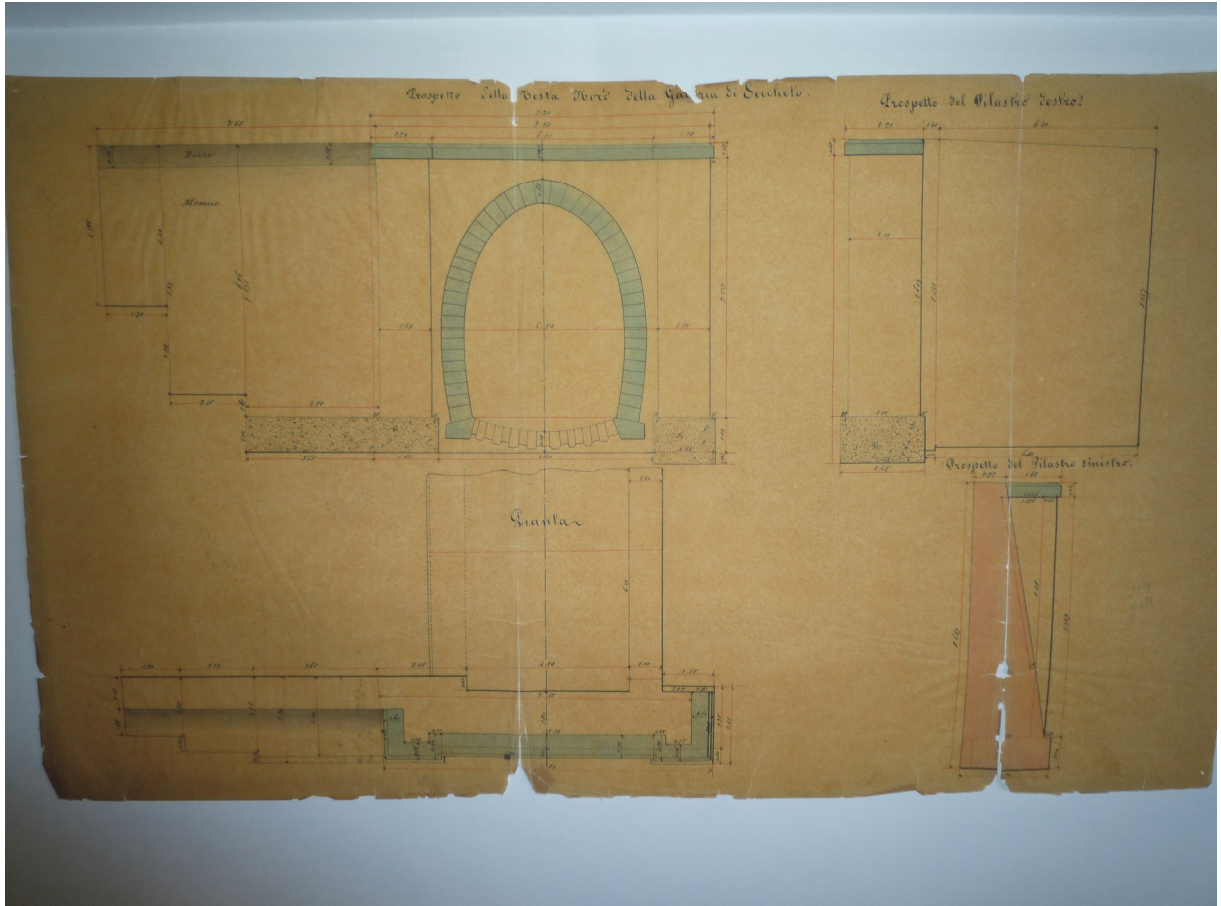
Galleria Casale, sezione e calcoli, procedimento di esecuzione dei lavori.



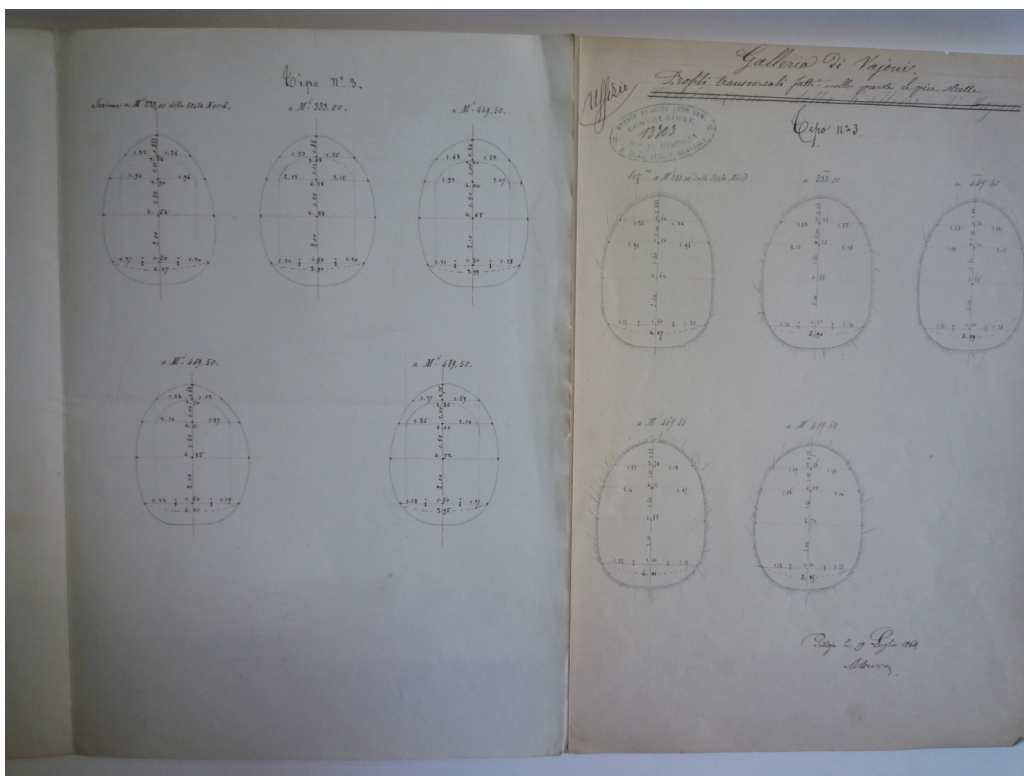


Sezioni di Galleria Grazzini





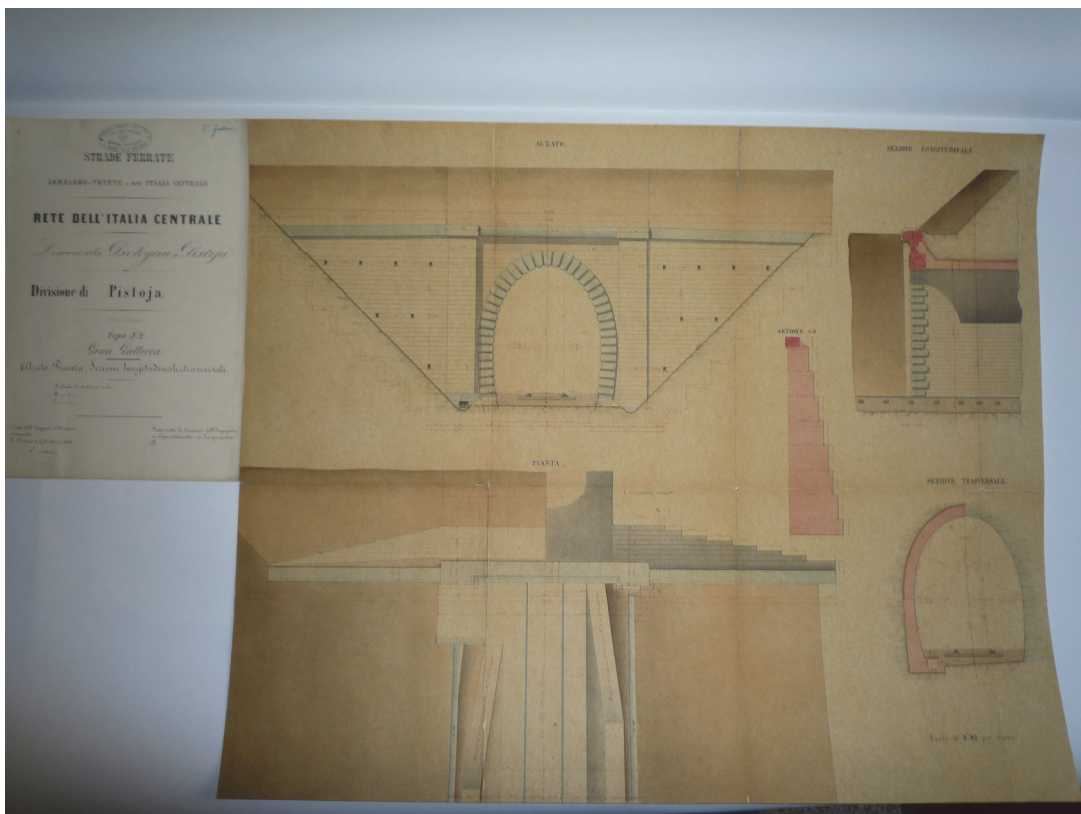
Galleria Seccheto



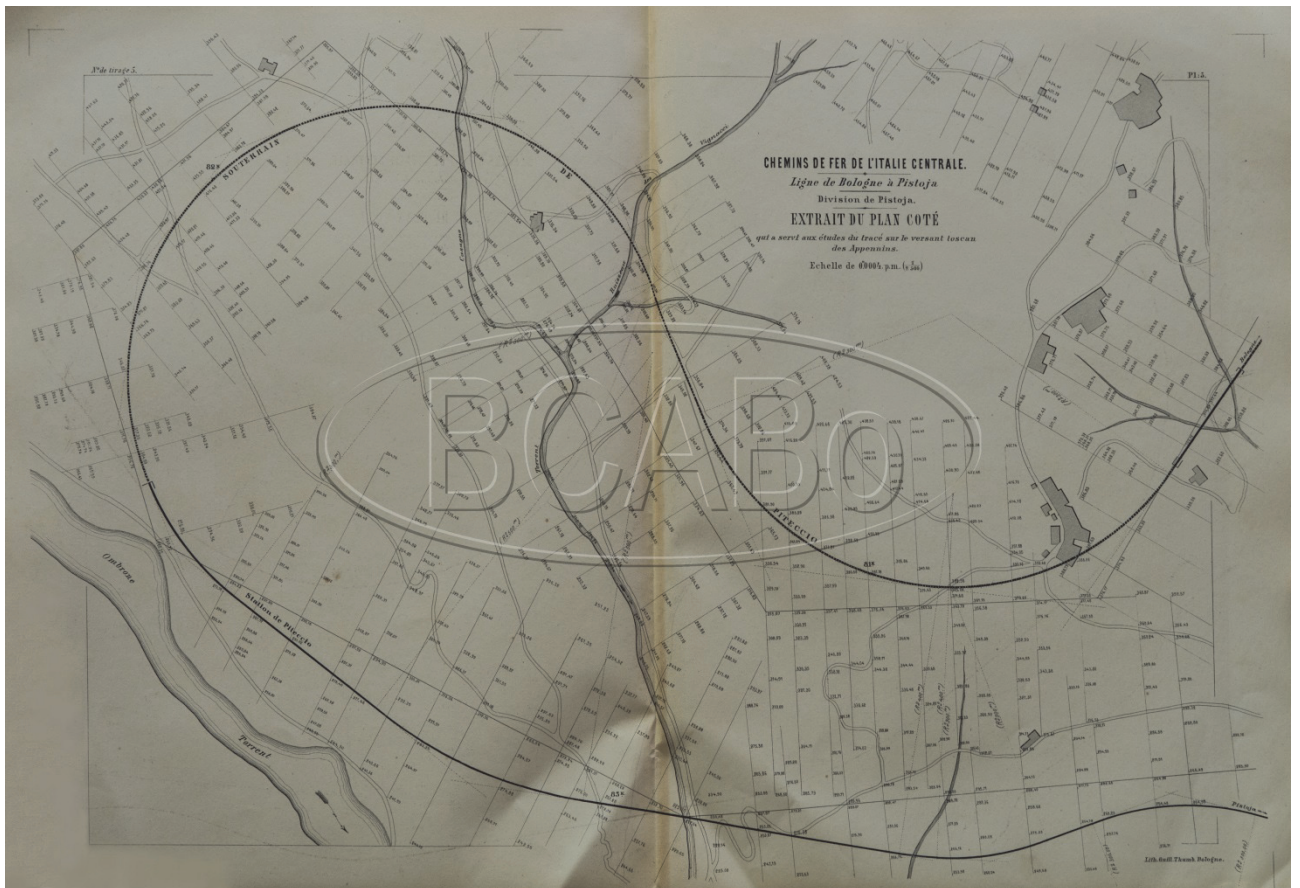
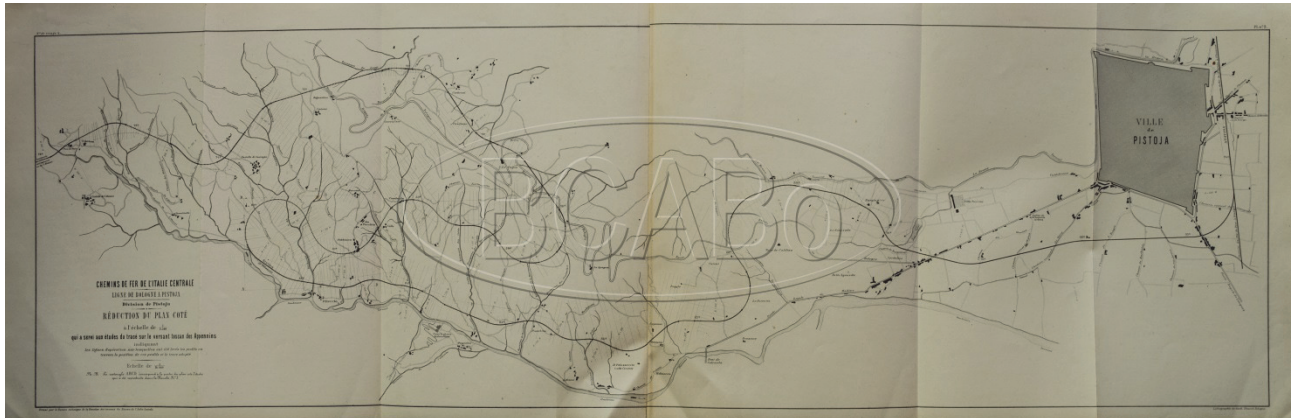
Galleria Vajoni, calcoli su sezioni

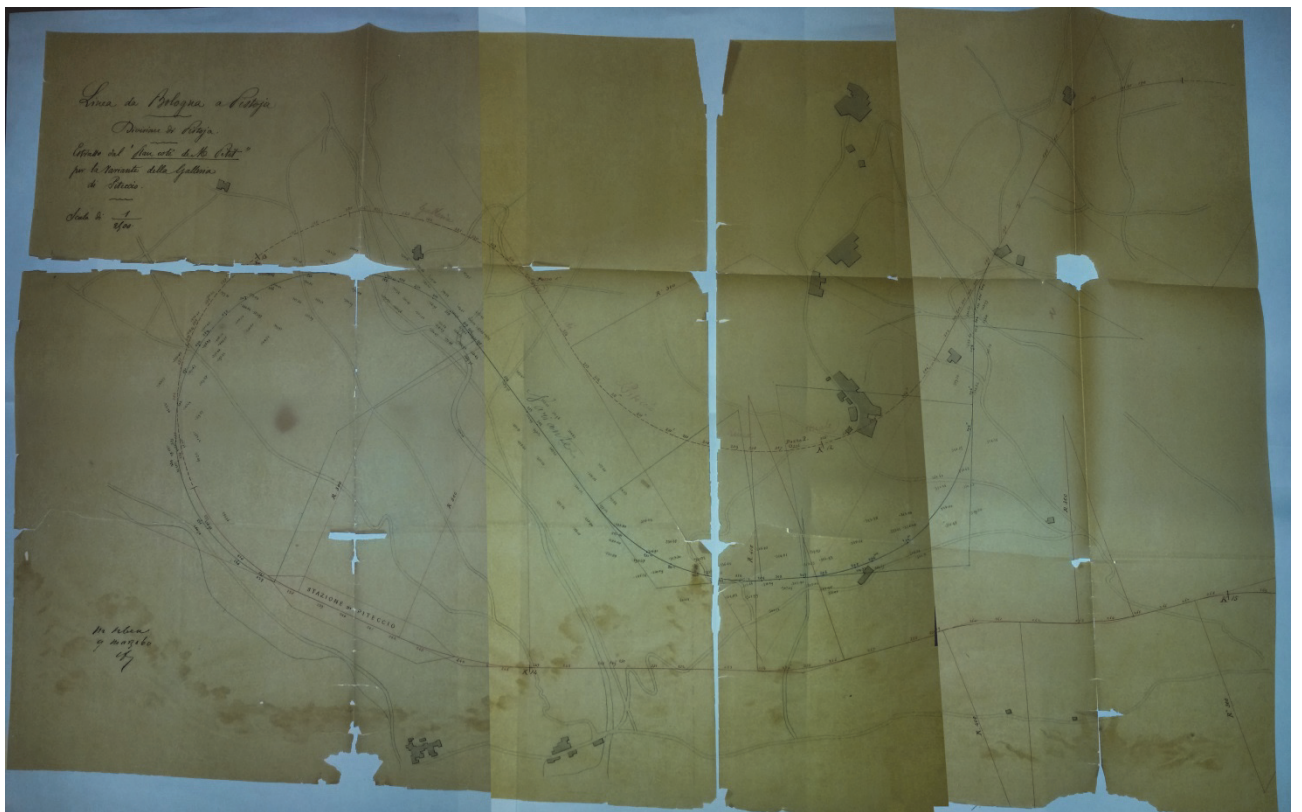


Galleria dell'Appennino



Capitolo 6: La situazione della ferrovia in Europa e in Italia . La galleria elicoidale del Piteccio e le sue varianti. Primo caso in Italia e paragone con le ferrovie pioneristiche europee: Il caso in Austria, ferrovia del Semmering. Il caso nel Regno Sabauda, linea Torino –Genova, galleria dei Giovi.





La galleria dei Piteccio nella sua variante proposta dal Cini e nell'effettiva curva di pendenza scelta dell'Ingegnere Protche. Si nota l'eccezionale complessità dell'opera in queste planimetrie.

I progressi della ferrovia

Il 27 settembre del 1825, dopo aver percorso trentadue chilometri da Stockton al distretto minerario di Darlington, il primo convoglio ferroviario, progettato da George Stephenson (1781-1848), inaugurava una nuova era. Il trasporto ferroviario nasceva nell'Inghilterra della rivoluzione industriale, con l'inaugurazione nel 1830 della linea Liverpool-Manchester, ma si diffuse rapidamente in tutta Europa: la Francia costruì la sua prima linea nel 1832, la Germania e il Belgio subito dopo, nel 1835, la Russia nel 1837, l'Austria nel 1838, l'Olanda nel 1839, la Danimarca e la Svizzera nel 1847, la Spagna nel 1848.

Naturalmente non si trattava che di un inizio; il ritmo e il numero delle costruzioni variò da paese a paese, e lo sviluppo della rete ferroviaria andò di pari passo con quello dell'industrializzazione. Nel maggio 1829, nei pressi di Honnesdale, in Pennsylvania, venne organizzata una corsa di prova grazie ad una vaporiera importata direttamente dall'Inghilterra.

A partire dagli anni venti, si sviluppò anche in Italia un fervido dibattito sull'introduzione delle strade ferrate, la cui costruzione e gestione venne lasciata in gran parte nelle mani dei privati, non senza una presenza spesso decisiva di quella pubblica in una anomala commistione d'interessi che sopravvisse fino alle nazionalizzazioni del 1905.

Spinti da motivazioni diverse e orientati verso obiettivi spesso divergenti – desiderio di prestigio, motivazioni commerciali o aspirazioni di modernità – i governanti italiani, la borghesia più aperta e una nuova leva di tecnici si accostarono al problema ferroviario. Mancavano la tecnologia, importata quasi interamente dalla Gran Bretagna – binari, locomotive, vagoni –, i capitali, anch'essi raccolti in gran parte presso le principali case finanziarie europee – in particolare inglesi, francesi e austriache –, e soprattutto lo spirito imprenditoriale, che soltanto lentamente maturò tra gli italiani.

Più concreti e consapevoli furono i toscani – grazie al dinamismo dei banchieri Pietro Senni ed Emanuele Fenzi, agevolati dalla politica liberista di Leopoldo II – e i piemontesi guidati da Cavour, il quale, indovinando già dalla metà degli anni quaranta il destino unitario del paese, affidò alle ferrovie un ruolo cruciale rispetto al processo di unificazione politica ed economica.

Il primo tratto ferroviario venne inaugurato a Napoli nel 1839, quando Ferdinando II, accompagnato da bande musicali e dal frastuono di salve di cannone, giunse a bordo di un convoglio ferroviario a Granatello di Portici, dopo un breve tragitto di sette chilometri e mezzo realizzato dall'ingegnere francese Armand Bayard de la Vingtrie, tra ali di folla festanti in trepidante attesa. Lungo il tragitto, di lì a breve, sorsero anche le officine ferroviarie di Pietrarsa dove furono fabbricate le prime locomotive italiane. Nel giro di qualche anno nella penisola seguirono numerose altre

realizzazioni: al momento della nascita del nuovo Regno la dotazione complessiva – 1.625 chilometri, concentrati prevalentemente in Piemonte, Lombardia e Toscana – si componeva di sistemi regionali scollegati tra loro e sostanzialmente non comunicanti. In particolare le ferrovie erano quasi totalmente assenti dal Meridione, tanto che nel 1860, in procinto di raggiungere Napoli, Garibaldi si vide costretto a prendere il treno a Vietri poiché nemmeno i lavori di collegamento con la vicina Salerno erano stati ancora completati.

Il nuovo Regno dopo il 1861, affastellò linee su linee con l'obiettivo soprattutto di unire il Nord del paese con il Sud e affidando alle ferrovie il compito di favorire l'integrazione tra le varie economie locali e tra i diversi microcosmi regionali, distanti tra loro per cultura, tradizione e mentalità.

Scrivendo infatti nel 1860 Stefano Jacini, allora Ministro dei Lavori Pubblici: “Le ferrovie che collegando colla rapidità dei mezzi di trasporto le varie parti della penisola, disgiunte e scomposte fino ad ora, più che per le circostanze topografiche, per la molteplicità degli Stati distinti, per i disparati principii di governo, e per le vedute preponderanti di straniera tirannide o diffidenza, debbono cementare mirabilmente la appena conquistata unità politica della Patria”

I risultati, tra luci ed ombre, furono quantitativamente apprezzabili: nel 1866 la rete raggiungeva l'invidiabile estensione di oltre 4.000 chilometri, ma rispondeva solo parzialmente a logiche coerenti, quanto piuttosto ad un generico bisogno di modernizzazione, mentre era ancora poco sfruttata per il trasporto delle merci e la densità di traffico era di molto inferiore a quella della media dei paesi europei. Al momento della conquista di Roma la rete nazionale aveva ormai raggiunto i 6.000 chilometri – era triplicata rispetto a soli dieci anni prima – e delle 34 provincie inizialmente senza ferrovie, soltanto nove rimanevano ancora del tutto prive di binari.

Il 1876 segnava il secolo del boom ferroviario: in undici anni, dal 1861 al 1872, si costruirono così ben 6.500 chilometri di ferrovie. In gran parte si trattava però di linee secondarie d'integrazione alla rete principale. I tratti più impegnativi furono quelle di montagna – dai Giovi (1855) alla Porrettana (1864), dal Brennero (1867) al Fréjus (1872), dal Gottardo (1882) al Sempione (1905) – che rappresentarono un banco di prova per generazioni di ingegneri.

Il caso in Austria: ferrovia del Semmering

La Ferrovia del Semmering, costruita in 41 km di alta montagna tra il 1848 e il 1854, è una delle più grandiose imprese di ingegneria civile dell'era pionieristica della costruzione di ferrovie. L'alto livello tecnico delle sue gallerie, viadotti e delle altre opere ha assicurato l'utilizzo continuato fino ai giorni nostri. Scorre attraverso uno spettacolare paesaggio e ci sono molti edifici costruiti

apposta per attività di ristoro lungo il percorso , nati quando l'area fu aperta proprio per l'arrivo della ferrovia stessa.

L'effettiva costruzione della ferrovia del Semmering inizia alla stazione di Gloggnitz, ad un'altitudine di 436 m, raggiunge la sua massima altezza dopo 29 km oltre il passo a 895 m sopra il livello del mare , e termine 12 km dopo alla stazione Murzzuschlag, 677 m sopra il livello del mare.

La linea può essere divisa in quattro sezioni. Il primo tratto da Gloggnitz alla stazione di Payerbach, seguendo il versante sinistro della vallata Schwarza; il tratto seguente attraversa la vallata inserendosi dal viadotto di Schwarza fino a raggiungere la stazione di Eichberg, e il terzo tratto inizia dalla vallata di Auerbach per continuare attraverso la fitta foresta fino alla stazione di Klamm-Schottwien. Dopo aver passato la galleria Klamm, raggiunge l' Adlitzgraben e i suoi territori Alpini. Dopo una serie di gallerie e viadotti , il treno passa attraverso il Weinzettelwand, la Krauselklause e il Polleroswand, attraversando molte sezioni di tunnel. Infine nell'ultimo e più critico tratto di tutta la linea , il viadotto in curva a doppia pendenza che passa sopra il Kalte Rinne, e dopo aver passato attraverso il Wolfsberg e il Kartnerkogels, il treno passa attraverso i 1431 m del tunnel del Semmering prima di raggiungere la stazione del Semmering stesso. Poi scende gradualmente lungo la parte destra della vallata del Roschnitz, lungo Stienhaus e Spital am Semmering, prima di arrivare a Mürzzuschlag.

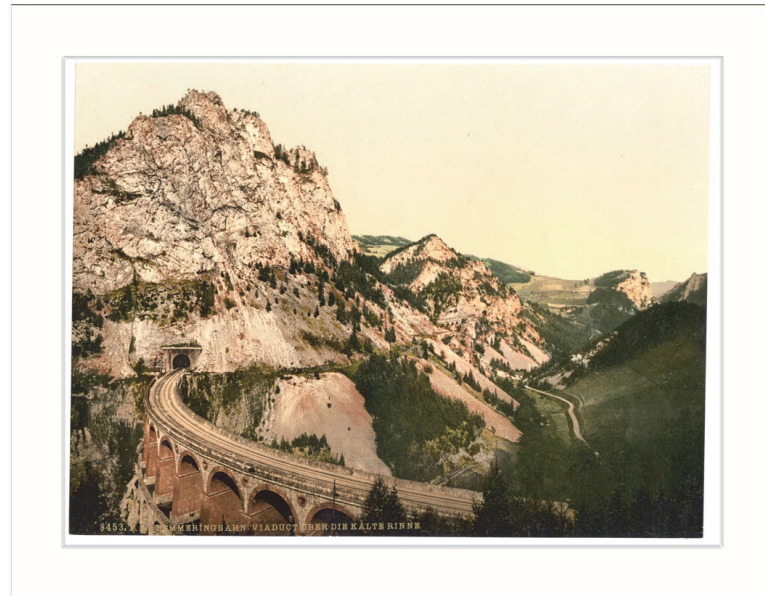
In totale, le 14 gallerie sono lunghe 1477 m, circa un decimo dell'intera linea; per coincidenza, I 16 maggiori viadotti hanno una lunghezza totale anch'essi di 1477 m. Ci sono 118 piccoli ponti ad archi di pietra e 11 ponti in ferro. La maggior parte degli ingressi delle gallerie sono semplici ma monumentali e hanno alcuni tipi di ornamenti. Le strutture di supporto sono per la maggior parte in pietra, ma il mattone fu usato per gli archi dei viadotti e le facciate d'entrata delle gallerie. I 57 edifici di servizio a due piani, situati approssimativamente ogni 700 m , sono una caratteristica della linea del Semmering e furono costruiti dalle macerie delle murature con mattoni di guarnizione. I pochi resti delle stazioni originali, che erano stati progettate come non più che stazioni di attesa e punti di abbeveraggio, ma che più tardi divennero delle strutture importanti quando il traffico turistico aumentò.

L'intera linea cambiò in maniera significativa tra il 1957 e il 1959, quando poli elettrici furono eretti per sorreggere le linee di contatto richieste per le locomotive elettriche. Il passo del Semmering stesso è conosciuto per le “ architetture estive” delle ville e degli alberghi, tanto che divenne uno dei primi posti di soggiorno Alpino nei decenni successivi all'apertura della linea ferroviaria.

La prima linea ferroviaria di una certa importanza nel continente Europeo fu aperta nel 1824-32 tra Linz e Budweis, e nel 1837 si vide l'installazione della locomotiva-rimorchio su linea tra Florisdorf e Deutche Wagram. Il tratto sud Vienna –Gloggnitz aprì nel 1841 e la sezione da Murzzuschlag a Graz fu aggiunta nel 1844, lasciando un vuoto nel tratto difficoltoso del Semmering. La linea fu in seguito estesa verso sud a Cilli nel 1846, Laibach nel 1849, e finalmente, superando le difficoltà del terreno, a Trieste nel 1857.

La cultura del Romanticismo influenzò la forma delle ville e degli hotel costruiti in quest'area, di cui una parte di essi aveva un passato Gotico o Rinascimentale. Anche lo chalet svizzero a timpano stretto trovò ampio spazio nelle costruzioni. Il passo del Semmering non fu toccato dallo sviluppo turistico per qualche tempo dopo che la linea fu aperta nel 1854. La Compagnia delle ferrovie del sud, che operava sulla linea a quel tempo, si sviluppò nel 1880, sollecitato dallo scultore di corte, Franz Schonthaler, con la costruzione dell'hotel Semmering. Fu, in ogni caso, la stessa villa di Schonthaler a sud dell'hotel che ebbe una grande influenza nel design architettonico lungo la linea Semmering. L'uso del tradizionale telaio di legno Alpino ideato dal suo architetto, Franz von Neumann, fu costantemente utilizzato da altri costruttori, e lo stile Semmering fu predominante nei palazzi innalzati nell'ultima parte del XIX secolo.





Il progetto del Semmering

Il primo progetto per superare il Semmering, con una pendenza del 30 per mille, fu messo a punto nel 1841 ma non proseguì per ragioni tecniche. Il progetto fu riportato in auge nel 1842, quando Carlo Ghega fu nominato Capo Ispettore della linea a sud, che collegava Vienna e Trieste. Egli iniziò visitando gli USA dove ha studiato 39 linee ferroviarie che coprivano una distanza di 2413 km. Questa esperienza gli mostrò che le difficoltà tecniche viste nel primo progetto non furono insuperabili e effettuò una completa scansione dell'area; le difficoltà geotecniche lo indussero a sviluppare nuovi strumenti per sondare la zona, specialmente il Stampfer'sche Nivelier-Hohen- und Liingenmessinstrument, usato per misurare altezza e distanza, che divenne un importante strumento nella geotecnica.

Lavorò su diversi percorsi prima di sceglierne uno nel 1846. Era lungo 42 Km, con 22 ponti e viadotti principali e un tunnel lungo 1200 m, situato appena sotto il passo; sicuramente non il percorso più semplice, ma fu quello più fattibile alla luce delle limitazioni tecnologiche di quei tempi, per esempio è da notare la mancanza di potenti esplosivi per scavare. Il suo progetto fu completato nel 1847, ma i lavori non partirono immediatamente, perché Ghega fu chiamato per la costruzione della linea tra il Cilli e Laibach.

Il suo progetto incontrò parecchie opposizioni, ma fu accettato nel giugno del 1848 dal nuovo Ministro per Lavori Pubblici, Andreas Baumgartner, che voleva progetti che offrivano una prospettiva di lavoro a lungo termine. Nonostante uno stormo di proteste, da tecnici e stampa, i lavori iniziarono nell'Agosto del 1848. L'intera lunghezza della linea fu divisa in 14 sezioni,

ognuno delle quali fu affidata a un'impresa diversa. All'inizio furono assunti 1007 uomini e 414 donne, ma arrivarono a oltre 20.000 durante i lavori.

La massima pendenza del 25 per mille e l'eccezionale piccolo raggio di curvature portarono a un nuovo tipo di locomotive, e quattro imprese entrarono per la concorrenza nel 1850. Ma nessuna di queste fu giudicata per avere una produzione affidabile in serie, sebbene soddisfacevano i requisiti tecnici, quindi fu commissionato Wilhelm von Eggerth per unire le migliori soluzioni di ogni impresa per creare una nuova soluzione. Il risultato fu un trionfale successo e furono commissionati 26 motori.

I lavori di costruzione della linea e la produzione delle locomotive e del materiale ad esso adibito procedettero in maniera ottimale, con il risultato che il trasporto dei passeggeri e dei beni lungo il tracciato partì, come da programma, il 17 Luglio 1854.





Il caso nel Regno Sabauda, linea Torino -Genova, galleria dei Giovi.

Nel Regno Subalpino, le prime idee e le prime indagini per la costruzione di una strada ferrata risalgono al 1826, allorché alcuni uomini d'affari genovesi, capeggiati dai signori Cavagnari, Pratolongo e Morro, formularono la prima richiesta, peraltro lasciata poi cadere, per studiare una comunicazione ferroviaria da Genova al Po.

Alcuni anni dopo vennero presentate al Governo di Torino altre analoghe richieste. In particolare, i medesimi uomini d'affari genovesi, poi autorizzati a costituire una Società, avanzarono una nuova seria richiesta per studiare il tracciato della linea da Genova al Po verso Pavia, ma solamente nel 1840 il Governo sabauda concesse a detta Società l'autorizzazione *“ad intraprendere studi per una parte delle strade ferrate da Genova al Piemonte, e confine Lombardo”*.

L'ingegnere Porro fu quindi incaricato di elaborare il progetto che, dopo essere stato rivisto e modificato dal noto ingegnere inglese Kingdom Isambard Brunel, alla fine del 1843 venne presentato all'esame dell'apposita commissione tecnica governativa, la quale esprimeva, in linea di massima, il suo parere favorevole. Ma l'anno seguente, con Regie Lettere Patenti, si decideva di fare studiare direttamente il futuro sistema delle strade ferrate del Regno, fissandone le linee generali; lo Stato, avendo ben chiaro l'uso che intendeva fare del treno, sceglieva altresì il definitivo percorso della linea in argomento determinando che:

“Il sistema delle strade ferrate dei Nostri Stati di terraferma avrà luogo colla costruzione simultanea di una strada a ruotaie di ferro da Genova a Torino per Alessandria e la Valle del Tanaro con diramazione verso la Lomellina, donde a Novara ed al Lago Maggiore. Il punto, da cui dovrà partire detta diramazione, sarà determinato in correlazione della località che in dipendenza di accurati studi sarà prescelta per varcare il fiume Po con maggiore utilità e sicurezza. Compiuta od intrapresa la costruzione di detta strada bipartita nella detta direzione verso Torino ed alla Lomellina, verrà eseguita la diramazione di un altro tronco che, da quello verso la Lomellina, metta alla Lombardia nella Direzione che le circostanze saranno per consigliare più opportuna.”

Inoltre, dopo molte discussioni per decidere se le ferrovie dovessero essere costruite e gestite dai privati o dallo Stato, con Regie Patenti del 13 febbraio 1845 si stabiliva inequivocabilmente che *“la Strada Ferrata da Genova al Piemonte, con diramazione al Lago Maggiore ed alla frontiera lombarda, verranno costruite per conto e cura del nostro Governo e a spese delle nostre finanze”*.

A quell'epoca, il collegamento di Genova con Torino avveniva attraverso la strada carrozzabile dei Giovi, valico a 472 metri di altitudine fra le Valli del Polcevera e dello Scrivia, strada che con

quella della Riviera, detta cornicé, fu decisa sotto Napoleone I e terminata sotto il regno di Carlo Felice.

Nel 1845 le comunicazioni di Genova con Milano erano divenute quotidiane a mezzo di diligenze. Ancora verso la metà dell'Ottocento per recarsi da Genova nelle località viciniori ci si doveva giovare di portantine e di bussole.

Il progetto

Nello studio del tracciato della parte montana della ferrovia per Genova, che in più punti comportava la risoluzione di notevoli problemi tecnici, il Brunel proponeva un singolare sistema di piani inclinati per il superamento del più arduo ostacolo, rappresentato dallo scavalco dell'Appennino al colle dei Giovi.

Nel novembre del 1845 venivano prontamente appaltati i lavori per la costruzione dei primi lotti di linea a doppio binario, lavori che procedettero alacremente a partire dal 1846. Cosicché il 24 settembre 1848, in una bella giornata autunnale, si inaugurava il primo tratto di 8 chilometri da Torino a Moncalieri.

In una relazione del 25 giugno 1848, l'Intendente Generale delle Strade Ferrate dello Stato, avvocato Bona, scriveva al Ministro:

Il Sig. Ispettore Cavaliere Melano ha presentato i disegni, la perizia ed il capitolato delle opere, che più preme di eseguire per lo stabilimento della stazione di Torino, rimandando le altre a tempo più opportuno.

Le opere che ora si tratterebbe di appaltare sono le seguenti, e cioè:

- 1. Il trasporto della Strada Reale di Nizza e di quella di Stupinigi (attuale Via Sacchi) sull'allineamento delle due contrade dei Conciatori e della Provvidenza.*
- 2. La formazione di canali di scolo.*
- 3. La regolarizzazione dell'area della stazione.*
- 4. E la costruzione di sette fabbriche, non che dei muri di cinta della stazione medesima.*

Il giorno seguente all'inaugurazione fu iniziato il regolare servizio pubblico con l'istituzione di sei coppie di treni, fra le ore 7 antimeridiane e le ore 7 pomeridiane. Intanto, l'anno seguente, in ossequio alla sbrigativa procedura adottata, volta ad aprire al pubblico ogni singolo tratto appena terminato, entrava in esercizio il tronco da Moncalieri ad Asti e poi, nel 1850, il percorso da Asti ad Alessandria e a Novi Ligure.

E' interessante notare come l'esercizio ferroviario venisse via via aperto senza attendere che fossero completamente eseguiti i lavori al corpo stradale, con i fabbricati delle stazioni provvisori e addirittura ancora da costruire ed in presenza anche di un solo binario.

Partendo da Torino, il primo tratto del percorso fino a Moncalieri non presentò grandi difficoltà, anche se si dovettero eseguire alcune opere particolarmente impegnative quali il lungo viadotto, detto del Mercato, ed il ponte sul Po a Moncalieri. Peraltro, l'imperativo era quello di portare rapidamente a termine i lavori.

Nella costruzione della prima parte della linea si dovettero affrontare rilevanti difficoltà per l'attraversamento della zona collinare fra San Paolo Solbrito e Villafranca. Da San Paolo a Dusino venne costruito un tratto di linea provvisoria, mentre da Dusino fino a Stenevasso si istituì un servizio di omnibus a cavalli con un percorso di circa 2.700 metri.

Questo servizio di omnibus si rivelò alquanto gravoso e penalizzante per la circolazione, per cui presto si pensò di sostituirlo, costruendo un nuovo tratto di linea provvisoria a piano inclinato per far circolare convogli *“retti nella discesa da carri-freno e rimorchiati nella salita da cavalli”*; tuttavia, anche se si era ottenuto un miglioramento, l'esercizio risultò ancora *“penoso al pubblico pel tempo richiesto al tragitto, massime nell'ascesa, gravoso assai all'Amministrazione e per la spesa di manutenzione e vigilanza che su esso si richiese tanto moltiplicata, e per l'altra principalmente dei cavalli, come si è detto, impiegati nel rimorchiarlo e del personale addetto al governo di quegli animali”*. Si convenne pertanto di fare subito studiare da una apposita commissione di ingegneri un tipo di trazione più economico e più sicuro, con la consulenza del famoso ingegnere inglese Robert Stephenson, figlio del più noto George, inventore della locomotiva a vapore.

Il tratto più impegnativo fino a Genova.

Per superare l'inusitata pendenza del 26 per mille di quel tratto di linea, fu quindi studiato l'impiego di locomotive appositamente modificate che lo stesso Stephenson provvide a costruire nella sua celebre officina-inglese di Newcastle-on-Tyne. Nell'agosto del 1851 i cavalli furono sostituiti dalle nuove locomotive speciali, che *“attaccate a Villafranca ed a Dusino valgono o come potenti motori in salita o come fortissimi freni in discesa”*.

Frattanto, all'inizio dello stesso anno, l'esercizio della linea era stato prolungato fino ad Arquata, con un percorso di ormai 125 chilometri; la pendenza non superava il 5 per mille, tranne un breve tratto dell'8 per mille e quello del 26 per mille del piano inclinato del Dusino. L'attivazione dell'esercizio sull'accidentata tratta da Arquata a Busalla, di 18,4 chilometri e con pendenza massima dell'8.2 per mille, venne effettuata esattamente due anni dopo, il 10 febbraio 1853, mentre

l'intero percorso fino a Genova Porta Principe, lungo complessivamente 166 chilometri, fu portato a compimento con l'inaugurazione dell'ultimo tratto fra Busalla e Genova, avvenuta il 18 dicembre dello stesso anno.

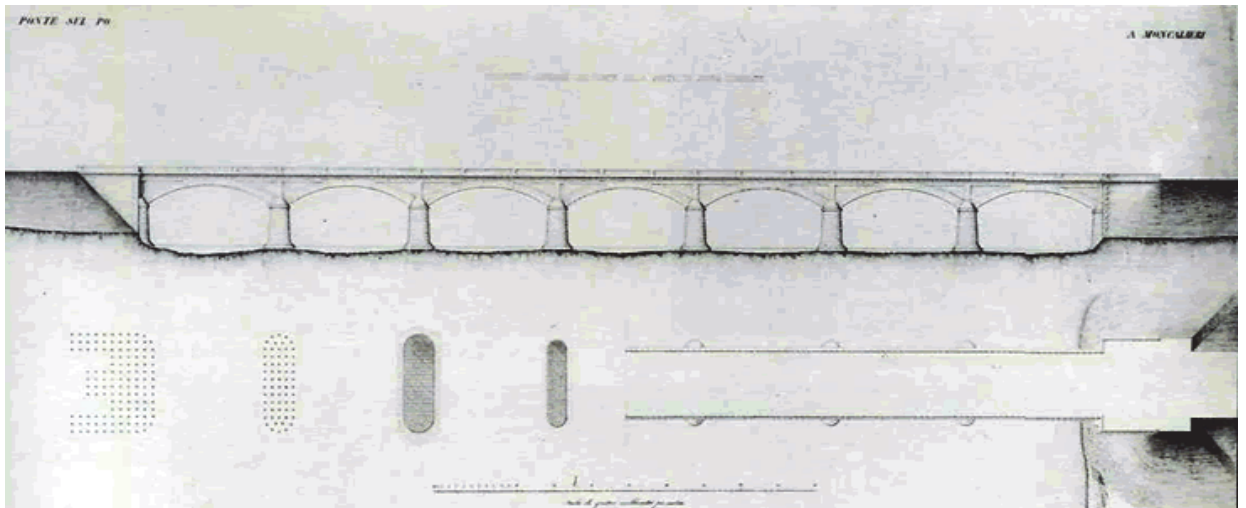
All'inaugurazione ufficiale della linea del 20 febbraio 1854 parteciparono anche il Re Vittorio Emanuele II ed il Primo Ministro conte Cavour.

Per non ritardare l'attivazione della linea, la stazione di Genova Porta Principe venne approntata con carattere provvisorio, così come era successo per quella di Torino Porta Nuova. La costruzione del fabbricato viaggiatori definitivo venne però già iniziata lo stesso anno 1854 ed ultimata nel 1860.

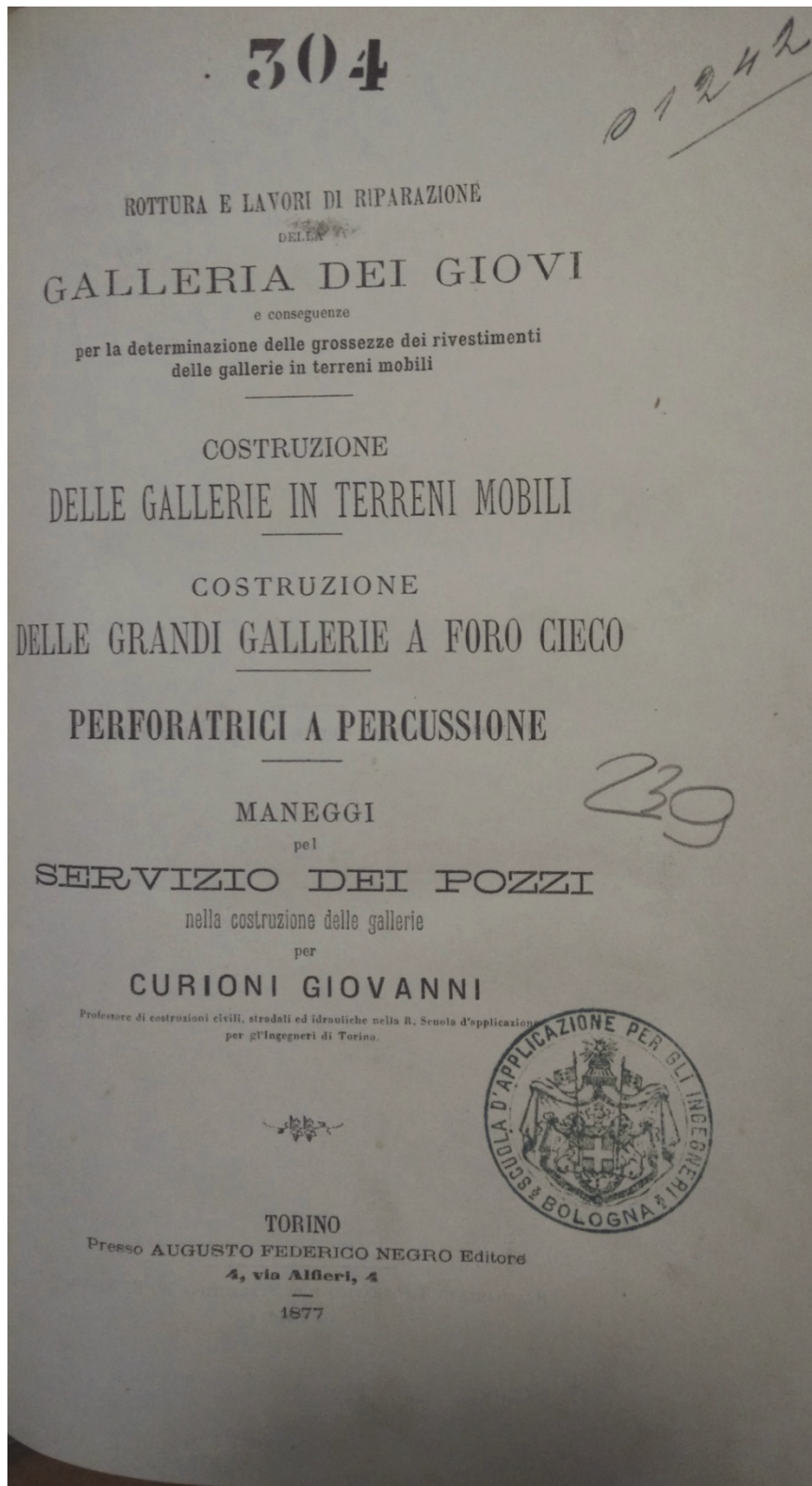
L'intera linea Torino-Genova era stata subito costruita con sede a doppio binario. Le opere d'arte eseguite furono oltre centotrenta e almeno una trentina i ponti e viadotti di rilevante importanza; nella sola tormentata tratta da Arquata a Busalla furono gettati otto ponti su corsi d'acqua e perforate quattro gallerie di lunghezza variabile da 508 a 866 metri. I lavori per la costruzione del tratto di linea compreso fra Busalla e Genova risultarono particolarmente impegnativi ed onerosi. Essi comportarono l'esecuzione di opere di notevole rilievo tecnico per l'attraversamento dell'Appennino ligure al valico dei Giovi, quali i piani inclinati già menzionati per la tratta da S. Paolo a Dusino e la famosa galleria di 3.259 metri; una lunghezza veramente eccezionale per quei tempi. Di quest'ultima ebbe ad occuparsi anche l'ingegnere belga Henry Maus, noto progettista ed esecutore di opere idrauliche e ferroviarie.

Di grande importanza era la scelta del tipo di trazione lungo il percorso a fortissima pendenza da Busalla a Pontedecimo. Nel tratto di rampa a più elevata pendenza, lo stesso ingegnere Maus e alcuni valenti tecnici, fra i quali gli ingegneri Sommeiller e Ruva, studiarono brillantemente nuovi originali tipi di locomotive, pure costruite dalle Officine dello Stephenson, denominate "Mastodonti dei Giovi", costituite da due macchine accoppiate fra di loro che servirono "al traghetto dei convogli sulla rampa del 35 per mille di cui l'eguale non si ha su altre strade ferrate esercitate con locomotive". Su detta rampa esse erano in grado di trascinare convogli del peso di 150 tonnellate a 12 chilometri orari.

Fin dall'apertura dei primi tratti la gestione risultò molto soddisfacente; allora i convogli giornalieri della tratta Torino-Arquata, di 125 chilometri, erano normalmente costituiti da tre coppie di treni, più una coppia per le piccole velocità, che impiegavano a percorrerla tre ore e quaranta minuti.



**Approfondimento strutturale e tecnico della galleria dei Giovi. Tratto dal testo
di G. Curioni. Appendice III-1877**



Capitolo I. Rottura e lavori di riparazione della Galleria dei Giovi.

Innumerevoli sono le gallerie state aperte dall'epoca delle prime costruzioni di strade ferrate fino ai nostri tempi; ed è singolare come non siasi ancora formulate regole certe e norme sicure per la determinazione pratica delle grossezze dei loro rivestimenti. Pochi precetti generalissimi hanno finora servito di guida nel determinare le indicate grossezze, e questi precetti vagamente stabiliscono :

-Che si può tralasciare ogni rivestimento alle gallerie entro roccia dura, non alterabile in contatto dell'aria;

-Che è necessario un sottile rivestimento murale, con grossezza variabile da metri 0,25 a metri 0,40, per le gallerie entro roccia soggetta a sfaldarsi in contatto con l'aria;

-Che è indispensabile un robusto rivestimento murale, con grossezza non minore di metri 0,50, per le gallerie entro terra.

Il limite superiore dell'indicata grossezza da nessuno venne definito per una galleria da aprirsi in terreni mobili, in terreni soggetti a rigonfiare in contatto dell'acqua; ed i costruttori unicamente si limitano a dire che essa deve risultare tanto più grande, quanto più le terre si mostrano facili a scoscendere nello scavarle, quanto più grande è la loro mobilità, e quanto più energetiche saranno per manifestarsi le loro spinte contro il rivestimento destinato a conservare alla galleria la forma e le dimensioni richieste dalla sua destinazione.

Per la costruzione delle strade ferrate italiane attraversanti gli Appennini ed alcuni dei loro contrafforti, fu imperiosa necessità di aprire molte gallerie in terreni mobili, ed un rivestimento di buona muratura colla ragguardevole grossezza di metri 1,50, foggiate in modo da essere un cricolo la sezione trasversale del vano interno, si riconobbe insufficiente per alcune di esse. Le forze, contro le quali il costruttore deve lottare per aprire e mantenere una galleria in terreni mobili, sono di straordinaria potenza; ed è ormai provato che la loro azione, in gran parte latente all'atto dell'esecuzione, al sopravvenire di cause impreviste può manifestarsi con tanta energia da compromettere la sicurezza dei rivestimenti meglio costruiti, da schiacciare i materiali più resistenti, e da produrre rovine in gallerie già da qualche tempo ultimate, non manifestanti segni di apprezzabili degradazioni e giudicate di non dubbia stabilità.

L'imponente frana e la conseguente rottura, avvenute nel giorno 9 gennaio dell'anno 1873 nella grande Galleria dei Giovi sulla ferrovia Torino- Genova, costituiscono un fatto il quale, mentre mette in evidenza quanto funeste possono essere le terre mobili alle gallerie in esse praticate, desta le più serie apprensioni sull'avvenire e sulla sicurezza di tutte quelle che trovansi in analoghe condizioni. Il problema dell'aprimiento di gallerie entro sostanze terrose è della più alta importanza; la sua risoluzione colle norme generalissime che vennero indicate costituisce un procedimento pericoloso; ed importa che il costruttore sappia rendersi conto delle azioni massime che le terre saranno per esercitare contro i rivestimenti di tali gallerie, per assegnare ad essi dimensioni convenienti e per assicurarsi della loro durata e della loro stabilità.

La risoluzione rigorosa del problema presenta difficoltà serie e forse insuperabili, sia perchè non si conosce come realmente si comporta nelle intime sue parti una massa di terra, allorchando trovasi

in procinto di scoscendere; sia ancora perchè non è ben noto il modo di resistere dei rivestimenti delle gallerie. Comunque sia la cosa però, con tutto l'impegno è duopo tentare la risoluzione dell'arduo ed importante problema, ed approfittare dei fatti che ci è permesso osservare nelle deformazioni e nella rottura di gallerie onde trarre quelle informazioni, quelle induzioni e quei lumi che possono servire a porre ipotesi non lungi dal vero sul modo di comportarsi delle terre e sul modo di resistere dei loro rivestimenti. Dagli effetti che si verificano negli sgraziati avvenimenti di gallerie minaccianti rovina, conviene procurare di risalire alle cause efficienti, onde poi vedere se è possibile formulare una teoria, che in qualche modo possa venire in aiuto dell'ingegnere costruttore nel progettare e far eseguire passaggi entro sostanze terrose; e ad un tale scopo tende l'esposto in questo capitolo, nel quale ci proponiamo di far conoscere:

- come venne primitivamente progettata la Galleria dei Giovi ;
- quali deformazioni presentò dopo la sua costruzione;
- come avvenne la rottura nel gennaio dell'anno 1873;
- quali furono le operazioni di restauro e quali i risultamenti da esse ottenuti;
- quali furono le cause probabili dello sgraziato avvenimento ;
- e finalmente quali ipotesi si potrebbero ammettere sul modo di comportarsi delle terre fra cui le gallerie trovansi scavate, e sul modo di resistere dei loro rivestimenti.

Dimensioni principali e struttura della Galleria dei Giovi

La Galleria dei Giovi è la maggiore fra quelle della ferrovia Torino-Genova, si trova presso Busalla, fra le due stazioni di Busalla e Pontedecimo, all'origine del gran piano inclinato che discende verso Genova, ed ha andamento rettilineo da nord a sud. La sua lunghezza è di metri 3264,92, e la sua pendenza raggiunge l'alto limite del 28,80 per mille.

Questa galleria, dovendo servire per una ferrovia con due binari, presenta nel suo vano una sezione trasversale con dimensioni piuttosto considerevoli. La larghezza massima AB (Fig.1 nella scala dell' 1/100), la quale si trova a metri 1,90 al di sopra della retta CD, che corrisponde al livello della superficie superiore delle rotaie, è di metri 8; e si ha una mezza circonferenza di circolo per direttrice AEB della superficie cilindriche aventi per direttrici gli archi circolari AC e BD; i centri di questi archi sono in O' ed O'' sui prolungamenti di AB; i loro raggi sono eguali e di metri 10,10. L'altezza massima ME della galleria al di sopra del livello dei regoli risulta di metri 5,90. Nelle fronti però quest'altezza è di metri 6,90 e va gradatamente diminuendo finchè raggiunge la detta altezza di metri 5,90 nella sezione che dista di metri 18,10 dalla fronte di ciascun imbocco.

Il rivestimento della galleria fu progettato ed eseguito colla grossezza di metri 0,90; i piedritti, ingrossandosi al loro piede, presentano i marciapiedi CF e DG situati al livello delle rotaie ed aventi la larghezza di metri 0,70. Un arco rovescio si trova fra l'uno e l'altro piedritto ; la corda HI di quest'arco giace a metri 0,35 sotto i detti marciapiedi; è di metri 0,65 la sua saetta KL, e di metri 0,70 la sua ordinaria grossezza.

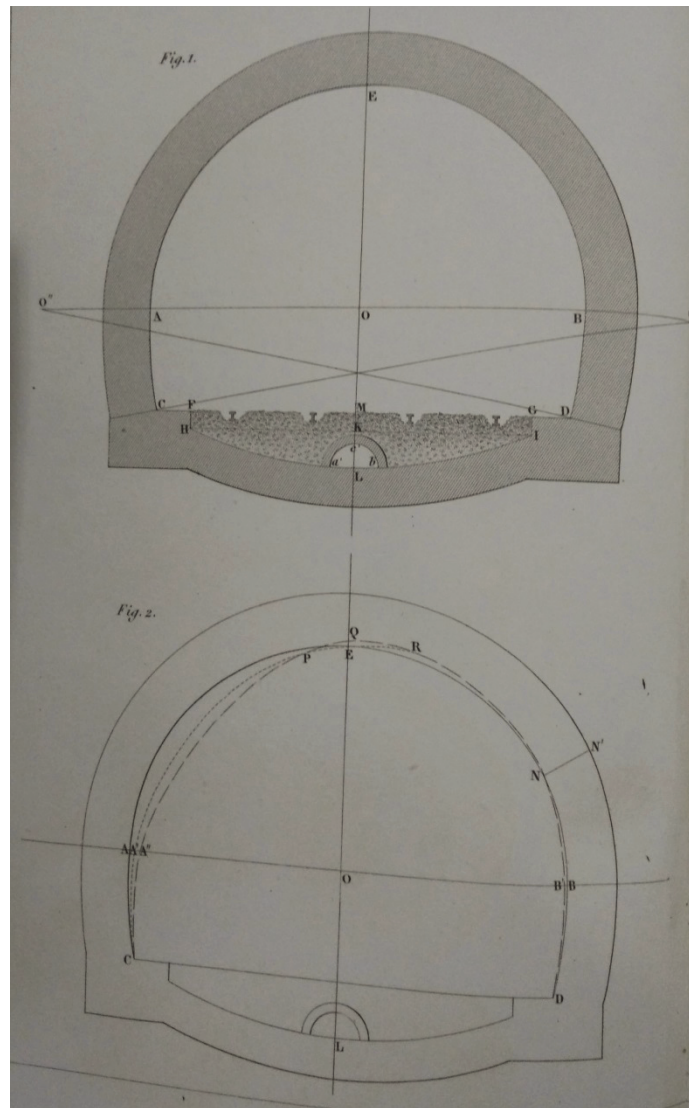
La parte più bassa dell'arco rovescio, trovandosi coperta da una volta, funziona come canale coperto. È di metri 0,90 la massima larghezza interna a'b' di questo canale, di metri 0,45 la sua altezza massima e'L e di metri 0,15 la grossezza del volto che lo copre.

In quanto alla materiale struttura della Galleria dei Giovi, si deve dire che essa venne eseguita in modo inappuntabile. Sono scelti e molto resistenti i mattoni in essa impiegati, tenacissime le malte, e la mano d'opera non poteva essere maggiormente diligentata.

Deformazioni state accertate fin dal settembre dell'anno 1869 e relative conseguenze

Fin dal settembre dell'anno 1869 erasi osservato che la Galleria dei Giovi manifestava alcune sensibili deformazioni presso l'imbocco sud, ossia presso l'imbocco più basso, ed a circa 77 metri di distanza dalla fronte dell'imbocco medesimo. La lunghezza della parte maggiormente deformata era di circa 16 metri, e, rilevata una sezione trasversale verso il mezzo di questa parte, si trovò che la linea direttrice della superficie interna della galleria non era più la curva primitiva CAEBD (Fig. 2 nella scala dell'1/100), ma sibbene un'altra curva CA'E'B'D. Quest'ultima curva aveva di comune colla curva primitiva i due punti estremi C e D, il punto E situato sull'asse verticale della sezione primitiva della galleria ed un punto N posto dalla parte del piedritto di levante (ossia dalla parte del piedritto a sinistra di chi discende la galleria) sul raggio che fa angolo di circa 30° coll'orizzontale OB; si trovava sotto la curva primitiva tra C e E; passava sopra fra E ed N; e di nuovo si portava sotto tra N e D. Tra questi ultimi due punti però le citate curve si scostavano così poco da potersi esse ritenere come assieme coincidenti. Nelle basi dei piedritti e nell'arco rovescio non eransi riscontrate le benchè minime tracce di deformazioni.

Volendosi dedurre dai citati fenomeni stati accertati nel settembre dell'anno 1869 le cause probabili da cui ebbero origine, sembra potersi concludere: che, per non essere la curva della sezione retta deformata simmetrica rispetto alla verticale EL, doveva il rivestimento trovarsi sotto l'azione di forze non simmetricamente disposte rispetto al piano verticale determinato dall'asse della galleria; hce dalla parte del piedritto di levante ed al di sotto del giunto NN', per essere piccolissime le deformazioni avvenute da N in D, la galleria doveva essere addossata ad un terreno più resistente di quello della parte opposta; che dal lato di ponente, per essersi verificata un'assai ragguardevole rientranza verso le reni del volto ed un sollevamento appena al di là della chiave, doveva il rivestimento sentire non solo un'azione verticale, ma anche un'azione orizzontale assai potente.



Deformazioni verificatesi dopo il settembre dell'anno 1869, rottura avvenuta nel gennaio dell'anno 1873, fenomeni che la precedettero e relative conseguenze.

In seguito alle accennate deformazioni, quegli ingegneri della Società dell'Alta Italia , cui incumbeva l'obbligo della manutenzione, continuamente tennero d'occhio la galleria dei Giovi, ed esercitarono la più accurata sorveglianza sulla parte che aveva dato segni di degradazioni. Dal settembre del 1869 a tutto il dicembre del 1872 sempre si trovò che la deformazione non era totalmente cessata, ma non si ebbero mai allarmanti segni d'imminente rottura , e fu solo nel 1° gennaio dell'anno 1873 che si manifestarono i sintomi della prossima rovina.

La curva direttrice della superficie interna, passando sempre per gli estremi C e D (fig. 2) della curva primitiva, erasi ridotta ad una linea CA''PQRB'D, intersecante quella corrispondente alle deformazioni state verificate nell'anno 1869 nei punti P ed R, e sensibilmente sovrappontesi a quest'ultima da R in D. La precisa sezione retta della galleria, quale venne rilevata nel principio del gennaio dell'anno 1873, risulta dalla figura 3° disegnata nella scala dell' 1/100, sulla quale sono

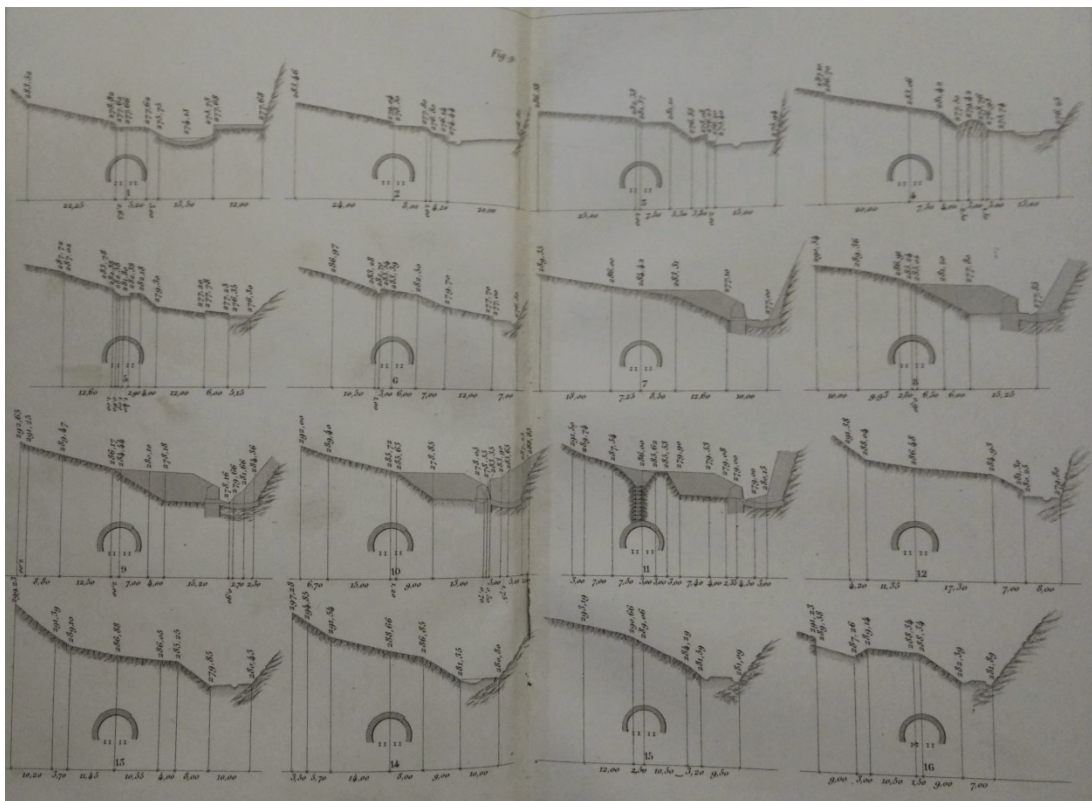
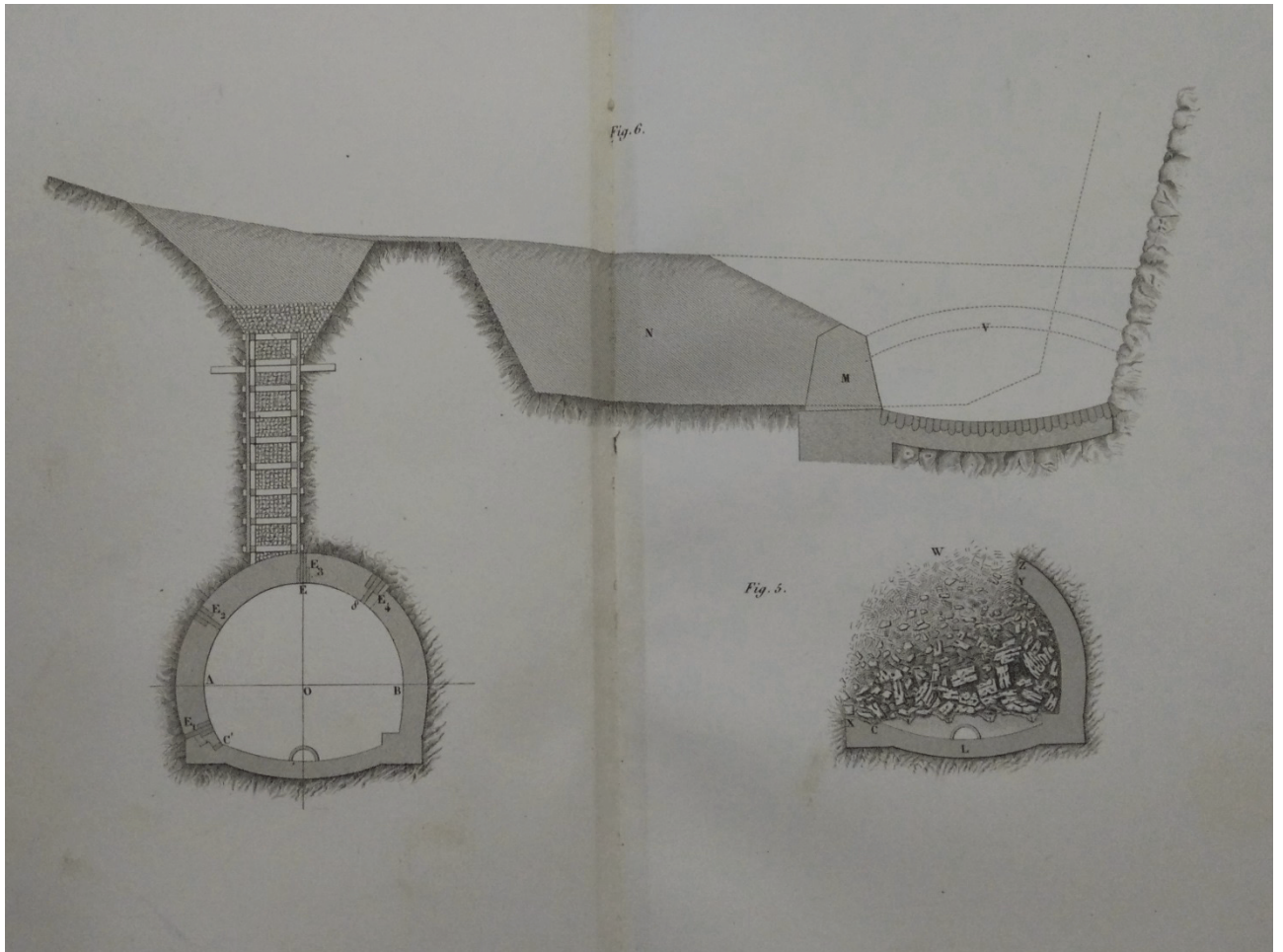
anche marcate le quote relative alla determinazione dei principali punti della curva direttrice della superficie interna.

Poco prima della rottura del rivestimento si manifestano alcune screpolature sulla mezza volta portata dal piedritto di ponente, e si riconobbe essere rispettivamente di metri 0,007, 0,017 e 0,005 le profondità di quelle corrispondenti ai punti a, b e c. analogamente apparirono alcune screpolature sul mezzo volto portato dal piedritto di levante, e, misurata la loro profondità, si trovò essere rispettivamente di metri 0,005, 0,007, 0,005 e 0,002 quelle corrispondenti ai punti d, e, f e g. Sul rivestimento della parte di ponente ebbe luogo la screpolatura più profonda nel giunto che fa coll'orizzonte un angolo di circa 35° , e su quello della parte di levante si verificò questo fatto nel giunto inclinato di circa 32° coll'orizzontale, e quindi di poco al di sopra del giunto NN' (Fig. 2), il quale limita superiormente quella parte di rivestimento in cui non si manifestarono sensibili deformazioni. Contemporaneamente all'apparizione delle indicate screpolature (Fig. 3), si manifestò un altro ben importante fenomeno. Verso l'interno della galleria si trovarono schiacciati i materiali del piedritto di ponente posti in CA''ST, non che quelli situati alla sommità del volto in QVU. Questo schiacciamento poi ebbe luogo: nel piedritto per tutta la sua altezza e per una profondità di circa metri 0,18; nel volto per una lunghezza di circa metri 0,90 per metà da una parte e per metà dall'altra parte della generatrice suprema dell'intradosso, e con una profondità crescente dagli estremi al mezzo, la quale raggiunse il valore massimo di metri 0,15.

Finalmente nel giorno 9 del gennaio dell'anno 1873 avvenne la rottura della Galleria dei Giovi per quel tratto lungo circa 16 metri, nel quale eransi rimarcati i primi segni di degradazione fino dal settembre dell'anno 1869. Il rivestimento compreso fra il giunto CX (Fig. 5 nella scala dell'1/200) situato al piede del piedritto di ponente, ed il giunto YZ del volto, posto dalla parte del piedritto di levante ed inclinato all'orizzonte di circa 50° , rovinò dividendosi in vari pezzi con dimensioni assai differenti; e la frattura scagliosa e polverosa, che appariva sulle facce di alcuni di essi, ben indicava le enormi pressioni cui andarono soggetti mattoni e cementi prima dello sgraziato successo. Il rivestimento caduto ed un'enorme quantità di terra argilosa, rammolita dall'acqua e quasi ridotta allo stato di plasticità, riempirono il detto tratto di galleria; e per tal guisa, con incalcolabili danni per il commercio, tutto tacque laddove il continuo fischiare di locomotive e l'incessante rumoreggiare di treni attestavano la più energica attività di traffico. Superiormente alla parte rovinata si manifestò un notevole avvallamento, dal quale chiaramente appariva come erasi abbassata l'intera colonna di terra ad essa sovrastante. Né l'indicato avvallamento estendevasi in larghezza alla sola distanza orizzontale fra i punti C ed Y, ma sibbene notevolmente si protendeva a dritta ed a sinistra del piano verticale definito dalla LW e dall'asse della galleria; che anzi, ragguardevole distanza dall'indicato piano, si manifestarono nella collina alcuni crepacci, i quali hanno posto in evidenza

come a grande distanza si estendesse la frana e come il movimento delle terre non si fosse limitato a quelle sovrastanti alla parte rovinata della galleria.

Siccome la rottura del rivestimento della galleria avvenne in seguito ed aumento della deformazioni state accertate nell'anno 1869, sempre progredenti nel senso stesso in cui primitivamente si manifestarono, stanno le osservazioni già state fatte sul finire del numero 3 relativamente alle cause efficienti delle accennate deformazioni, che anzi si può dire che queste stesse cause sono quelle che produssero la rottura. Sul modo poi con cui questa rottura avvenne, sempra potersi stabilire: che, a motivo dello schiacciamento di materiali, verificatesi presso la base del piedritto di ponente ed alla sommità del volto, in queste località ebbero luogo le pressioni massime verso l'interno della galleria; che, per le screpolature state accertate sulle reni della volta, tanto a dritta, quanto a sinistra, le pressioni massime all'estradosso del rivestimento ebbero luogo presso i giunti inclinati all'orizzonte da 35° a 32° ; che il rivestimento rovinato, prima di cadere, deve essersi diviso in tre parti I, II, III (Fig. 4) con cerniere di rotazione in α , β e γ ; che probabilissimamente furono prime a crollare le parti I e II, spinte all'indietro della potente azione che contro di esse esercitavano le terre; che, per essere il giunto inferiore ld della parte III più alto dell'altro ch , il quale fa coll'orizzonte l'angolo di 32° ed a cui corrisponde la massima screpolatura della parte del piedritto di levante, la detta parte III deve essere caduta, non incominciando a rotare intorno all'orizzontale situata sull'estradosso e proiettata in λ , ma dopo le parti I e II, o rotando intorno l'orizzontale rappresentata nel punto d o scorrendo sul giunto $\delta\lambda$.



Conclusioni che si possono trarre dai fenomeni verificatisi prima e nella rottura della Galleria dei Giovi

Considerando le deformazioni e la rottura verificatesi nella Galleria dei Giovi come una importante esperienza sul modo di comportarsi delle terre, che si rammoliscono in contatto dell'acqua, contro i rivestimenti medesimi, sembra potersi concludere:

1. Che queste terre non agiscono per solo peso sui rivestimenti di gallerie in esse scavate, ma che producono contr'essi delle enormi spinte orizzontali;
2. Che si possono esse considerare quasi come liquidi di densità eguale a quella che corrisponde al loro stato di plasticità;
3. Che i rivestimenti di gallerie scavate entro queste terre hanno tendenza a deformarsi ed a rompersi per aprimento della chiave verso l'estradosso, per aprimento sulle reni verso l'intradosso e per aprimento verso terra alle basi dei piedritti.

Partendo da questi risultati d'esperienza è possibile una teoria per la determinazione delle azioni massime che le terre, soggette a lasciarsi rammolire in contatto dell'acqua, saranno per esercitare sui rivestimenti di gallerie in esse praticate; per la ricerca del grado di stabilità che presentano gallerie in siffatte terre già costrutte; e per proporzionare i rivestimenti di gallerie da costruirsi all'importanza delle pressioni massime, cui potranno trovarsi sottoposti.

Questa teoria, se non affatto inappuntabile dal lato teorico, risponde abbastanza bene alle esigenze della pratica, e si presenta come auscultiva di utili ed importanti applicazioni, tanto nel caso di una galleria in terre mobili, ma colle basi dei piedritti o coll'arco rovescio sopra un fondo resistente, quanto nel caso di una galleria con arco rovescio e completamente circondata da terre colanti. Le considerazioni svolte in questo lavoro si riferiscono soltanto al primo caso, che è quello verificatosi nel tronco di Galleria dei Giovi, in cui si ebbe lo sgraziato avvenimento del 9 gennaio dell'anno 1873.

Capitolo II. Determinazione delle grossezze dei rivestimenti delle gallerie in terreni mobili.

Componenti orizzontale e verticale della pressione che le terre producono su una determinata parte della superficie esterna del rivestimento di una galleria

Siano ACA'D e BKB'M (Fig 15) le due sezioni rette, contenute in uno stesso piano, della superficie esterna e della superficie interna del rivestimento di una galleria; la linea LOL' rappresenti il profilo

della superficie superiore del terreno mobile, la qual linea sarà generalmente orizzontale o assai poco inclinata all'orizzonte; e si consideri una lunghezza di galleria eguale all'unità. S'immaginino condotte, pel punto culminante C della direttrice della superficie d'estradosso del volto, l'orizzontale xC'x e la verticale yC'y, e si chiamino:

Π il peso dell'unità di volume di terra;

x_1 ed y_1 le due coordinate Cp_1 e p_1n_1 di un punto qualunque n_1 della curva ACA' ;

x_2 ed y_2 le due coordinate Cp_2 e p_2n_2 di un punto qualunque n_2 della stessa curva;

x e y le due coordinate Cp e pn di un terzo punto posto fra n_1 ed n_2 ;

y' l'ordinata pq della linea LL' corrispondente all'ascissa $Cp=x$;

s la lunghezza dell'arco Cn.

La pressione sulla superficie elementare rappresentata nell'arco infinitesimo $nn'=ds$, la qual superficie altro non è che una strettissima lista lunga l'unità e larga ds , vale

$$\Pi(y'+y)ds.$$

Le componenti orizzontale e verticale di questa pressione si ottengono moltiplicando rispettivamente il valore ora trovato per i coseni degli angoli che la normale in n alla curva ACA' fa cogli assi coordinati, ossia, operando la detta pressione nel senso nn'' , per $-dy/ds$ e dx/ds ; cosicchè le accennate componenti risultano:

$$- \Pi(y'+y)dy$$

Quella orizzontale ,e

$$\Pi(y'+y)dx$$

Quella verticale.

Se ora si dicono Ξ e T le due componenti orizzontale e verticale della totale pressione, che ha luogo sull'arco n_1n_2 , si ottengono i loro valori integrando le sue ultime espressioni fra i limiti definiti dai punti n_1 ed n_2 , e quindi si ha:

$$\Xi = -\Pi \int_{x_1}^{x_2} (y' + y) \frac{dy}{dx} dx \quad (1)$$

$$T = \Pi \int_{x_1}^{x_2} (y' + y) dx \quad (2)$$

Indicando rispettivamente con v e ξ le distanze delle forze Ξ e T degli assi coordinati xCx' e yCy' , riesce facile ottenerle coll'applicazione del teorema dei momenti. I momenti elementari, rispetto ai due piani, uno orizzontale determinato dalla retta xCx' e l'altro verticale determinato dalla retta yCy' , delle pressioni orizzontali e verticale che hanno luogo sull'elemento di superficie rappresentato nell'arco nn' , sono rispettivamente

$$-\Pi(y'+y) ydy,$$

$$\Pi(y'+y)x dx;$$

e dovendo i momenti delle forze Ξ e T rispetto agli stessi piani essere rispettivamente eguali alle somme dei detti momenti elementari prese fra i limiti definiti dai punti n_1 ed n_2 , risultano le seguenti formule determinatrici delle due distanze v e ξ delle forze Ξ e T degli assi coordinati xCx' ed yCy'

$$v = \frac{\int_{x_1}^{x_2} (y' + y)y \frac{dy}{dx} dx}{\int_{x_1}^{x_2} (y' + y) \frac{dy}{dx} dx} \quad (3)$$

$$\xi = \frac{\int_{x_1}^{x_2} (y' + y)x dx}{\int_{x_1}^{x_2} (y' + y) dx} \quad (4)$$

Trovandosi le due curve ACA' ed LOL' riferite ai due assi coordinati ortogonali xCx' ed yCy' , riesce facile esprimere i valori di y , dy/dx ed y' in funzione dell'ascissa x , e quindi esattamente o per approssimazione si possono ottenere i valori dei quattro differenti integrali che entrano nelle formule. E' poi facile convincersi che $\int_{x_1}^{x_2} (y' + y) dx$ rappresenta l'area della figura $q_1q_2n_1n_2$ e che $\int_{x_1}^{x_2} (y' + y)x dx$ è il momento della stessa area rispetto al piano verticale determinato dalla retta yCy' e perpendicolare alla retta xCx' .

Qualora vogliansi le pressioni Ξ e T e le distanze v e ξ per una porzione Cn della superficie del rivestimento, la quale incominci in corrispondenza della generatrice più elevata della superficie d'estradosso del volto, riesce facile ottenerle dalle formule sopra ponendo eguale a zero il limite inferiore x_1 e ponendo eguale ad x il limite superiore x_2 .

Semplificazione che si può apportare alle formule precedenti.

Nelle pratiche applicazioni non si può generalmente avere con esattezza il valore di y' in funzione dell'ascissa x , e d'altronde, come già si è detto nel precedente numero, la linea LOL' (Fig 15) o è orizzontale o ben poco discosta dall'orizzontale. Segue da ciò che si può introdurre una semplificazione nelle formule precedenti col prendere un valore costante per y' , il qual valore sarà dato dalla differenza di livello CO fra l'origine C delle coordinate ed il punto O in cui la verticale

yCy' taglia la linea LOL' , tuttavolta che questa linea sia orizzontale o quasi orizzontale. Che se la linea LOL' si scosta di qualche poco dall'orizzontale condotta per O , si possono tracciare le due verticali tangenti in I ed I' (Fig.16) alla curva direttrice della superficie esterna del rivestimento e quindi le due orizzontali GF e $G'F'$, la prima in modo che la figura EFH sia equivalente all'altra HGO , e la seconda in modo che la figura $E'F'H'$ sia equivalente all'altra $H'G'O$, e supporre:

che a dritta della verticale yCy' il valore di y' sia costante ed eguale a CG ;

che a sinistra della stessa verticale il valore di y' sia pure costante ed eguale a CG .

Se dunque si chiamano c quella differenza di livello media costante che si assume per misurare l'altezza di carico della terra sul piano orizzontale passante pel punto C (Fig. 15), X e Y i valori assoluti delle pressioni orizzontale e verticale esercitate dalle terre sulla porzione di rivestimento n_1n_2 , e se conservansi le lettere v e ξ per indicare le distanze delle forze X e Y degli assi coordinati, dopo il cangiamento di y' costante c , si può assumere la y come variabile indipendente per gli integrali che si trovano nella prima e terza formula del precedente paragrafo, ed i valori di X, Y, v, ξ facili a dedursi dalle equazioni stesse, risultano

$$X = \Pi \int_{y_1}^{y_2} (c + y) dy$$

$$Y = \Pi \int_{x_1}^{x_2} (c + y) dx$$

$$v = \frac{\int_{y_1}^{y_2} (c + y)y dy}{\int_{y_1}^{y_2} (c + y) dy}$$

$$\xi = \frac{\int_{x_1}^{x_2} (c + y)x dx}{\int_{x_1}^{x_2} (c + y) dx}$$

Effettuando quegli integrali in cui trovasi una sola variabile, ed osservando che

$$\int_{y_1}^{y_2} (c + y) dy = \frac{X}{\Pi}$$

$$\int_{x_1}^{x_2} (c + y) dx = \frac{Y}{\Pi}$$

Le formule determinatrici di X, Y, v, ξ si riducono a

$$X = \Pi \left[c + \frac{1}{2}(y_2 + y_1) \right] (y_2 - y_1)$$

$$Y = \Pi \left[c(x_2 - x_1) + \int_{x_1}^{x_2} y \, dx \right]$$

$$v = \Pi \frac{[3c(y_2 + y_1) + 2(y_2^2 + y_2 y_1 + y_1^2)](y_2 - y_1)}{6X}$$

$$\xi = \Pi \frac{c(x_2^2 - x_1^2) + 2 \int_{x_1}^{x_2} xy \, dx}{2Y}$$

Conoscendosi l'equazione della curva ACA' (Fig.15) rispetto ai due assi coordinati Cx e Cy, si ha il valore di y in funzione di x; e, o esattamente o per approssimazione, si possono valutare i due termini

$\int_{x_1}^{x_2} y \, dx$ ed $\int_{x_1}^{x_2} xy \, dx$, i quali rappresentano rispettivamente l'area della figura p₁p₂n₂n₁ ed il momento di quest'area rispetto al piano verticale determinato dalla retta yCy' e perpendicolare alla retta xCx'.

Le pressioni X e Y e le distanze v e ξ di queste pressioni dagli assi coordinati xCx' ed yCy' per una parte Cn della superficie del rivestimento, la quale incominci colla generatrice culminante dell'estradosso del volto, assai facilmente si deducono dalle ultime quattro formule. Basta perciò fare in esse

$$x_1=0, y_1=0, x_2=x, y_2=y$$

ed immediatamente si ottengono le equazioni

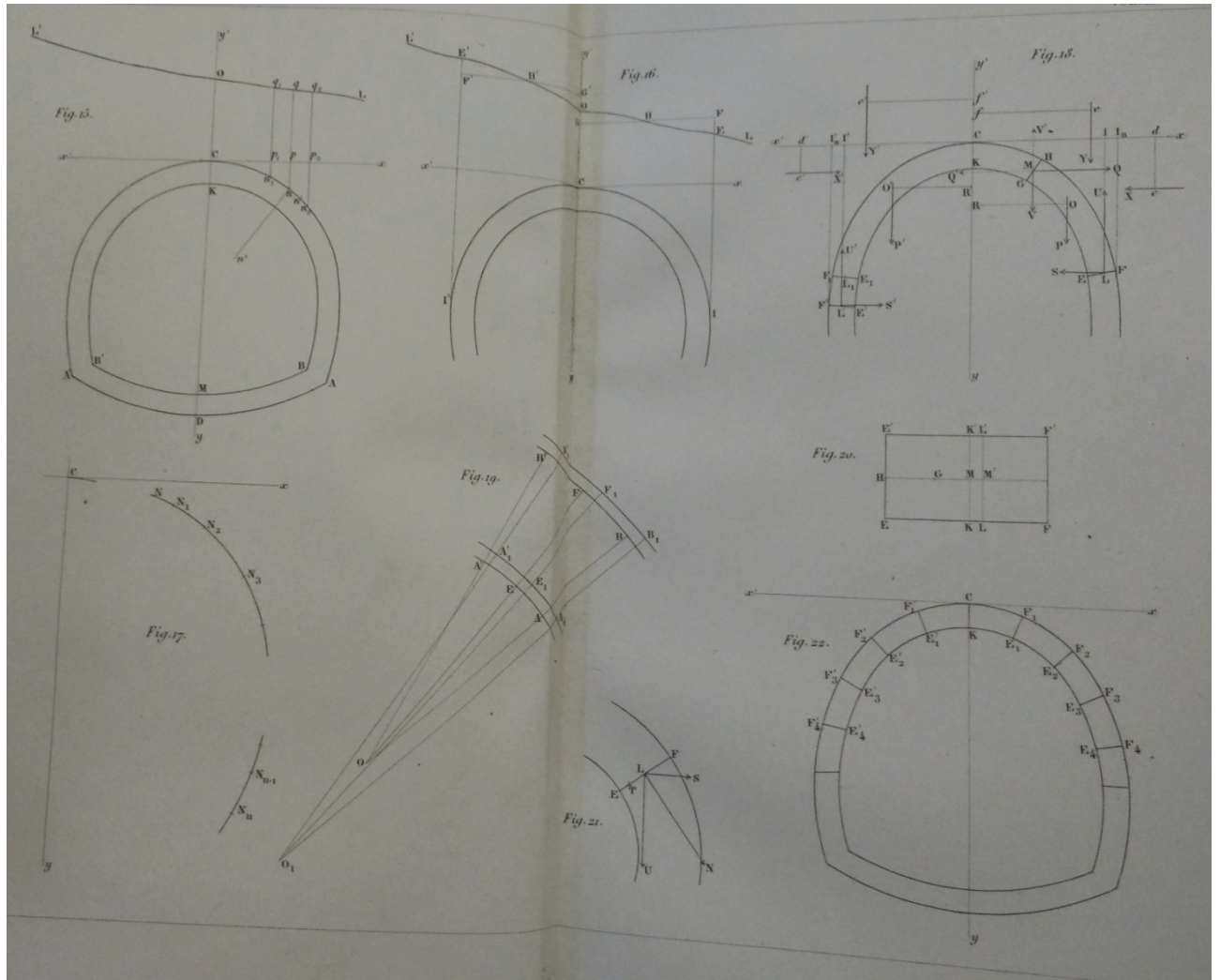
$$X = \Pi \left[c + \frac{1}{2}y \right] y$$

$$Y = \Pi \left[cx + \int_0^{\infty} y \, dx \right]$$

$$v = \Pi \frac{[3c + 2y]y^2}{6X}$$

$$\xi = \Pi \frac{cx^2 + 2 \int_0^{\infty} xy \, dx}{2Y}$$

Nelle quali i due termini $\int_0^{\infty} y \, dx$ e $\int_0^{\infty} xy \, dx$ rappresentano rispettivamente l'area della figura Cpn ed il momento della stessa area rispetto al piano verticale determinato dalla retta yCy' e perpendicolare alla retta xCx'.



Componenti orizzontale verticale della pressione che le terre producono su una determinata parte della superficie esterna del rivestimento di una galleria, quando la direttrice di questa superficie è una curva policentrica

Ben di frequente la curva ACA' (Fig 15) è una curva policentrica, simmetrica rispetto alla verticale yCy' ; e volendosi in questo caso trovare i valori di X, Y, v, ξ per una parte qualunque della superficie del rivestimento posta verso terra, lunga l'unità ed avente per direttrice la curva NN_n (Fig 17) costituita da più archi circolari raccordati $NN_1, N_1N_2, N_2N_3, \dots$ ed $N_{n-1}N_n$, covrà tenere questo procedimento. Applicando le formule precedenti, si calcoleranno i valori particolari X_1, Y_1, v_1, ξ_1 di X, Y, v, ξ relativi al primo arco NN_1 ; e quindi, impiegando le stesse formule si determineranno i valori particolari $X_2, Y_2, v_2, \xi_2, \dots$ e X_n, Y_n, v_n, ξ_n di X, Y, v, ξ , riferentisi rispettivamente al secondo arco N_1N_2 , al terzo arco N_2N_3, \dots ed all'ultimo arco $N_{n-1}N_n$.

Chiamando X_s ed Y_s le componenti orizzontale e verticale della pressione sulla superficie rappresentata nella curva NN_n , v_s e ξ_s le distanze della X_s dell'asse Cx , e della Y_s dall'asse Cy , si ha: per la composizione delle forze parallele

$$X_s = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

$$Y_s = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n$$

Pel teorema dei momenti

$$v_s = \frac{X_1 v_1 + X_2 v_2 + X_3 v_3 + \dots + X_n v_n}{X_s}$$

$$\xi_s = \frac{Y_1 \xi_1 + Y_2 \xi_2 + Y_3 \xi_3 + \dots + Y_n \xi_n}{Y_s}$$

Avviene talvolta che nel profilo della superficie esterna del rivestimento di una galleria si trovano alcune parti rettilinee, per le quali riesce assai facile la determinazione dei valori di X , Y , v , ξ mediante le formule state stabilite precedentemente, giacchè trattasi d'applicare queste equazione nel più semplice dei casi che si possono presentare.

Mutua azione di due parti di volta che si toccano secondo un giunto qualunque

Stabilite le formule generali per determinare le azioni delle terre mobili contro i rivestimenti di gallerie in esse praticate, viene l'importante questione di trovare la mutua azione di due parti di volta, le quali si toccano secondo un giunto qualunque HG(Fig 18).

Nel risolvere questo problema si presenta la difficoltà di indeterminazione che ha luogo nello studio dell'equilibrio e della stabilità delle arcate in muratura; difficoltà che teoricamente si potrebbe superare facendo uso della teoria della deformazione dei corpi elastici, oppure applicando il principio di elasticità, ma con ben poco vantaggio pratico, giacchè si cadrebbe allora su formule complicate e di troppo difficile applicazione. Nell'attuale stato di cognizioni è quasi un'imperiosa necessità di rendere determinato il problema col prestabilirsi i punti d'applicazione delle pressioni su tre differenti giunti del rivestimento, ed accontentarsi così d'una risoluzione, la quale, se qualche cosa lascia desiderare dal lato teorico, è per sufficiente per soddisfare alle limitate esigenze della pratica.

Supponendo che siano L, M, L' i punti d'applicazione delle pressioni sui tre giunti EF, GH ed $E'F'$, si chiamino :

a e b le due coordinate CI ed IL del punto L rispetto ai due assi coordinati Cx e Cy;

c e d le due coordinate del punto M rispetto agli stessi assi;

a' e b' le due coordinate CI' ed I'L' del punto L' rispetto ai due assi coordinati Cx' e Cy;

P il peso della parte di rivestimento, lunga l'unità, rappresentata in EFHG, e

p la distanza OR di questo peso dalla Cy;

P' il peso della parte di rivestimento, anche lunga l'unità, rappresentata in E'F'HG, e

p' la distanza O'R' di questo peso dalla Cy;

X e Y le due componenti, parallele a Cx ed a Cy, dell'azione delle terre contro quella parte della superficie d'estradosso, lunga l'unità, la quale trovasi rappresentata nell'arco HF;

v la distanza cd della X dalla retta Cx, e

ξ la distanza fe della Y dalla retta Cy;

X' ed Y' le due componenti, parallele a Cx' ed a Cy, dell'azione delle terre contro quella parte della superficie d'estradosso, pure lunga l'unità, la quale è rappresentata nell'arco HF',

v' la distanza c'd' della X' dalla retta Cx', e

ξ' la distanza f'e' della Y' dalla retta Cy;

Q e V le due componenti, dirette secondo Cx e Cy, dell'azione della parte di rivestimento rappresentata in GE'F'H contro l'altra parte rappresentata in GEFH.

Osservando che, se la Q e la V sono rappresentate nelle linee continue MQ ed MV, le componenti secondo xCx' e Cy dell'azione della porzione di rivestimento GEFH contro l'altra parte GE'F'H devono essere rivolte secondo le linee punteggiate MQ' ed MV' ed essere rispettivamente eguali in intensità alla Q ed alla V, si ha: che la condizione della nullità della somma algebrica dei momenti delle forze sollecitanti la porzione di rivestimento rappresentata in GEFH, attorno alla retta proiettata nel punto L, conduce all'equazione

$$Q(b-d)-V(a-c)-P(a-p)-X(b-v)-Y(a-\xi)=0$$

E che l'analoga condizione pi momenti delle forze sollecitanti la porzione di rivestimento rappresentata in GE'F'H, attorno alla retta proiettata nel punto L', porta a stabilire l'equazione

$$Q(b'-d)+V(a'-c)-P'(a'-p')-X'(b'-v')-Y'(a'-\xi')=0$$

Ponendo

$$A = P(a-p) + X(b-v) + Y(a-\xi)$$

$$A' = P'(a'-p') + X'(b'-v') + Y'(a'-\xi')$$

Le due indicate condizioni dell'equilibrio di rotazione si riducono a

$$Q(b-d) - V(a-c) = A$$

$$Q(b'-d) + V(a'+c) = A'$$

Dalle quali immediatamente si deducono le formule

$$Q = \frac{A(a'+c) + A'(a-c)}{(a'+c)(b-d) + (a-c)(b'-d)}$$

$$V = \frac{-A(b'-d) + A'(b-d)}{(a'+c)(b-d) + (a-c)(b'-d)}$$

Mediante le condizioni di equilibrio alla rotazione riesce facile calcolare le due quantità ausiliarie A ed A' , e torna dopo agevole determinare colle formule ultime le componenti Q e V della reciproca azione fra le due parti di rivestimento $GEFH$ e $GE'F'H$.

Soventi volte, invece del giunto qualunque GH , si assume il giunto verticale KC alla chiave. In questo caso si ha $c=0$, ed i valori di Q e di V si riducono a

$$Q = \frac{Aa' + A'a}{a'(b-d) + a(b'-d)} \quad (6)$$

$$V = \frac{-A(b'-d) + A'(b-d)}{a'(b-d) + a(b'-d)} \quad (7)$$

Rappresentanti rispettivamente le due componenti orizzontale e verticale della spinta alla chiave.

Se il rivestimento è simmetrico rispetto al piano verticale determinato dalla retta Cy , e se le terre producono sul rivestimento stesso pressioni pure simmetriche rispetto al detto piano, egli è evidente che, ammettendo essere il L_1 , in modo da essere $E_1L_1=EL$, il punto d'applicazione della pressione sul giunto E_1F_1 simmetrico di EF . Considerando adunque i due giunti EF ed E_1F_1 , si ha

$$P'=P, X'=X, Y'=Y, p'=p, v'=v, \xi'=\xi, a'=a, b'=b;$$

Le equazioni all rotazione danno $A'=A$;

l'equazione (6) si riduce a $Q = \frac{A}{b-d}$

e risulta dall'equazione (7) $V=0$. Quando adunque il rivestimento è simmetrico rispetto al piano verticale rappresentato nella retta Cy , e quando sono pure simmetriche le forze su esso operanti, è orizzontale la mutua azione delle due parti giacenti a dritta ed a sinistra del giunto verticale alla chiave.

Equazioni di stabilità per un giunto qualunque del rivestimento .

Due sono le condizioni che devono essere verificate in un giunto qualunque del rivestimento di una galleria, affinché si possa dire che trovasi in esso la necessaria stabilità. La prima condizione esige che la massima resistenza allo schiacciamento e la massima resistenza allo strappamento, provocato in senso normale al giunto, siano minori degli sforzi per pressione e per trazione che stabilmente e permanentemente può sopportare la muratura cui il rivestimento è formato nella località del giunto che si desidera: la seconda invece vuole che la resistenza, sviluppata sul piano del giunto, sia inferiore allo sforzo che, nel senso del detto piano, stabilmente e permanentemente può sopportare lo strato di malta corrispondente al giunto stesso.

Allorquando si crede di poter tener conto della tenacità delle malte, conviene distinguere due casi: se cioè il valore di d è compreso fra $1/3$ ed $2/3$ del valore di z ; e se il valore di d è compreso fra 0 ed $1/3 z$, oppure fra $2/3z$ e z . Nel primo caso l'intero giunto si trova premuto, e dicendo..

K_a la massima pressione, riferita all'unità di superficie, che ha luogo all'estradosso, quanto d è compreso fra $1/3$ ed $1/2$ di z , all'intradosso quanto d è compreso fra $1/2$ ed $2/3$ di z , la qual massima pressione si ottiene applicando una delle formule (1) e (2) del precedente numero.

R'' il coefficiente di rottura per pressione adatto alla muratura di cui il rivestimento è formato nei dintorni del giunto che si considera,

n'' il relativo coefficiente di stabilità,

O la superficie dell'intero giunto,

T il valore assoluto della componente, contenuta nel piano del giunto, dell'azione che su esso opera,

R'' il coefficiente di rottura per scorrimento che può convenire alla muratura di cui il rivestimento è formato nei dintorni del giunto considerato,

n'' il relativo coefficiente di stabilità,

si ha: che l'equazione di stabilità per lo schiacciamento è

$$n''R'' = Km$$

e che l'equazione di stabilità per lo scorrimento risulta

$$n''R'' = T/O$$

Nel secondo caso trovasi provocata la resistenza allo schiacciamento in una parte del giunto, e la resistenza allo strappamento nell'altra parte. Chiamando poi.

$K'm$ e $K''m$ i massimi valori assoluti di queste resistenze, riferite all'unità di superficie, facili a dedursi dalle formule (1) e (2) del precedente numero,

R' il coefficiente di rotture per i strappamento conveniente alla muratura di cui è costituito il rivestimento nei dintorni del giunto che si considera,

n' il relativo coefficiente di stabilità;

risulta: che è

$$n'R' = K'm$$

l'equazione di stabilità relativa allo strappamento; che si ha

$$n''R'' = K''m$$

per equazione di stabilità relativa allo schiacciamento; e finalmente che è

$$n''R'' = T/O$$

l'equazione di stabilità relativa allo scorrimento.

Anche nel caso in cui non si vuol tener conto della tenacità delle malte, conviene distinguere i due casi di d compreso fra $\frac{1}{2}$ ed $\frac{2}{3}$ di z , e di d compreso fra 0 ed $\frac{1}{3}z$, oppure fra $\frac{2}{3}z$ e z .

Nel primo caso si verifica pressione sull'intero giunto, sta l'equazione di stabilità (1) per rapporto allo schiacciamento, e bisogna introdurre la resistenza d'attrito nell'equazione di stabilità relativa allo scorrimento. Chiamando perciò

N la componente perpendicolare al giunto dell'azione che su esso ha luogo,

f il coefficiente d'attrito fra muratura e muratura,

n'' il coefficiente di stabilità relativo alla resistenza dovuta all'attrito,

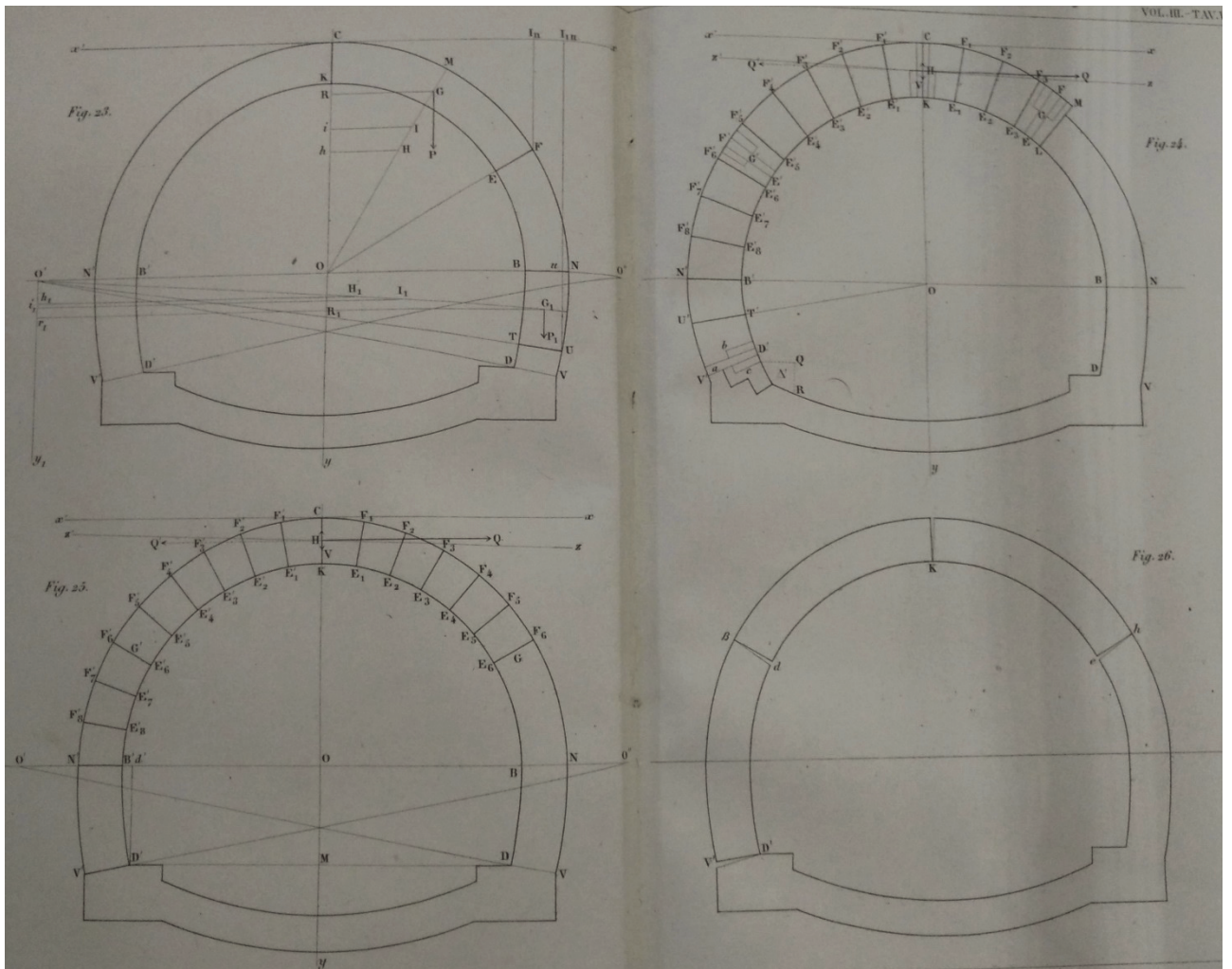
si ha

$$T = n'' f N$$

Per equazione di stabilità relativa allo scorrimento.

Nel secondo caso quando non si tiene conto della coesione delle malte si verifica una fenditura all'intradosso o all'estradosso del giunto che si considera, e la pressione massima ha luogo all'estradosso o all'intradosso. Questa pressione massima si ottiene colla formula (3) o colla formula (4) del precedente numero, e, indicando con K il suo valore, le equazioni di stabilità da applicarsi sono la (1) e la (6).

Se avvenisse che, per un giunto non si trovasse soddisfatta l'equazione di stabilità (2) relativa alla tenacità delle malte per scorrimento, non si potrebbe ancora dire che manchi in questo giunto la necessaria sicurezza. Convieni osservare che, dopo la distrazione dell'accennata resistenza, verrebbe in giuoco quella dovuta all'attrito e che quindi anche per caso in cui si vuol tener conto della tenacità delle malte basta che sia soddisfatta l'equazione (6) per concludere che non esiste alcun periodo di rottura per incorrimento nel piano del giunto considerato.

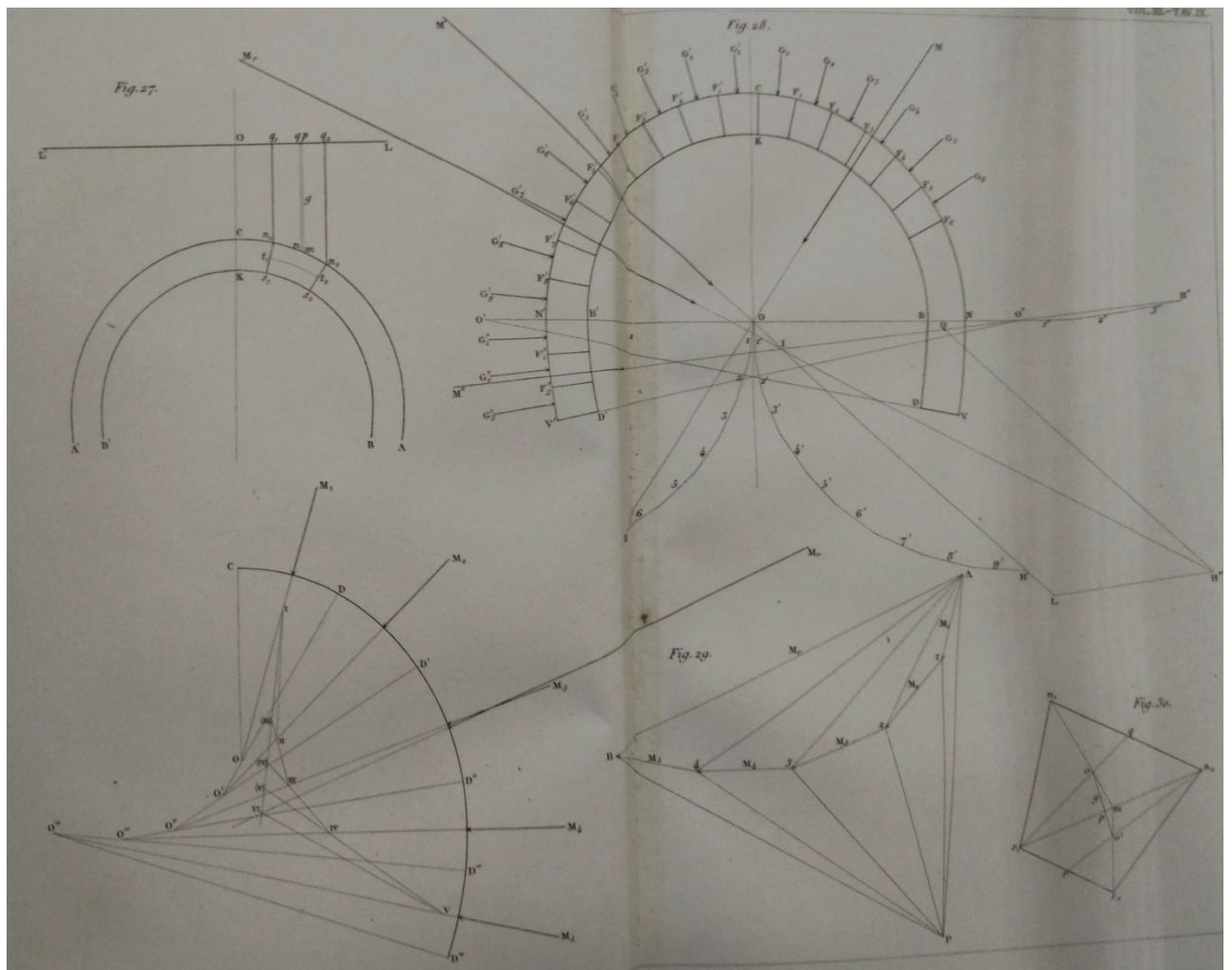


23: per la deduzione delle formule determinatrici dei pesi di parti del rivestimento comprese tra il giunto verticale di chiave e giunti qualunque

24: per indicare le operazioni da farsi onde verificare la stabilità del nuovo rivestimento della galleria dei Giovi

25: per indicare le operazione da farsi onde verificare la stabilità del primitivo rivestimento della galleria dei Giovi nello stesso sito.

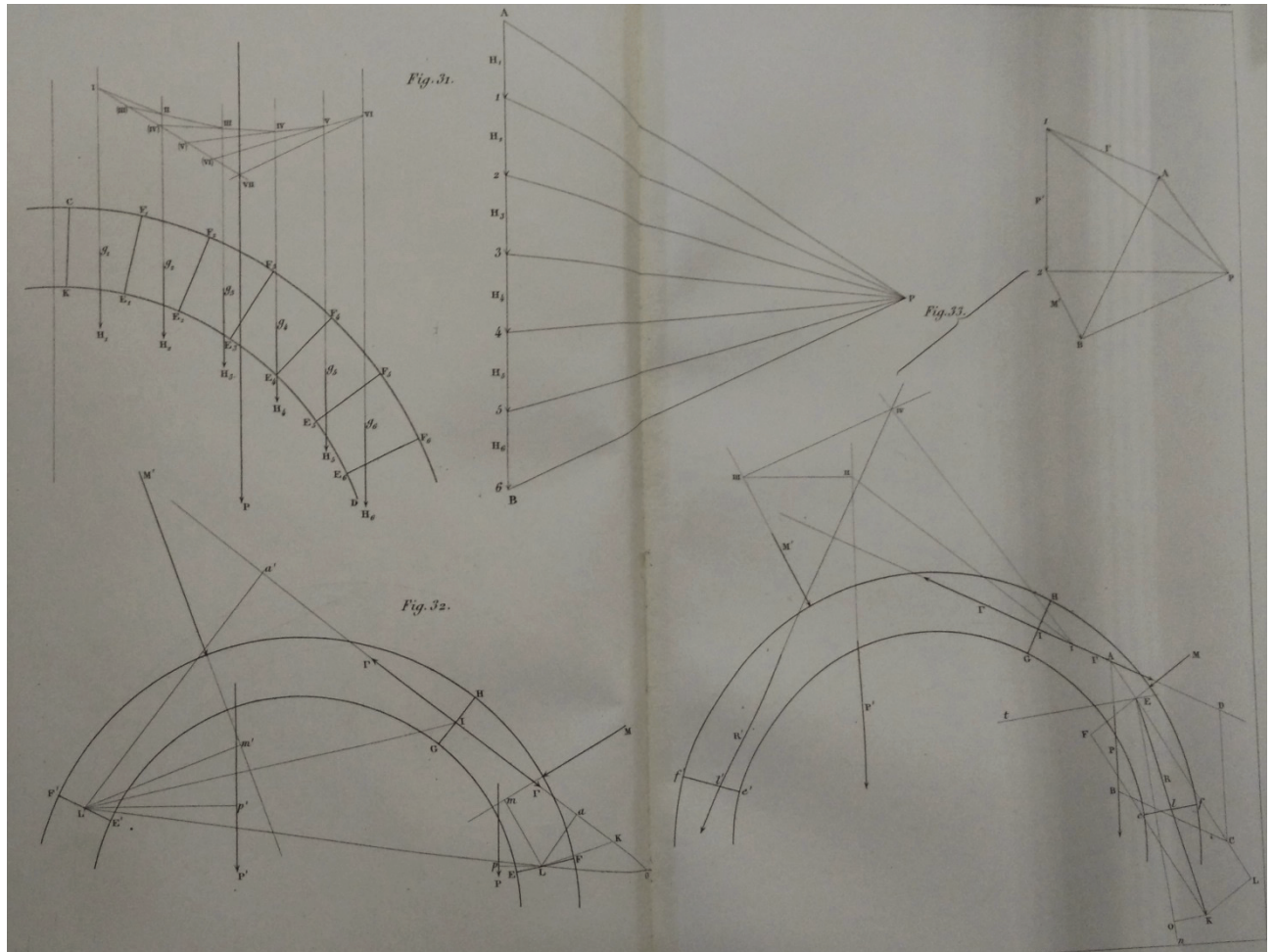
26: per spiegare come deve aver avuto origine l'indicata rottura.



27: per far vedere come si possono determinare i pesi di piccole porzioni del rivestimento di una galleria e le pressione delle terre su piccole parti della superficie esterna del rivestimento stesso quando vogliasi applicare il metodo gradico per verificarne la stabilità.

28 e 29: per fare vedere come si possono determinare, procedendo graficamente, le pressioni delle terre su date parti del rivestimento di una galleria.

30: per far vedere come si può trovare il centro di superficie di un quadrilatero.



31: per dedurre il peso di una data parte del rivestimento di una galleria e la verticale su cui questo peso di trova.

32: per dedurre la mutua azione fra due parti del rivestimento di una galleria in terreni mobili

33: per dedurre le azioni su giunti qualunque del rivestimento di una galleria.

Conclusioni

Rispetto alle gallerie della Ferrovia Porrettana progettata e terminata in entrambi i casi circa 10 anni ci sono alcune differenze ma altrettanti termini di paragone:

La Ferrovia del Semmering rispetto al tratto Pracchia-Pistoia ha molti elementi in comune siccome è un percorso tortuoso con gallerie tecnicamente difficili e in rapida successione. Inoltre la pendenza del percorso è per entrambe le linee di circa il 25 per mille (la Porrettana poco meno, circa il 22 per mille), difficile ma non impossibile per locomotive ordinarie di quel decennio. Sono presenti in entrambi i tratti gallerie semielicoidali cioè con curve strette nel tratto in salita. La galleria del

Piteccio ha però una lunghezza e una curvatura superiore nel momento della sua costruzione , quindi più ardua negli accorgimenti tecnici, ma alla fine non si discosta molto dalle soluzioni ingegneristiche della Semmering.

La ferrovia Torino – Genova e in particolare la Galleria dei Giovi è invece diversa nella sua ideazione. La pendenza media è del 28 per mille con picchi del 35 per mille con tratto a doppio binario e la soluzione di Ghega non fu di tipo civile Ingegneristico ma più di tipo meccanico: invece di attenuare la pendenza attraverso curve di livello si è preferito utilizzare i Mastodonti del Giovi, locomotive specifiche a doppia trazione che riuscivano incredibilmente a superare il tratto di galleria richiesto.

Entrambi i tracciati erano pioneristici in Europa e sono stati di esempio per la costruzione della Porrettana stessa che unisce affinità tecniche e soluzioni progettuali in maniera egregia sviluppandole per proprio conto a seconda della situazione e risultando nel toto la prima opera ferroviaria Italiana a livello tecnico e Ingegneristico dando spunto per le linee successive in tutta Europa ma soprattutto nel nuovo territorio italiano.

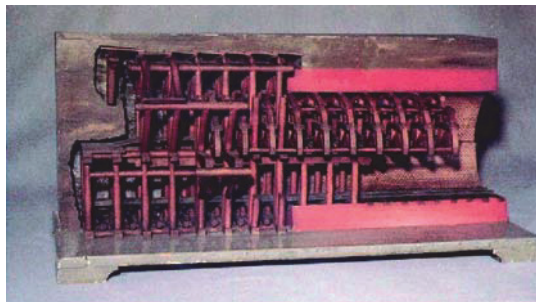
Capitolo 7: Costruzioni di gallerie a fine 800. Testo del Curioni. Dopo 10 anni la galleria del San Gottardo come apoteosi della soluzione tecnica effettuata. Insegnamento delle soluzioni tecniche del Piteccio

Metodi di costruzione di gallerie dell'epoca.

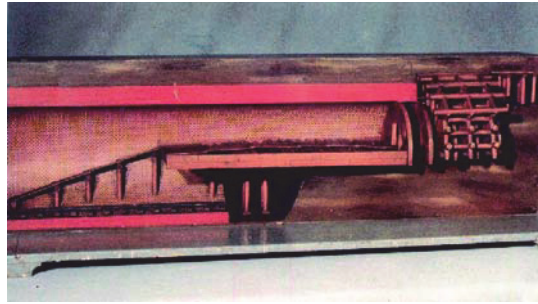
Le opere in sotterraneo sono state interessate da un notevole sviluppo in concomitanza con la costruzione della rete ferroviaria nazionale ed europea, a metà del XIX secolo. Una significativa testimonianza di questo sviluppo è data, in modo singolare e sicuramente suggestivo, dai “Modelli di Costruzioni”, veri “Capolavori di Minuseria al servizio della Scienza delle Costruzioni” della Regia Scuola di Applicazione per Ingegneri, in Torino [Politecnico di Torino, 1989].

Alcuni di questi modelli, oggi conservati presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dello stesso Politecnico, riguardano la costruzione di gallerie e rendono in modo accurato i diversi tipi di attacco e le successive fasi di avanzamento dello scavo, allora più frequentemente in uso:

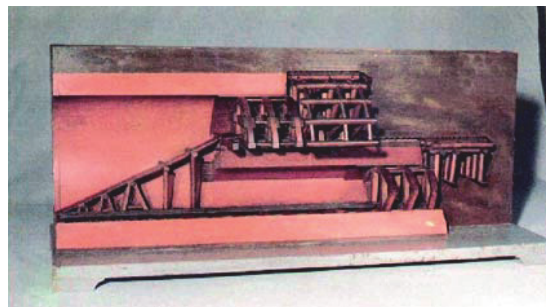
(a) il Metodo Austriaco-Inglese, che consisteva nell'effettuare lo scavo completo della sezione della galleria prima di eseguire il rivestimento;



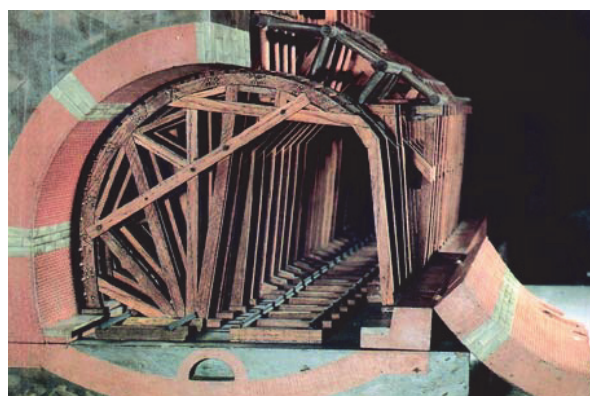
(b) il Metodo Belga, con cui si eseguiva il rivestimento della calotta della galleria e successivamente quello dei piedritti;



(c) il Metodo Italiano, con il cosiddetto attacco “in cunetta”, che prevedeva la messa in opera dell’arco rovescio in muratura, prima della chiusura completa dell’anello.



L’interesse del progettista e del costruttore di gallerie, allora come oggi, doveva essere rivolto anche agli interventi di ripristino, come è visibile in un altro modello della stessa collezione “Capolavori di Minuseria al servizio della Scienza delle Costruzioni”, che riproduce un tratto della Galleria dei Giovi, sulla linea ferroviaria Genova-Torino, inaugurata nel 1853. Questa galleria, scavata in terreno “che si presentava mobile” (“argilliti plastiche”), subì dei “guasti” negli anni Settanta, così da richiedere, nel 1873, importanti ed impegnativi interventi di restauro, [CURIONI, 1974].

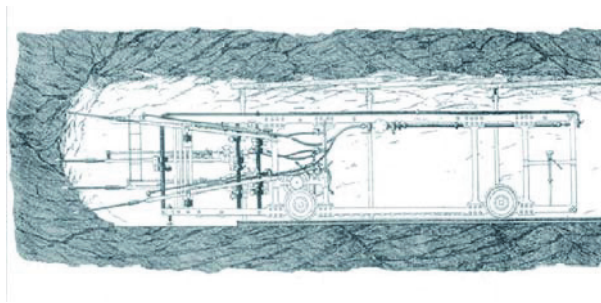


Per lungo tempo è stato necessario dedicare un’attenzione del tutto particolare alla carpenteria in legno e al rivestimento finale in muratura posti in opera durante l’avanzamento. Era indispensabile valutare la stabilità del cavo e in particolare calcolare il carico sulle strutture provvisorie in legno e sul rivestimento permanente. I primi tentativi di calcolo, che si possono fare risalire proprio alla metà del XIX secolo, prendevano in considerazione i fenomeni nell’immediata vicinanza dello

scavo ed erano basati su ipotetici meccanismi di rottura o su modelli semplici (vere e proprie idealizzazioni intuitive: il comportamento ad arco, il comportamento a trave, la teoria del silo, ...). È d'altra parte interessante osservare che nel periodo storico appena ricordato nasce la Teoria Matematica dell'Elasticità.

per cui si fa gradualmente strada l'esigenza di andare oltre il semplice modello di quantificazione del carico agente sulle strutture. Si comincia infatti a comprendere quanto sia importante descrivere la redistribuzione delle sollecitazioni e le deformazioni indotte intorno al cavo, nel senso di quantificare la variazione che la presenza del cavo stesso comporta rispetto ad una situazione di equilibrio preesistente. Basti pensare all'iniziale impiego, nello studio del comportamento delle gallerie allo scavo, delle classiche soluzioni in forma chiusa della Teoria dell'Elasticità quali, ad esempio, le soluzioni di LAMÈ [1852] e di KIRSCH [1898], che affrontano rispettivamente il problema del calcolo di tensioni e deformazioni indotte in una piastra forata in condizioni di sforzo idrostatico e biassiale.

È interessante tornare al periodo storico prima ricordato (seconda metà del XIX secolo) e in particolare alla galleria ferroviaria del Moncenisio, sotto il colle del Frejus, tra Bardonecchia e Modane: il primo Traforo delle Alpi. A realizzarla furono "Tre Ingegneri" SOMMEILLER, GRANDIS e GRATTONI i quali, tra l'altro, misero a punto per la perforazione della roccia scalpelli azionati pneumaticamente .



Si tratta del vero inizio, nel 1863, dello scavo meccanizzato in galleria . Su progetto del Sommeiller ("cui era stato rilasciato l'attestato di privativa il 30 dicembre 1858"), le perforatrici venivano montate (in genere in numero di 710, ma all'occorrenza fino a 12) su un affusto ferroviario, ad intelaiatura metallica , dotato di barre trasversali, vero precursore dei moderni carri "jumbo". La squadra di base, addetta all'affusto, era composta di 37 persone: un capo-posto, 4 meccanici, 2 scalpellini minatori, 8 manovali per il maneggio e il cambio dei fioretti, 9 operai per la condotta delle perforatrici, 8 manovali per la messa in stazione o il ricambio delle perforatrici, 5 ragazzi addetti ai lavori accessori, oltre a 2 lavoratori usati come messaggeri. Di fianco alle rotaie principali, venivano montate altre due coppie di rotaie con scartamento di 60 cm, sulle quali venivano fatti scorrere i vagoncini addetti al trasporto del marino . Il Traforo, che era scavato prevalentemente

nella Formazione dei Calcescisti Piemontesi, aveva una lunghezza di 12.2 km. I lavori di scavo iniziarono nel 1857 e, procedendo sui due fronti, terminarono con l'incontro delle avanzate il 25 dicembre 1870; l'inaugurazione della galleria fu fatta il 17 settembre 1871 e l'apertura all'esercizio avvenne il 16 ottobre 1871. Il Presidente Cavour, nel proporre alla Camera dei Deputati nel giugno del 1857, il progetto del primo "Traforo delle Alpi" affermava: "L'Impresa che noi vi proponiamo, non vale il celarlo, è gigantesca; la sua esecuzione dovrà però riuscire a gloria e a vantaggio del Paese. Noi non vi abbiamo mai dissimulato essere noi convinti che questa impresa non potesse condursi a compimento senza vincere grandissime, immense difficoltà".

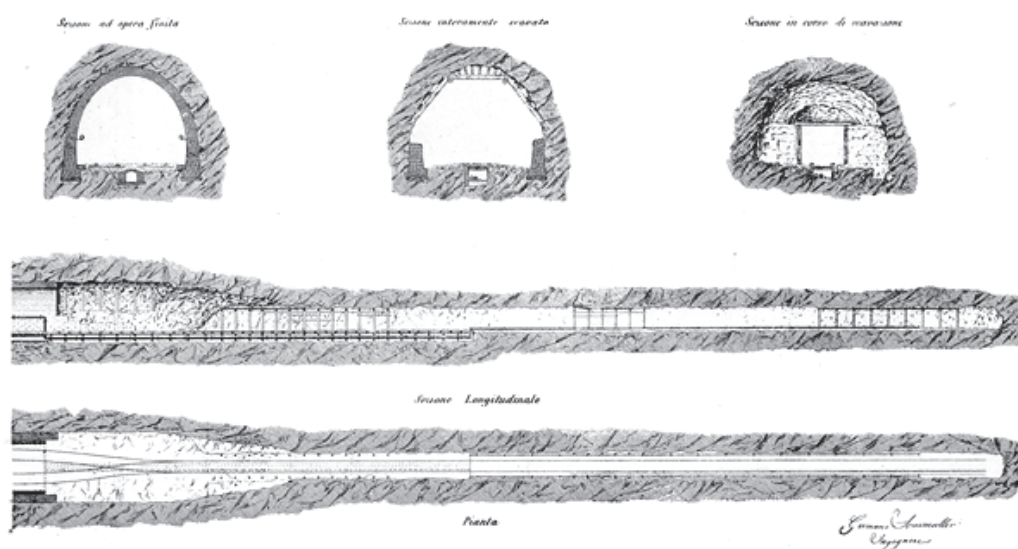


Fig. 6 – Sistema di lavoro seguito per gli scavi ed i rivestimenti della galleria del Prélus.

I primi passi

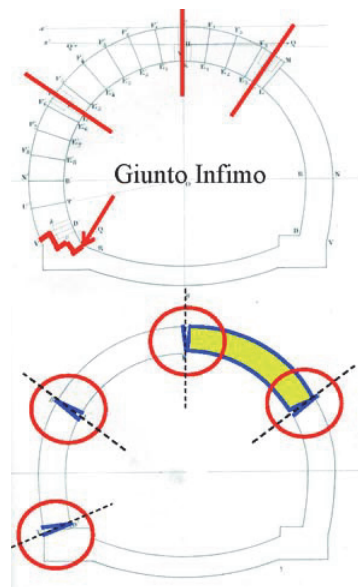
All'epoca dello scavo delle prime gallerie ferroviarie (metà del secolo XIX), lo stato dell'arte nel calcolo delle opere in sotterraneo e delle strutture di sostegno è ben descritto da queste parole riprese da CURIONI [1877]:

“... Innumerevoli sono le gallerie aperte all'epoca delle prime costruzioni di strade ferrate fino ai nostri tempi; ed è singolare come non siansi ancora formulate regole certe e sicure per la determinazione pratica delle grossezze dei rivestimenti. Pochi precetti generalissimi hanno finora servito di guida nel determinare le indicate grossezze

– si può tralasciare ogni rivestimento alle gallerie in roccia dura, non alterabile al contatto dell'aria;

- è necessario un sottile rivestimento murale, con grossezza variabile da metri 0.25 a 0.40, per le gallerie entro roccia soggetta a sfaldarsi in contatto dell'aria;
- è indispensabile un robusto rivestimento murale, con grossezza di metri 0.50, per le gallerie entro terra”.

Come si è già ricordato, l'attenzione era dunque rivolta al dimensionamento del rivestimento in muratura e alla carpenteria in legname; in particolare si cercava di formulare delle ipotesi ragionevoli sull'entità e sulla distribuzione del potenziale carico su questi agenti. Il calcolo veniva svolto ricorrendo a metodi di tipo analitico o grafico, in stretta analogia a quanto fatto per le “arcate di ponti di struttura murale”. Come illustrato nei diagrammi, ripresi dall'Appendice all'Arte del fabbricare dello stesso CURIONI [1877], “la stabilità della galleria veniva valutata ‘deducendo’ la mutua azione tra le parti di volta limitate dai giunti alle reni e dal giunto in chiave”.



La verifica comportava che gli sforzi di compressione agenti non superassero i valori di resistenza della malta tra i corsi, non accettando comunque sforzi di trazione. Rimanendo sempre e volutamente sul testo di CURIONI [1877], è di sicuro interesse rilevare come lo stesso autore fosse ben cosciente delle difficoltà incontrate nel formulare ipotesi attendibili sui carichi agenti sui rivestimenti e nella stessa soluzione del problema in esame. Ciò risulta bene nelle seguenti parole: “la risoluzione rigorosa del problema presenta difficoltà serie e forse insuperabili, sia perché non si conosce come realmente si comporta nelle intime parti una massa di terra, allorquando trovasi in procinto di scendere; sia ancora perché non è ben noto il modo di resistere dei rivestimenti delle gallerie”.

Lo stesso Curioni e altri ingegneri dell'epoca, coinvolti nella realizzazione delle importanti gallerie della prima rete ferroviaria del paese (nomi ben noti sono quelli degli Ingegneri Lanino ... Protche ... Siben), comprendevano in tutta chiarezza la grande importanza, in questi casi, di "osservare" l'opera in vera grandezza: "... con tutto l'impegno ..., approfittare dei fatti che ci è permesso osservare nelle deformazioni e nella rottura delle gallerie ... onde vedere se è possibile formulare una teoria, che in qualche modo possa venire in aiuto dell'ingegnere costruttore nel progettare ..." [CURIONI, 1877]. Non è pertanto fuori luogo evidenziare come in queste parole siano sottolineati i principi che molti anni più tardi sarebbero stati posti alla base dell'approccio osservazionale.

Sulla costruzione delle gallerie in terreni mobili. Testo di Giovanni Curioni.

Appendice III-1877

Fra le costruzioni che presentano maggiori difficoltà di esecuzione, che esigono spese ingenti e che non si possono condurre a terminare senza una direzione attiva, coraggiosa e perspicace, conviene annoverare le gallerie in terreni di natura mobile, quali sono alcune argille ed alcune sabbie in presenza di acqua.

La lotta, che l'ingegneria italiana ha dovuto sopportare contro gli ostacoli che questi terreni oppongono alla perforazione, incominciò dall'epoca della costruzione della prima ferrovia del Piemonte, ossia nei lavori della linea Torino – Alessandria – Genova, alla galleria dei Giovi ed in altri punti della traversata degli Appennini; continuò senza tregua nella costruzione delle molte ed importanti altre linee ferroviarie che in seguito furono aperte in ogni parte della nostra penisola, e tuttora continua per i lavori che si stanno eseguendo nell'Italia meridionale e nella Sicilia. Nell'aprimento di alcune gallerie della linea Bologna – Porretta – Firenze, della linea dell'Adriatico, delle ferrovie litorali liguri, delle ferrovie Cavallermaggiore – Alessandria , Castagnole – Asti-Mortara e Bra – Savona, si presentano serie difficoltà per l'incontro di terreni mobili; ma fu nella traversata dell'Appennino, sulla linea Foggia – Benevento – Napoli, che il problema si presenta in tutta la sua formidabilità, e segnatamente nell'esecuzione delle tre importanti gallerie d'Ariano, Starza e Cristina, state lodevolmente condotte a termine, dopo una lunga serie di ostacoli gravissimi e di contrarietà inattese, sotto la valida ed intelligente direzione del distinto Ingegnere G. Lanino.

Non si avevano nel passato metodi sicuri e ben definiti per la costruzione delle gallerie in terreni mobili; ma presentemente, grazie alla buona volontà ed alle direzioni di siffatti lavori, ebbero la felice idea di pensare al progresso della scienza coll'accertarsi della natura dei terreni nei quali facevano eseguire i loro progetti, coll'esplorare in qual modo questi terreni si comportavano a

misura del progresso delle opere, coll'indagare quali fenomeni si manifestarono nelle escavazioni, nelle armature e nei rivestimenti, col provare diversi metodi di esecuzione, onde poter stabilire quale fosse quello da preferirsi in ogni caso particolare, e col far conoscere i dati raccolti ed i risultati ottenuti, si può dire che si hanno norme determinate per la risoluzione dell'arduo problema; che più non è il caso di procedere per tentativi nella scelta del metodo d'escavazione; e che con sufficiente approssimazione per la pratica si conoscono le condizioni meccaniche a cui devono soddisfare i rivestimenti di gallerie in terreni mobili nella loro forma, nelle loro dimensioni e nelle disposizione dei materiali.

La relazione del prelodato signor Ingegnere Lanino sulle gallerie della traversata dell'Apennino fra Foggia e Napoli, stata pubblicata nel giornale del Genio civile negli anni 1872, 1873, 1874 e 1875, ed in seguito stata raccolta in un sol interessante opuscolo; **alcuni rapporti dei signori ingegneri Protche e Siben, il primo già direttore delle costruzioni della ferrovia Bologna – Porretta – Firenze**, ed il secondo delle costruzioni delle ferrovie del litorale ligure; le informazioni di cui ci furono cortesi parecchi ingegneri che impiegarono l'opera loro nell'escavazione di gallerie in condizioni di terreno assai difficili; alcuni dati che abbiamo potuto raccogliere nelle numerose visite fatte ad opere di tal genere, in occasione delle esercitazioni pratiche di costruzioni per gli allievi della R^o Scuola di applicazione degli Ingegneri di Torino, e finalmente gli studi fatti sulla rottura e sui lavori di riparazione della Galleria dei Giovi, ci permettono di riassumere le norme fondamentali ed i precetti che devono servire di guida nella condotta dei lavori per gallerie in terreni mobili, e questo appunto ci proponiamo di fare col presente lavoro diviso in tre capitoli. Nel primo capitolo tratteremo dei caratteri dei terreni mobili e dei fenomeni che essi presentano allorquando si cerca di perforarli; nel secondo capitolo stabiliremo quali sono le dimensioni più convenienti da assegnarsi ai rivestimenti delle gallerie da aprirsi in questi terreni; nel terzo capitolo daremo i metodi per la condotta e per compimento dei lavori.

Caratteri e fenomeni presentati dai terreni mobili

Indicazione dei terreni mobili.

I costruttori chiamano generalmente terreni mobili quelli costituiti dalle argille, cui il Bianconi applicò il qualificativo di scaglose, e quelli sabbiosi attraversati da acqua.

Le argille scagliose sono rocce rimaneggiate da azioni meccaniche e chimiche, le quali in grado più o meno pronunciato alterarono i caratteri della roccia originaria; e, prendendo come tipo primitivo di struttura lo schietto argiloso, s'incontrano nel terreno delle argille scagliose graduali

modificazioni della struttura stessa fino allo stato di massa pastosa, umida, plastica e quasi soggetta a colare come i liquidi. Grosse zolle o scaglie di forma lenticolare, separate da superficie concordi, lucide, levigate ed untose, facili a distaccarsi e presentantisi come il risultato delle modificazioni della struttura elementare, costituiscono generalmente l'insieme di questi terreni.

Si può ritenere che il peso dalle argille scagliose varia da 2100 a 2200 chilogrammi per metro cubo, che il loro colore non è costantemente lo stesso, che per lo più è oscuro, ora rosso-ocraceo, ora azzuro-verdognolo, e che esse sono pochissimo effervescenti cogli acidi e quasi nulla eccitanti alla lingua. Sovente questi terreni contengono interposti, piccoli strati di sostanze bianche, aventi i caratteri delle steatiti; talvolta sono alternati con calcare in stratificazioni regolare, tal'altra invece e questo più frequente, il calcare è sparso nella massa argilosa allo stato di frammenti discontinui. La mobilità delle argille scagliose è tanto più grande quanto più è pronunciato e manifesto il metamorfismo subito dal terreno.

Le sabbie costituenti terreni mobili, dette anche sabbie bollenti, sono quelle che, per essere attraversate da acque si spostano e scoscono appena in esse si apre uno scavo. Queste sabbie s'incontrano sopra strati impermeabili nei siti in cui si trovano lame di abbondanti acque sotterranee, e la loro mobilità riesce tanto più grande quanto più le sabbie sono fine, e quanto maggiore è la pressione, sotto la quale l'acqua sgorga dalle pareti degli scavi.

Principali varietà di argille scagliose.

Grandissimo è il numero delle varietà che i terreni delle argille scagliose presentano in ordine al metamorfismo da esse subito. Nella pratica delle costruzioni però conviene ridurle a quelle principali che corrispondono a variazioni possibili nei metodi d'escavazione, e ci atterremo alle tre state adottate dal distinto signor ingegnere Lanino.

La prima varietà è quella dell'argilla scagliosa alternata con calcare ancora in stratificazione regolare, sulla quale le azioni rimaneggianti poco influirono. La seconda varietà è data da quell'argilla nella quale avvennero sconvolgimenti atti a ridurre in frammenti gli strati dell'interposto calcare, ma non tanto energici da alterare di molto la primitiva struttura e da ridurre l'argilla allo stato umido e plastico.. Finalmente la terza varietà è quella dell'argilla più o meno umida, in cui il rimaneggiamento fu così potente da farle acquistare uno stato di pastosità e di plasticità più o meno pronunciato. L'angolo di naturale declivio di questo terreno è assai piccolo e la tangente trigonometrica di quest'angolo si può ritenere di 1/20 o poco più.

Le difficoltà alla perforazione sono di poca, di mediocre e di grande importanza, secondo che trattasi della prima, della seconda e della terza varietà di argille.

Fenomeni che si presentano nella perforazione della argille scagliose e principalmente in quelle della terza varietà.

Praticando in quelle argille escavazioni come sono quelle per l'aprimiento di gallerie, generalmente si verificano i seguenti fenomeni:

1° Lo sterro si può fare assai facilmente;

2° Occorrono armature e puntellamenti per assicurarsi contro gli avvallamenti e gli scoscendimenti immediati;

3° Passati, or più or meno, e generalmente tre o quattro giorni dopo l'apertura dello scavo, il terreno comincia a muoversi, a scomporre, a deformare ed anche a rompere le armature;

4° La sezione dell'escavazione va progressivamente restringendosi per abbassamento del suo ciclo innanzi tutto , per avvicinamento delle pareti laterali ed in piccola parte anche per sollevamento del fondo; la stessa fronte d'attacco dello scavo avanza in modo da produrre un accorciamento nell'escavazione già fatta;

5° Il terreno esercita pressioni straordinarie contro le armature e contro i rivestimenti che si oppongono alla chiusura dello scavo;

6° Sovente il movimento di restringimento continua fino alla rottura e disfacimento delle armature e dei rivestimenti, ed alla otturazione completa dell'escavazione;

7° In uno stesso terreno i maggiori movimenti e le maggiori tendenze alla chiusura dell'escavazione hanno preferibilmente luogo nei siti d'incontro degli attacchi, nelle crociere di giunzione delle escavazioni trasversali coll'escavazione longitudinale e generalmente dove si fanno gli scavi di maggiori dimensioni orizzontali.

Nell'esterno poi o sopra la superficie del terreno, nel quale l'escavazione viene praticata, generalmente si riscontrano i seguenti fenomeni:

1° la collona di terra sovrastante all'escavazione si abassa, per modo che, rilevando i due profili del terreno nel piano dell'asse di una galleria prima e dopo la sua esecuzione , si trova che questo è generalmente al di sotto di quello;

2° Le depressioni della superficie superiore del terreno, a motivo di una perforazione in esso eseguita, non stanno fra i due piani verticali limiti dell'escavazione sotterranea, ma si protendono a distanze considerevoli dai piani stessi;

3° Verificandosi otturazione completa di una parte dell'escavazione sotterranea, si forma al di sopra di essa un imbuto di avallamento di grande diametro, e sovente alcuni crepacci, posti a grande distanza dal piano verticale passante per l'asse dell'escavazione, annunziano come il movimento del terreno si sia propagato a grandi distanze.

Gli indicati fenomeni, sempre imponenti per intensità ed estensione, si riprodussero in modo più o meno pronunciato in quasi tutte le gallerie state aperte nelle argille scagliose della terza varietà, e si può quindi concludere: che le loro cause dipendono dalle condizioni meccaniche del terreno, anziché dal solo suo gonfiarsi per influenza degli agenti atmosferici; che le azioni metamorfiche, avendo distrutta tutta la rigidità che aveva la stratificazione nel suo insieme, hanno condotto a masse in cui la coesione è debolissima e le quali non possono equilibrarsi che sotto un angolo di natural declivio assai piccolo; che queste masse sono prossime ad essere nelle condizioni di liquidi viscosi, e che, in perturbate dalla perforazione non possono a meno di mettersi in movimento anche per grandi altezze a considerevoli distanze, e producendo pressioni enormi.

Esempi di direttrici delle superficie interne dei rivestimenti di gallerie per vie ferrate ad un solo binario

Gli esempi considerati saranno quattro, e precisamente quelli stati adottati dall'Ingegnere Lanino nelle gallerie d'Ariano, Starza e Cristina, dove il terreno presentava maggiori difficoltà. Per questi quattro esempi stabiliremo le relazioni fra i raggi e le ampiezze dei diversi archi componenti le curve, ed indicheremo quali dimensioni furono assunte dall'Ingegnere suddetto.

1°. Direttrice a cinque centri, tanto sopra quanto sotto EF (Fig 35)

I dati del problema pel tracciamento della curva EGF sono

$2c$ ossia la larghezza EF,

m ossia l'altezza OG.

Essendo rispettivamente O' , O'' ed O''' i centri dei tre archi GL, LM ed ME, il primo dei quali deve trovarsi sull'asse verticale OG affinché sia orizzontale la tangente in G, ed il terzo sulla orizzontale EF affinché sia verticale la tangente in E, se chiamansi R' , R'' ed R''' i tre raggi $O'G$, $O''L$ ed $O'''M$,

α' , α'' ed α''' le ampiezze dei tre angoli $LO'G$, $MO''L$ ed $EO'''M$, se pongonsi le due condizioni che le proiezioni della linea poligonale $GO'O''O'''$ su HG e su EF sono rispettivamente $OG=m$ ed $OO'''=R'''-c$, risultano le due equazioni

$$R' + (R'' - R) \cos \alpha' + (R''' - R'') \cos(\alpha' + \alpha'') = m \quad (1)$$

$$(R''-R')\text{sen } \alpha' + (R'''-R'')\text{sen } (\alpha' + \alpha'') = R''' - c \quad (2)$$

Alle quali bisogna aggiungere la relazione

$$\alpha' + \alpha'' + \alpha''' = 90^\circ \quad (3)$$

Esprimente che la somma delle ampiezze degli archi componenti la mezza semi-ovale EMLG deve fare 90° .

Se poi si chiamano

M1 l'altezza OH,

$R1', R1''$ ed $R1'''$ i tre raggi $\Omega'H$, $\Omega''I$ ed $\Omega'''A$ occorrenti per la descrizione della curva EHF, +

$\alpha1', \alpha1''$ ed $\alpha1'''$ le ampiezze dei tre angoli I $\Omega'H$, A $\Omega''I$ e E $\Omega'''A$, si hanno relazioni identiche alle (1),(2),(3).

Dovendo la curva GEHFG essere simmetrica rispetto alla verticale GH gli stessi raggi e gli stessi angoli della parte GEH serviranno pure l'altra parte GFH, ed i centri O^{IV} , O^V , Ω^{IV} ed Ω^V saranno simmetrici, per rapporto a GH, dei centri O'' , O''' , Ω'' ed Ω''' .

Le equazioni (1), (2) e (3) costituiscono le relazioni che esistono fra la corda e la saetta di una semi ovale a cinque centri, i raggi e le ampiezze dei suoi tre archi differenti. Per rendere determinato il problema di descrivere una semiovale a cinque centri, quando si conosca la sua corda e la sua saetta, è adunque necessario di prestabilirsi tre dei sei elementi raggi ed angoli; se però osservasi che l'equazione (3) costituisce solo una relazione fra gli angoli, importa che fra i tre elementi prestabiliti siavi almeno un raggio.

Il signor Ingegnere Lanino, adottando il tipo di direttrice di cui stiamo ragionando, ha creduto conveniente di assumere

$$2c = EF = 5^m, 50$$

$$m = OG = 3^m, 50$$

$$m_1 = OH = 2^m, 90$$

Partendo da questi dati ha soddisfatto alle condizioni (1), (2) e (3): per la curva EGF con

$$R' = O'L = O'N = 2^m, 028$$

$$R'' = O''L = O^{IV}N = 3, 208$$

$$R'''=O''M=O^V P=4,417$$

$$\alpha' = LO'G=NO'G= 26^\circ 47' 18''$$

$$\alpha''=MO''L=PO^{IV}N=42 57 42$$

$$\alpha'''=EO'''M=FO^V P= 20 15;$$

per la curva EHF con

$$R'1= \Omega'I= \Omega'K= 4^m,375$$

$$R1''= \Omega''I= \Omega^{IV}K= 1,350$$

$$R1'''= \Omega'''A= \Omega^V B= 4,250$$

$$\alpha1' = I \Omega'H=K \Omega'H= 20^\circ 28' 58''$$

$$\alpha1''=A \Omega''I=B \Omega^{IV}K=41 26 42$$

$$\alpha1'''=E \Omega'''A=F \Omega^V B= 28 4 20;$$

2°. *Direttrice a cinque centri soltanto sopra la retta EF (Fig 36)*

La curva EHF, che serve come direttrice della superficie interna dei piedritti e dell'arco rovescio è destinata a rimanere in parte coperta dall'inghiaia per la strada che deve attraversare la galleria, quindi non è assolutamente necessario che siano raccordati fra di loro gli archi circolari che la compongono. Ritenendo adunque di forma invariabile la parte EGF di direttrice posta sopra EF, si può modificare e semplificare la parte EHF componendola, per sempio, con tre archi circolari EA, AB e BF, il primo ed il terzo coi loro centri sulla retta EF ed il secondo col centro sulla verticale HG.

3°. *Direttrice a tre centri soltanto, tanto sopra, quanto sotto EF (Fig 37)*

$$R' + (R'' - R') \cos \alpha' = m \quad (4)$$

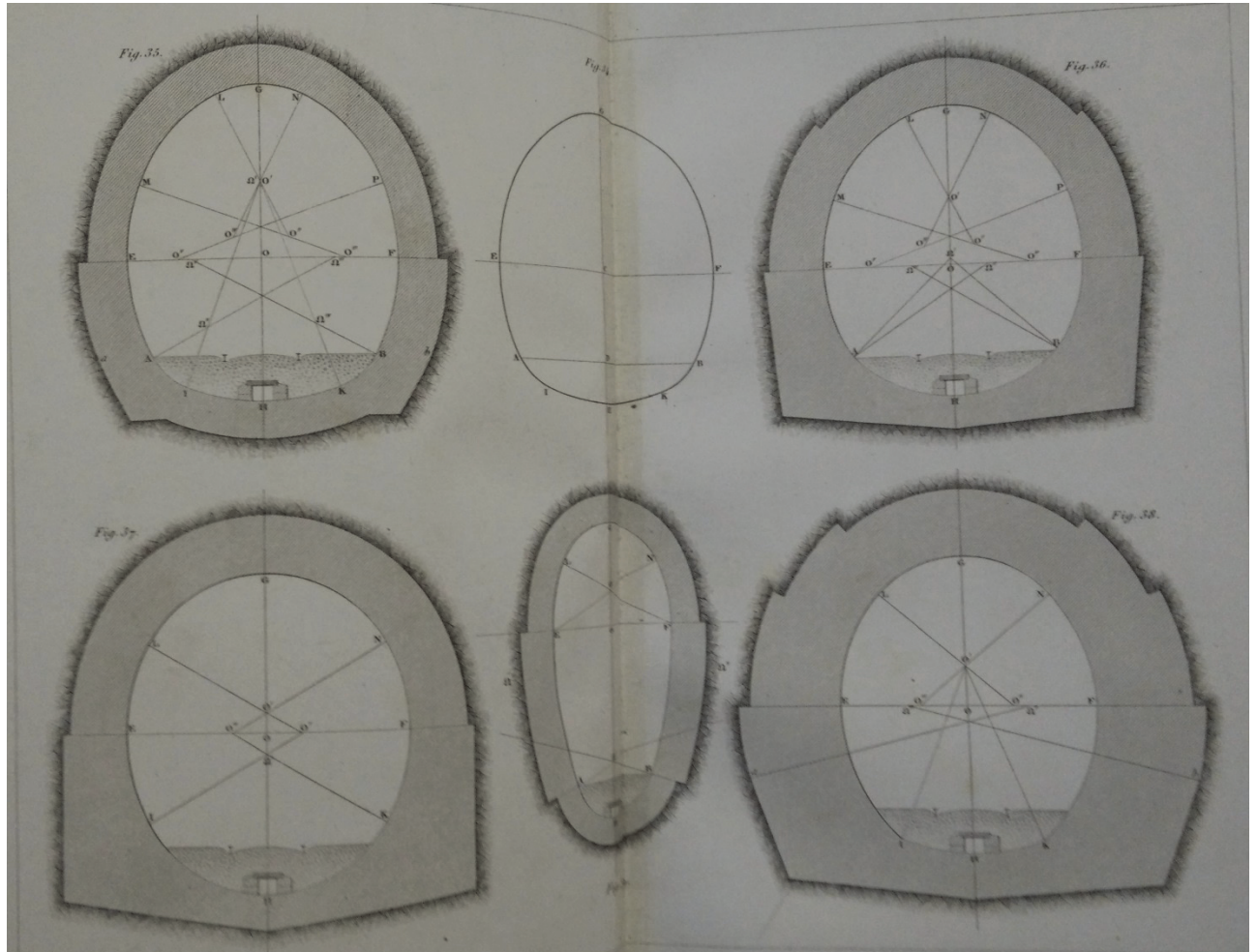
$$(R'' - R') \sin \alpha' = R''' - c \quad (5)$$

$$\alpha' + \alpha'' = 90^\circ \quad (6)$$

le quali si prestano, per la semiovale EGF, alla determinazione di tre delle quattro quantità R' , R'' , α' ed α'' quando si sia fissata la quarta.

4°. *Direttrice a tre centri soltanto sopra la retta EF (Fig 38)*

Analogamente a quanto si è fatto nel secondo esempio, la direttrice della superficie interna dei piedritti e dell'arco rovescio si può comporre con tre archi circolari EI, IK e KF, il primo ed il terzo coi loro centri sulla retta EF, il secondo col suo centro sulla verticale HG, ma non raccordato coi due archi attigui.



Sistemi d' esecuzione delle gallerie in terreni mobili

Indicazione dei principali sistemi d' esecuzione delle gallerie

Questi sistemi sono tre denominati, **sistema d'attacco in calotta**, **sistema d'attacco in tutta la sezione** e **sistema d'attacco in cunetta**.

Il sistema d'attacco in calotta, detto anche **sistema belga** dal luogo dove pare per la prima volta sia stato applicato, consiste nello scavare innanzi tutto la parte superiore della galleria, nel costruire dopo la volta e quindi i piedritti per sottomurazione. Questo sistema è indubbiamente il più usato, e presenta i seguenti vantaggi: l'attacco, diviso in parti indipendenti, di può liberamente sviluppare e celeremente far avanzare; le escavazione da farsi volta per volta possono essere ridotte ad avere piccole dimensioni; il cielo della galleria, che è la parte più pericolosa, si riveste pel primo di

muratura. Per contro si devono considerare come svantaggi del sistema, quello di dover lasciare la volta per qualche tempo impostata sul terreno, e tutti quelli altri che sono inerenti al processo di sottomurazione dei piedritti. Essendo ABCDE (Fig 51) la totale sezione per lo scavo della galleria, e DB la retta che definisce il piano orizzontale delle imposte del volto, s'incomincia l'attacco aprendo la piccola avanzata al cielo della galleria. Dopo si affonda l'escavazione facendo lo strozzetto di calotta II; e quindi si fa l'allargamento per l'intera calotta mediante le due escavazioni III. In seguito, si costruisce la muratura del volto per anelli; si apre il canale dello strozzo in IV; si fanno le breccie V nei piedritti e si costruiscono infine le murature per questi ultimi. Nei terreni che hanno una certa compattezza e nei quali difficilmente avvengono subitanei scoscendimenti, si intraprendono nel medesimo tempo le escavazioni II e III (Fig 52). La larghezza da assegnarsi al canale dello strozzo sarà più o meno grande, secondo che il terreno sarà più o meno resistente, ed in alcuni casi, invece di aprire il detto canale e poi le breccie, potrà convenire di scavare diverse tratte della parte inferiore della galleria metà per volta. Le armature e puntellature degli scavi, ed anche le lunghezze di questi nel senso longitudinale della galleria, dovranno variare colla natura e colla mobilità del terreno. Lo strozzetto II si farà separatamente dagli allargamenti III soltanto quando il terreno non consenta di aprire l'interno scavo in calotta prima che sia ultimata la muratura dell'anello precedente di volto.

Il sistema d'attacco in tutta sezione ha per scopo di costruire per prima la parte inferiore della galleria e di impostare il volto sui piedritti già completamente eseguiti. Nella pratica applicazione si conoscono due metodi, l'inglese e l'austriaco, i quali, avendo di comune il processo in tutta sezione, molto differiscono nell'ordine delle fasi dell'esecuzione, e quindi anche nel modo di armare e puntellare l'escavazione ed i rivestimenti.

Nel metodo inglese le operazioni per l'esecuzione della galleria si estendono ad un sol anello per volta; si scava il terreno ad esso corrispondente armando la parete dell'escavazione mediante longarine, le quali per un'estremità hanno appoggio sulla muratura precedente e per l'altra su un cavalletto collocato contro la fronte, che generalmente si riveste di tavole. Fatto questo, si costruisce il rivestimento incominciando dall'arco rovescio, e rimane sospesa ogni escavazione, ad eccezione di quella della piccola avanzata, fino al compimento dell'anello incominciato. La lunghezza degli anelli da costruirsi l'uno dopo l'altro è subordinata alla natura ed alla mobilità del terreno in cui la galleria viene aperta; e si può ritenere che nelle ordinarie circostanze questa lunghezza varia di 3 a 4 metri. Se le longarine piegano sotto l'azione premente del terreno, è necessario sostenerle mediante puntelli intermedi; ma allora, a motivo dell'ingombro che ne nasce, va perduto il principale vantaggio del sistema che consiste principalmente nella libertà di manovra verso il vano d'esecuzione della muratura. Se poi il terreno spinge verso il vano della galleria, importa combattere l'avanzamento della fronte d'escavazione, ciò che si ottiene collocando alcuni puntelli inclinati coi loro piedi contro la muratura già eseguita. Conviene però notare che le centine, per la

costruzione del volto, fanno impedimento per disporre convenienti puntelli nell'alto, cosicchè in un'escavazione alta da 8 a 9 metri e larga altrettanto, se le pressioni sono della potenza di quelle delle argille scagliose della terza varietà, può darsi che i detti puntelli riescano insufficienti allo scopo, il quale si potrebbe per altro raggiungere adottando qualche ripiego analogo allo scudo stato impiegato da Brunel nel Tunnel del Tamigi.

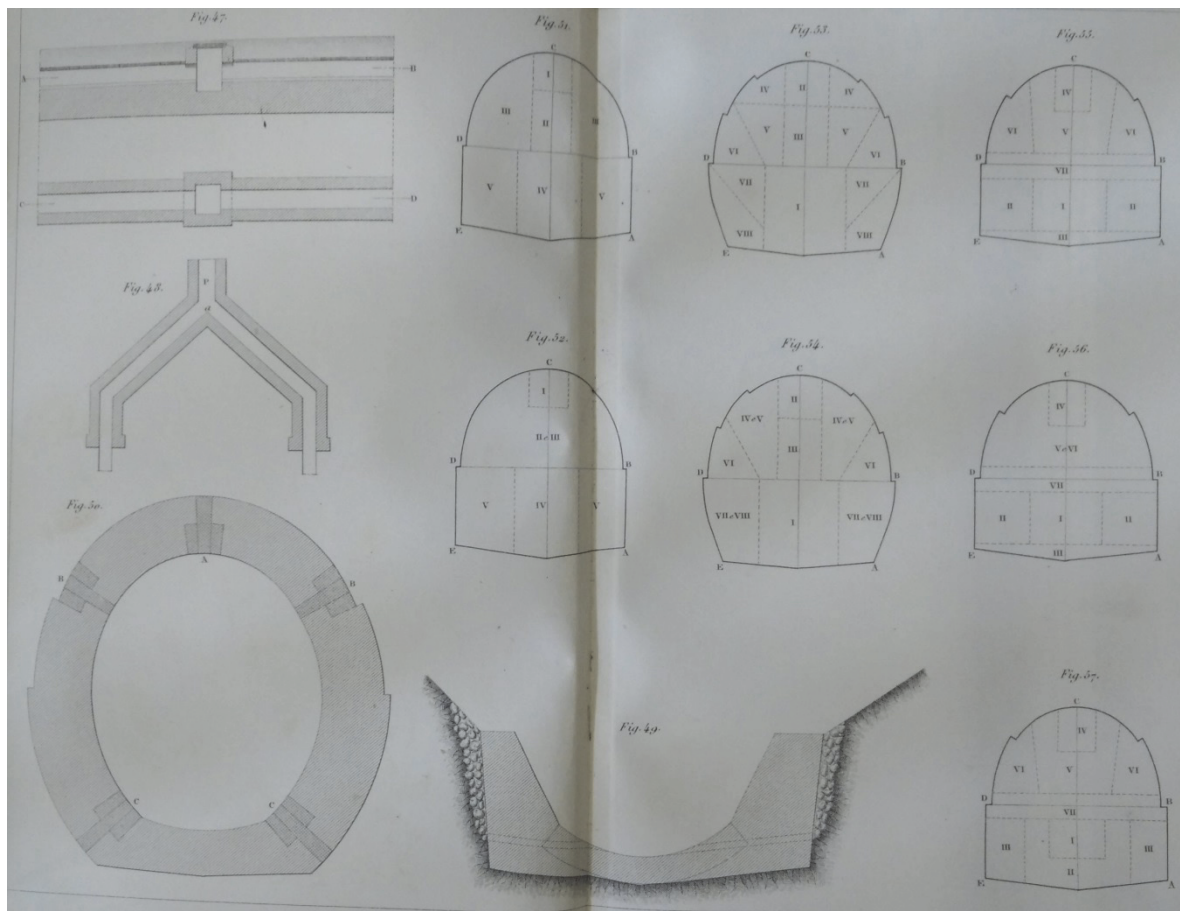
Nel metodo austriaco essendo ABCDE (Fig 53) la totale sezione dello scavo della galleria, e BD la linea corrispondente alle imposte del volto, s'incomincia l'escavazione coll'avanzata I al suolo della galleria, e questa prima operazione si può proseguire indipendentemente dalle altre. Aperta per una certa lunghezza l'avanzata, si scava il cunicolo II, più breve e generalmente più stretto dell'avanzata stessa e posto alla sommità della calotta. Dopo di ciò si affonda questo cunicolo mediante l'escavazione III, fino a scoprire il cappello dell'avanzata inferiore I, e si collocano i puntelli definitivi centrali. Poscia si dà mano ad allargare lo serro mediante le escavazioni IV, V, VII ed VIII, e man mano che questo succede si compongono le diverse parti delle armature fino a completarle totalmente. Compiuto ed armato lo scavo per una certa lunghezza, si costruisce la muratura dei piedritti e quindi quella del volto. Ultimo a farsi è l'arco rovescio, giacchè si deve aspettare finchè siano tolti i quadri inferiori dei cavalletti e rimosse le soglie. Nel senso dell'asse della galleria, l'attacco si può estendere per quanto lo consenta la qualità del terreno. Se questo lo permette, si può fare lo scavo della fronte a gradinate, ed anche lavorare contemporaneamente alla muratura di più anelli; se invece il terreno è piuttosto mobile, l'attacco deve essere condotto in modo più raccolto, ma lavorando alla fronte onde mantenere il cavalletto occorre dire che, permettendolo la natura del terreno, si possono fare contemporaneamente le escavazioni IV e V, e diminuire così di una il numero delle fasi di lavoro. talvolta si riuniscono anche in una sola le scavazioni VII ed VIII. Allora le fasi dell'escavazione succedono coll'ordine di Fig 54.

Il sistema d'attacco in cunetta fu per la prima volta applicato alla galleria Cristina, e fu proposto dal distinto **Ingegnere Luigi Protche**. Questo nuovo sistema consiste: nello scavare la sezione della galleria metà per volta, incominciando dalla parte inferiore; nell'eseguire la muratura dell'arco rovescio e dei piedritti prima di intraprendere lo scavo della parte superiore; nel riempire con materiali il vano fra i piedritti, lasciando solo un cunicolo nel mezzo colle dimensioni minime necessarie per l'avanzamento dell'attacco; venendo dopo all'escavazione della parte superiore; e facendo infine il volto sopra i piedritti già preventivamente stati costruiti.

L'attacco è diviso in parti indipendenti, ed il più gran numero di fasi che esso presenta risulta dalla Fig 55 nella quale ABCDE rappresenta la sezione retta dell'intera escavazione, e BD la linea d'imposta, s'incomincia colla piccola avanzata I, e quando questa è di qualche inoltrata si fanno le due escavazioni II. Dopo si fa l'escavazione III onde preparare il fondo che deve ricevere l'arco rovescio ed i piedritti, ed immediatamente si procede all'esecuzione di queste opere murali. Prese

tutte le disposizioni occorrenti per sostenere il cielo dell'escavazione e per impedire le deformazioni della muratura, nella parte superiore della sezione si apre il cunicolo IV. S'ingrandisce dopo la sezione collo scavo V, e si compie la calotta coll'abbattere i due massi laterali VI. Finalmente coll'escavazione VII si scoprono i piedritti, pe poi procedere alla costruzione del volto. Le prime tre fasi dell'escavazione costituiscono il periodo di cunetta, e le altre quattro fasi il periodo di calotta. Talvolta si riuniscono le fasi Ve VI(Fig 56), e non si rado può convenire di fare lo scavo della calotta di quanto è necessario onde stabilire robuste centine per costruzione del volto, il quale si costruirà a poco a poco in escavazioni che successivamente si andranno faceod sopra l'estradosso delle dette armature, e che manterranno aperte puntellando sulle armature stesse.

Talvolta l'escavazione in cunetta si modifica come segue: s'incomincia collo scavo del cunicolo I (Fig 57); si abbassa dopo e si allarga questo scavo come appare in II, di quanto è necessario per costruire l'arco rovescio; si fanno quindi gli allargamenti III; e si elevano i piedritti con un volto provvisorio che deve servire per mantenerli a posto mentre si scava la calotta e si costruisce il volto. In alcuni casi si affonda il cunicolo I fino alla base dell'arco rovescio, si fa subito la parte centrale di questo, si scava il terreno a dritta ed a sinistra per far luogo ai piedritti, e si procede alla loro costruzione.



Applicazione del sistema d'attacco in calotta

Il metodo che si può seguire nell'applicare questo sistema entro terreni mobili è rappresentato nella tavola XIV, le cui figure, disegnate nella scala di 6 millimetri per ogni metro, rendono abbastanza ragione delle diverse fasi del lavoro mediante una sezione verticale longitudinale, una sezione orizzontale e cinque differenti sezioni trasversali.

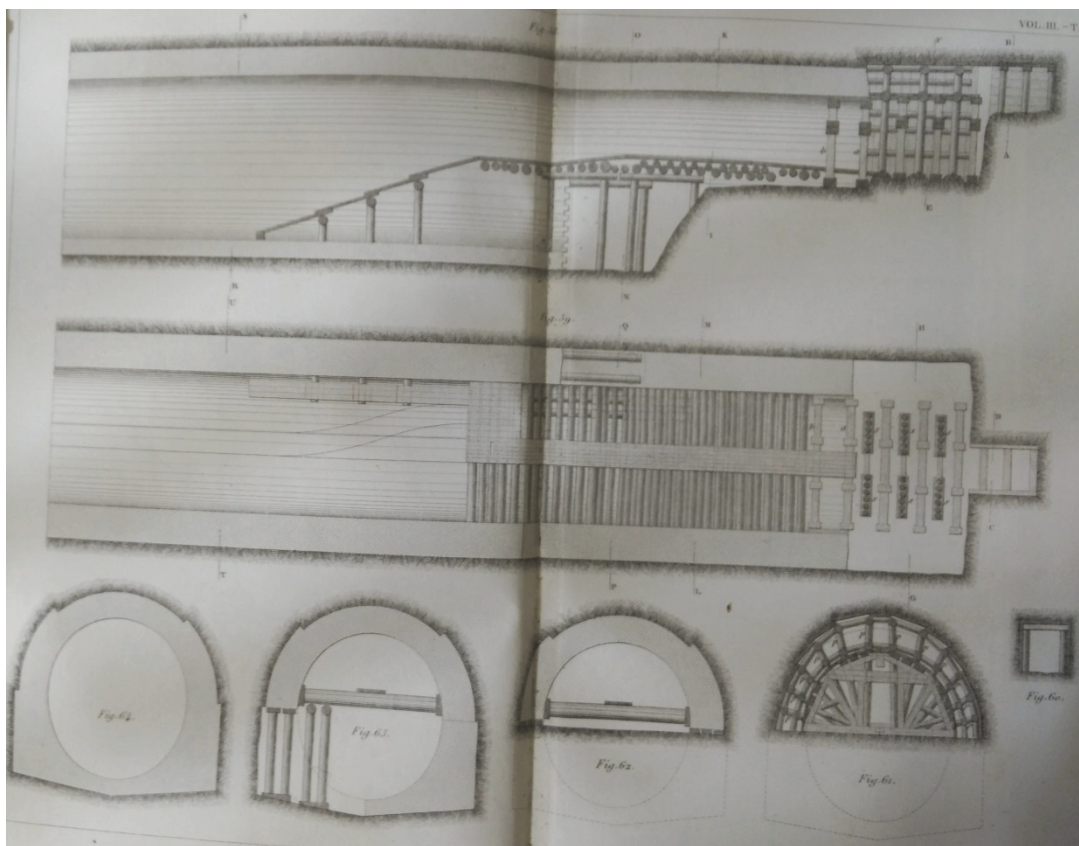
La piccola avanzata si scava per una breve lunghezza e per quanto è necessario onde manovrare le armature; un'escavazione più profonda riuscirebbe lavoro inutile nelle argille scagliose, e principalmente in quelle della terza varietà, giacché dopo pochi giorni dalla sua apertura, a motivo delle enormi pressioni del terreno, si troverebbe il suo cielo abbassato, le armature dissestate, la sezione ristretta e la sua lunghezza considerevolmente ridotta. La figura 60 è una sezione prodotta dal piano verticale di traccia verticale AB (Fig 58) e di traccia orizzontale CD (Fig 59); e chiaramente appare dalle citate figure come sono foggiate i telai e come sono disposte le tavole per il sostegno del terreno nella piccola avanzata. La distanza a cui si pongono i telai della piccola avanzata varia generalmente fra metri 0,75 e metri 1,0.

Lo strozzetto ed i due allargamenti, per ottenere la totale escavazione della calotta, costituiscono un lavoro che nelle argille scagliose deve pure essere di assai limitata lunghezza. Per convenientemente opporsi alle enormi pressioni del terreno, importa che questa escavazione sia rivestita col volto nel più breve tempo possibile, e che quindi la sua lunghezza nel senso dell'asse della galleria si trovi limitata alla larghezza che vuoi dare a ciascuno degli anelli murali. Questa larghezza si può fissare fra 4 e 6 metri, ritendendo che il limite inferiore conviene per le argille scagliose più sconvolte, cui è applicabile il metodo del quale discorriamo, e che il limite superiore si può adottare nelle argille scagliose meno rimaneggiate. L'escavazione in calotta per far luogo alla costruzione di un anello non si può lasciare senza armatura, e generalmente si pongono in essa tre cavalletti a ventaglio, come chiaramente in Fig 58, 59, 60, la qual ultima rappresenta una sezione trasversale prodotta dal piano di traccia verticale EF e di traccia orizzontale GH. Questi cavalletti sono generalmente costituiti da puntelli p in numero di dieci o dodici, i quali sono rinforzati da uno o da due ordini di puntoni.

L'armatura da porsi nell'escavazione che deve ricevere un anello del volto può essere costituita da un tavolo discontinuo sostenuto da longarine, le quali sono mantenute a sito dai puntelli del ventaglio. Se le tavole sono corte si collocano normalmente alle longarine, se invece sono lunghe, si dispongono a croce di S. Andrea; nell'uno e nell'altro caso le tavole hanno appoggio colle loro estremità su due longarine successive. Le soglie s dei ventagli si possono formare con soli tavoloni. Le centine per la costruzione di un anello di esse si trova in vicinanza della fronte dell'escavazione della calotta, e le altre due si trovano fra i tre cavalletti ora indicati. Quando si costruisce un anello

devono generalmente trovarsi ancora a posto due centine dell'anello precedente, e l'ultima di queste serve per dar appoggio alle tavole costituenti il manto dell'anello da costruirsi.

La parte di volto componente un anello di imposta su robusti tavoloni e simmetricamente si eleva per rapporto al mezzo della galleria, togliendo di mano in mano, ed a misura che la volta si eleva, i pezzi componenti i ventagli, le corrispondenti longarine, i frossi legnami che a guisa di puntoni vanno da una longarina all'altra, non che le tavole che servono di sostegno immediato delle terre. Non occorre dire che nella costruzione di ogni anello bisogna usare tutte le precauzioni per ben unirlo coll'anello precedente e che si devono lasciare dalla parte opposta, ossia verso l'avanzata, le opportune morse per collegarvi l'anello seguente.



Applicazione del sistema d'attacco in cunetta

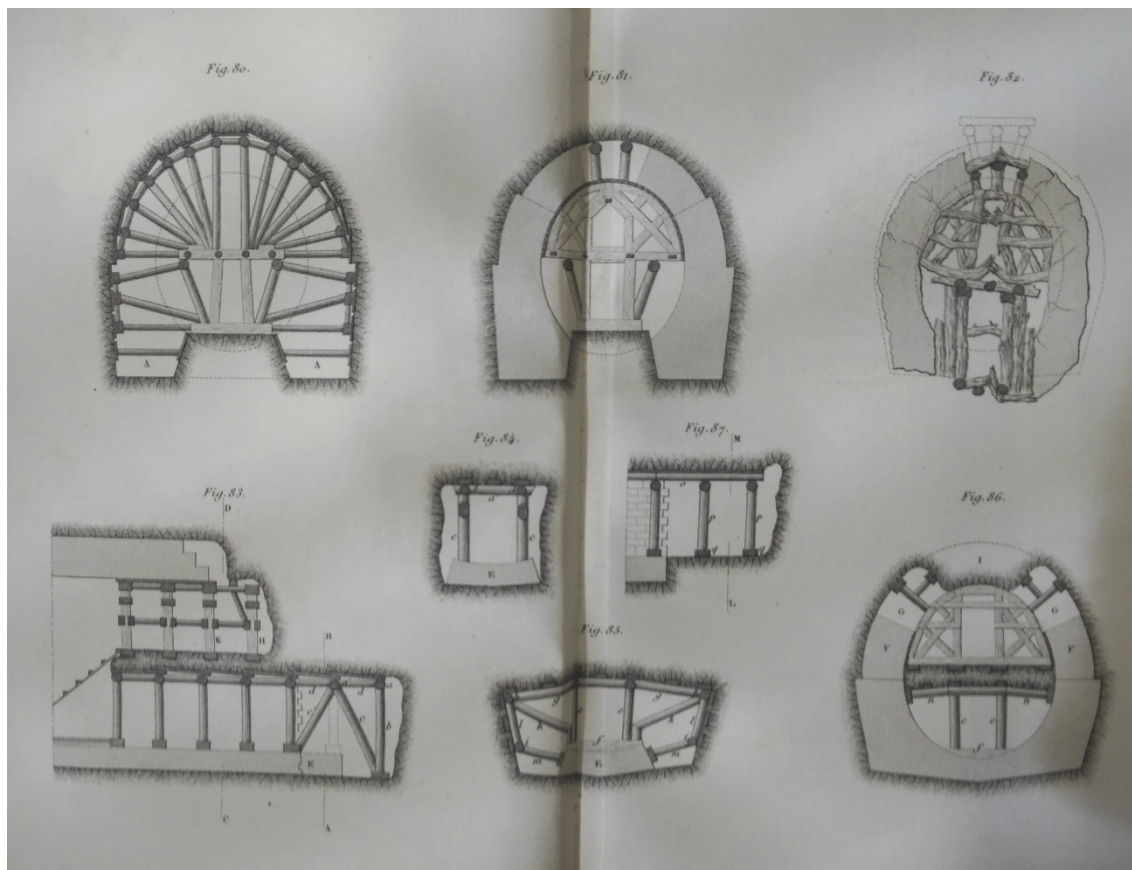
Attacco in cunetta costruendo il rivestimento con brevi anelli .

Allorquando il terreno è di tale natura da potersi scavare la parte inferiore della galleria con un solo cunicolo centrale e con due ingrandimenti laterali senza che succedano immediati scoscendimenti , sono adottabili le disposizioni indicate nelle figure 83,84,85 e 86 disegnate nella scala di 6 millimetri per ogni metro e rappresentanti, la prima una porzione longitudinale , la seconda e la terza le sezioni trasversali prodotte dal piano AB quando è scavato il solo cunicolo centrale e quando sono anche eseguiti gli scavi per far luogo alla costruzione dei piedritti, e finalmente la quarta la sezione prodotta dal piano CD. L'attacco dell'avanzata o cunicolo inferiore si fa per lunghezze variabili da 2 a 3 metri con puntellamenti provvisori dove occorrono .Fatta questa parte dell'escavazione si stabiliscono i cappelli a ed a' sorreggendo il primo mediante due ritzi verticali b , ed il secondo mediante quattro puntelli inclinati. Due di questi, ossia quelli c, vanno a fermarsi contro le estremità inferiori dei ritzi b; e gli altri due indicati con c', appoggiano alla muratura dell'anello che precede la fatta escavazione. Sovente si pongono fra i cappelli le longarine d. Mediante tavoloni, con lunghezza eccedente di poco la distanza dei cappelli e posti a distanza più o meno grande secondo la minore o maggiore mobilità del terreno, si sostiene il cielo dell'escavazione.

Fatto questo, si procede alla costruzione della parte di mezzo E dell'arco rovescio, si tolgono i ritzi b e i puntelli c e c' , e si pongono a sostegno dei cappelli a ed a' i ritzi e (Fig 85), cui serve di base la traversa f. Scavando a dritta ed a sinistra , si fanno gli ingrandimenti necessari alla costruzione dei piedritti, e, per impedire gli scoscendimenti, si pongono i puntoni g col numero di tavoloni necessari a sostenere il cielo dello sterro, le longarine h ed i puntelli k. Si abbassa dopo l'escavazione e occorrendo di sbadacchiare le due pareti laterali, si può raggiungere lo scopo coi legni l, colle longarine i e coi puntelli m. Fra i legni l ed il terreno si pongono quei tavoloni che all'atto pratico si giudicano necessari .

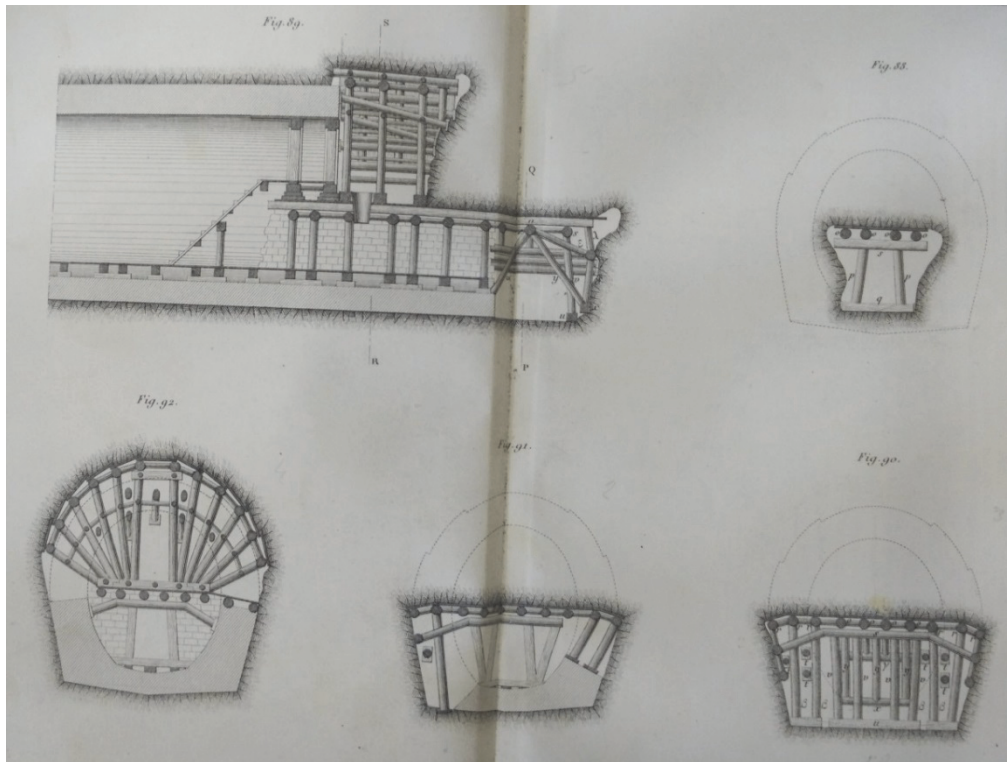
Portati i piedritti all'altezza voluta, sono necessari i puntoni n (Fig 86), i quali servono al doppio scopo di sostenere il cielo della cunetta e di impedire che la muratura si deformi sotto l'azione della spinta delle terre. Il lavoro in calotta si può fare come segue: si attacca lo scavo al centro coll'ampiezza necessaria per collocare una robusta centina alla distanza di circa 1,50 metri innanzi la morsa dell'ultimo anello murale costruito.Si abbassa quindi questo scavo centrale per scoprire i piedritti; si pongono alcune tavole del manto fra la centina collocata e quella che trovasi presso la morsa dell'anello precedente; ed immediatamente si costruiscono le due parti F(Fig 86) del volto. Fatto questo si procede alle due escavazioni G puntellando il terreno dove occorre col far servire la centina H ed anche ,se necessario , la muratura dell'ultimo anello come ritegno pei puntellamenti;

colla maggior prontezza possibile di fa il rivestimento in queste escavazioni, e quindi si procede all'abbattimento del masso centrale I, sbadacchiando le pareti dello scavo dove necessario. Nel vano così aperto si costruisce il volto onde chiudere l'anello corrispondente all'intervallo fra le due centine K e H. Questo metodo fu adottato nella galleria Cristina. L'esperienza ha dimostrato che i rivestimenti delle gallerie in terreni mobili, costruite col metodo precedentemente descritto, risultano alquanto deformate, ma non mai così guaste da esserne necessaria la ricostruzione.



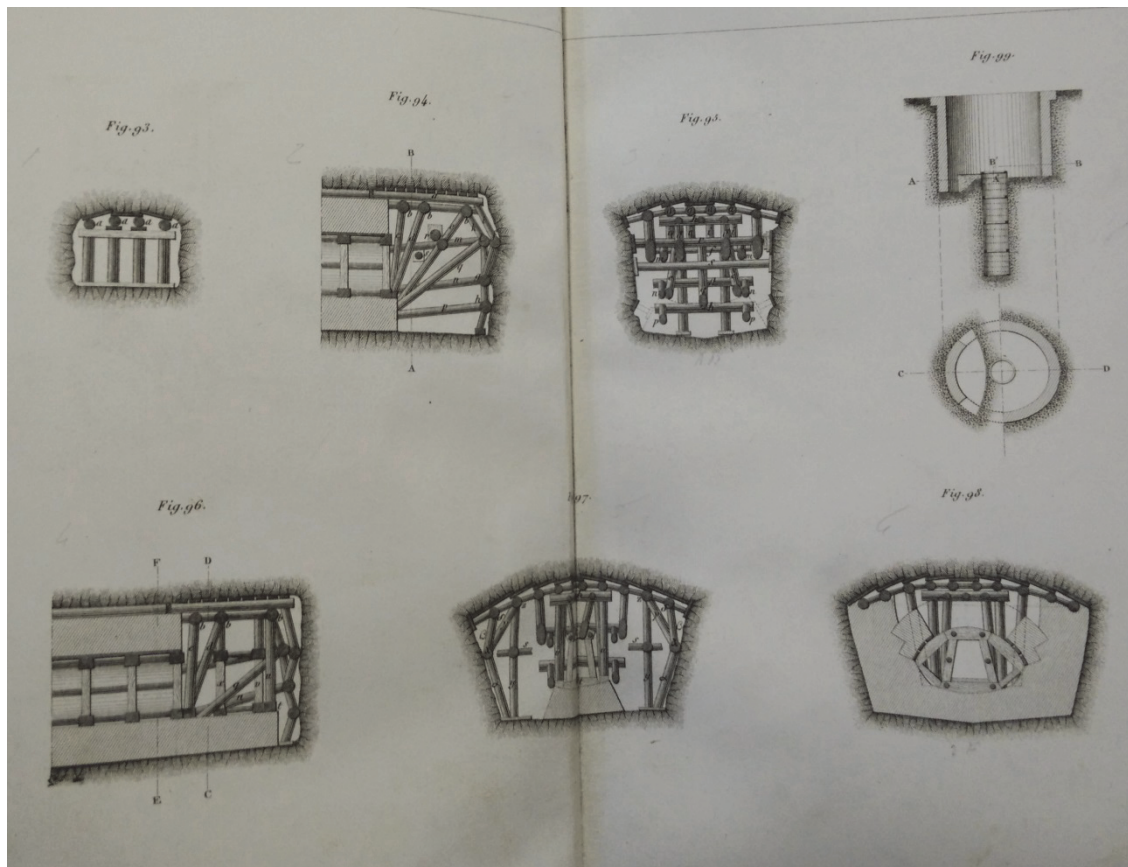
Metodo ordinario per l'applicazione del sistema d'attacco in cunetta.

Un procedimento più regolare di quello precedente , per l'attacco delle gallerie in terreni mobili col sistema in cunetta, è quello che è rappresentato nella scala di 6 millimetri ogni metro, nelle figure dalla 87 alla 92.



Metodo d'attacco in cunetta con arco rovescio.

Allorquando le difficoltà del terreno, tanto per rapporto allo scavo, quanto per rapporto alle pressioni prodotte sulle armature e dui rivestimenti, sono tanto gravi da riescire incerto l'esito dell'applicazione dei metodi in cunetta precedenti, si può ricorrere al metodo di eseguire un arco provvisorio in muratura tra i piedritti, conducendo il lavoro come in Fig da 93 a 98, le quali sono tutte in scala di 6 mm per m.



Galleria del S.Gottardo prima grande opera ingegneristica di galleria elicoidale dopo la Porrettana

Il 6 dicembre 1871 si costituì la Compagnia del San Gottardo, concessionaria della rete suddetta, con un capitale sociale di 187 milioni. I lavori del gran tunnel furono iniziati nell'autunno 1872. Nel 1876 si riconobbe che il capitale di 187 milioni non bastava a costruire tutta la rete ed occorrevano altri 102 milioni. Gli Stati interessati accordarono una nuova sovvenzione di 28 milioni (Italia 10, Germania 10, Svizzera 8). Nel 1870 venne incominciata la costruzione delle linee d'accesso al gran tunnel e cioè della Immensee-Goeschenen, Airolo-Biasca e Cadenazzo-Pino, nonché della linea del monte Veneri (Giubasco-Lugano). Dal canto suo il governo italiano provvide alla costruzione della Pino-Luino-Oleggio (Novara).

Il 29 febbraio 1880 avvenne la perforazione della grande galleria del San Gottardo, che fu ultimata ed aperta all'esercizio il 1 gennaio 1882.

Le offerte di costruzione più serie parvero quelle dell'impresario Luigi Favre di Ginevra e quelle della Società italiana di lavori pubblici di Torino. Le trattative definitive indussero a preferire l'offerta del Favre, a quale portava i dati e le condizioni seguenti:

Tunnel a due binari: lunghezza del tunnel definitivo 14.900 metri, tempo di costruzione 8 anni, cauzione 8 milioni. Era stabilito che la sezione normale libera del tunnel avesse m 7,60 di larghezza al livello (superiore) delle traverse, e m 8 all'altezza di 2 m sopra il detto livello. La volta doveva essere costituita da un arco a pieno centro di 4 metri di raggio. Il suolo del tunnel doveva presentare una pendenza del 2,5% in senso trasversale. Nella parte più bassa doveva costruirsi un acquedotto di m 0,55 di profondità e di larghezza proporzionata ai bisogni. Il tunnel doveva essere scavato su tutta la sua lunghezza in modo che al di sopra del profilo normale (profilo intradossale) vi fosse lo spazio occorrente per costruirvi una volta in muratura di m 0.40 di spessore al minimum. Le nicchie (larghezza m 2, altezza m 2,10, profondità m 1,00) dovevano essere costruite a 100 m di distanza l'una dall'altra ed alternate nei due pieritti. Alla distanza di un chilometro l'una dall'altra si dovevano costruire delle camere di 10 mq di superficie in base e di m 2.50 di altezza. Si dovevano inoltre costruire delle altre camere di mq 35 circa di superficie in base e di m 3,50 di altezza. I volti dovevano essere in pietra da taglio od in conci squadrati (en pierres d'appareil ou en moellons piques ou smillès), esclusi quindi i mattoni: e costrutti per anelli da 6 a 12 m di lunghezza. I volti di m 0,40 dovevano essere a tutto spessore: nel caso di spessori superiori si richiedeva che i conci di uno stesso corso avessero alternativamente 30 e 50 cm di coda. I pieritti dovevano essere in conci ordinari (en moellons ordinaires). Dopo finito il rivestimento i giunti dovevano essere puliti sino a 5 cm di profondità ed accuratamente riempiti di cemento; quando però non dovevano essere lasciati

aperti pel passaggio delle acque. I vani compresi tra roccia e estradosso della volta dovevano essere riempiti con muratura a secco. L'acquedotto doveva essere costruito ,per quanto possibile ,contemporaneamente al piedritto adiacente.La malta doveva essere di calce idraulica.L'altezza minima del ballast era di m 0,50. Il tracciamento dell'asse del tunnel e la livellazione della via venivano eseguiti dalla Compagnia del San Gottardo. Si davano punti di riferimento ogni 200 m, salvo all'impresa a stabilire gli intermedi.

Installazioni per la perforazione meccanica, definitive.Durante il 1873 si eseguirono queste installazioni,le quali si possono suddividere in : Forze Motrici; Motori; Compressori dell'aria e serbatoi; Condotta dell'aria compressa; Perforatrici; Officine.

Motori-Imbocco Nord- Le turbine montate in principio furono tre, fornite dalla casa B.Roy e C. Di Vevey,e del sistema Girard. Calcolate per una caduta utile di 85 m ed una portata di 300 litrid'acqua al secondo davano una forza effettiva di 250 HP. Velocità normale= 160 giri al secondo. Diametro esterno m 2.40. Numero delle cassette 80. Distribuzione con 8 orifici. Ognuna di esse azionava un gruppo di compressori.

Imbocco sud-Per la dervizione d'acqua del Ticino la Casa Escher fonrì nel 1874 quattro turbine Girard che furono montate sugli stessi alberi delle ruote tangenziali. Questa disposizionepermetteva alle due condotte del Ticino e della Tremola di funzionare insieme al bisogno. Le 4 turbine Girard davano sotto una caduta di 90 m una forza di 250 HP l'una.

Il sistema di costruzione scelto fu quello belga con galleria d'avanzamento in calotta e la divisione in 2 piani distinti dei cantieri di escavo e delle murature. Il piano superiore comprendeva prima la galleria d'avanzamento propriamente detta o galleria di direzione che misurava in media un'altezza di m 2.50, una larghezza di 2,40 con una sezione trasversale da mq 6 a 7: poi i cantieri d'allargamento in calotta(battage au large) a destra e a sinistra della galleria di direzione e infine i cantieri delle murature della volta.Al piano inferiore ci continuava lo scavo nella cunetta dello strozzo spinta in gradini fino al suolo del sotterraneo.Aperta in origine sull'asse del tunnel, la cunetta du in seguito collocata lateralmente a quest'asse,allo scopo di lasciare da un lato del sotterraneo uno spesso di roccia di larghezza sufficiente per collocarvi il binario di servizio, destinato ai trasporti del piano superiore ed allo scopo di facilitare nello stesso tempo la costruzion dell'acquedotto che correva (a nord) a lato del piedritto sinistro del tunnel. Si terminava in seguito lo scavo rimanente dello strozzo(abatage du strosse) levando le due parti (strozzo e piedritti) (epaulments) rimaste dai 2 lati della cunetta, e si scavava in pari tempo per sezioni lo spazio necessario per collocarvi la muratura dei piedritti, che si costruiva cosi in sottomurazione (en sous – auvre) fino alla volta,eseguita già in precedenza.

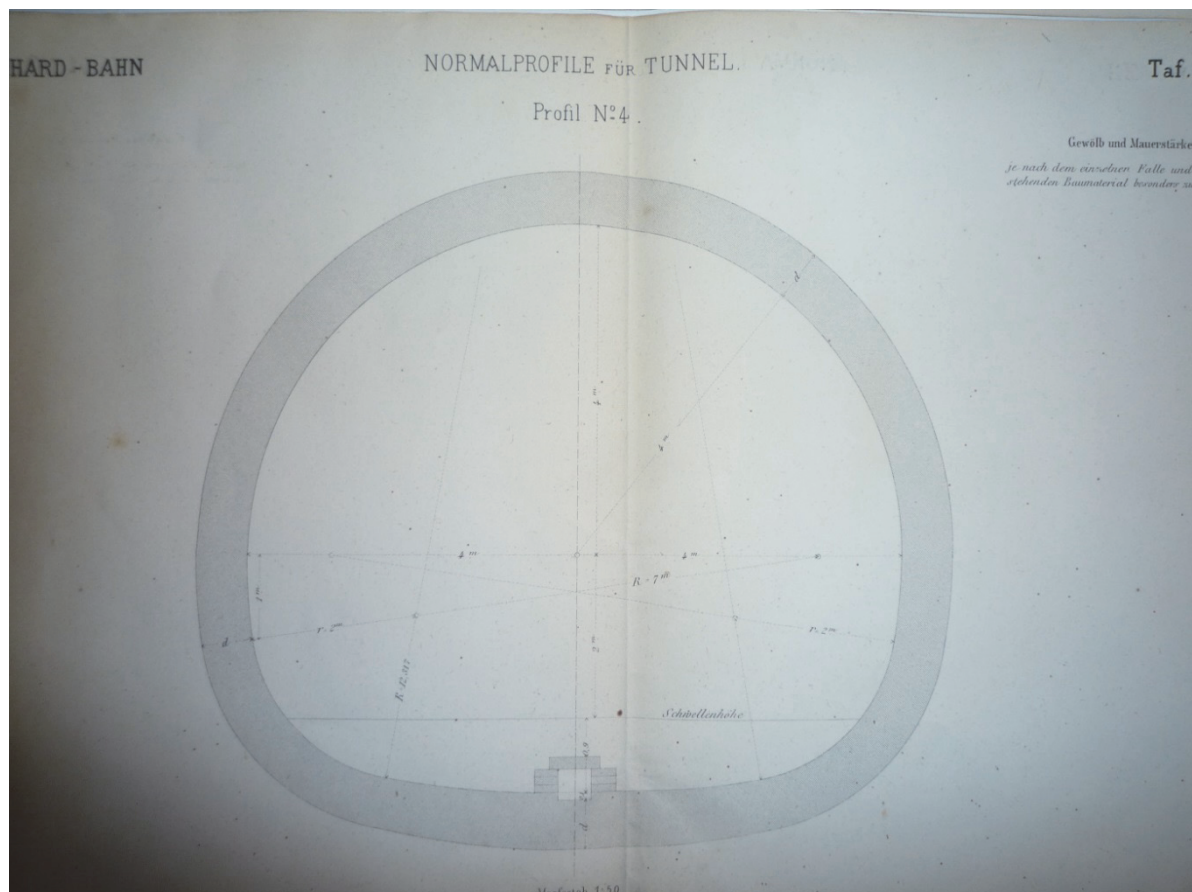
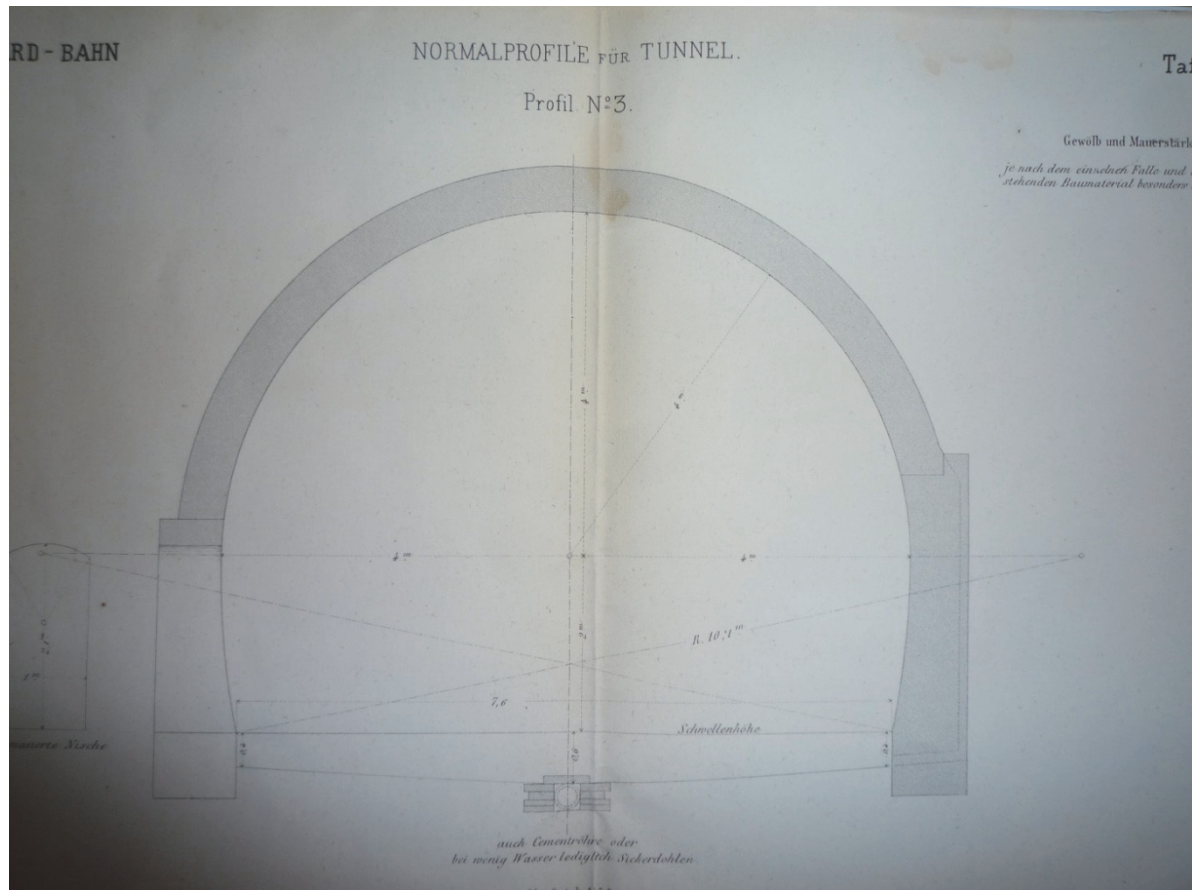
La disposizione dei cantieri principali non fu sempre la stessa dai 2 lati del tunnel. Dal lato nord infatti la base della galleria di direzione era collocata al piano d'imposta della volta: lo scavo dell'avanzata non raggiungeva quindi il livello definitivo della sommità(faile); ed occorreva fare uno scavo complementare (deblai de relevage) in alto, avanti di poter eseguire la volta. Dal lato sud invece la galleria di direzione era stata in origine posta nella sommità e prima di poter costruire la volta, rimaneva da levare,per compiere lo scavo del piano superiore del tunnel, come il piano inferiore, in due parti, e cioè cunetta e spallette laterali. In questo modo il lavoro di scavo comprendeva per vero dire tre piani distinti. Nel 1878 si rinunciò a tale sistema e da allora si procedette dal lato sud come dal lato nord.

Malgrado l'impiego massiccio di personale e di tecnologia, Favre si trovò presto a lottare contro la scarsità di tempo e di denaro. I lavori furono accompagnati da diversi processi relativi ai finanziamenti. Ben presto fu evidente che i costi avevano ampiamente superato l'offerta originale e che non sarebbe stato possibile terminare l'opera entro gli otto anni previsti.

Il 19 luglio 1879, durante un sopralluogo alla galleria, Favre fu colto da un malore in corrispondenza del chilometro 3 e pochi minuti più tardi morì per un arresto cardiaco all'età di 53 anni.

Il 24 dicembre 1879 i cantonieri del lato nord avvertirono per la prima volta il fragore dell'esplosivo utilizzato dalla squadra sud, e il 28 febbraio 1880 alle ore 18.45 una perforatrice penetrò da sud l'ultimo residuo di parete rocciosa. Attraverso il foro i lavoratori passarono ai colleghi del lato nord un barattolo di latta con una foto del defunto Favre.

Fu la domenica del 29 febbraio 1880, appena dopo le 11, che dopo sette anni e cinque mesi di lavori cadde l'ultimo diaframma. Lo scarto tra le due avanzate fu di soli 33 centimetri in senso planimetrico e di 10 centimetri in senso altimetrico, segnando un vero e proprio capolavoro della tecnica di ingegneria e misurazione di allora. L'evento fu esaltato dalla stampa europea: era nata quella che, con i suoi 15 chilometri, era allora la galleria più lunga del mondo. I festeggiamenti inaugurali durarono dal 22 al 25 maggio 1882. Grandi assenti furono Louis Favre, già deceduto, e Alfred Escher, che a causa dei problemi finanziari durante la costruzione fu indotto dal Consiglio federale a dimettersi dalla carica di presidente della Società della ferrovia del San Gottardo, la committente dell'opera.



Costruzione della Galleria del S. Gottardo secondo Giovanni Curioni- Appendice III dell'Arte del Fabbricare-1877

Sei principali fasi si devono distinguere nel sistema d'attacco che si adotta alla Galleria del Gottardo. S'incomincia collo scavare una piccola avanzata I (Fig 113) col suo cielo all'altezza o quasi dell'estradosso del volto, larga ed alta circa metri 2,50. Quest'avanzata si arma e si puntella dove si presentano i minimi indizi di massi staccati; il suo fondo si conserva con tale livelletta da riuscire facile il deflusso dell'acqua che in essa incontra; e nel suo mezzo si mantiene e ,man mano che l'escavazione va progredendo , si allunga il binario sul quale deve poter scorrere l'affusto, destinato a portare le perforatrici per eseguire i fori da mina, ed i vagonetti pel trasporto dei detriti.

Ad una certa distanza dalla fronte d'attacco nell'avanzata , e generalmente a distanza di 200 a 250 metri, s'ingrandisce l'escavazione a dritta ed a sinistra abbattendo i due massi le cui sezioni rette sono rappresentate in II, onde ottenere lo scavo in calotta. Questo ingrandimento si fa con mezzi meccanici, e ,per questa ragione,è necessario il mantenimento di due altri binari per l'avanzamento e pel regresso degli affusti portanti le perforatrici e per la circolazione dei vagonetti di trasporto. Lo scavo in calotta difficilmente abbisogna di essere armato e puntellato, e , verificandosi il bisogno di sostenere alcuni massi minaccianti rovina, si deve procurare di farlo mediante travi orizzontali e puntelli che non facciano impedimento alle manovre necessarie pel regolare progresso del lavoro.

Fatto l'ingrandimento, ossia lo scavo in calotta, si può procedere alla costruzione del volto; ma il cantiere di questo lavoro dev'essere mantenuto almeno alla distanza di 250 metri da quello precedentemente indicato, onde conservare la voluta indipendenza fra le opere che in essi si compiono.

Alla ditanza di 250 a 300 metri dal precedente cantiere si apre una fossa, detta strozzo, la quale discende fino al suolo della galleria. Quest'escavazione ha larghezza di circa 3 metri, può essere attaccata in due siti e si può mantenere tagliata a scarpa o a gradinate onde poter per essa accedere alla parte superiore della galleria, qualora per questo scopo non vogliasi far uso di apposita rampa di legno, dalla quale si monta sopra uno dei due massi che restano a dritta ed a sinistra del cunicolo suddetto. Al Gottardo fu scavata una parte dello strozzo cogli ordinari procedimenti, ed una parte colle perforatrici.

A conveniente distanza dallo strozzo si abbattono i due massi e si procede alla costruzione dei piedritti; si scava dopo il cunicolo onde fra luogo al condotto per lo scolo delle acque. Dove la roccia presenta una fermezza a tutta prova si può far prima lo scavo dell'intera sezione, e passare

quindi alla costruzione del rivestimento, andando innanzi per anelli, incominciando dalle fondazioni dei piedritti e salendo fino alla chiave del volto.

Nelle Fig 114 e 115 sono rappresentate la sezione orizzontale e la sezione longitudinale nelle diverse fasi di lavoro; e nelle figure 116,117,118,119,120,121 si hanno le sezioni trasversali prodotte dai piani, le cui tracce orizzontale e verticali sono AB ed A'B', CD e C'D', EF e E'F', GH e G'H', IK e I'K', LM e L'M'. I binari speciali vanno fino alle fronti d'attacco dell'avanzata e del lavoro in calotta. Un quarto binario parte pure dalla fronte dello strozzo per raggiungere fuori dalla galleria il cantiere di deposito degli sterri. Molti vagonetti circolano su questi binari per condurre macchine, utensili e materiali ai cantieri di differenti lavori, e per esportare gli sterri fuori dalla galleria. I vagoni, che si trovano sui primi tre binari, sono generalmente messi in azione o da cavalli, mentre apposite locomotive ad aria compressa servono per la trazione degli altri di maggiori dimensioni.

Il signor Favre, assuntore dei lavori della Galleria del Gottardo, non ha voluto vincolarsi per quanto si riferisce al sistema delle perforatrici da adoperarsi, e, a ben ragione, ha mantenuto libero il campo agli utili perfezionamenti. Esigendo dai costruttori di perforatrici che i loro apparecchi risultassero di facile applicazione sugli affusti principali, destinati a riceverle, onde poterle contemporaneamente in azione, e di più, che il loro modo d'impegno fosse tanto facile e semplice da potersi in breve apprendere dai minatori, non tralasciò di far eseguire apposite esperienze sui differenti modelli che gli venivano presentati; e, dopo essersi servito sul principio dei lavori di alcune perforatrici Sommeiller già state adoperate al traforo del Frejus, venne successivamente impiegando quelle dei signori Dubois e Fracois, quelle anglo americane del signor Mc Kean, quelle del signor Ferroux ed ultimamente quelle del signor Turrettini.

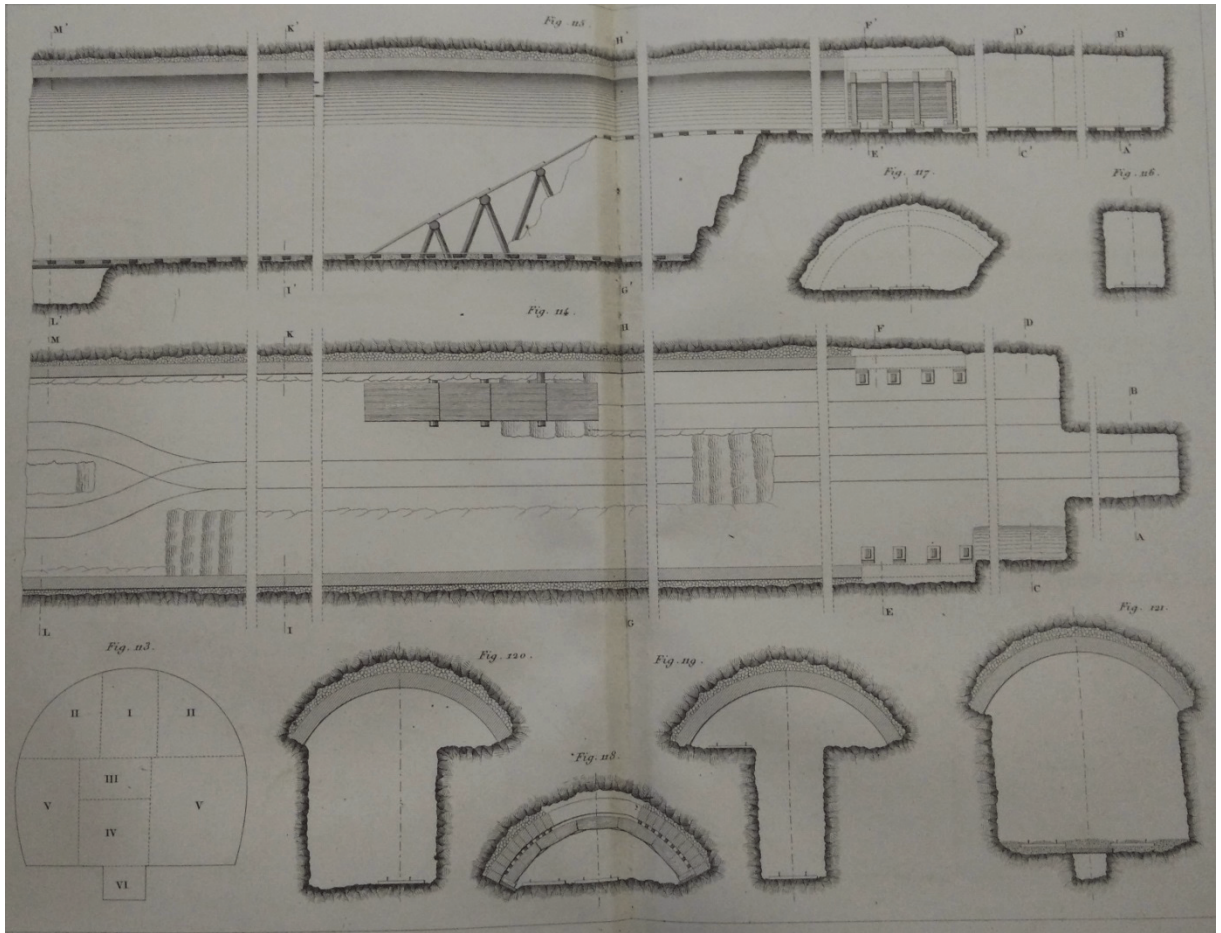
I fori da mina, fatti colle perforatrici, hanno generalmente la profondità di 1,10 metri; ed il numero di quello che si fanno sulla fronte d'attacco dell'avanzata, la qual fronte ha una superficie compresa fra metri quadrati 6 e metri quadrati 6,50, varia generalmente da sedici a ventisei, secondo la natura del terreno. Preparati i fori, si fa rinculare l'affusto da 60 ad 80 metri; si caricano coll dinamite; e si fanno esplodere le mine in due o tre tempi successivi. Si deve dopo procedere allo sgombrò dello sterro, e quest'operazione si fa a mano o con ceste. Per elevare i materiali che dall'esterno della galleria devono andare ai cantieri dell'avanzata e della calotta si fa uso di apposito monta carico situato dove incomincia lo strozzo, ed acui serve da motore una colonna d'acqua immagazzinata da una pompa mossa dall'aria compressa.

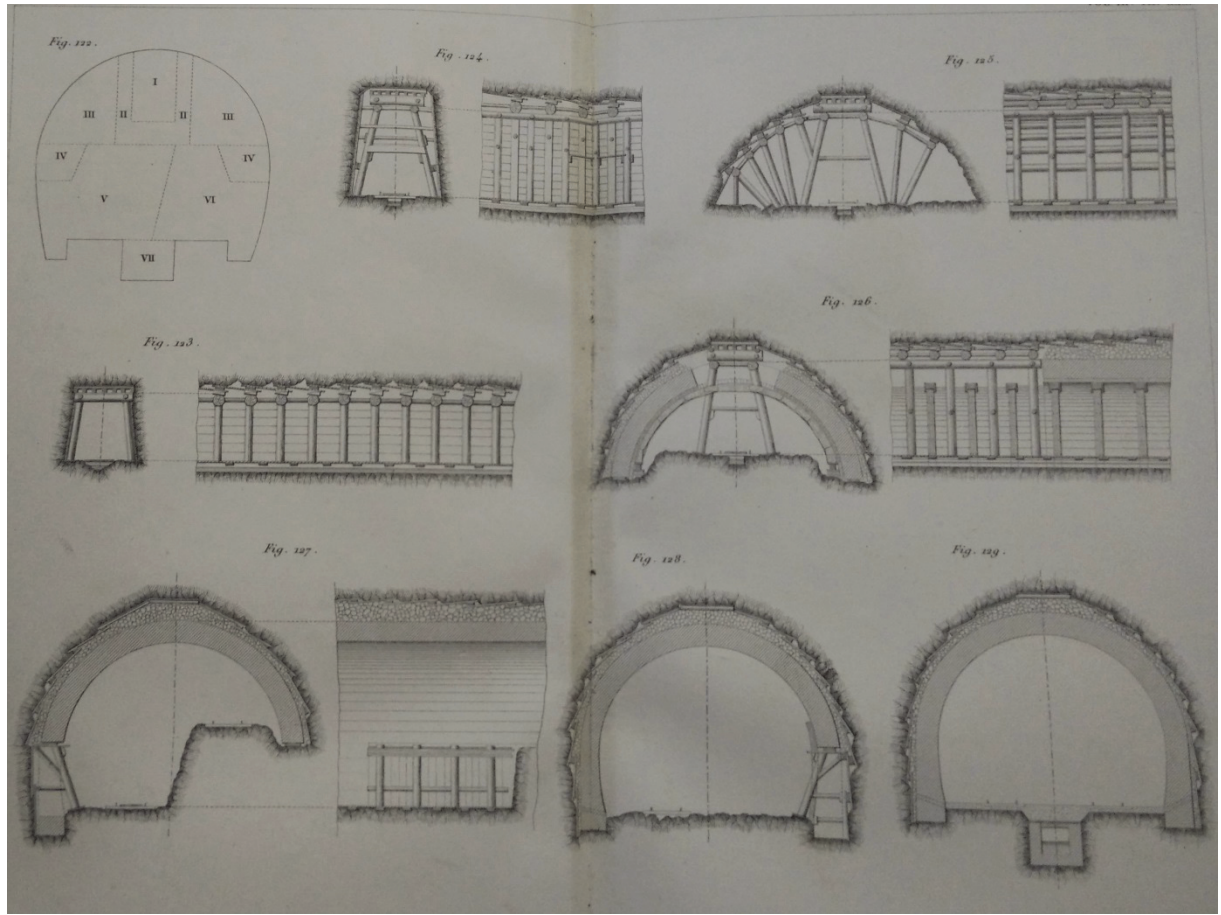
Per dar moto alle perforatrici e contemporaneamente ventiale in galleria, serve l'aria compressa portata da apposita condotta che dall'edificio dei compressori si estende fin presso la fronte d'attacco dell'avanzata. Questa condotta è fatta con tubi del diametro di metri 0,20 fin presso l'estremità dello strozzo; da questo punto fino all'ingrandimento in calotta il diametro dei tubi è di

metri 0,14 e, di metri 0,10 quelle dei tubi destinati a continuare la condotta fino all'avanzata. Le prese d'aria per mettere in azione le perforatrici sono stabilite sulle ultime due parti della condotta mediante tubi di caoutchouc col diametro di metri 0,05. Oltre queste prese d'aria, esistono lungo la condotta principale appositi rubinetti per la ventiazione in vicinanza dei cantieri di lavoro nell'interno della galleria.

Per somministrare l'aria compressa destinata a mettere in moto le perforatrici, ad alimentare le locomotive per i trasporti ed a ventilare, servono appositi compressori a pompa, stati ideati dal professor Colladon, posti in azione da turbini. Il signor Favre prese il partito di collocare presso ciascun imbocco un potente apparecchio aspiratore a campana.

Incontrandosi rocce con crepacci manifestanti indizi di facili scoscendimenti o terreni poco solidi atti a produrre pressioni laterali, la condotta del lavoro si modifica in modo da distinguere le sette principali fasi rappresentate in Fig 122. S'incomincia coll scavare l'avanzata I; si fa dopo l'ingrandimento II; in seguito si passa allo scavo in calotta abbattendo i massi laterali III; colle escavazioni IV si raggiunge il piano d'imposta del volto; si fa lo strozzo V e si eleva il piedritto corrispondente; si abbatte il masso VI e si costruisce l'altro piedritto; finalmente si passa all'escavazione VII nella quale si compie il canale di scolo. Queste sette fasi sono da Fig 123 a 129. Nelle prime cinque di queste figure si ha la sezione trasversale ed una porzione della sezione longitudinale nel lavoro che esse rappresentano; nelle altre due la sola sezione trasversale. Aggiungiamo ancora, che queste figure, e segnatamente le prime sei, rappresentano le disposizioni convenienti per il caso di terreni poco solidi, capaci di dar luogo a pressioni laterali che, nel caso di rocce con crepacci e facili a scoscendere, possono convenire disposizioni analoghe, salvo che ai tavolati continui, indicati nelle prime cinque figure, basterà costituire tavoloni e puntelli trattenuti dalle armature principali ed operanti sui massi, i quali minacciano o per i quali si teme rovina. Nella Fig 125 sono rappresentate, a sinistra la disposizione da adattarsi nel primo caso, ed a destra quella da seguirsi nel secondo caso.



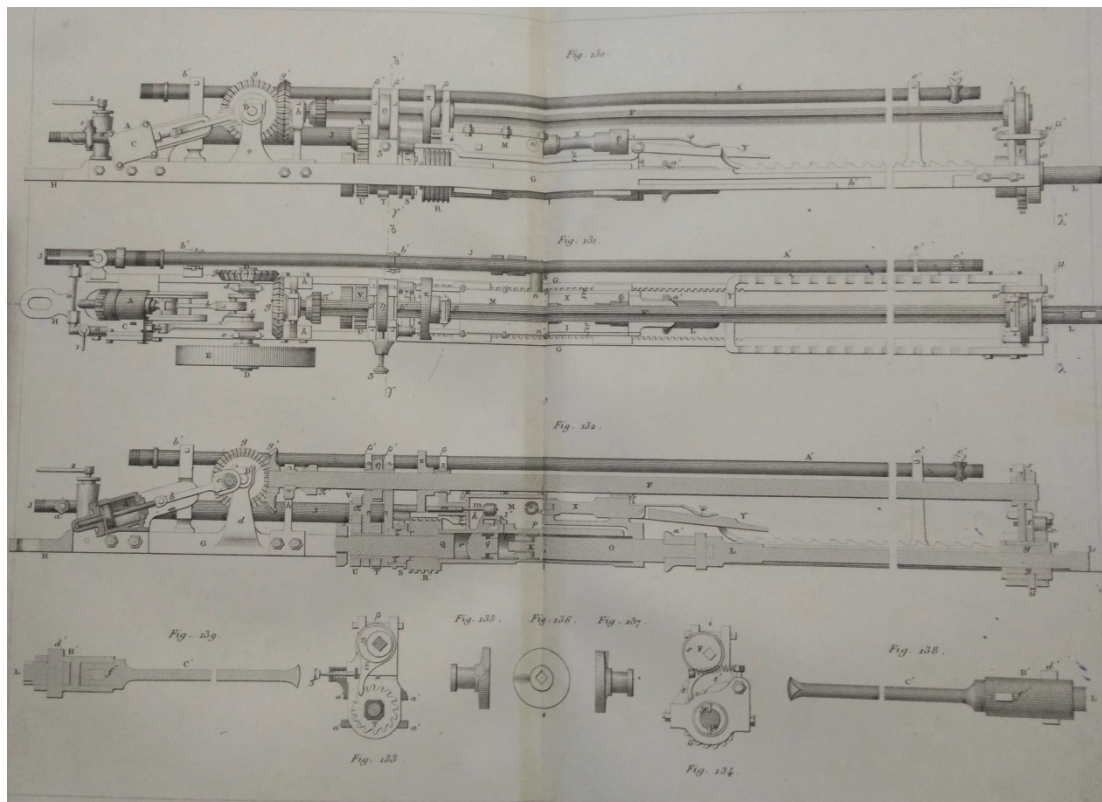


Osservazioni

I lavori, per le derivazioni necessarie ad ottenere la voluta quantità di forza motrice, furono fatti in condizioni affatto eccezionali, superando straordinari ostacoli principalmente verso l'imbocco sud, in località esposte a frane, a scoscendimenti, a valanghe e ad ogni sorta di quei disastri, a cui va incontro nelle più orridi regioni alpestri.

I lavori in galleria, principalmente dalla parte di Airolo, presentarono incidenti assai gravi. Grand variabilità nella formazioni da attraversarsi; numerosi crepacci, dai quali sortivano fango ed arene che rapidamente invadevano l'escavazione; e soprattutto infiltrazioni di un'abbondanza straordinaria. I getti d'acqua che si manifestarono alla volta e sui fianchi della parte sud della galleria, la quale non ha che un millesimo di pendenza, per ben diciotto mesi trasformarono l'avanzamento, l'ingrandimento e lo strozzo in un vero canale, sul fondo del quale era imperiosa necessità cercare gli sterri, collocare e mantenere i binari di circolazione e lavorare per le escavazioni inferiori.

Nonostante questi ostacoli, i lavori subirono qualche rallentamento ma non furono mai interrotti. che anzi procedendo assai celermente l'avanzamento medio giornaliero era poco maggiore dei 7 metri.



Elevazione di fianco della perforatrice Sommeiller, con proiezione orizzontale, sezione longitudinale secondo l'asse delle perforazione e sezione trasversale

Conclusioni

Attraverso la sperimentazione delle nuove macchine perforatrici e l'applicazione di tecniche di scavo come precedentemente descritto, la Galleria del S Gottardo ,così come la Galleria del Frejus precedentemente, può essere considerata una grandissima opera che racchiude le conoscenze e le scoperte tecnologiche dei primi 50 anni di strade ferrate.

Nell'archivio Prosche dell'Archiginnasio di Bologna erano presenti alcuni disegni di sezione probabilmente perchè ci fu una mobilitazione tecnica e critica da parte di tutti gli ingegneri europei compreso lo stesso progettista della Porrettana. La galleria del Gottardo, elicoidale, lunga 15 km ad un'altezza di 1150m sul livello del mare è la massima aspirazione a cui la locomotiva a vapore poteva aspirare a livello tecnico, geotecnico e di tecnologie meccaniche, ma per quanto così ardimentosa, ha avuto l'insegnamento necessario per la sua costruzione attraverso l'aiuto di ciò che era avvenuto più di 15 anni prima nel tratto Toscano e nei tratti austriaci transalpini come come quello del Semmering.

Inoltre per quanto riguarda le più numerose scelte di escavazione e di costruzione delle gallerie che si sono sviluppate in quegli anni, in particolare le 3 di attacco in calotta, a sezione intera e ad attacco in cunetta il Curioni conclude che :” in ogni caso particolare conviene seguire, nulla si può stabilire di assoluto e , attenendoci letteralmente al consiglio che da il distinto signor Ingegner Lanino, diremo:< Sarebbe difficile precisare il limite in cui il cambiamento di metodo può essere vantaggioso. Avviene qui come in ogni azione umana, che il miglior sistema è quello di non essere sistematici>”

Capitolo 8: Storia della Porrettana dopo la costruzione. Problemi di fine 800 con planimetrie. Elettrificazione del 1927. Approfondimento sui viadotti del tratto Pracchia-Pistoia.

Le gallerie erano 46 (diventeranno in seguito 49); seconda per lunghezza, dopo quella dell'Appennino, era la galleria di Piteccio, lunga solo 1.749 metri ma molto faticosa perchè disegnata quasi completamente in curva e controcurva e con gli imbocchi posti sullo stesso versante. I fumi tendevano a ristagnare, creando gravi disagi ai macchinisti, e il problema rimase quando quella galleria venne spezzata creandone tre. Il macchinista doveva regolare attentamente il vapore per non rischiare di arrestarsi per mancanza di pressione, e con una mano si proteggeva la respirazione tenendosi degli stracci bagnati davanti al viso; intanto il fuochista doveva, magari, spalare carbone per alimentare il fuoco, cercando di lavorare in apnea. All'uscita della galleria stazionavano due agenti, che erano pronti a saltare sul treno in corsa, per fermarlo in caso di malore del personale di macchina.

Nell'ambito delle numerose pubblicazioni con cui, sul finire dell'800, l'amministrazione delle Meridionali volle illustrare i provvedimenti adottati per un continuo miglioramento dell'esercizio, vogliamo ricordare le note ed osservazioni concernenti le rotaie d'acciaio, una monografia edita nel 1896 in cui venivano analizzate le rotture di rotaie riscontrate dal 1 luglio 1885 al 30 novembre 1896 su 3725 chilometri di binari della Società.

Ebbene, su 786 casi di rotture riscontrati, ben 53, pari al 6,7%, ebbero luogo su una tratta di soli 1,7 km rappresentata dalla galleria di Piteccio, una vera e propria "distruttrice" di rotaie. Questo tunnel infatti, con una pendenza costante del 22,76 per mille e con curve di 300 metri di raggio, causa il persistente ristagno di umidità al suo interno che ne aggravava la marcia delle locomotive con ricorrenti slittamenti, rappresentava il vero problema di tutta la linea Pistoia-Bologna che sarà risolto soltanto alcuni anni più tardi, anche se in maniera parziale, con l'adozione del ventiatore Saccardo.

Una tale pendenza in galleria era infatti equiparabile, secondo le valutazioni del tempo, ad una livelletta del 30 per mille a cielo aperto: fu per questo motivo che su tale tratto la media annua delle rotture di rotaie toccava vertici del 24 per mille contro una media, per esempio a Firenze-Roma dello 0,3 per mille.

Le controindicazioni per i tratti più pericolosi furono i binari di salvamento. Introdotti intorno agli Anni 80 dell'800 nel tratto montano (ne erano fornite le stazioni di Molino del Pallone, Corbezzoli, Piteccio e Vajoni), la Società per le Strade Ferrate Meridionali aveva disposto che in ogni stazione

che ne fosse munita, per qualunque treno discendente in arrivo, lo scambio a valle dell'impianto dovesse essere disposto per l'instradamento verso il binario di sicurezza, la "montagnola" come usavano definirla i macchinisti a vapore. Tali binari, sfruttando le naturali asperità orografiche della montagna, si prolungavano con contropendenza sempre crescente per alcune centinaia di metri per poi avere termine contro massicci paraurti di pietra: il tratto terminale era poi dotato di rotaie (dotate di controrotaie) affogate in uno strato di sabbia fino a 15-20 cm di spessore. Nel primo dopoguerra tali terminali furono fatti precedere, ad una decina di metri di distanza, da paraurti realizzati con traverse dismesse e colmati di terriccio all'interno per poter meglio attutire la forza d'urto di eventuali convogli senza più controllo.



Galleria di Corbezzi: ai lati le gallerie dei binari di salvamento e sicurezza

Oltre a quelli di salvamento, la linea disponeva di binari detti di lancio, di retrocessione o di fermata, e di ricovero. La stazione del tratto appenninico più impegnativa- e più temuta- per oltre 60 anni, fino al 1927, era quella di Corbezzi, crata dalla S.F.A.I. nel 1882 insieme a quelle di Molino del Pallone (1880) e Vaioni (1883) per consentire un più agevole incrocio dei convogli: essa infatti era delimitata da ben 6 gallerie, 3 per lato, di cui le prime, lato monte, entrambe a fondo cieco. L'incrocio tra convogli di notevole lunghezza a Corbezzi rappresentò per decenni, per i macchinisti a vapore, una temuta eventualità per il duplice motivo sia della mancanza di visuale sulla coda del convoglio sia per la difficile e pericolosa permanenza in attesa dell'incrocio all'interno della galleria cieca.

Ma il vero timore dei macchinisti porrettani relativamente a Corbezzi, era la possibilità di una prolungata sosta all'interno del tunnel di fermata (per la locomotiva di testa) od in quello di lancio (sul lato sud, per la locomotiva di spinta) per i convogli in salita: i due trafori infatti, essendo entrambi a fondo cieco, non consentivano un regolare ricambio dell'aria benchè uno di essi, quello di fermata , sul lato nord della stazione, fosse già stato dotato fin dall'epoca della sua costruzione, nel 1882, di un pozzo di ventilazione seppur di sezione ridotta rispetto a quelli normalmente presenti lungo la linea, pozzo ubicato al termine della galleria stessa.

Nel 1904, ancora sotto la gestione adriatica, a seguito dell'insufficiente smaltimento dei fumi delle sempre più frequenti macchine in sosta all'interno delle due gallerie in questione, venne adottato il provvedimento di allargare il diametro del pozzo già esistente al termine della galleria di retrocessione e di crearne un altro simile all'estremità del tunnel di lancio. Tali pozzi non sono oggi più visibili essendo stati distrutti dai genieri tedeschi dell'estate del 44 insieme alle altre 4 gallerie della stazione di Corbezzi.

L'elettrificazione della ferrovia Porrettana

Le Ferrovie dello Stato sentirono prime fra le consorelle d'Europa la necessità di sostituire la trazione a vapore con l'elettrotrazione ed alla fine del 1926 contavano già un migliaio di Km di rete elettrificata. Così anche la stessa Porrettana fu elettrificata. L'alimentazione della Bologna-Pistoia fu assicurata sia tramite la centrale di Pavana che da quella di Suviana sia inoltre con l'energia trasportata con due linee primarie da 60 Kv. Da tutte le altre centrali del Piemonte, Liguria e Toscana, sia infine con la conversione dell'energia a 42 periodi che giungeva a Bologna dalle centrali idroelettriche della Lombardia e del Veneto. Altra energia inoltre pervenne con le primarie a 60 Kv. Vaioni- Torre del Lago e Genova- La Spezia-Livorno.

Le sottostazioni di trasformazione da 60 Kv a 4 Kv furono sette e cioè Bologna ,Sasso , Vergato, Bagni della Porretta ,Pracchia, Vaioni e Rifredi. Nella sottostazione di Bologna erano installati tre gruppi rotanti con alternatori da 8000 K.V.A. ciascuno e relativi tre gruppi di trasformatori – elevatori da 4 a 60 Kv.

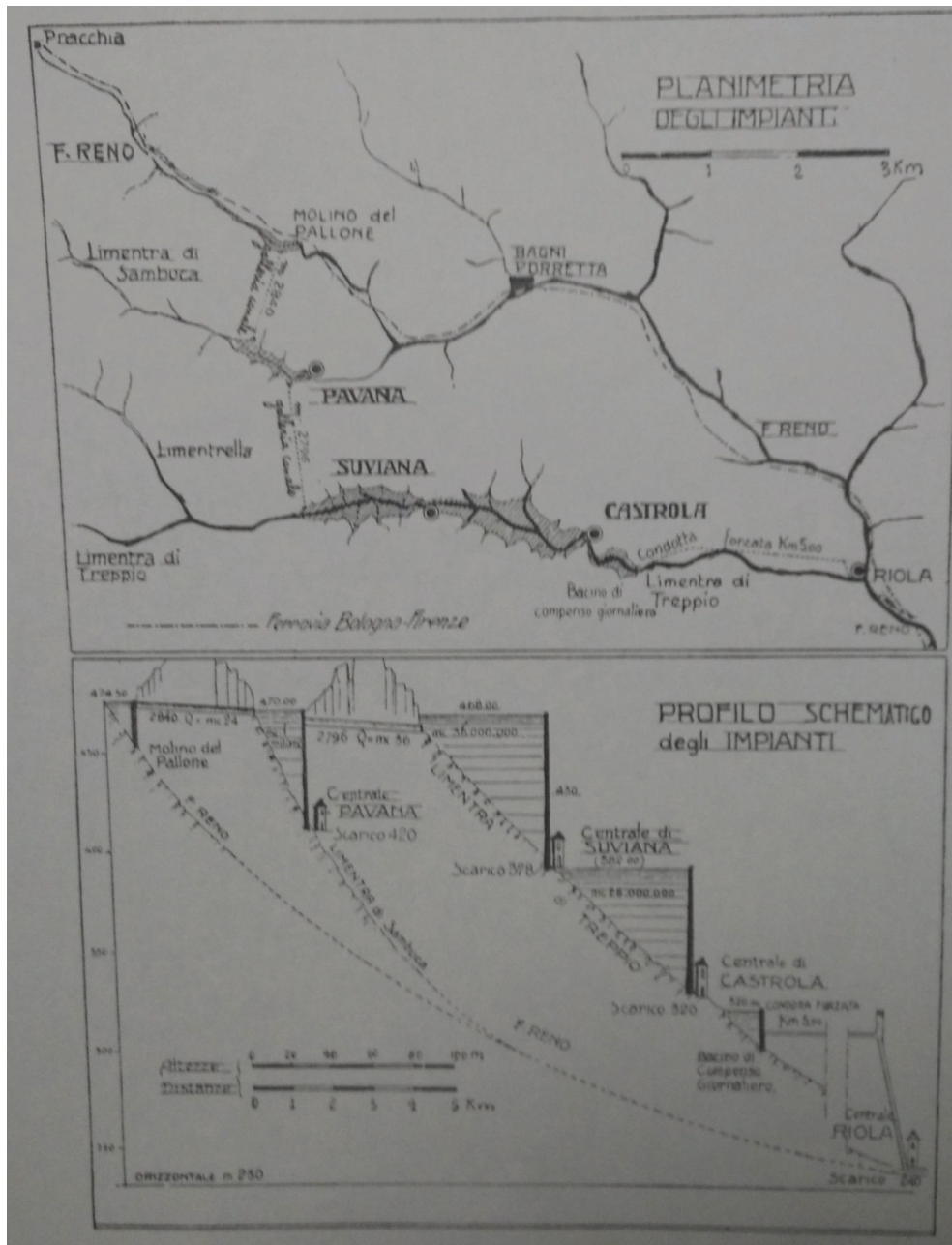
La linea inoltre disponeva di 4 cabine di sezionamento delle linee a 4 Kv. Dislocate a Riola, Piteccio ; Sesto Fiorentino e Firenze. Il 10 aprile 1927, quasi in concomitanza ma in definitiva agevolato dall'elettrificazione della Porrettana per la presenza di un doppio circuito telefonico di servizio, venne sperimentato per la prima volta su una linea F.S. il sistema di esercizio con Dirigente Centrale che riassumeva in sé le funzioni di coordinamento e controllo della circolazione

sulla linea; visti gli ottimi risultati conseguiti , dopo pochi mesi ne venne decisa l'applicazione sulla direttissima Roma- Formia.

L'elettrificazione comportò un forte riassorbimento del carico di traffico, specialmente merci, che ormai da diversi anni, causa la saturazione della Porrettana a vapore, era stato deviato lungo la Faentina con oneri tuttavia assai maggiori. Grazie al nuovo tipo di trazione la Porrettana poté passare da un traffico annuale di 180.000 veicoli ai 320.000, raddoppiando sostanzialmente la propria potenzialità. Minori vincoli nella circolazione dei convogli, eliminazione dei tempi morti per lo smaltimento dei fumi, soppressione dei ventilatori agli imbocchi delle gallerie di Piteccio, Signorino ed Appennino, maggiori potenze (pressochè doppie) delle nuove motrici elettriche che evitavano il ricorso alla doppia trazione portarono letteralmente un'aria nuova nell'esercizio della linea.

Ma furono soprattutto i macchinisti a beneficiare di un tale progresso non correndo il rischio di svenimenti od asfissia all'interno delle non più pericolose gallerie finalmente sgombre di fumo. All'improvviso, a partire dal 28 ottobre 1927, ventilatori, pozzi di ventilazione, risuonatori acustici nelle gallerie , colonnine idrauliche.. divennero obsoleti, appartenevano ad un'altra epoca.

Però pochi anni più tardi, il 22 aprile 1934 fu aperta la vicina "Direttissima" Bologna- Prato; da quel momento la Porrettana non visse più quel traffico caotico di uomini e mezzi che per decenni l'aveva vista protagonista

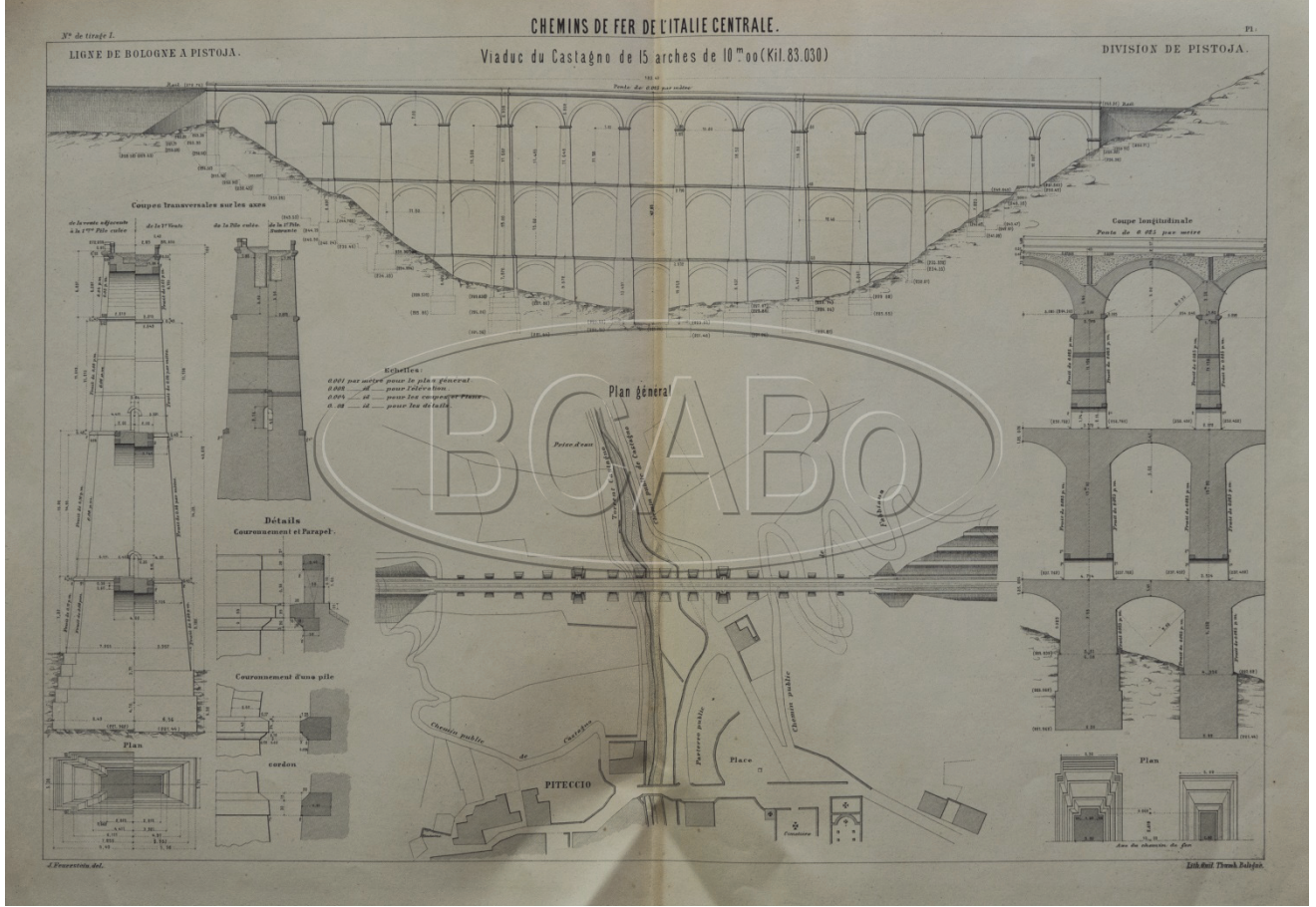
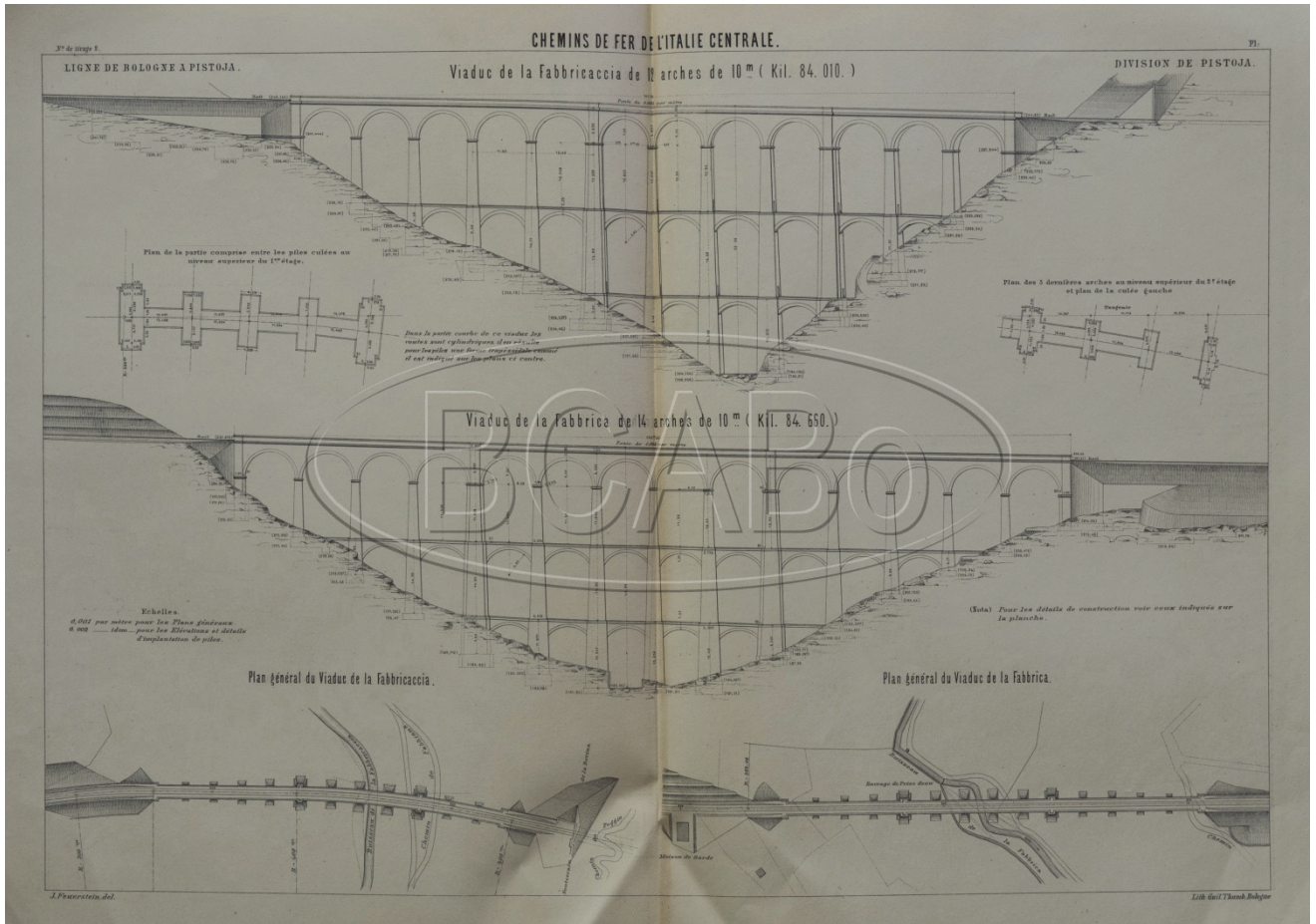


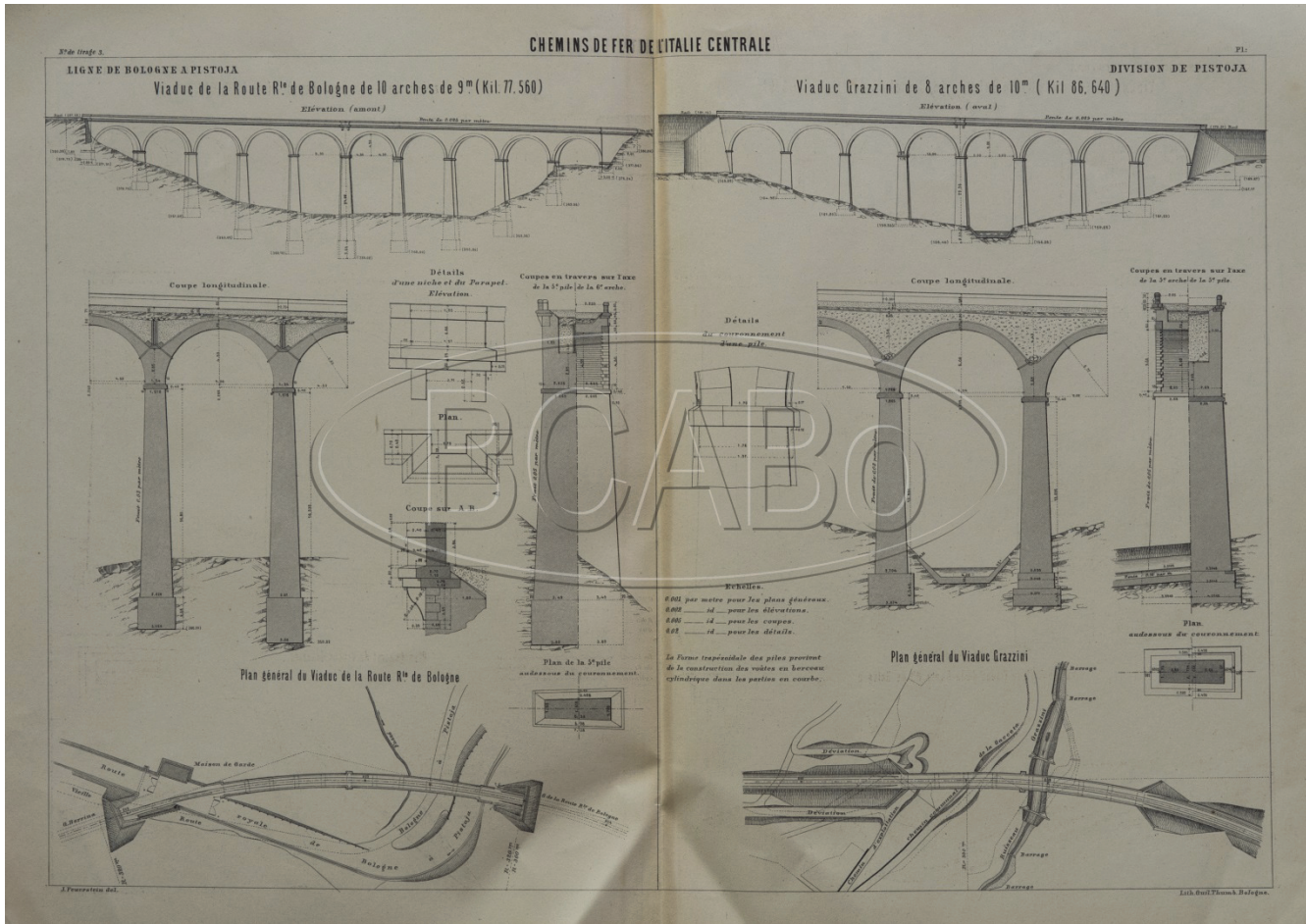
Viadotti del tratto Pracchia – Pistoia

I grandi viadotti progettati e costruiti dall'Ingegnere Protsche e dai suoi collaboratori nel tratto Pracchia-Pistoia erano 6 : dell'Ombrone, delle Svolte o Route Royal Bolognese, del Piteccio , di Fabbriacchia, di Fabbria e di Grazzini di cui alcuni in curva.

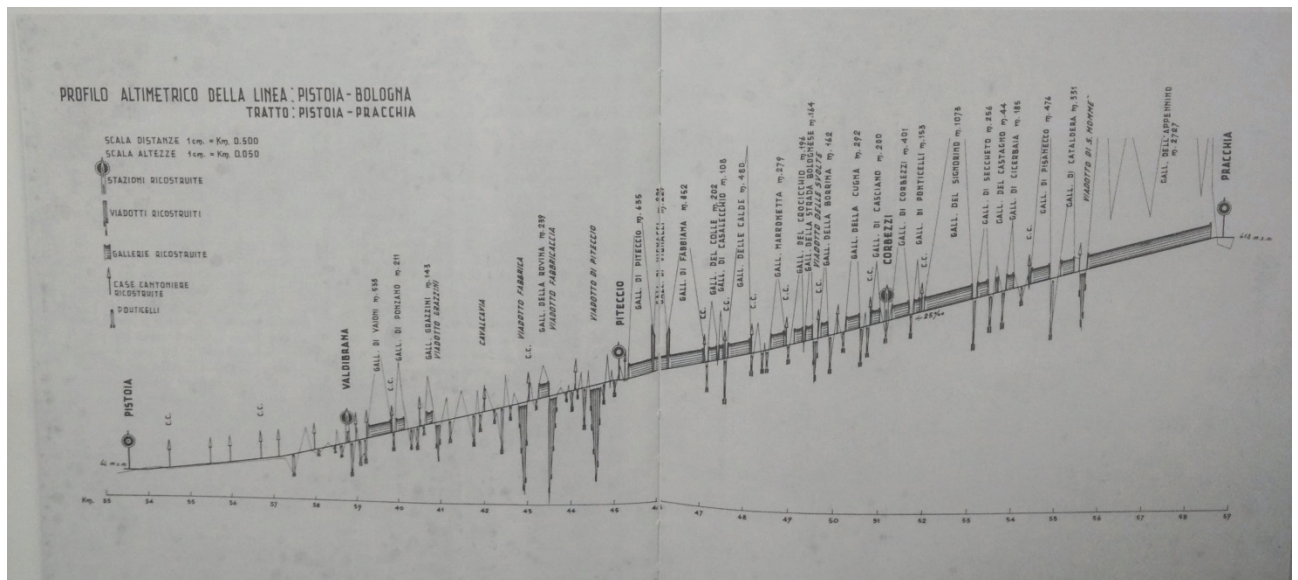
Nel 1882 la galleria di Piteccio fu divisa in tre tronchi tramite l'apertura delle due spettacolari trincee di Vignacci e del fosso di Castagno, elevando così di due il numero complessivo dei tronchi di galleria; i due nuovi tunnel si chiamano Fabbiana e Vignacci.

Per quanto riguarda i viadotti quindi il viadotto del Piteccio diventò anche quello del Castagno per l'omonima suddivisione del tratto.





Capitolo 9: Ricostruzione dopo la seconda guerra mondiale. Situazione della Porrettana al giorno d'oggi. Differenze con il 1864. Progetto di gallerie di fine 800 e differenza coi progetti attuali.



Davanti alle imponenti rovine, alla distruzione pressochè completa, il problema della Porrettana si presentava di una gravità momentaneamente insolubile; la sua ricostruzione ,specie nel quadro generale della ricostruzione ferroviaria, sembrava dovesse essere posta in secondo piano; la molto diminuita sua importanza come linea di grande traffico dopo l'apertura della Direttissima Bologna-Firenze, che ne aveva totalmente assorbito tale funzione, l'aveva fatta mettere in disparte, per cui il suo ufficio era ormai ridotto a linea secondaria di traffico locale. Fino al dicembre 1945 non si parlò della sua ricostruzione, la quale se era nel desiderio di tutti altrettanto sembrava lontana dalla sua realizzazione.

Ma in poco più di un anno, in 14 mesi esattamente ,sono state superate tutte le difficoltà, sono stati compiuti tutti i lavori necessari, sono stati riorganizzati tutti i servizi : la Ferrovia ha riallacciato Pracchia a Bologna. Eppure il lavoro compiuto in così breve tempo è stato notevolissimo : basti pensare che si son dovuti rimuovere ed asportare 2.120.000 Kg di travate metalliche distrutte ; che si sono dovuti demolire 26.868 mc. di murature perchè inutilizzabili o pericolanti; che si sono dovute scavare 41.663 mc. Di materie per rintracciare fondazioni o predisporre di nuove; che si sono dovuti impiegare 26.286 mc. Di conglomerato cementizio di vario genere per getti di fondazione, di pile, di volti o per opere in cemento armato ; che si sono dovuti costruire 31.273 metri cubi di murature varie per spalle ,pile, volti, fabbricati in genere ; che si sono dovuti impiegare 403.700 Kg

di ferro per opere in cemento armato ed accessorie; che si sono dovuti porre in opera 1393 metri cubi di pietra da taglio per paramenti di faccie viste di pile, archi, gallerie, opere di finimento; che si sono dovuti impiegare per il solo binario 35.000 metri cubi di ghiaia per massicciata, 2200 metri cubi di legnami di vario tipo ; 2523000 Kg di acciaio; con un movimento di 21933 metri cubi di sabbia, 22 812 metri cubi di ghiaia, 28 736 metri cubi di pietrame .

Nell'esecuzione dei lavori è stato seguito il criterio pratico di adeguarli alla situazione ed alle possibilità contingenti; così le opere d'arte che erano in muratura sono state rifatte mantenendone per quanto possibile la medesima struttura, solamente i volti ed in qualche caso le pile sono stati rifatti pressochè tutti in conglomerato cementizio sia per esigenze tecniche che per difficoltà di approvvigionamento tanto dei mattoni quanto del pietrame; così alle travate metalliche vennero sostituite (tranne che per il ponte delle Casette in cui non fu possibile conciliare la luce da mantenersi libera colle esigenze planimetriche) travate in cemento armato, risolvendo il problema delle luci.

Il tratto Pracchia- Bologna, dove le opere d'arte importanti da ricostruire erano meno numerose e dove le gallerie non risultarono molto danneggiate, si è potuto riattivare il 5 ottobre 1947.

Il tratto Pistoia-Pracchia verrà riaperto all'esercizio nel maggio 1949. Per il ripristino della sede sono stati eseguiti i lavori di ricostruzione delle seguenti opere:

- 24 gallerie ; ricostruite parzialmente o per intero per complessivi 4000 metri;
- 6 ponti e viadotti di notevole altezza per una lunghezza complessiva di 850 metri;
- 3 fabbricati viaggiatori e 19 case cantoniere per un numero complessivo di 200 vani;
- 27 km di binario

I lavori di ripristino suddivisi in tredici lotti di appalto, oltre l'armamento, vennero iniziati nell'agosto 1946.

Primo lotto

Ricostruzione delle gallerie di Vaioni, Ponzano ,Grazzini. La galleria di Vaioni già ricostruita si è dovuta rinforzare a causa di un movimento franoso a largo raggio del terreno sovrastante, il quale minacciava la chiusura della galleria stessa.



Fig. 6. - Galleria di Ponzano : imbocco sud : inizio lavori.

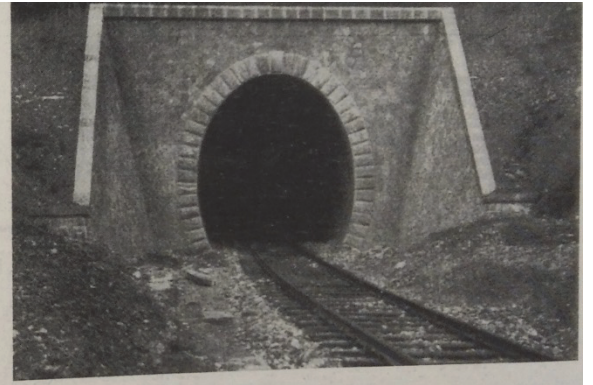


Fig. 7. - Galleria di Ponzano : imbocco sud : ricostruito.

Secondo lotto

Ricostruzione delle gallerie di Piteccio e della Rovina. La galleria della Rovina è stata ricostruita a sagoma speciale data la particolare ubicazione a mezza costa su terreno di natura argillosa in movimento.

Fig. 11. - Galleria della Rovina:
imbocco sud ricostruito.

Terzo lotto

Ricostruzione delle gallerie di corsa di Casciano, di Corbezzi, di Ponticelli, del Signorino e di sicurezza, lancio, fermata e ricovero in stazione di Corbezzi.

Nella galleria del Signorino, l'ostruzione per circa trecento metri di essa ha causato il ristagno a monte di una massa d'acqua che ha reso particolarmente pericoloso il lavoro.

La galleria di Ponticelli è stata ricostruita ex novo a sagome speciale per la natura del terreno che aveva causato dissesti alle murature anche nel tempo prebellico.



Fig. 12. - Galleria di corsa di Corbezzi: centinatura del volto.

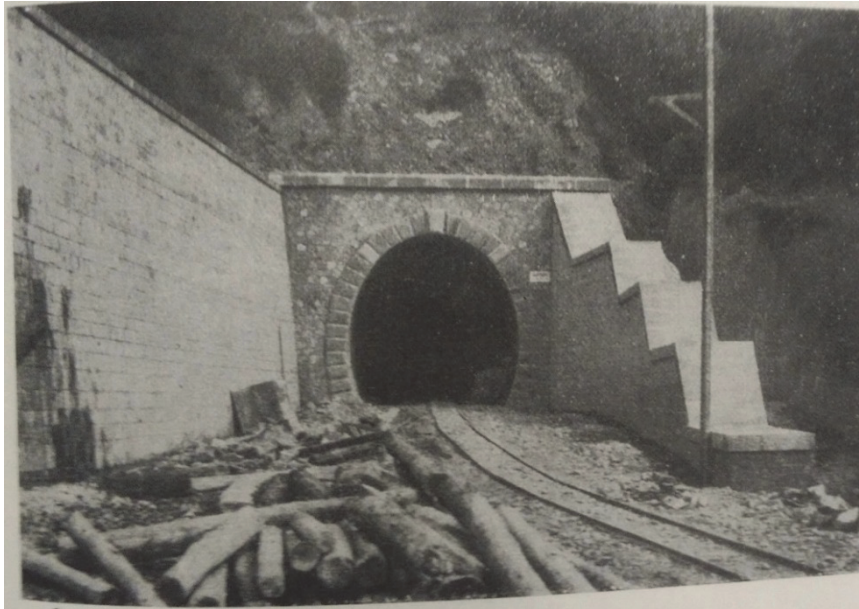


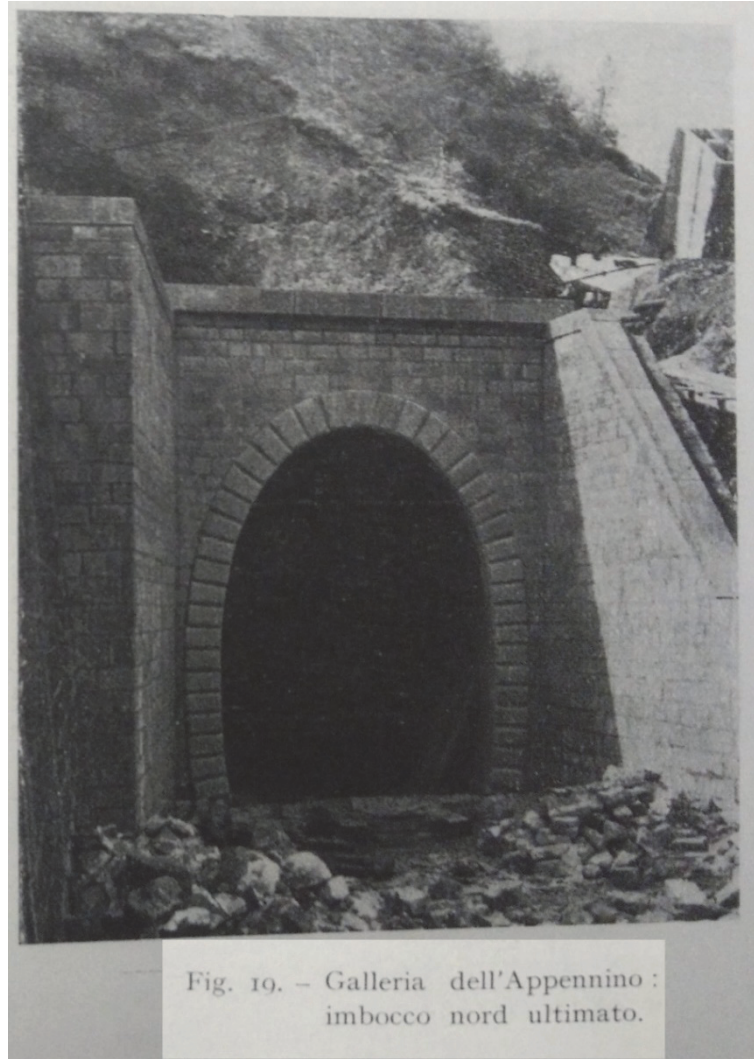
Fig. 16. - Galleria del Signorino: imbocco sud ricostruito.



Fig. 17. - Galleria di corsa e di ricovero di Corbezzi. Inizio lavori.

Quarto lotto

Ricostruzione imbocco nord della galleria dell'Appennino.

*Quinto lotto*

Ricostruzione delle gallerie di Fabiana Colle, Casaleccio e Le Calde. Particolare difficoltà ha presentato la ricostruzione della galleria del Colle ove il terreno sorostante fortemente turbato nell'equilibrio dalle esplosioni, ha costretto ad eseguire difficili e onerosi rinforzi ai rivestimenti in muratura. Per l'esecuzione dei lavori di questo lotto si è resa necessaria la costruzione di apposita strada di accesso dalla strada nazionale bolognese per una lunghezza di 3 km.



Fig. 20. - Galleria di Fabiana : imbocco nord prima di iniziare i lavori.

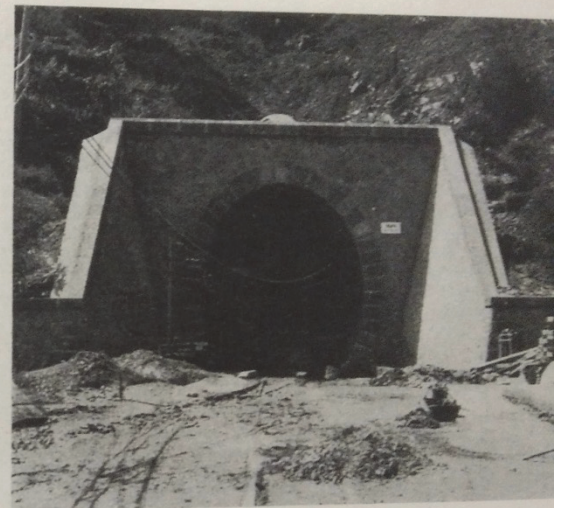


Fig. 21 - Galleria di Fabiana : imbocco nord a lavori ultimati.

Sesto lotto

Ricostruzione delle gallerie di Marroneta, Crocicchio, Bolognese, Borrina, La Cugna e del viadotto delle Svolte a 10 archi di 9 metri di luce con un'altezza massima di metri 19. Anche la ricostruzione delle gallerie del Crocicchio e Bolognese ha presentato notevoli difficoltà a cause dei massi ciclopici in confusione caotica che le ostruivano e che le sovrastavano, la cui rimozione, demolizione e puntellamento ha richiesto accorgimenti lunghi e laboriosi per ridurre al minimo la pericolosità del lavoro.

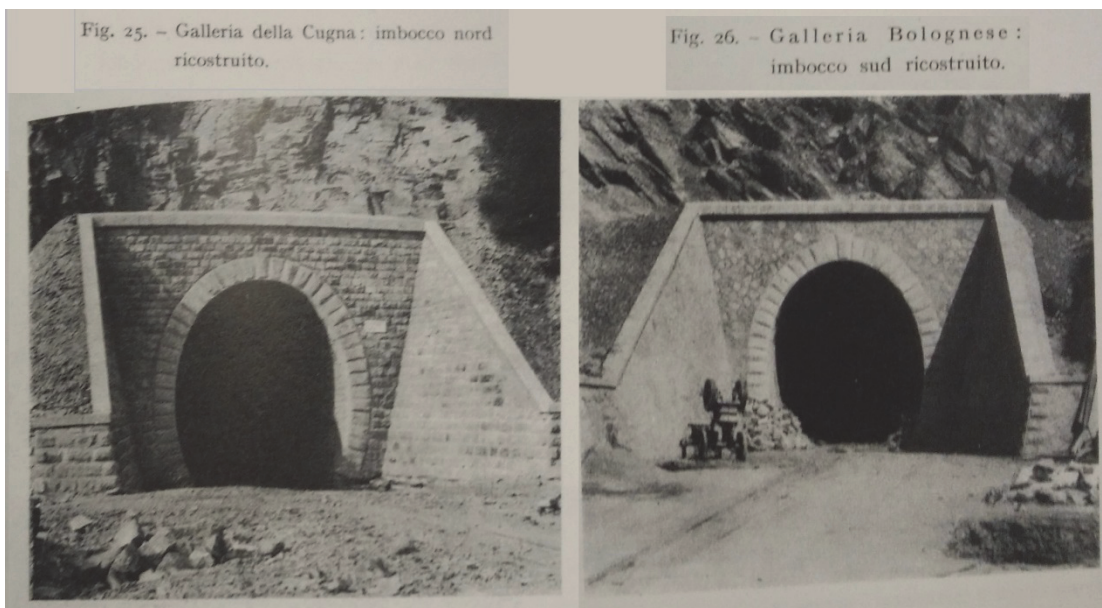


Fig. 25. - Galleria della Cugna : imbocco nord ricostruito.

Fig. 26. - Galleria Bolognese : imbocco sud ricostruito.

Settimo ed Ottavo lotto

Ricostruzione dei viadotti di Grazzini, Fabbrica, Fabbricaccia e Castagno (Piteccio).

I tre viadotti di Fabbrica, Fabbricaccia e Castagno che, con le altezze del piano del ferro dal fondo valle di metri 45, 50 e 47 rispettivamente, sono ancora oggi tra i più alti d'Italia, erano costruiti precedentemente in muratura di pietrame su tre ordini massicci di archi della luce di 10 metri con pile-spalle intermedie.

Essi sono stati ricostruiti in calcestruzzo non armato su di un solo ordine di archi di metri 21,40 di luce. Una minima quantità di ferro è stata impiegata per l'armatura di corsi di spianamento, crati nelle pile ogni 10 metri di altezza, e per una leggerissima armatura nei punti critici degli archi.

Queste nuove costruzioni sono state progettate seguendo uno stretto principio di economia e con i moderni criteri di calcolo secondo i quali sono da considerare superflui i contrasi intermedi delle pile.

Lo spessore dei volti è di un metro in chiave e di metri 1,5 all'imposta.

È da notare in particolare che la ricostruzione delle opere suddette è avvenuta con sistemi moderni che hanno consentito la eliminazione dei ponteggi. Anche la centinatura degli archi è stata eseguita senza bisogno di ponteggi, conentine leggere di metallo e di legno poggianti su mensole. Ciò è stato possibile dato il sistema adottato di costruire gli archi per rotoli.

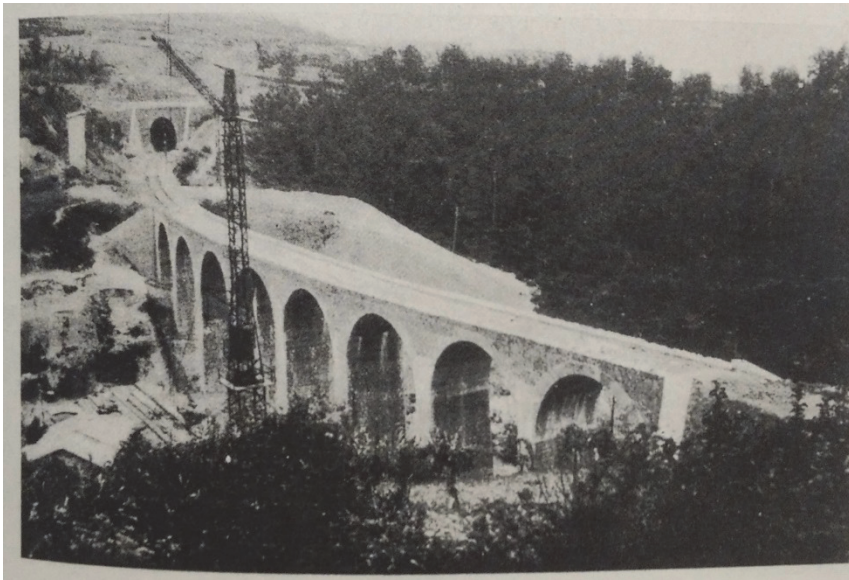


Fig. 30. - Viadotto di Grazzini: l'opera ricostruita.

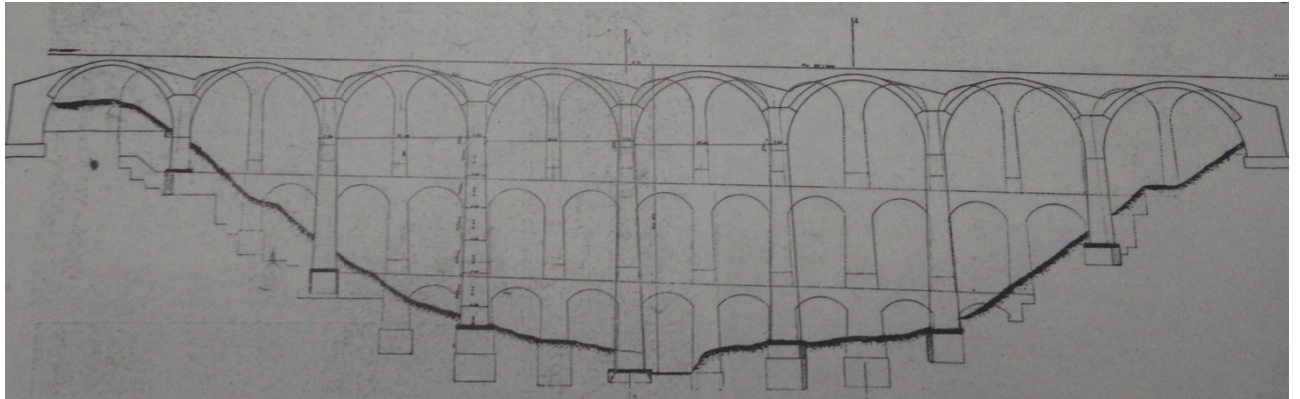


Fig. 31. - Viadotto di Piteccio : confronto fra il progetto dell'Ing. Protche e il nuovo progetto.



Fig. 34. - Viadotto Fabbrica : centinatura degli archi.

Nono lotto

Ricostruzione dei fabbricati viaggiatori di San Mommè e di Valdibrana e delle Case Cantoniere per un numero di 150 vani.

Decimo lotto

Ricostruzione del fabbricato viaggiatori di Corbezzi , del fabbricato alloggi in stazione di Corbezzi e di due Case Cantoniere tra le gallerie di Casciano e del Signorino per un numero di 150 vani.

La stazione di Corbezzi, il cui piazzale è trattenuto a mezza costa da un poderoso muro di sostegno, è forse l'unica stazione al mondo dove si affacciano sei gallerie: quelle di corsa di Corbezzi e di Casciano e quelle dei binari di sicurezza, di lancio, di fermata e di ricovero.

Capitolo 10. Conclusioni sulle opere della ferrovia Porrettana nel tratto Pracchia-Pistoia.

Abbiamo studiato , per capire a fondo le ragioni per cui è nata la ferrovia Porrettana, la situazione sociale e politica dell'Europa della metà dell'800 in particolare in quel territorio che diventerà l'Italia unita e alla base vi è il ruolo del constructeur e dell'eredità illuministica francese che ha influenzato il Regno Sabauda e il metodo di studio e di pratica costruttiva dell'età moderna. A livello socio politico ed economico la Porrettana nasceva come una linea di estrema importanza per collegare il Nord e il Sud della nascente monarchia, e prima ancora per collegare i vari Stati presenti per commercio e per scambi economici.

Quindi ci siamo addentrati nei metodi stessi di insegnamento e di conoscenze delle pratiche Ingegneristiche di quell'epoca attraverso i testi di Giovanni Curioni per capire effettivamente quali erano i metodi di progettualità e come nascevano opere in galleria di importanza così fondamentale per l'epoca. In questo caso la Porrettana utilizza numerosi accorgimenti tecnici, anche innovativi, come l'attacco in cunetta o le perforatrici di ultima generazione (in particolare la perforatrice Girard) che la porta in primo piano tra le opere di quel secolo anche per l'estrema difficoltà del percorso attraverso l'Appennino. La galleria elicoidale del Piteccio con una curva molto stretta rispetto a tutte le ferrovie precedenti ne è l'esempio lampante.

Attraverso la contestualizzazione della Porrettana con Opere ferroviarie simili e di legame strategico con essa (Semmering e Giovi 10 anni prima, e San Gottardo 15 anni dopo) abbiamo cercato di verificare l'importanza della linea in questione sia a livello socio economico ma soprattutto a livello tecnico Ingegneristico. In questo caso la Porrettana si trova nel momento di crescita tecnica e progettuale maggiore e può essere considerata pionieristica per le difficoltà incontrate e le soluzioni trovate. Solo dopo 15 anni infatti le gallerie alpine trovano soluzioni più efficaci a livello tecnico, anche grazie all'esperienza data dal tratto Appenninico in questione , oltre che a un livello tecnologico più avanzato.

Si è riscontrato una mancanza di effettivi disegni tecnici e soprattutto esecutivi nell'archivio dell'Archiginnasio dove erano presenti la maggior parte di scritti del Protche. Probabilmente il metodo del "constructeur" era di essere presente attraverso tecnici fidati sempre sul posto che cambiavano e ricalcolavano le parti difficili dell'opera sul momento. Non vi è ancora quindi la cultura del progetto tecnico, ma vi è ancora un passaggio tra il costruttore effettivo e il puro Ingegnere teorico del 900. A fine 800 l'esperto ricopriva ancora entrambi i ruoli.

Posso quindi concludere che la Porrettana può essere considerata un'esperimento tecnico riuscito, anche se con alcuni problemi riscontrati negli anni successivi, e può essere considerata come effettivamente un'occasione di aggiornamento della cultura Ingegneristica italiana rispetto a una situazione che vedeva le grandi potenze europee, come Inghilterra, Austria e Francia avanti a livello tecnico, e attraverso quest'opera arrivò un afflusso di studenti e un cambiamento di metodo di pensiero ingegneristico che ha effettivamente fatto fare un salto di qualità alle principali Università italiane dell'epoca, come Milano, Torino e in seguito , anche grazie alla Porrettana ,a Bologna, dove si concludeva la corsa della ferrovia Porrettana.

Bibliografia.

Andrea Maglio, Il constructor: la tradizione ingegneristica francese del XIX secolo nella storiografia architettonica del Novecento, Atti del 2 Convegno Nazionale, 7-9 aprile 2008

H-R Hitchcock, modern Architecture. Romanticism and Reintegration, New York, payson and Clarcke, 1929.

S. Giedon, Bauen in Frankreich. Eisen und Eisenbeton, Lipsia-Berlino, Klinkhart & Biermann, 1928.

M.L. Scalvini-M.G. Sandri, L'immagine storiografica dell'architettura contemporanea da Platz a Giedion, Roma, Officina, 1984.

Cristina Boido, L'influenza dell'Ecole des Ponts et Chaussees nella formazione professionale degli ingegneri del Corpo Reale del Genio Civile degli Stati Sardi, Atti del Convegno Internazionale.

L.Re, L'opera degli ingegneri del Corps des Ponts et Chaussees a Torino e i progetti per il ponte della Dora e la sistemazione degli accessi del ponte sul Po, 1813

A. Buccaro, L'architettura tecnica nella scuola di Napoli, in Daniele Donghi. I molti aspetti di un ingegnere totale. Venezia, Marsilio, 2006.

L. Erba, L'insegnamento per ingegneri nell'Università di Pavia, in Storia dell'Ingegneria, Atti del 1 Convegno Nazionale, Napoli 8-9 marzo 2006.

Maria Beatrice Bettazzi, Pier Giorgio Massaretti, Giovanni Mochi, Giorgia Predari, Alle radici delle discipline: l'Architettura nelle Scuole di applicazione fra Otto e Novecento Atti del 3 Convegno Nazionale, 19-20 aprile 2010, Napoli.

Marco Guerrieri, Tullio Giuffrè, Alessandro Crisafulli, La prima pianificazione postunitaria della rete ferroviaria della Sicilia, Atti del 2 Convegno Nazionale, 7-9 aprile 2008, Napoli.

Maurizio Panconesi, Porrettana senza fumo, 2002, S. Giorgio in Poggiale, Bologna

Sviluppi nell'analisi progettuale delle opere in sotterraneo, Giovanni Barla

La Ferrovia Porrettana. Progettazione e costruzione (1845-1864) di Ottanelli, Zagnoni e Antilopi

La ricostruzione della Ferrovia Porrettana nelle pubblicazioni delle ferrovie dello stato (1947-1949) di Ottanelli e Zagnoni

UNESCO WHS Semmering-Railway (Tourismusregion Niederösterreich Süd)

Semmering, the Magic Mountain

NASCITA E DIFFUSIONE DELLE FERROVIE di Lorenzo Tacconi

Torino Porta Nuova-Storia delle ferrovie piemontesi di L. Ballatore e F. Masi . Edizioni Abete – 1988

Appendice dell'Arte del fabbricare III- Giovanni Curioni- 1877

Costruzioni civili, stradali ed idrauliche, Arte del Fabbricare- Giovanni Curioni- 1875