

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

IDRAULICA PRATICA

SULLE OSSERVAZIONI ATMOMETRICHE E SULL'USO CHE PUÒ FARNE L'INGEGNERE.

Nota dell'Ing. GIOVANNI CUPPARI.

(Continuazione e fine).

Il quesito della durata del volume d'acqua raccolto da un serbatoio ottenuto mediante lo sbarramento di una valata esige, per una soluzione almeno mediocrementemente approssimata, che si conosca quanta potrà essere la perdita per evaporazione. Questa è sempre molto considerevole, perchè dovendosi stare coll'altezza di ritenuta al disotto di un limite imposto da difficoltà economiche e costruttive, e generalmente ammesso non superiore ai sessanta metri, l'approvvisionamento di grandi volumi esige ampi specchi d'acqua. Quindi, almeno nei primi tempi del vuotamento, la quantità d'acqua sottratta dall'evaporazione può superare quella che artificialmente viene estratta colla presa.

Pei serbatoi adunque, mentre si mantiene la difficoltà già enunciata a chi voglia studiare la prima fase del loro funzionamento, cioè il periodo del riempimento, viene molto semplificata la ricerca nella seconda, quella del vuotamento. Siccome nel nostro paese non mancano nè ampi bacini idrografici montani, nè una stagione, almeno, di piogge considerevoli, e solo è la ineguale repartizione loro che fa patire la penuria d'acqua nei fiumi e torrenti, così avviene che lo studio della prima fase non abbia praticamente che piccola importanza. Poco ci vuole per accertarsi che in ogni peggiore ipotesi riuscirà ogni anno di riempire il serbatoio col bacino imbrifero disponibile; non sempre facile è invece l'acquistare la certezza che la provvista fatta basterà per gli usi voluti e pel tempo occorrente, senza bisogno di usare mai di acqua che trovisi nel bacino a livello talmente basso da nuocere alla freschezza e ad altri requisiti igienici.

Nel caso speciale di un serbatoio, data che sia una serie di buone osservazioni atmometriche, tutto si riduce a tener conto della configurazione delle pareti e della conseguente legge che regola il variare delle aree degli specchi d'acqua colle altezze.

La questione diventa geometrica ed elementare: ma non può farsi a meno di notare che qui appunto dove le osservazioni evaporimetriche potrebbero giovare, vadano diffondendosi regole tutt'altro che giustificabili e di applicazione inutilmente laboriosa.

Vero è che per troppe ragioni non si può aspirare che a un'approssimazione limitata, magari grossolana, ma questo non può, secondo me, voler dire che sia lecito eccedere nel grossolano, anche laddove non suffraga alcuna scusa. Sarebbe lo stesso che servirsi di strumenti di misura affatto sbagliati col pretesto che la natura del quesito, cui le determinazioni devono servire, non consente valutazione precisa.

Il Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio ha pubblicato varie memorie sull'argomento dei serbatoi artificiali e fra queste il fascioletto intitolato: *Norme per gli*

ingegneri incaricati dell'estensione di progetti preliminari di grandi serbatoi — Roma, Botta, 1886.

Pensando al carattere ufficiale di questa memoria, non posso tacere una certa sorpresa nel vedervi ripetute alcune di quelle regole di cui dicevo poc'anzi.

Pel calcolo approssimativo della perdita per evaporazione E , subito dopo un tempo t , da un serbatoio di capacità V , da cui si estragga nell'unità di tempo la portata costante Q , chiamando S l'area dello specchio d'acqua più alto, e l'altezza di evaporazione riferita alla stessa unità di t , si dà la formola approssimata, chiamata di Boix:

$$(1) \quad E = \frac{3}{5} e S \frac{V}{Q} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{Qt}{V} \right)^{\frac{5}{3}} \right\}.$$

Siccome lo scopo è di determinare la capacità del serbatoio occorrente per designati bisogni, che danno la necessità di una portata Q per un tempo t , così posto $Qt = M$, farebbe d'uopo risolvere, rispetto a V , l'equazione:

$$(2) \quad M + \frac{3}{5} e \frac{SV}{Q} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{M}{V} \right)^{\frac{5}{3}} \right\} = V,$$

lo che andrebbe fatto con uno qualunque dei processi per la risoluzione numerica delle equazioni, e nel caso presente potrebbe praticamente eseguirsi con sostituzioni successive anche coll'aiuto delle tavole dei quadrati e dei cubi. Le *Norme*, però, insegnano di calcolare il valore di E che corrisponderebbe al bacino in esame riempito fino ad avere un volume *totale* pari al volume *utile* prestabilito V ; e, ottenuto questo valore E , ritenere come capacità occorrente pel serbatoio la quantità V' :

$$V' = V + E.$$

È chiaro che con tale procedimento si viene ad assumere:

$$(3) \quad V' = V + \frac{3}{5} e \frac{SV}{Q} = V + \frac{3}{5} eSt,$$

poichè la (1) è stata applicata ritenendo:

$$V = Qt.$$

Non è mestieri notare come ciò non sia esatto, anche data l'attendibilità della (1); ma fin qui trattasi di un metodo approssimativo di calcolo, quale soventi si usa, e che si può usare, purchè con discernimento, nella pratica dei calcoli numerici. Invece di fermarsi alla prima correzione ed assumere per buono il valore V' , potrebbe ripetersi il calcolo di correzione e trovare altri valori V'' , V''' , ecc.,

o più semplicemente risolvere numericamente per tentativi la (2) rispetto a V .

Il male è che la (1) è errata, ma fortunatamente è errata in modo che correggendo si ottengono risultati molto più facilmente trattabili col calcolo numerico.

Prima di procedere alla facile dimostrazione di questo asserto, non posso astenermi dal far notare come, per la determinazione del primo valore V' , alcuno fra gli autori citati dalle *Norme* non dia nemmeno la semplificazione espressa dalla (3), conseguenza evidente e necessaria del metodo di calcolo. Ad esempio, per due serbatoi ai quali rispettivamente si riferiscono i dati seguenti:

$$\begin{aligned} V &= \text{m. c. } 90000000 & ; & \quad V = \text{m. c. } 28000000 \\ S' &= \text{m. q. } 4450000 & ; & \quad S = \text{m. q. } 780000 \\ Q &= \text{m. c. } 13 \text{ al } 1'' & ; & \quad Q = \text{m. c. } 13 \text{ al } 1'' \\ t &= \text{giorni } 80 & ; & \quad t = \text{giorni } 25 \\ e &= \text{m. } 0,00000007 \text{ al } 1'' & ; & \quad e = \text{m. } 0,00000007 \text{ al } 1'' \end{aligned}$$

si vedono porre le seguenti relazioni:

$$E = \frac{3}{5} e \times 4450000 \frac{90000000}{13} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{13 \times 69129000}{90000000} \right)^{\frac{5}{3}} \right\} = \text{m. c. } 1293894.$$

$$E = \frac{3}{5} e \times 780000 \frac{28000000}{13} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{13 \times 2160000}{28000000} \right)^{\frac{5}{3}} \right\} = \text{m. c. } 70560,$$

senza pensare che le quantità fra le parentesi grandi dovrebbero essere ambedue $= 1$; e se in quelle formole numeriche non lo sono esattamente ciò è soltanto perchè sono state arrotondate le cifre esprimenti i volumi *utili* totali, stati assunti per semplicità in milioni di metri cubi 90 e 28 in cifra rotonda, invece di:

$$80 \times 86400 \times 13 = \text{m. c. } 89856000$$

e $25 \times 86400 \times 13 = \text{m. c. } 28080000$, rispettivamente.

Invece di stendere formole così inutilmente lunghe e con esponenti frazionari, applicati a binomi che sono nulli, presa per unità di tempo il giorno (per cui $e = \text{m. } 0,006$) si avrebbe avuto, con conteggio da potersi quasi fare a mente:

$$E = \frac{3}{5} \times 0,006 \times 4450000 \times 80 = \text{m. c. } 1281600$$

$$E = \frac{3}{5} \times 0,006 \times 780000 \times 25 = \text{m. c. } 70200$$

rispettivamente.

Ma è inutile occuparsi di semplificare un metodo già stato dichiarato errato.

Per convincersi, invece, della verità di questa affermazione, basterà osservare che supponendo nulla la presa d'acqua Q e il serbatoio lasciato a se stesso senza afflusso, la perdita per evaporazione E risulterebbe dapprima sotto la forma $\frac{0}{0}$, e quindi colla nota regola si avrebbe che il vero valore è dato facendo $Q = 0$ nell'espressione:

$$\frac{5}{3} \times \frac{3}{5} \frac{et}{V} SV \left(1 - \frac{Qt}{V} \right)^{\frac{2}{3}}$$

ossia da:

$$E = eSt,$$

lo che indicherebbe che benchè l'evaporazione faccia pur essa discendere il livello dell'acqua e quindi decrescere l'area dello specchio e con essa l'evaporazione, secondo la formola resterebbe in ogni unità di tempo sempre eguale a eS : assurdità manifesta.

Rintracciando poi fra le pubblicazioni citate dalle predette *Norme* la genesi di quella formola (1), si comprende con pari facilità come debba aversi tale conseguenza assurda.

L'evaporazione E è stata determinata non tenendo conto che della diminuzione di area dovuta alla estrazione artificiale Q , trascurando completamente quella dipendente dalla evaporazione stessa; senza pensare che queste due diminuzioni, indipendenti l'una dall'altra, possono avere valori comparabilissimi e senza riflettere che è *a priori* impossibile il ritenere permesso di trascurare la seconda causa. Il volume v residuo in un tempo qualunque è stato ritenuto espresso da:

$$v = V - Qt,$$

mentre doveva porsi:

$$v = V - Qt - E,$$

calcolando su questa la relativa area di specchio d'acqua evaporante; e con ciò, come si vedrà fra breve, anzichè giungere a risultati più complicati, si sarebbe invece giovato molto alla facilità dei calcoli numerici. Laonde non si vede alcuna ragione dell'ommissione.

È singolare che in una pubblicazione tra le citate si affermi che la (1) non dà che un risultato approssimato, perchè (così si dice) anche astrazione fatta dalla ipotesi sulla forma del bacino, non si è tenuto conto dell'*azione dell'assorbimento* nel calcolo, e del volume d'acqua rimasto a un'epoca qualsiasi. Si rammenta questa causa, di cui praticamente è impossibile il determinare il modo di agire, e si dimentica l'azione di quella causa stessa che si vuole studiare. Non meno sorprendente poi è che allorchè si considera il quesito più in generale, contemplando anche la effiltrazione, il problema si ponga in equazione in modo esatto. Sarebbe bastato supporre nulla la effiltrazione nella formola che si ottiene, per avere una relazione molto più giustificabile della (1) e che fra poco verrà svolta.

Il bacino si suppone di forma tronco-conica. Veramente il passare dal concetto di una vallata sbarrata da un murgione a quello di un tronco di cono, è tale volo di immaginazione da ripugnare alla mente di chi pensi a che cosa è una vallata. Eppure si parte di qui, e si stabilisce poi che l'area s e il volume v dopo un tempo t saranno legati coi valori iniziali S, V dalla relazione:

$$(4) \quad \frac{s}{S} = \sqrt[3]{\frac{v^2}{V^2}}$$

Qui è da notare di passaggio che il *tronco di cono* è sparito ed è subentrato il *cono*, l'area corrispondente a $v = 0$ essendo pure zero e non eguale alla superficie della base minore. Ma anche coll'assimilamento al *cono* non si starebbe tranquilli di riprodurre neppur lontanamente le condizioni della natura.

Come dovrà procedersi adunque per avere un'idea di ciò che si pone?

Il solido geometrico, cui più facilmente l'immaginazione riconduce la forma di un serbatoio artificiale, è evidente-

mente quella di un tetraedro con un vertice nel punto più basso dell'alveo supposto (rettilineo e con larghezza di fondo = 0) con una faccia verticale, che è la traversa, con un'altra orizzontale determinata dallo specchio d'acqua e colle altre due formate dai versanti della vallata raffigurati come due piani inclinati. Supponendo questa configurazione, ossia che le pendenze dell'alveo e delle sponde variino assai poco da potervi sostituire senza grande errore dei valori medi, è chiaro che le aree delle sezioni orizzontali vanno crescendo dal basso all'alto come i quadrati delle altezze: essendo altrettante aree triangolari di cui i due fattori della superficie crescono proporzionalmente all'altezza dello specchio d'acqua.

Con ciò si ricade sulla (4) è vero, ma si giunge partendo da una configurazione che soddisfa l'immaginazione e che realmente si avvicina a ciò che la natura spesso ci presenta.

E difatti i diagrammi delle aree orizzontali in funzione delle altezze di quasi tutti i serbatoi conosciuti mostrano delle linee simili alle paraboliche coll'asse verticale e col vertice all'origine delle coordinate collocato nel punto più basso dell'alveo. Sono presso a poco parabole ordinarie a parametro di solito molto grande, talora grandissimo, in modo da poterle assimilare a linee rette, almeno per notevole tratto.

Sulla conformazione dei bacini ottenuti collo sbarramento delle vallate, sull'espressione analitica delle aree delle sezioni orizzontali e dei volumi e sui problemi concernenti il regime idraulico dei serbatoi, ha lungamente, forse troppo, trattato l'opera ben conosciuta del Graëff. Volendo molta esattezza geometrica è certo che conviene dividere l'altezza in più parti corrispondenti ad altrettanti tronchi, in ciascuno dei quali le scarpate delle sponde sono presso che uniformi e tali da potervi facilmente determinare dei valori medi. Qualunque sieno le curve orizzontali rilevate sul terreno, si ha con molta approssimazione che l'area y , corrispondente ad un'altezza qualunque x , per ogni tronco è data da una relazione della forma:

$$(5) \quad y = a + bx + cx^2$$

i cui coefficienti a , b , c dipendono dall'altezza totale del tronco, dalle lunghezze sviluppate delle due curve orizzontali estreme del tronco e dalle relative aree. Qualora tutto il bacino possa stimarsi come appartenente ad un tronco unico e la sezione più bassa si riduca ad un punto, l'espressione del Graëff si riduce, dopo avere introdotti i valori dei coefficienti, a:

$$y = S \frac{x^2}{H^2}$$

dove

H è l'altezza totale,

S è l'area della curva orizzontale superiore.

Si ha quindi la legge della parabola ordinaria di cui parlavasi testè. Questa deve potere generalmente bastare. Fa d'uopo riflettere che se bisogna considerare come troppo grossolana la regola proposta dalle Norme ministeriali, altrettanto bisogna astenersi dall'eccesso opposto: sempre in via generale, beninteso.

Conviene adunque prendere per legge delle aree y in funzione delle altezze x , la relazione:

$$(6) \quad y = ax^2$$

dove a è una costante; ossia una legge equivalente a quella della (4); ma va adoperata senza trascuranze, che non giovano neppure alla semplicità.

Posto così il problema, e limitato il tempo a quel periodo in cui la evaporazione e può ritenersi costante, è chiaro che al tempo t dopo il principio del vuotamento, operato dalle due cause indipendenti, estrazione artificiale in ragione di q per unità di tempo ed evaporazione determinata da e , si avrà:

$$(7) \quad q dt + e ax^2 dt = - ax^2 dx$$

donde:

$$dt = - \frac{ax^2 dx}{q + e ax^2}$$

$$t = - a \int \frac{x^2 dx}{q + e ax^2} + \text{cost.}$$

L'integrale è delle forme più note e integrando fra i limiti $x = H$, $x = x$, cui corrispondono $t = 0$, $t = t$, dopo avere posto:

$$m^2 = \frac{q}{ae},$$

si ottiene:

$$(8) \quad t = \frac{1}{e} \left\{ H - h - m \left(\text{arc tg.} \frac{H}{m} - \text{arc tg.} \frac{h}{m} \right) \right\}$$

e quando, come generalmente, la perdita per evaporazione al principio del vuotamento sia minore della estrazione nella medesima unità di tempo, cioè quando:

$$Se < q, \text{ ossia } \frac{H}{m} < 1:$$

$$t = \frac{a}{q} \left\{ \frac{H^3 - h^3}{3} - \left(\frac{H^5 - h^5}{5} \right) \frac{ae}{q} + \left(\frac{H^7 - h^7}{7} \right) \frac{a^2 e^2}{q^2} - \text{ecc.} \dots \right\}$$

Il tempo occorrente pel completo vuotamento è dunque:

$$(9) \quad T = \frac{H}{e} - \frac{m}{e} \text{arc tg.} \frac{H}{m}$$

Volendo esprimere T in funzione di S , area dello specchio d'acqua iniziale, e di V , volume corrispondente, onde avere le medesime variabili contenute nella (1), poichè:

$$S = aH^2; V = \int_0^H ax^2 dx = \frac{1}{3} aH^3$$

$$H = \frac{3V}{S}; m = \sqrt{\frac{q}{ae}} = \frac{3V}{S} \sqrt{\frac{q}{Se}}$$

si ha:

$$(10) \quad T = \frac{3V}{Se} \left\{ 1 - \sqrt{\frac{q}{Se}} \text{arc tg.} \sqrt{\frac{Se}{q}} \right\} \\ = \frac{3V}{Se} \left\{ 1 - \sqrt{\frac{q}{Se}} \text{arc cot.} \sqrt{\frac{q}{Se}} \right\}$$

la quale, mediante una tavola comune dei valori naturali degli archi e delle corrispondenti linee trigonometriche, dà subito il tempo T, mentre valendosi della (1) dovrebbero risolvere l'equazione:

$$qT + \frac{3}{5} \frac{eSV}{Q} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{QT}{V} \right)^{\frac{5}{3}} \right\} = V.$$

Ciò per la durata della estrazione da un serbatoio determinato, supponendo di volerlo vuotare tutto.

Avvertesi poi che nella pratica, sia perchè conviene avere la presa alquanto elevata sul fondo, sia perchè si raccomanda, nel caso di derivazioni per acqua potabile, che la profondità non scenda mai al di sotto di un certo livello, così h non deve essere mai zero, ma avere un valore prestabilito. Dato

un bacino, sono quindi numeri noti le quantità: $\frac{h}{e}$ e

$\frac{m}{e} \operatorname{arctg} \frac{h}{m}$, cosicchè chiamandole rispettivamente A e B, dalla (8) si ha il tempo di servizio utile T dato da:

$$(11) \quad T = \frac{H}{e} - A + B - m \operatorname{arctg} \frac{H}{m}.$$

Questa (come tutte le precedenti che in sostanza non sono che *correzioni* della (1), poichè *partono dalle medesime ipotesi*, e solo è rettificato il calcolo) si presta assai agevolmente anche al calcolo dell'altezza di ritenuta H necessaria a stabilirsi in una vallata determinata onde avere durante un tempo T una portata costante q. Si tratta, è vero, di un'equazione trascendente, ma colle suddette tavole si trova il valore di H molto più presto di quanto si potrebbe fare usando la (1), anche tenendo il metodo indicato dalle più volte citate *Norme*.

Quando poi il diagramma delle aree per le altezze dia una linea retta o un'altra linea molto prossima ad essa, ossia quando si abbia:

$$y = ax$$

si deduce con una integrazione anche più ovvia:

$$(12) \quad t = \frac{H-h}{e} - 2,3 \frac{m^2}{e} \log \frac{1 + \frac{H}{m^2}}{1 + \frac{h}{m^2}}.$$

$$(13) \quad T = \frac{H}{e} - 2,3 \frac{m^2}{e} \log \left(1 + \frac{H}{m^2} \right),$$

la quale ultima si può mettere sotto la forma:

$$(14) \quad T = \frac{2V}{Se} \left\{ 1 - 2,3 \frac{q}{Se} \log \left(1 + \frac{Se}{q} \right) \right\}$$

analoga alla (10), mentre possono applicarsi simili considerazioni.

Questo caso di solito non si presenta che pei serbatoi di piccola altezza collocati su un tratto pianeggiante di alveo subito al disotto di un salto nel profilo longitudinale di questo. Come si vede, le relazioni a cui si giunge sono semplicissime e più facili a calcolarsi numericamente di quello che non sia la (1), la quale contiene un esponente

$= \frac{5}{3}$ e perciò esige o le tavole dei logaritmi con un procedimento numerico più lungo, o l'uso simultaneo di tavole, di quadrati e di cubi sempre con maggiore perditempo.

*

Finora è stata ritenuta come costante la e, cioè il coefficiente atmometrico. Occorre però notare che da tutte le osservazioni fatte risulta come anche nei mesi estivi esse varii di molto. Il valor massimo della evaporazione mensile è generalmente pel luglio, un poco meno si ha nell'agosto. Dall'agosto al settembre si passa con una brusca diminuzione, in modo da scendere spesso al disotto della metà dell'evaporazione del luglio.

Da 15 tabelle, relative ad altrettante stazioni meteorologiche, contenenti le evaporazioni giornaliere per quinquennio 1880-84, statemi favorite con squisita cortesia dal chiar.^{mo} signor prof. P. Tacchini, direttore dell'Ufficio centrale di Meteorologia, ho rilevato i dati seguenti che sono quelli di maggiore interesse pei luoghi ove, per ragioni di professione, ho dovuto valermene:

ANNI	FIRENZE MESI				ROMA MESI			
	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
	Evaporazione mensile				Evaporazione mensile			
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1880	144,5	254,7	168,2	134,9	148,2	281,6	—	65,4
1881	211,2	324,0	248,0	105,7	86,3	167,3	145,9	84,6
1882	—	—	123,2	60,9	109,4	154,9	110,9	70,2
1883	162,7	222,4	267,9	173,8	86,4	122,1	122,1	74,3
1884	182,8	253,3	199,8	132,2	76,7	—	114,1	60,2
Somme	701,2	1054,4	1007,1	607,5	507,0	725,9	493,0	354,7
Medie	175,3	263,6	201,4	121,5	114,0	181,5	123,3	70,9

Il numero degli anni è ancora piccolo per potere stabilire delle regole, e, anzichè fondarsi sulle medie, bisognerebbe cercare nella storia meteorologica la *combinazione peggiore* di evaporazioni mensili consecutive per la durata di un quadrimestre. Ma, intanto, le medie surriferite bastano a fare comprendere la notevole differenza che passa fra l'evaporazione dei vari mesi estivi: ed assai peggio va naturalmente se si considera un periodo più lungo. Pensando a questo e guardando al modo con cui la e entra nelle formole già scritte, subito si vede come il ritenerla costante ed eguale alla media aritmetica relativa a un periodo non breve possa indurre a sensibili errori, dei quali non si può *a priori* prendere il segno. Cosicchè si conclude che in via generale devesi suddividere il tempo almeno in mesi e per ciascuno applicare la (8) ritenendo mese per mese costante la e e ricavando il valore di h colla risoluzione numerica di quella equazione, operazione facile a compiersi per tentativi.

*

Per applicare ad un esempio quanto sono venuto dicendo ragionando sulle formole, ricorrerò al caso di un progetto di serbatoio, a quello per l'acquedotto di Grosseto, pubblicato (*) per le stampe e redatto da una Commissione tecnica di cui ho avuto l'onore di far parte.

(*) *Acquedotto di Grosseto — Relazione della Commissione composta degli ingegneri comm. isp. F. GIORDANO, cav. L. C. FERRERO, B. ANDREINI e G. CUPPARI. — Grosseto, tip. Perozzo, 1887.*

Per questo piccolo serbatoio i rilievi topografici avevano dato i risultati seguenti:

ALTEZZE	AREE	VOLUMI PROGRESSIVI	ANNOZZIONI
m.	m. q.	m. c.	
0	0	0	I volumi sono stati determinati col metodo comune della semisomma delle aree moltiplicata per l'equidistanza.
1	60	30	
2	1220	640	
3	4012	3256	
4	6625	8574	
5	10400	17087	
6	18935	31754	
7	27275	54859	
8	38405	87699	
9	51537	132670	
10	63887	190382	
11	81992	263321	
12	101666	355150	

Per varie ragioni la Commissione stabilì di limitare l'inviasamento alla altezza di m. 11 e di adottare un *arginello di contenimento* con relativa *antiserra*. Con ciò le aree delle due curve orizzontali più elevate si ridussero a m. q. 62167 e 68462, e i volumi progressivi rispettivi a m. c. 189522 e 254837.

L'estrazione artificiale per l'acquedotto era limitata alla tenue cifra di litri 10 al *1"*, cioè m. c. 864 al giorno. Per evaporazioni mensili massime l'Osservatorio locale dava i valori seguenti:

Giugno	mm. 14
Luglio	» 18
Agosto	» 20
Settembre	» 9
Ottobre	» 5
Novembre	» 3

relativi al semestre che ritenevasi rappresentasse il periodo di massima durata in cui fosse potuto occorrere il sussidio del serbatoio per la presa d'acqua già esistente.

Costruendo il diagramma delle aree, si trova che la linea di queste, dopo avere modificato, come sopra è detto, la parte più alta, a partire dall'altezza di m. 3,93 in su è molto vicina a una linea retta, e precisamente a quella data da:

$$(15) \quad y = 9741 z,$$

chiamando *z* le altezze sul predetto punto, ossia le altezze di ritenuta diminuite della costante 3,93. Dovendosi impostare la presa più bassa a una certa altezza sul fondo, e altresì prevedere un interrimento, era prudente di considerare come nulle le aree al di sotto dell'altezza di m. 3,93 e assegnare alle altre i valori risultanti dalla (15). Si veniva con ciò a sostituire al volume attuale l'altro minore di m. c. 243426, collo specchio d'acqua più elevato della superficie di m. q. 68869, come dà la (15).

In tale caso speciale ricorre la (12):

$$t = \frac{H-h}{e} - 2,3 \frac{m^3}{e} \log \frac{1 + \frac{H}{m^2}}{1 + \frac{h}{m^2}},$$

la quale per ogni mese, intendendo di chiamare con *H* l'altezza iniziale e *h* la finale, diviene:

$$t = \frac{H-h}{e} - \frac{0,204}{e^2} \log \frac{1 + 11,3 eH}{1 + 11,3 eh}.$$

Cominciando col mese di giugno, per cui *H* = 7,07, *e* = 0,014, prendendo per unità del tempo il giorno, *h* deve essere determinato coll'equazione:

$$t = \frac{7,07 - h}{0,014} - 1041 \left\{ \log 2,118 - \log (1 + 0,158 h) \right\}$$

e posto *t* = 30, presto si trova l'altezza *h'* alla fine del mese:

$$h' = 6,25.$$

Similmente si trova per gli altri quattro mesi consecutivi, usando i riportati valori di *e*:

$$h'' = 5,20$$

$$h''' = 3,99$$

$$h^{iv} = 3,05$$

$$h^v = 1,76$$

e per l'ultimo (novembre) colla (13) si vede subito che dopo 17 giorni si ha *h* = 0. Quindi risulterebbe una durata totale di giorni 170.

Le evaporazioni mensili surriferite erano quelle ottenute dall'Osservatorio locale, ma varie considerazioni conducevano a ritenerle esagerate. Valori così forti non hanno riscontro in alcun'altra stazione meteorologica italiana.

In tale incertezza, non è permesso che stabilire dei limiti, mentre quello cui condurrebbero le osservazioni locali è sicuramente troppo lontano. Sempre per largheggiare, fu ritenuto abbondare in prudenza prevedendo una evaporazione costante di mm. 10 al giorno. Con tale ipotesi, che, malgrado le già fatte avvertenze contro l'uso di un valore costante per *e*, apparisce nel caso in parola, *in cui mancano dati mensili veramente attendibili*, come la più confacente, onde non esagerare di troppo, è facile calcolare colla (8) i tempi corrispondenti all'abbassamento del livello superiore di metro in metro.

Si ha la relazione:

$$t = \left[\frac{707 - 2040 \log (1 + 0,113 H)}{\frac{h}{e} - 2040 \log (1 + 0,113 h)} \right] =$$

$$= 187 - \frac{h}{0,01} + 2040 \log (1 + 0,113 h)$$

e quindi si trova direttamente:

metri	giorni
per <i>h</i> = <i>H</i> = 7,07	<i>t</i> = 0
» <i>h</i> = » 6,07	<i>t</i> = 42
» <i>h</i> = » 5,07	<i>t</i> = 81
» <i>h</i> = » 4,07	<i>t</i> = 114
» <i>h</i> = » 3,07	<i>t</i> = 143
» <i>h</i> = » 2,07	<i>t</i> = 165
» <i>h</i> = » 1,07	<i>t</i> = 180
» <i>h</i> = » 0	<i>T</i> = 187

donde risulta una durata totale maggiore di mesi sei, come era richiesto, pur rinunziando ai metri 3,93 della parte più bassa, al di sopra di cui sono contate le *h*.

Se si fosse applicata la (10) relativa al caso più generale della linea parabolica, ricordando che:

$$V = 243426; S = 68869,$$

adottando i precisi dati delle formole precedenti e assumendo le medesime variabili della (1) senza stare a rintracciare il parametro, sarebbe, poichè:

$$\sqrt{\frac{q}{Se}} = 1,1201; \sqrt{\frac{Se}{q}} = 0,8928,$$

$$T = \frac{3 \times 243426}{68869} \left\{ 1 - 1,1201 \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,8928 \right\} = \\ = 1060 \left\{ 1 - 0,8162 \right\} = 195 \text{ giorni}$$

ossia giorni 8 in più che col precedente metodo, più esatto nel caso particolare.

Se, invece, ci si fosse valsi della (1) sarebbe stato necessario risolvere numericamente rispetto a t l'equazione:

$$864t + \frac{3}{5} \times 0,01 \times 68869 \times 243426 \left\{ 1 - \left(1 - \frac{864t}{243426} \right)^{\frac{5}{3}} \right\} = 243426,$$

ossia:

$$t + 134,75 \left\{ 1 - \left(1 - 0,00355t \right)^{\frac{5}{3}} \right\} = 281,74.$$

Per tentativi si trova che vi soddisfa:

$$t = 174$$

ossia giorni 13 in meno che col procedimento primo.

La differenza non è in questo caso molto grande, ma non v'è alcuna ragione per andare incontro a tale discrepanza che in altre condizioni può essere molto maggiore. È difatti molto evidente che quanto più impicciolisce la portata q ci si avvicina maggiormente all'assurdo segnalato già pel caso limite $q = 0$. A pari valore di q il divario crescerà coll'aumentare di e , e sarà perciò anche più sensibile allorchè si tenga conto della effiltrazione col metodo che è stato proposto da varii e che condurrebbe a ritenerla in ogni istante proporzionale all'area dello specchio d'acqua. Ciò equivale ad aumentare la e ; e difatti si assume un altro coefficiente e' dato da:

$$e' = e + \frac{2i}{m},$$

dove i è la pendenza dell'alveo, e m un coefficiente dipendente dalla permeabilità del suolo.

Con tale procedimento, che non saprei riconoscere consigliabile, ma che leggesi in qualche autore, ricorrendo ai coefficienti di permeabilità di Darcy si trovano dei valori di e' che sono *dieci*, *venti* e più volte quelli di e . Ora è inutile spiegare quanto più esagerata riesca la (1) con tali valori di e' . È meglio di certo abbandonare ogni tentativo di tener conto della effiltrazione; ma, posto che si voglia tenerne conto, perchè non seguire la diritta via di calcolo?

Tornando agli esempi di sopra si vede poi quanto sia materialmente più disagiata il processo numerico: e ciò soltanto per la ricerca del vuotamento completo. Allorchè poi si volesse la scala dei livelli per tempi diversi, l'uso della (1) farebbe addirittura sgomentare, mentre colle altre formole, specialmente se la e è costante, le operazioni sono della massima sollecitudine, ricavandosi i tempi da semplici equazioni di primo grado.

*

Riassumendo, mi pare si possa concludere che allo stato odierno della scienza sperimentale, non è lecito trarre profitto dalle osservazioni atmometriche se non nei casi in cui interessi il conoscere l'evaporazione dagli specchi d'acqua. Negli altri, che sono di gran lunga più frequenti, nei quali la parte principale è quella dell'evaporazione del terreno, i dati raccolti finora e i varii metodi stati proposti sono tutti troppo incerti. La cosa maggiormente desiderabile sarebbe che, senza pregiudizio delle ricerche scientifiche si facessero nelle varie regioni italiane delle osservazioni sui risultati finali relativamente alle portate dei corsi d'acqua, sia nelle pianure, sia nelle colline, sia nelle montagne. E poichè tali ricerche, per quanto facili a concepirsi, sono difficili a eseguirsi dai privati per mancanza o di tempo o di mezzi pecuniari (il che fa tutt'uno), così sarebbe desiderabile che il Governo vi provvedesse tanto coll'istigarvi i proprii Uffici tecnici, non ovunque sopraccarichi di lavoro più utile per lo Stato, quanto coll'aiutare in tale via quelli dei corpi morali ed i privati. La scienza e la pubblica utilità si avvantaggerebbero molto più da questi studi pratici locali che non da tante e tanto costose pubblicazioni di statistiche. Basti dire che le citate *Norme*, dovendo parlare dei rapporti fra la quantità d'acqua piovuta e quella che va dispersa per evaporazione e assorbimento, sono costrette a riprodurre uno specchio ricavato da grandi fiumi di America, mentre un altro, in cui si tratta di piccoli corsi, si riferisce al Belgio, alla Francia, alla Spagna e all'Algeria. Per l'Italia invece non si danno che i soliti rapporti pel Tevere, pel Po e per l'Arno: e di questi (punto utili per la questione dei serbatoi artificiali, che non si avranno mai sbarrando corsi d'acqua di tal fatta) dubiterei non poco. So infatti in modo non dubbio che, almeno per l'ultimo fiume, citato cogli altri senza alcuna speciale avvertenza, *non possono essere stati istituiti che computi ipotetici su pochissimi dati*.

Sarebbe ormai tempo che si dovesse sapere qualche cosa delle nostre regioni senza volgersi inutilmente al Mississippi o al Missouri: e pei torrenti montani non dovrebbe mancare utile materiale fra gli atti dei cessati Uffici del Macinato.

Quanto poi all'evaporazione dello specchio d'acqua, non vi ha che da augurare un utile svolgimento delle ricerche intraprese dalle stazioni meteorologiche, sperando che non manchino i mezzi per indirizzarle nella via più conveniente per la pratica. Ed al tempo stesso occorre far voti perchè quando si crede possa giovare l'uso dei dati atmometrici raccolti, questo venga fatto con metodi razionali, senza formole e senza procedimenti che solo in casi speciali possono dirsi approssimati, mentre in via generale non valgono che ad aumentare le incertezze che, di sua natura, rende inevitabili l'argomento.

Pisa, 22 gennaio 1888.

COSTRUZIONI METALLICHE

DEI PONTI GIREVOLI
IN GENERALE
E DI QUELLO RECENTEMENTE COSTRUITO
PER L'ARSENALE DI TARANTO

Veggansi le Tavole X a XII del 1887

(Continuazione e fine).

Elenco dei principali ponti girevoli.

Passato così rapidamente in rivista lo sviluppo storico dei ponti girevoli, diamo ora qui appresso l'elenco dei principali, cominciando da quelli che sono sostenuti da un sistema di rulli o di ruote, o che hanno un perno, ma solo parzialmente caricato, poichè il peso principale gravita sempre sopra un sistema di rulli o di ruote.

Nel primo prospetto abbiamo compreso i principali ponti di legno di antica costruzione, disponendoli secondo l'ordine cronologico in cui furono costruiti.

Nel secondo prospetto riunimmo tutti i principali ponti che abbiamo potuto trovare in qualche pubblicazione o di cui ci pervennero notizie da cortesi colleghi. Furono ordinati secondo la loro luce, cominciando dalle più grandi.

Non di tutti i ponti ci fu possibile trovare i dati necessari

per riempire le colonne del nostro prospetto, ma quando si considera, che in generale le notizie relative ai medesimi si trovano sparse nei giornali scientifici di vari paesi, il più sovente monche, talvolta anche erronee; che è difficile assai il procurarsi questi giornali, quando non si ha a sua disposizione biblioteca alcuna, il lettore ci sarà grato del poco che possiamo offrirgli, raccolto colla massima cura, e con grandissima fatica.

Le misure tutte e i pesi furono ridotti nel sistema metrico, e per agevolare lo studio di coloro cui interessasse di esaminare più dettagliatamente l'uno o l'altro dei ponti compresi nel prospetto, abbiamo messo in una colonna speciale la fonte dalla quale attingemmo i dati riportati.

In questo secondo prospetto furono pure compresi i ponti costruiti nel sistema Schwedler i quali girano sostenuti quasi interamente dal perno; siccome però sono muniti di una o di due ruote, abbiamo creduto preferibile di conservarli in questo prospetto, anche per le ragioni già date nel testo in proposito.

Nel terzo prospetto abbiamo compreso i principali ponti che non possiedono corona di rulli o ruote, la cui rotazione si compie attorno ad un perno fisso o mobile, talvolta aiutati da una o da due ruote, ma col peso gravitante interamente o quasi, sopra il perno stesso, escludendo solo quelli del sistema Schwedler, come già si è detto.

I. — PONTI GIREVOLI ANTICHI DI LEGNO.

DESIGNAZIONE DEL PONTE	Destinazione del ponte	Numero delle ali	Numero e grandezza delle luci		Lunghezza totale della travatura	Largh. del ponte	Epoca in cui fu costruito	FONTE a cui si possono attingere notizie	OSSERVAZIONI
			metri	metri					
In Bruxelles	Strada ordinar.	1	7,00	—	3,80	Ant. al 1824	DULEAU, <i>Relazione di viaggio nel Belgio e in Inghilterra</i> , pubblicata nel <i>Recueil de dessins de l'école des ponts et chaussées</i> , tom. II.	Con bronzina circolare.	
In Gent	Id.	1	8,50	—	4,00	Id.	Id.	Id.	
In Brügge	Id.	1	8,50	—	5,00	Id.	Id.	Id.	
In Dover	Id.	1	9,19	—	5,40	Id.	Id.	Id.	
In Dover	Andat.	1	12,50	17,00	1,36	Id.	Id.	Il ponte è sospeso ad una colonna di ferro; lunghezza dell'avambra m. 12,50 e della coda m. 4,50.	
In Gent	Id.	1	10	—	—	Id.	Id.	—	
Cinque ponti uguali sul canale San Martino	Str. ord.	1	7,80	—	5,00	Id.	Id.	Con 24 rotelle di ghisa.	
Sul canale San Maure	Id.	2	8,80	—	—	Id.	Id.	—	
Ponte della Villette sul canale Ourcq	Id.	2	8,00	—	3,50	Id.	Id.	—	
Di Scipsdale in Brügge	Id.	2	11,40	—	4,50	Id.	Id.	—	
Di Cherbourg	Id.	2	13,20	—	4,20	Id.	Id.	Con saettoni obliqui.	
Di Dünkirchen	Id.	2	13,60	—	4,80	Id.	Id.	—	
Sui bacini di Ostenda	Id.	2	11,50	—	4,00	Id.	Id.	Sostegni obliqui.	
Alla porta di Brügge in Ostenda	Id.	2	12,00	—	4,00	Id.	Id.	Id.	
Di Stanhill sul can. Brügge-Ostenda	Id.	2	15,00	—	4,50	Id.	Id.	Spalle di legname con palate, saettoni obliqui con meccanismo speciale per metterli in posizione; fu costruito Debroke.	
Sul porto di Falcestone	Ferrovia	1	—	—	—	1856	<i>Zeitschrift des Hannover'schen Ing.-u. Architekten-Vereines</i> , 1857, pag. 176.	La travatura ha la forma biconcava; corona è dentata; 14 rotelle.	
Sul fiume Harlem (linea New-York-Harlem)	Doppio binario	1	2 × 18,30	48	8,53	1858	HENZ, 1859, e RZIMA, <i>Eisenbahn-Unter- und Oberbau</i> . ner B., pag. 472 e seg.	Pilone centrale; travatura nel sistema Howe; castello con tiranti sostenute alle estremità; lunghezza dei bracci 24 m. ciascuno.	
Sul canale Lachine in Montreal	Str. ord.	1	13,72	27,43	3,66	—	Id.	Travatura Howe; castello con estremità sostenute da tiranti.	
Sul canale Raritan e Delaware	Ferrovia	1	15,24	23,77	4,38	—	Id.	Tre travi armate.	
Sul Mississippi presso Davenport	Id.	1	2 × 34,36	85,34	—	—	Id.	Ora non esiste più; travatura Howe; tavola superiore poligonale; altezze delle travi 8,84 e 2,59.	
Della Chiusa di Notre-Dame (Hâvre)	—	2	16	—	—	—	Id.	—	

N° d'ordine	DESIGNAZIONE DEL PONTE	Destinazione del ponte	Numero delle ali	Numero e grandezza delle luci in metri	Lunghezza tot. della travatura metri	Lunghezza dei bracci metri	Larghezza del ponte metri	Altezza delle travi metri	Rapporto della massima altezza alla lunghezza del braccio maggiore	Peso totale della parte mobile tonnell.	Tempo necessario alla rotazione	Epoca in cui fu ultimato	FONTE a cui si possono attingere notizie	OSSERVAZIONI
1	Sulla Penfeld a Brest	Strada ordinar.	2	106,68	173,55	2(58,525-28,250)	7,20	7,72-1,40	1/5,5	1200	15'	1861	Annales des ponts et chaussées, serie IV-XIV, pag. 265.	Corona con 50 rotelle sopra ogni pi- lone, diametro 9,00, le code vanno ad appoggiare sopra spalloni di- stanti fra loro di m. 174. Costo della parte metallica L. 180.290. Totale L. 2.118.835.
2	Di Amboy sul Raritan (New- Jersey)	Ferrovia	1	2 x 65,84	143,86	—	5,33	12,19-9,14	—	590	2'15"	1875	Minutes of Proceedings of the Inst. of Civil Engineers, 1878-79 e come al N. 15.	Motore idraulico a vapore. Pilone centrale, peso proprio per m. l. tonn. 3,72.
3	Di TARANTO sul canale che unisce il mar grande al mar piccolo	Str. ord.	2	59,40	89,00	33,50 e 11,00	6,700	3,975-1,12	1/5,4	444	7'	1887	Dalla nostra memoria.	—
4	Sul Mississippi da Rock-Island a Davenport	Str. ord. sopra e ferr. sotto	1	2 x 56	112,20	2 x 56,10	6,14	10,67	1/5,2	712,216	1'30"	1871	Scientif. Americ., 1872, pag. 100. Journ. of the Frankl. Instit., 1872, pag. 6.	Motore con pressione idraulica, pro- dotta da una macchina a vapore; invece di acqua però si adopera la glicerina.
5	Sul Mississippi a Louisiana Missouri (Jowa)	Ferrovia	1	2 x 54,86	134,70	—	4,87	12,19-9,14	—	544,2	1'30"	—	Come al N. 15.	Motore a vapore. Peso proprio per m. l. 4,04 t.
6	Sul Missouri, Atchison	Str. ord. e ferrovia	1	2 x 49	112,80	2 x 56,40	—	11,60-9,00	1/5,72	—	—	1874	Engineer, genn. 1875, e come al N. 15.	Pilone centrale, travatura a tra- liccio, di legname, tranne le dia- gonali.
7	Sul Mississippi, Quincy (Illio- nois)	Id.	1	Id.	111,30	2 x 55,6	4,57	10,70-8	1/5,2	289,560	1'30"	1876	Come al N. 15.	Id., id.
8	Ponte Keokuk e Hamilton sul Mississippi in Jowa	Doppio binario e strada ordinar.	2	2 x 48,80	114,70	2 x 57,30	9,60	10,68-8,24	1/6,95	410	1'30"	1870	Engineering, 1° sem., 1871, pag. 360. Journ. of the Frankl. Inst., 1872, pag. 249.	Due travi semi-paraboliche, corona con m. 9,15 di diametro, appoggio parzialmente sul perno, lunghezza obliqua 117,40, peso proprio per m. l. tonn. 3,574.
9	Di Burlington (Jowa)	Ferrovia	1	2 x 48,72	110,34	—	4,57	10,67-7,92	—	289,56	1'30"	1868	Movable bridges by PRINCE, nelle Minutes of Proceedings of the Institution of Civ. En- gineers, 1878-79.	Motore a vapore.
10	Sul Mississippi (Dubuque)	Id.	1	Id.	110,34	—	4,57	10,37-8,53	—	289,56	1'30"	1868	Id.	Id.
11	Id. (Hannibal) Missouri	Id.	1	Id.	110,34	—	5,48	10,67-7,92	—	289,56	1'30"	1870	Id.	Id.
12	Sul Missouri, Kansas City	Str. ord. e ferrovia	1	Id.	110,95	—	6,10	10,67-7,61	—	307,848	1'30"	1868	Id.	Id.
13	Sul Niagara, Buffalo (New- York)	Ferrovia	1	Id.	110,34	—	5,48	10,97-7,92	—	294,640	1'30"	1868	Engineering, 1872, pa- gina 305. Journal of the Frankl. Instit., 2° sem., 1873, pag. 147.	Id.
14	Di Harlem in New-York	—	1	2 x 45,71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Pilone centrale con m. 14,32 di diametro.
15	Tipo della Società Keystone Bridge C.	Un binar.	1	2 x 41,50	93,00	2 x 46,50	—	10,4-7,1	1/4,47	—	—	—	STEINER. Ueber Brü- ckenbauten in den Ve- reinigten Staaten von Nord-Amerika, 1878, pag. 174 e seg.	Pilone centrale.
16	Ponte Charlotte, America del Nord	Doppio binario	1	2 x 40	93,20	2 x 46,60	—	10,70-10,90	1/5,2	—	—	—	The Delaware Bridge Comp. illustr. Album, 1878.	Pilone centrale, travatura a tra- liccio, di legname, tranne le dia- gonali.
17	Tipo delle Phoenixville Bridge Works	Id.	1	2 x 35	81,00	2 x 40,5	—	7,5	1/5,4	—	—	—	Come al N. 15.	Travi parallele, binario inferiori.
18	Sul Hudson, in Albany (New- York)	Ferrovia	1	2 x 34,14	83,51	—	8,53	6,70	—	383	1'30"	1871	Scientif. Amer., 1872, pag. 101.	Travatura a traliccio a tavole pa- rallele, mossa da una macchina a vapore della forza di 10 cavalli; in tempo di calma 4 uomini la girano in 2 minuti; e in 2'15" si apre, si chiude e si fissa in posizione.
19	Di Cumberland, in Nashville	Id.	1	—	85,30	—	—	7,78	—	—	—	1870	Journ. of the Frankl. Inst., 2° sem., 1871, pag. 51.	Travatura a traliccio.
20	Housatonic della ferr. New- York-New-Haven	Dopp. bin.	1	—	62,80	—	—	7,32	—	—	—	1871	Engineer, 1° sem., 1872, pag. 296.	—
21	Sulla Point-Street a Provi- dence negli Stati Uniti	Strada ordinar.	1	2 x 33	76,70	2 x 33,30	13,41	7,62-2,75	1/5,5	—	—	1871	Engineering, 1° sem., 1873, pag. 202.	Due travi, gran parte del peso viene sopportato dal perno, corona con 24 rotelle e m. 8,80 di diam.
22	Sull'Onse presso Goole (Hull- Doncaster)	Doppio binario	1	2 x 30,50	76,20	—	9,14	5,03-1,2	1/7,5	680,720	1'	1866	Engineering, VIII, p. 95. Berlin. Arch. Wochen- blatt, 1867, pag. 359. Proceedings Instit. of Mech. Engn., 1869, pag. 171.	Travatura parabolica con tavola in- feriore orizzontale, in lamiera, a parete piena.
23	Sul fiume Pekquonnock presso Bridgeport nel Connecticut	Strada ordinar.	2	—	64,10	2 x 32,00	7,168	10,4-7,1	1/4,47	—	—	1871	Engineering, 1° sem., 1871, pag. 369.	Peso per m. l. Kg. 1529,7 il ferro, e Kg. 855,6 il legname.
24	Di Birkenhead all'entr. della darsena Alfred	Ferrovia	1	30,48	—	—	12,80	—	—	457,2	—	—	Come al N. 9.	—
25	Di Birkenhead sul Duke Street	Id.	1	30,48	54,86	—	12,50	—	—	711,2	1'30"	—	Id.	Appoggia e gira sopra una corona di 16 rotelle.
26	Di Havre sopra Great Lock	Str. ord.	2	30,48	—	—	6,70	—	—	120	4'	—	Id.	—
27	Ponte di Hull, al sud	Id.	1	30,05	51,54	37,2 e 14,30	—	3,35-1,37-3,35-2,04	1/11,1	808	—	—	Id.	Travi a parete piena, contrappeso tonn. 508, il resto tonn. 300.
28	Nell'arsenale maritt. di Spezia	Strada	2	30,00	46,00	17,20 e 5,80	3,00	—	—	71	1'	1879	Politecnico, x, pag. 567.	Si manovra da un sol uomo, il movi- mento ha luogo attorno a un perno distante m. 2,20, dal vivo dello spallone, e si compie su 4 rotelle di ferro, moventisi su due guide circo- lari. Il movimento di alitena si ot- tiene con una vite di sollevamento. Costò L. 42,000, comprese le mura- ture e le rampe, esclusa la zavorra.
29	Ponte di Passaic, Newark N. J.	Dopp. bin.	1	2 x 28,4	67,24	2 x 33,62	8,00	6,71	1/5	—	—	—	Come al N. 16.	Travi parallele, binario inferiori.
30	Di Tolone sul passaggio di Missiesy	Ferrovia e str. ord.	1	2(28,04-14,02)	50,30	33,00-19,00	6,95	3,00-1,50	1/11	—	10'	—	Annales des ponts et chaussées, 2° semestre, 1872.	Occorrono due uomini per aprirlo.
31	Sul Canal Grande di Chicago Delle darsene di Barrow in Furness	Dopp. bin.	1	2 x 25	60,96	—	20,36	4,57-2,29	—	—	—	—	Relazione di viaggio di HENZ, 1859.	Tre travi semiparaboliche, a tra- liccio.
32	Di Chicago	Str. ord. e ferrovia	2	24,38	53,18	17,00-9,60	9,44	—	—	—	—	—	Engineering, ott. 1880, pag. 320.	—
33	Di Chicago	Str. ord.	1	2 x 23	60,00	2 x 30	—	8,5-3	1/5,55	236	45"	—	FRÄNKEL. Bewegliche Brücken nel Hand- buch d. Ingenieurwis- senschaften, Cap. VIII. Riga'sche Industrie Zei- tung, 1880, p. 206-209.	Due uomini lo maneggiano.
34	Sul porto di Liban in Russia	Ferrovia e str. ord.	1	2 x 22,50	57,80	—	12,40	7,50	—	—	—	—	—	La larghezza del ponte è di m. 10,36, i marciapiedi di m. 1,52. Tutto il peso del ponte riposa sulla corona di rotelle.
35	Delle darsene di Middlesbo- rough	Binario e str. ord.	—	—	51,20	—	4,90	—	—	200	—	1873	Engineering, 2° sem., 1874, pag. 371.	—
36	Di Cette sul canale marittimo Tre altri ponti: de la Gare, Regg. e di Montpellier	Str. ord.	2	21,03	48,00	—	4,00	—	—	85,344	2'	—	Come al N. 9.	—
37	Sulla Geste tra Geestemünde e Bremerhafen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Id.	Tutti e tre nello stesso tipo del N. 33.
38	Sulla Geste tra Geestemünde e Bremerhafen	Strada ordinar.	1	2 x 20,40	52,00	—	—	2,80-1,40	1/9	111,127	—	1853-5	Zeitschrift d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1856, pag. 42, e 1859, pag. 67.	Due travi principali a parete piena colla tavola superiore curvata.

N° d'ordine	DESIGNAZIONE DEL PONTE	Destinazione del ponte	Numero delle ali	Numero e grandezza delle luci in metri	Lunghezza tot. della travatura metri	Lunghezza dei bracci metri	Larghezza del ponte metri	Altezza delle travi metri	Rapporto della massima altezza alla lunghezza del braccio maggiore	Peso totale della parte mobile tonnell.	Tempo necessario alla rotazione	Epoca in cui fu ultimato	FONTE a cui si possono attingere notizie	OSSERVAZIONI
39	Di Dunkerque sulla Écluse de Barrage (3 ponti simili)	Strada ordinar.	2	21,00	43,00	2 (13,50-8,00)	4,04	—	—	60,960	1'	—	<i>Annales des ponts et chaussées</i> , 1859. <i>Mémoire de A. Ploccq.</i> Come al N. 9.	Costò 45.000 lire.
40	Di Cette sul canale di Cette .	Str. ord. e ferrovia	1	2 (20,00-14,02)	49,96	20,00-14,02	8,00	—	—	223,520	8' a 10'	—	—	—
41	Sul fiume Chicago in Chicago	Strada ordinar.	1	2 × 19,38	45,72	2 × 22,86	5,25 6,88	5,32-2,50	1/4,1	—	—	—	HEINZERLING, <i>Die Brücken der Gegenwart</i> , IV Abth., pag. 68.	Pilone centrale con diam. di metri 9,222, larghezza coi marciapiedi 6,88, travatura a traliccio colla tavola inferiore rettilinea, corona con 18 rotelle di m. 0,35 di diam. Pilone costituito da otto tubi con m. 1,22 di diametro ciascuno, sopporta un castello con tiranti che sostengono i bracci del ponte. Travi paraboliche a parete piena. Due travi parabol. a parete piena. Pilone centrale. La parte metallica costò L. 88.394,46. Tre ponti simili adiacenti l'uno all'altro, mossi da forza idraulica.
42	Sull'Ouse presso New-York .	Doppio binario	1	2 × 18,91	53,68	—	—	4,30-1,00	1/6	—	—	1869	<i>Engineering</i> , XII, p. 264.	—
43	Sul canale principale di Geestmünde	Doppio binario	1	2 × 18,40	—	—	8,86	2,20-1,20	—	—	—	1861-2	<i>Zeitschrift des Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover</i> , 1864, p. 278. Come al N. 9.	—
44	Di Liverpool sulle darsene Waterloo	—	2	18,29	—	—	8,23	—	—	—	—	—	—	—
45	Di Galway sul Lough Athalia	Ferrovia	1	2 × 18,29	—	—	11,58	—	—	203,2	—	1851	Id.	—
46	Sulla Weser magg., in Bremen	Doppio binario	2	2 × 18,24	47,70	2 × 33,84	13,123	3,05-0,76	1/11	226,731	—	1867	<i>Zeitschrift d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover</i> , 1865 e 1869.	Tre travi semiparaboliche, con pareti reticolate e marciapiedi sopra mensole. Pilone centrale con metri 15,42 di diametro, corona con 32 rotelle.
47	Di Antwerpen	Str. ord.	2	17,76	—	—	4,60	—	—	100	7'	1812	RZIHA, <i>Brückenbau</i> , pagina 473 e seg. Come al N. 9.	Corona con 16 rotelle; la sola parte mobile costò L. 86.250.
48	Di Hull sul Hull	Id.	1	17,25	33,90	22,71-12,19	9,90	—	—	243,84	—	1873	—	Il contrappeso è di t. 47.752.
49	Di Niederbaum in Amburgo .	Id.	1	2 × 17,2	36,40	18,00-18,00	9,90	4,80	1/5,7	299	3' 1/4; a mano 4 uom. 6', 2 uom. 12' 1/4	—	<i>Zeitschrift des Vereines deutscher Ing.</i> , 1882, p. 298.	Pilone centrale; meccanismo di rotazione idraulico e originale.
50	Sul Nilo presso Benha nella linea Kairo-Alessandria . .	Ferrovia	1	2 × 17,20	46,4	—	—	—	—	—	—	1853	Come al N. 47.	Il pilone è formato da sei tubi di m. 1,52 di diametro ciascuno nell'alto, e m. 2,135 al basso.
51	Sull'Oder, linea Berlino-Stettin	Doppio binario	1	2 × 16,30	45,20	22,61-22,14	—	2,3-1,6	1/10	—	1',45"	1864-9	STEINER, <i>Erweiterungsbauten der Berliner-Stettinmer Eisenbahn</i> , Berlin, 1870. Come al N. 33.	Sistema Schwedler, obliquo, la luce è misurata sull'asse, servizio con un sol uomo, tavola super. rettilinea.
52	Di Moerdijk sul Hollandsch Diep	Ferrovia	1	2 × 16	40,65	2 × 20,33	—	2,75-1,4	1/7,4	—	—	—	—	—
53	Di Grimsby sulla ferr. Manchester Scheffield e Lincolnshire	Id.	1	15,85	—	—	4,22	—	—	45,72	—	1877	Come al N. 9.	Motore idraulico.
54	Di New-Ross sul Barrow (Irlanda)	Strada ordinar.	1	2 × 15,24	—	—	9,76	—	—	161,544	—	1869	<i>Engineering</i> , 1° sem., 1871, pag. 229.	—
55	Di Birkenhead sulla darsena Alfred	Ferrovia	1	2 (9,14-15,24)	—	—	12,80	—	—	—	—	—	Come al N. 9.	—
56	Di Rochester sul Medway .	Str. ord.	1	14,78	33,22	23,16-10,06	15,24	—	—	304,8	—	—	Id.	Il contrappeso è di t. 101,600. Trenta rotelle; le estremità appoggiate sopra viti.
57	Di Londondery sul fiume Foyle	Ferr. sott. str. sopra	1	2 × 14,63	38,40	—	7,92	—	—	345,440	—	1860	Come al N. 9.	Appoggia su 18 rotelle.
58	Ponte sulla Parnitz (linea Breslau-Schweidnitz-Preiburg)	Doppio binario	1	2 × 14,30	38,20	19,953-18,247	7,55	1,60-0,90	1/13,1	91,57	—	1878	<i>Zeitschrift d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover</i> , 1879, pag. 31.	Sistema Schwedler, colle pile estreme oblique; il perno durante la rotazione sopporta 112 tonn.
59	Sull'Elba, Hohnstorf	Id.	1	2 × 14	38,60	18,80	—	1,75-1,32	1/10,7	—	—	—	ZIMMERMANN e V. BAGH, <i>Erläuterungen zu dem Projecte der Drehbrücke über d. Elbe bei Hohnstorf</i> , 1876.	Sistema Schwedler. Tavola superiore rettilinea.
60	Due ponti simili di Hull sulle darsene Vittoria	Strada ordinar.	2	13,72	—	—	7,31	—	—	—	Da 10' a 20'	1852	Come al N. 9.	Mosso a braccia da 10 uomini. Il peso principale appoggia su tre ruote sotto le travi e in vicinanza della campata, corona di ruote.
61	Sul Memel presso Tilsit . . .	Ferrovia e strada, ora con 1, più tardi con 2 bin.	1	2 × 13,45	36,00	19,0-17,0	5,16	1,60	1/11,5	78,616	—	1877	<i>Zeitschrift f. Bauwesen</i> , 1878, p. 22 e 162.	Si trova in mezzo a due altri ponti.
62	Di Rappersweiler sul lago di Zurigo	Ferrovia e strada	1	2 × 13,30	40,00	20,00	9,60	—	—	112	2',30" 2 oper.	1877	<i>Eisenbahn</i> , 1878, Band 9, pag. 105.	Pilone con diametro di m. 11,60; travi di lamiera a parete piena. La forza necessaria per aprirlo è di 5300 chilogr.
63	Di Athlone sul Shannon . . .	Str. ord.	1	2 × 13,11	—	—	8,84	—	—	132,08	—	1851	Come al N. 9.	Le travi sono sopportate da tiranti, staccantisi da un castello sul pilone centrale.
64	Sulle darsene del porto di Antwerpen	Doppio binario	1	13	—	—	6,50	1,60	—	—	—	1878	<i>Engineering</i> , dicembre 1879, pag. 486-7.	La coda controbilancia l'avambraccio e gira sopra una corona di rotelle.
65	Ponte sulla Parnitz, Stettin.	Id.	1	2 × 12,55	35,70	17,9-17,43	7,50	1,67-1,24	1/10,7	102,1	—	1864-70	HEINZERLING, <i>Die Brücken d. Gegenwart</i> , IV Abth. pag. 61.	Sistema Schwedler.
66	Sulla Kahnfahrt, Berlin-Stettin	Id.	1	2 × 12,60	35,70	17,9-17,43	—	1,6-1,20	1/10,7	—	—	1874	BOLLMANN e DIETRICH, <i>Erläuterungen zu dem Projecte für die Drehbrücke über die Kahnfahrt</i> , 1874.	Id.
67	Sull'Elba presso Wittenberg .	—	1	2 × 12,55	33,90	—	—	—	—	—	—	1849	RZIHA, opera cit., pag. 473 e seg.	—
68	Sulla Kahnfahrt in Oderthal (ferrovia Berlino-Stettin).	Dopp. bin.	1	2 × 12,55	36,00	18,00-18,00	7,50	—	—	80,66	—	1878	<i>Zeitschrift für Bauwesen</i> , 1879, p. 359-378.	Costò lire 311.250.
69	Nel porto di Pola	Ferrovia	1	12,30	24,71	13,02-10,62	4,50	1,282	1/10,1	80	6'	—	<i>Wochenschrift des östr. Ing.-u. Archit.-Ver.</i> , 1884, pag. 326.	Occorrono 5' per abbassarlo e 1' per la rotazione. Costò 50.000 lire. Chiuso, riposa su 3 punti formati da ruote, che si abbassano durante la rotazione, e allora gira sopra una corona di sfere del diametro di m. 5,5. Travi di lamiera.
70	Sul fiume Rother presso Rye, linea Ashfort-Hastings . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RZIHA, opera cit., pag. 473 e seg.	Corona con 16 rotelle; pilone centrale, con castello e tiranti di sostegno. La corona di rotazione coll'armilla pesano 24 tonn.

N° d'ordine	DESIGNAZIONE DEL PONTE	Destinazione del ponte	Numero delle ali	Numero e grandezza delle luci in metri	Lunghezza tot. della travatura metri	Lunghezza dei bracci metri	Larghezza del ponte metri	Altezza delle travi metri	Rapporto della massima altezza alla lunghezza del braccio maggiore	Peso totale della parte mobile tonnelli	Tempo necessario alla rotazione	Epoca in cui fu ultimato	FONTE a cui si possono attingere notizie	OSSERVAZIONI
71	Presso Hull	—	1	2 × 12,19	—	—	—	1,22-0,46	—	—	—	—	Relazione di TELLKAMPF nella Zeitschrift des Hannover'schen Ingenieur-und Architekten-Vereines, 1857, p. 176. Engineer, 1° sem. 1879, pag. 174.	Travi paraboliche a parete piena, pilone costituito da 8 tubi all'interno e 20 all'esterno.
72	Di Dublino sulla Liffey	Strada ordinar.	1	2 × 12,19	38,70	18,29	10,67	0,90	1/20,3	182,88	1'	1879	—	Il peso si trova quasi per intero sopportato dal perno. Tavola inferiore diritta, la superiore curvata. Diametro del pilone centrale m. 12,19; 4 ruote di guida sopportanti parte del peso.
72 bis	Sul fiume Sile alla Fossetta (Venezia)	Id.	1	2 × 12,00	25,00	2 × 12,50	5,00	1,44	1/8,5	—	—	1887	Come al N. 95.	Corona sopra gruppo di pali; ruote con m. 0,40 di diam.; costò lire 154.745,76, compresa una travata fissa di m. 11.
73	Ponte di Peene in Anclam	Un bin.	—	11,82	19,04	14,02-5,02	—	1,26	1/11,1	—	—	—	Zeitschrift für Bauw., 1871, pag. 193 e seg.	Travi parallele.
74	Due ponti sulle darsene della Comp. delle Indie Orientali	Str. ord.	2	11,00	—	—	3,80	—	—	—	—	—	RŽIHA, opera cit., pag. 473 e seg.	—
75	Sul canale di congiunzione fra il Reno e il Neckar (in Mannheim) per la strada Jungbusch.	Id.	1	10,50	22,28	14,59-7,689	6,80	—	—	42,85 26,90	—	—	BECKER, Ausgef. Konstruktionen des Ingen., VII Heft, 1882, pag. 42.	Corona di ruote con m. 5 di diam. Il contrappeso è di 20,9 tonn.
76	Sul canale fra il Reno e il Neckar (Mannheim) per la strada del Reno	Id.	1	2 × 10,50	32,712	2 × 16,356	9,00	1,526	1/10,7	94,16	—	1879	Allgemeine Bauzeitung, 1880, pag. 26.	Pilone centrale, larghezza della carreggiata m. 6,06 e m. 3 i marciapiedi. Costò lire 58.107,50, e comprese le murature e le fondazioni lire 264.567,62.
77	Di Gravelines sull'Écluse Vauban.	Id.	1	2 (10,06-8,00)	25,98	—	4,04	—	—	26,67	1'	1875	Come al N. 9.	—
78	Nel porto di Weymouth	Strada	1	10,00	—	—	—	—	—	207	—	—	Engineer, febr. 1882, pag. 144.	L'avambraccio non ha che un'impalcatura di tavoloni, la coda una piattaforma di lastre di ferro e di cemento e granito; le rotelle della corona sono coniche; costò 25.000 lire.
78 bis	Sul canale Nisa presso Senigallia	Ferrovia	1	10,00	22,75	14,51-8,24	4,95	0,87-0,52	1/16,6	—	—	—	—	Trave armata di lamiera a parete piena, girevole attorno a un perno centrale, con 2 ruote e corona di m. 4,88 di diametro.
79	Sulle darsene del porto di Antwerpen	Id.	1	10,00	21,00	14,00-7,00	7,25	1,30	1/10,7	—	—	1878	Engineering, dicembre 1879, pag. 486-7.	La coda controbilancia l'avambraccio e gira sopra una corona di rotelle.
80	Allo sbocco del canale del Reggente	Str. ord.	2	9,80	21,00	2 × 10,50	4,50	—	—	—	—	1805	RŽIHA, opera cit., pag. 473 e seg.	—
81	Sull'Havel Potsdam	Dopp. bin.	1	2 × 9,5	—	—	—	1,31-0,63	—	—	—	—	Zeitschrift für Bauw., 1874, pag. 135.	Obliquo di 60°.
82	Sul canale di Papenburg	—	1	9,41	—	—	—	0,94-0,60	—	—	—	1852	Zeitschrift für Bauw., 1856, pag. 485.	Travatura a parete piena; corona e armilla di ghisa; 12 rotelle.
83	Sulla Somme presso Abbeville	Dopp. bin.	2	2 × 9,37	28,00	—	7,80	—	—	—	—	—	Allgemeine Bauzeitung, 1864.	Quattro travi a parete interrotta; corona dentata, 20 rotelle.
84	Sul Novissimo al passo Menai (Italia)	Str. ord.	1	2 (9,30-9,00)	18,546	2 × 9,273	3,00	1,30	1/7,1	—	—	—	Come al N. 86.	Travatura a reticolato, con tavole parallele orizzontali. Gira su perno e corona con 4 ruote.
85	Di Mecheln (linea Bruxelles-Antwerpen)	Ferrovia	1	8,50	—	—	5,20	—	—	—	—	1835	BAUERFEIND, Vorlegeblätter zur Brückenbaukunde, 1854.	Appoggia su due ruote e sul perno; costò 35.000 franchi.
86	Di Loreo (linea Adria-Chioggia, Italia)	Id.	1	2 × 8,50	22,80	2 × 11,40	4,30	2,00	1/5,7	—	—	—	CHICCHI, Corso teorico-pratico sulla costruzione dei ponti, 1886, pag. 755.	—
87	Sulla Leda presso Leer	—	1	8,47	—	—	—	—	—	—	1'30"	1852	Come al N. 74.	Corona dentata con 10 rotelle.
88	Sul Main (linea Main-Neckar)	Ferrovia	1	8,46	19,60	7,00-12,60	6,534	—	—	—	3'	1844-5	Come al N. 82.	Travatura parabolica; corona di ghisa con raggio di m. 3,10, due ruote motrici; costò lire 42.328 la parte metallica, e lire 148.148 l'insieme.
89	Sulla Spaarne in Olanda	—	1	2 × 8,00	23,66	—	—	—	—	—	—	—	Come al N. 85.	Pilone centrale; corona dentata con 6 ruote.
90	Sul can. della Radelle, Aignes Mortes	Un bin.	1	8,00	22,70	12,06-9,04	—	0,87	1/15,5	—	—	—	Annales ind., 1° sem., 1874, pag. 198.	Travi parallele.
91	Sul canale dell'Ourcq alla Villette	Strada ordinar.	1	7,94	17,80	12,40-5,40	7,60	—	—	75	—	—	Nouvelles Annales de la constr., 1875, pag. 14. Annales des ponts et chaussées, ottobre 1875.	La larghezza totale comprende due carreggiate di m. 2,60 ciascuna, 2 marciapiedi laterali di m. 1,30 ciascuno, e 1 di m. 0,60 nel mezzo.
92	Sul canale Berlino Spandau	Ferrovia	1	7,82	14,33	—	—	0,94-0,47	—	21,772	3' con 2 uomini e 2',30" con 3	1859	Zeitschrift für Bauw., 1860, pag. 193.	Due travi a parete piena. Costò lire 15.108,55 la parte metallica.
93	Sul naviglio Stra-Dolo a Paluello (Italia)	Strada ordinar.	1	7,80	16,63	11,96-5,44	5,00	1,40	1/8,5	—	—	—	Come al N. 86.	Il ponte è obliquo per rispetto al canale; la luce di m. 7,80 è misurata perpendicolarmente all'asse del naviglio. Travatura a tavole parallele, orizzontali, con traliccio a triangoli isosceli. Corona o armilla con quattro rotelle.
94	Di Bruxelles	Id.	1	7,00	—	—	5,00	—	—	—	56"	1820	Come al N. 92.	Corona con 16 rotelle; il perno sopporta una parte del peso.
95	A tre Palade sul Mandracchio del canale Sioncello (Venezia)	Id.	1	6,50	15,30	9,825-5,475	5,00	1,41	1/8,3	—	—	—	L'Ingegneria a Venezia dell'ultimo ventennio - Venezia, 1887.	Travi a graticolato. Costò lire 41.966,32. Girevole sopra carro, con sei ruote del diam. di m. 0,40.
96	Sul naviglio Mira (Italia)	Id.	1	5,80	12,68	7,61-4,97	2,90	1,442	1/5,1	—	—	—	Come al N. 86.	Travatura a traliccio con tavole parallele orizzontali. Gira su perno e corona con 4 ruote.
97	Di Kilnhurst	Ferrovia	1	5,58	22,30	7,62-9,12-6,68	—	0,97	1/8,1	—	—	—	Engineer, ottobre 1870, pag. 292, 296.	Scavalca un canale di m. 5,60 sotto un angolo di 20° di obliquità; consta di 2 ponti girevoli intorno a perni situati sulla stessa sponda, e sono riuniti in modo che nella rotazione si mantengono paralleli e vanno ad installarsi parallelamente sulla riva. Sostengono i longoni che servono per binario.
98	Nella linea Amsterdam-Haag.	Id.	1	4,72	—	—	—	—	—	—	—	1842	Come al N. 74.	—

N. d'ordine	DESIGNAZIONE DEL PONTE	Destinazione del ponte	Numero delle ali	Numero e grandezza delle luci in metri	Lunghezza tot. della travatura metri	Lunghezza dei bracci metri	Larghezza del ponte metri	Altezza delle travi metri	Rapporto della massima altezza alla lunghezza del braccio maggiore	Peso totale della parte mobile tonnelli	Tempo necessario alla rotazione	Epoca in cui fu costruito	FONTE a cui si possono attingere notizie	OSSERVAZIONI
1	Di Vittoria a Leith . . .	Doppio binario	1	36,60	65,20	44,8 e 20,4	11,9	8,23-2,13	1/5,44	620	—	1874	Engineering, 2° sem. 1874, p. 433.	Perno mobile, contrappeso 240 tonnellate; costò fr. 750,000.
2	Di Leith sulla Leith . . .	Str. ord. e ferrovia	1	36,58	—	—	11,90	—	—	630	—	1874	Price, Movable bridges, nelle Minutes of Proceedings of the Institution of Civ. Engineers, 1878-79.	—
3	Di Newcastle sulla Tyne . . .	Str. ord.	1	2 × 30,60	62,80	2 × 31,40	15,24	7,60	1/4,15	1200	3'	1876	Engineering, 2° sem. 1877, p. 242.	Travatura parabolica, appoggia sopra un perno girevole nell'acqua per 1100 tonn.
4	Sul Bassin National Marsilia	Doppio bin. e str.	1	28	62,00	38,4 e 23,6	15,94	3,75-1,50	1/10,3	750	3'	1874	Annales des ponts et chaussées, 1° sem. 1875.	Tre travi principali; un uomo solo lo apre e chiude. Costo del ponte 350,000 lire, esclusa la muratura.
5	Di Wisbeach sul fiume Nene.	Str. ord.	1	25,91	—	—	10,06	—	—	508	—	—	Come al N. 2.	—
6	Di Hull all'entrata della darsena Albert	Ferrovia	1	24,40	42,67	—	3,66	—	—	—	3'	—	Id.	Contrappeso 300 tonn.
7	All'entrata della darsena Millval (London)	Str. ord.	1	24,40	45,72	—	13,72	—	—	—	2',30"	—	Id.	Contrappeso 203 tonn.
8	Di Liverpool all'entrata della darsena Canada	Id.	1	24,40	—	—	—	—	—	122	—	—	Id.	—
9	Di Kattenburgplein in Amsterdam	Id.	1	2 × 24	60,00	29,5	—	2,13-1	1/14	—	—	—	Come al N. 14.	Travatura a parete piena, parabolica, colla tavola sup. orizzontale.
10	Sul Morpeth Dock, Birkenhead	Ferrovia	1	21,40	42,80	—	12,80	—	—	420	—	—	Come al N. 2.	—
11	Di Velsen (Olanda) sul canale del Nord	Str. ord.	1	2 × 21,34	—	—	4,75	—	—	—	2',30"	—	Id.	Obliquo di 71°.
12	Sul Bassin Joliette, Marsilia.	Dopp. bin. e str. ord.	1	21,3	42,90	27,44-14,56	8,00	2,62	1/10,1	300	8'	1874	Notices sur les dessins, modèles et ouvrages relatifs aux travaux des ponts et chaussées et des mines, par le Ministère des travaux publics. Expos. univ. à Vienne 1873, p. 248.	Pel sollevamento 2' e 8' per la rotazione. Costo del ponte 225,000 lire, quello della muratura 66,085.
13	Sul Lümfiord tra Aalborg e Novre-Lundby Amsterdam	Doppio binario	1	2 × 21,00	49,74	24,1	—	3,0-1,5	1/8	—	—	—	RŽHA, Eisenbahn Unteru. Oberbau, 2er Band, pag. 482.	Travatura a parete piena.
14	Sul Nordseecanal Laandam . . .	Id.	1	2 × 21	49,74	24,1	—	3,0-1,5	1/8	—	—	—	Heinzerling Die Brücken der Gegenwart, iv Abth., pag. 54.	Travatura a parete piena, parabolica, colla tavola sup. orizzontale.
15	Di Oosterdocksluis, Amsterdam . . .	Id.	1	2 × 21	49,74	24,1	—	3,0-1,5	1/8	—	—	—	Id.	Id.
16	Di Maas, Dordrecht . . .	Id.	1	2 × 21,00	53,64	2 × 26,82	—	2,6-1,04	1/10,5	—	—	1866-72	Nouvelles Annales de la constr., 1879, p. 68-71.	Si trova nello stesso ponte dove è il N. 33, ma dall'altra estremità.
17	Di Wijstraat, Rotterdam . . .	Id.	1	2 × 21,0	52,75	2 × 26,37	—	2,6-1,04	1/10,1	—	—	—	FRÄNKEL. Bewegliche Brücken nel Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 1880.	—
18	Königshafen in Rotterdam . . .	Id.	1	2 × 21,0	53,80	2 × 26,90	—	2,6-1,04	1/10,5	—	3'	1860	Verhandelingen van het kon. Inst. van Ing. 1861-62, pag. 26. - Tijdschr. van het kon. Inst. van Ing. 1876-77.	Due uomini lo girano; per alzare ed abbassare la travatura occorrono 2',30".
19	Di Velsen (Olanda) sul canale del Nord	Ferrovia	1	2 × 20,73	51,30	—	6,10	—	—	232	—	—	Come al N. 2.	—
20	Di Walcheren, West Sauburg	Str. ord.	1	2 × 20	48,25	2 × 24,12	—	3,0-1,70	1/8,04	—	—	—	Come al N. 17.	—
21	Di Drontheim . . .	Ferrovia	1	2	47,00	23,50	4,28	—	—	—	1,30"	—	Centralblatt der Bauverwaltung, 1886, pag. 336.	Mosso coll'acqua presa dalla condotta della città a una pressione di 5 a 7 atm. Per aprirlo si eleva il ponte di 2 centim.; una catena attaccata ad una corona sul pilone centrale serve a girarlo. Le acque di piene coprono la leva e il perno senza danni.
22	Di Penarth sopra la Chiusa . . .	Str. ord.	1	18,45	29,87	22,10-7,77	4,12	—	—	173	—	—	Come al N. 2.	Motore idraulico solo per elevare il perno.
23	Di Sculcoates, in Kingstone sopra Hull . . .	Id.	1	17,1	34,44	—	—	—	—	—	—	—	Engineer., 1° sem. 1875, pag. 227.	—
24	Di Yssel in Zütphen . . .	Ferrovia	1	2 (16,80-15,7)	39,00	—	—	2,5-1,25	1/12	—	—	—	Come al N. 17.	Travatura a parete piena.
25	Sul passaggio fra il Bacino South West India e la Darsena sud (Londra) . . .	Id.	1	16,76	36,27	—	4,90	—	—	280	—	—	Come al N. 2.	—
26	Sul passaggio attraverso l'entrata est della darsena South West India (Londra) . . .	Id.	1	16,76	33,68	—	5,03	—	—	178	—	—	Id.	—
27	Di Bergen op Zoom sul canale Zindberland . . .	Id.	1	2 × 15,85	—	—	6,80	—	—	220	—	—	—	Soportato interamente dal perno.
28	Di Rotterdam, sul passaggio della darsena . . .	Str. ord.	1	2 × 15,24	40,25	—	6,40	1,53-0,76	—	—	—	—	Annales du Génie civil, 1867, pag. 394.	—
29	Di Mottlau in Danzig . . .	Id.	1	13,2	22,60	16,8-5,8	—	1,42	1/11,8	—	—	1870	Zeitschrift f. Bauwesen, 1871, pag. 193.	Sistema Schwedler.
30	Di Hunte in Elsfleth nella ferrovia Hude-Brak . . .	Ferrovia	1	12,3	18,00	14,4-4,00	—	1,20	1/11,7	—	—	1873	Buresch nella Zeitschr. des Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1874.	Travi parallele rettilinee.
31	Di Nieuwe Vaart, Amsterdam	Str. ord.	1	2 (12,1-7,50)	27,40	16,6-10,8	—	1,55-0,35	1/10,7	—	—	—	Come al N. 17.	—
32	Di Willemsvaart in Zwolle . . .	Str. ord.	1	12,05	23,55	14,15-9,40	—	1,50	1/9,4	—	—	—	Id.	—
33	Di Oude Maas presso Dordrecht	Dopp. bin.	1	2 × 12	34,78	2 × 17,39	—	2,0-0,8	1/8,7	—	—	1866-72	Come al N. 13, pag. 485.	—
34	Della Chiusa sulla Weser in Hameln . . .	Id.	1	11,6	18,70	13,1-5,6	—	1,31-0,73	1/10	—	—	—	Zeitschrift d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1873, pag. 378.	—
35	Sul passaggio fra il bacino Blackwall e la darsena di esportazione (Londra) . . .	Dopp. bin.	1	11,58	38,25	—	8,33	—	—	406	—	—	Come al N. 2.	Obliquo di 64°.
36	Sul passaggio fra il bacino Blackwall e la darsena d'importazione (Londra) . . .	Id.	1	11,31	32,31	—	8,33	—	—	330	—	—	Id.	Obliquo di 80°.
37	Di Nieuwe Heerengracht Amsterdam . . .	Str. ord.	1	2 (10,80-4,6)	25,05	15,4-9,7	—	1,04-0,64	1/14,8	—	—	—	Come al N. 17.	—
38	Sul Canal Grande di Trieste . . .	Id.	1	9,47	18,2	13,2-5,00	—	0,58-0,29	1/22,6	48,7	—	1857	Come al N. 13, pag. 494.	Perno mobile; costruito da Nausser.
39	Ponte di Amsterdam sul canale Brigwart . . .	Id.	1	—	14,33	9,33-5,00	4,10	—	—	—	—	1869	Come al N. 13, pag. 484.	È in legname, i bracci sono sostenuti da tiranti, il movimento ha luogo a braccia d'uomini.
40	Di Dublino sul passaggio della darsena Spenser . . .	Id.	1	8,53	—	—	9,14	—	—	102	—	—	Come al N. 2.	—
41	Di Dublino all'entrata della darsena Spenser . . .	Str. ord. e tramvia	1	8,53	—	—	3,36	—	—	—	—	—	Id.	—
42	Di Damrak (Amsterdam) . . .	Str. ord.	1	2 (6,75-4,75)	20,10	12,1-8,00	—	1,31-0,46	1/9,2	—	—	—	Come al N. 17.	—
43	Sul canale Georgsfehn . . .	Ferrovia	1	6,05	7,174	6,85	2,42	2,48	1/9,7	—	—	—	Zeitschrift des Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1872.	Obliquo a 83°, 25'; la lunghezza obliqua è di m. 6,091. Costò lire 1587.

VIII. — Costo dei ponti girevoli.

Una delle questioni più importanti di qualsiasi costruzione è il costo della medesima. Esso però non può conoscersi se prima non si è studiato il progetto, il che impedisce talvolta di istituire dei calcoli comparativi tendenti a far scegliere una soluzione, piuttosto che un'altra. Egli è perciò che si usa d'eseguire un progetto di massima prima di intraprendere gli studi di quello definitivo. In tal modo si arriva a determinare approssimativamente la migliore soluzione e la spesa occorrente per attuarla. Con ciò si ha la prima base, sulla quale si istituiscono tutti i calcoli finanziari a cui dipende l'attuazione dell'opera.

Per facilitare questi studi di massima si è procurato di riunire il maggior numero d'informazioni relative ad opere eseguite, colle indicazioni del costo, per potere così in condizioni analoghe stabilire il prezzo di opere da progettarsi.

Pei ponti girevoli però fino ad oggi non si è fatto nulla di tutto ciò; e avendo noi voluto cercare in qualche modo

di riunire le notizie più importanti, abbiamo trovato difficoltà grandissime, perchè generalmente nelle descrizioni date da vari giornali, o mancano le indicazioni relative al costo dell'opera, o sono incomplete o confuse con quelle di altri lavori eseguiti contemporaneamente. Perciò avevamo abbandonato il pensiero di aggiungere questa parte a complemento del nostro studio.

Tuttavia pensando che le notizie da noi raccolte possono già essere utili in molti casi e servire inoltre di prima base a quelle che altri in seguito potranno aggiungere, ci siamo decisi di comunicarle nei prospetti del capitolo precedente; e, valendoci di esse, abbiamo calcolato:

1) il costo per metro corrente di luce effettiva dei ponti girevoli;

2) il costo per metro corrente di lunghezza di trave;

3) quello per metro quadrato di superficie utile del ponte, compresi i marciapiedi.

I risultati dei nostri calcoli seguono nel prospetto qui annesso N. IV.

IV. — RISULTATO DEI CALCOLI DI COSTO.

Numero d'ordine	DESIGNAZIONE DEI PONTI	Numero		Lunghezza della travatura	Larghezza utile del ponte	C O S T O			Totale	
		delle ali	e grandezza delle luci			per metro lineare		per metro quadrato di superficie utile		
						di luce	di travatura			
		metri	metri			lire	lire	lire		lire
<i>Ponti a due ali.</i>										
1	Ponte sulla Penfeld, di Brest	2	106,68	173,55	7,20	11063,83	6800,86	944,56	1180290 —	
2	Ponte di Tarantó, che unisce il Mar Grande al Mar Piccolo:									
	a) il solo ponte	2	59,40	89 —	6,70	6734 —	4494,38	670,80	400000 —	
	b) il ponte e il meccanismo motore compreso	—	—	—	—	7491,58	5280,90	788,18	470000 —	
3	Ponte nell'Arsenale della Spezia	2	30 —	46 —	3 —	1400 —	913,04	304,34	42000 —	
4	Ponte di Dunkerque sull'Ecluse de Barrage	2	21 —	43 —	4,04	2142,85	1046,51	259,03	45000 —	
5	Ponte di Antwerpen	2	17,76	—	4,60	4856 —	—	—	86250 —	
<i>Ponti a due luci.</i>										
6	Ponte sulla Geeste tra Geestemünde e Bremerhafen	1	2 di 20,40	52 —	—	2158,25	1693,40	—	88057 —	
7	Ponte sul Canale principale di Geestemünde	1	2×18,40	—	—	2402,02	—	—	88394,46	
8	Ponte di Mannheim sul Canale fra il Reno e il Neckar:									
	a) la sola parte metallica	1	2×10,50	32,712	9 —	2767,02	1832,35	203,59	58107,50	
	b) comprese le murature e fondazioni	—	—	—	—	12598,45	8087,78	898,64	264567,62	
9	Ponte sul fiume Sile alla Fossetta (Venezia)	1	2×12,00	25,00	5,00	8955,18	4298,49	859,69	107462,25	
<i>Ponti ad una luce sola.</i>										
10	Ponte Vittoria a Leith	1	36,60	65,20	11,90	20491,80	11503,06	966,64	750000 —	
11	Ponte sul Bacino Nazionale, Marsilia	1	28 —	62 —	15,94	12500 —	5643,22	354,02	350000 —	
12	Ponte sul Bacino Joliette, Marsilia	1	21,30	42,90	8 —	10563,38	4509,01	563,62	225000 —	
13	Ponte sulla Kahnfabrt in Oderthal (ferrovia Berlino-Stettino)	1	2×12,55	36 —	7,50	12400,39	8645,83	1152,77	311250 —	
14	Ponte di Aubervilliers	1	—	30 —	—	—	2500 —	—	75000 —	
15	Ponte nel porto di Pola	1	12,30	24,71	4,50	4065,04	2023,47	449,66	50000 —	
16	Ponte nel porto di Weymouth	1	10 —	—	—	2500 —	—	—	25000 —	
17	Ponte di Mecheln (linea Bruxelles-Antwerpen)	1	8,50	—	5,20	4117,64	—	—	35000 —	
18	Ponte sul Main (linea Main-Neckar)	1	8,46	19,60	6,53	5003,30	2159,59	327,45	42328 —	
19	Ponte sul Canale Berlino-Spandau	1	7,82	14,33	—	1932,04	1054,33	—	15108,55	
20	Ponte di Kilnhurst	1	5,60	—	—	66964,28	—	—	375000 —	
21	Ponte a tre Palade sul Mandracchio del canale Sioncello (Venezia)	1	6,50	15,30	5,00	6456,35	2742,89	548,57	41966,32	

Da un numero così piccolo di ponti, com'è quello da noi comunicato, non si possono tirare conseguenze di grande valore; però si scorge che in generale i ponti a due luci e con pilone centrale sono i più vantaggiosi ed i più economici, ed è naturale, poichè la parte di coda, che negli altri

ponti ad una luce è necessaria per controbilanciare il peso dell'avambraccio, serve qui come una vera travatura per coprire una seconda luce.

Fra i ponti a due ali o ad un'ala sola con una luce unica, i primi sono i più economici.

G. CRUGNOLA.

IL PONTE SUL PO A CASALMAGGIORE PER LA FERROVIA PARMA-BRESCIA

Veggasi la Tav. IX-X

Il ponte sul Po costruito a Casalmaggiore per la ferrovia Parma-Brescia-Iseo, consta di 17 campate, di cui le 15 intermedie sono di m. 65 di lunghezza fra asse ed asse delle pile, e le due estreme di m. 55. La travata continua ha dunque la considerevole lunghezza di 1085 metri.

Le 16 pile e le 2 spalle fondate coll'aria compressa raggiunsero profondità di 20 a 26 metri.

L'impresa costruttrice, tanto per le pile e loro fondazioni, quanto per la sovrastruttura metallica del ponte, è stata la Società Nazionale delle Officine di Savigliano, diretta dall'ing. O. Moreno, e questo importante lavoro è esclusivamente prodotto dell'industria nazionale, poichè anche i ferri per la travata continua provennero da stabilimenti italiani, essendosene incaricate le officine Tardy e Benech di Savona, e quelle di Raggio e Ratto di Sestri Ponente e di Pra. Perfino le rotaie di acciaio Bessemer impiegate nell'armamento del nuovo tronco sono state fabbricate dalla Società delle acciaierie di Terni.

L'ingegnere del Genio civile, cav. Augusto Croci, che i nostri lettori conoscono, ha pubblicato testè nel *Giornale del Genio Civile* una estesa e minuta monografia sul ponte di Casalmaggiore, estendendosi non meno sulle considerazioni che riguardano il regime del Po e la scelta del progetto, quanto su tutti i particolari tecnici e storici dell'esecuzione fino ai risultati finali delle prove di collaudo.

Rinviamo alla dotta memoria quei lettori ai quali le sommarie notizie, che qui sotto riferiamo, facessero sorgere il desiderio di maggiori particolari, riassumiamo qui brevemente, per la generalità dei nostri lettori e coll'aiuto della tavola IX-X, i dati pratici, tecnici ed economici più essenziali a dare un'idea sintetica dell'importanza dell'opera italiana, e dei mezzi felicemente escogitati per eseguirla, non senza porgere i nostri vivi ringraziamenti all'egregio cav. O. Moreno per aver posto a nostra disposizione tutto il materiale di studio, e l'ottimo suo personale tecnico nell'intento di facilitare il compito nostro.

Ubicazione del ponte. — La linea ferroviaria Parma-Brescia attraversa il Po appena sottocorrente della città di Casalmaggiore ed a 50 metri a monte del ponte di chiatte che serve alla continuità della strada nazionale da Parma a Piadena. Quest'ultimo ponte, appenachè le piene del Po raggiungano da 4 a 5 metri sopra lo zero dell'idrometro di Casalmaggiore, non permette il transito per vetture e pedoni e dev'essere ripiegato alle sponde.

Ivi la distanza che separa le due arginature maestre è di m. 2160 mentre la larghezza della corrente nei periodi di magra, fra le sponde golenali è soltanto di m. 400.

Senonchè mentre sulla riva sinistra havvi una stretta go-

lena costituita da uno strato argilloso compatto, e su questo strato incorrodibile a ridosso della arginatura maestra si potè stabilire la spalla sinistra del ponte, la spalla destra non era possibile stabilire in prossimità dell'altro argine maestro, senza dare al manufatto lunghezza esagerata. Ma poichè la corrente aveva da mezzo secolo in qua rispettato una zona di terreno golenale circostante all'argine detto di Mezzano Rondani, la detta zona fu scelta per l'ubicazione della spalla destra. E con ciò oltre a soddisfare alle condizioni di sicurezza della testata del ponte, si venne ad assegnare una luce proporzionata alla portata massima del fiume, la quale sarebbe stata valutata per quella località soltanto di 6000 metri cubi al 1".

La luce libera complessiva del ponte è riescita di metri 1041,30 misurata al vivo delle murature.

Tipo adottato e dati generali. — Il ponte è a semplice binario, ed il tipo adottato è quello di due travi continue a semplice traliccio; solo in corrispondenza alle spalle e alle pile a vece del traliccio v'ha un tratto di parete a lamiera continua rafforzata da montanti all'interno ed all'esterno, la quale segna in modo gradevole la separazione fra le singole travate rompendo la monotona uniformità del traliccio. La lunga travata è fissata sulla pila 8ª, ed appoggiata a rulli sulle due spalle e sulle altre pile.

Principio dei lavori. — La consegna dei lavori all'impresa « Società Nazionale delle Officine di Savigliano » ebbe luogo il 20 marzo 1884; ma il primo anno fu occupato nella costruzione del ponte di servizio e nell'impianto di un esteso cantiere destinato a servire simultaneamente alle opere di fondazione e di muratura ed alla lavorazione e montatura dei ferri delle travate.

Ponte di servizio. — Affine di rendere agevole il trasporto dei materiali per l'esecuzione delle fondazioni, delle murature e delle travate, venne eretto a 10 metri a monte del ponte definitivo, un ponte di servizio in legname della lunghezza di m. 400, estendentesi cioè a tutta la parte di alveo occupato dalle acque di magra. Il ponte di servizio, del quale vedesi il prospetto e due sezioni trasversali nella figura qui inserta nel testo, fu munito di binario con scambi di manovra.

Cantiere delle macchine. — In uno spazio di terreno chiuso da recinto e situato sulla sponda sinistra della ferrovia in prossimità della testata del ponte, venne eretto apposito fabbricato per la installazione delle locomobili, dei compressori d'aria e delle pompe, nonchè delle macchine dinamo-elettriche e relativo motore per la luce elettrica, per l'ufficio, per l'officina di riparazioni, fucina e finalmente per servizio di magazzino. Questo stesso cantiere che servì per i primi dieci sostegni, fu poi trapiantato sulla destra sponda per i rimanenti.

Per la fondazione dell'aria compressa si impiegarono due compressori Le Roy a due cilindri accoppiati, messi in a-

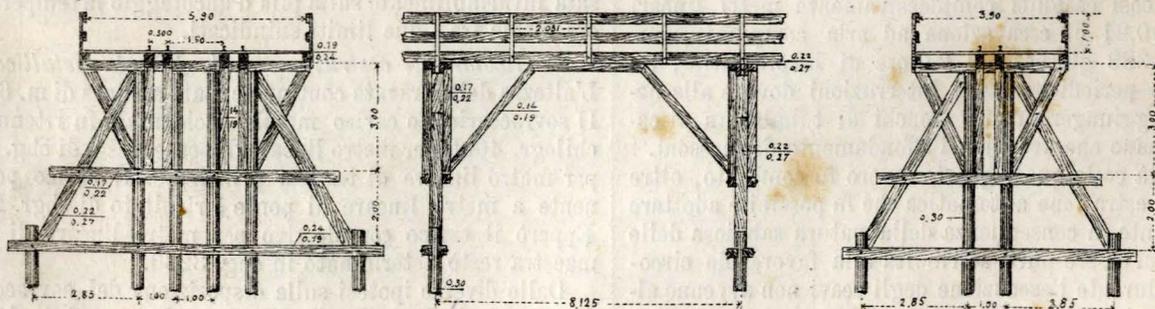


Fig. 73. — Ponte di servizio nell'alveo del Po presso Casalmaggiore.

zione da due macchine semifisse della forza di 35 cavalli-vapore ciascuna. Inoltre un terzo compressore, Sutter Lemonier, ad un solo cilindro, con locomobile di 10 cavalli nominali, fu applicato agli scavi di piccola profondità.

Affondamento dei cassoni. — I lavori di scavo ad aria compressa furono incominciati nell'aprile 1885 ed ultimati nel mese di giugno 1886; l'affondamento dei diciotto cassoni fu dunque eseguito nel breve termine di mesi 14, da cui dovrebbero ancora detrarre due mesi e più di sospensione per l'intenso freddo invernale.

Nella fig. 5 della tav. IX-X si ha in pianta ed elevazione il disegno della camera di lavoro per la fondazione delle pile e nella figura 8 il disegno di quella per la fondazione delle spalle. Nella fig. 6 si ha una sufficiente idea dell'andamento dei lavori per la fondazione di una pila.

Fra le particolari novità più degne di riguardo notiamo il modo automatico con cui avveniva il sollevamento delle materie di scavo, e la illuminazione a luce elettrica della camera di lavoro dei cassoni.

Per il trasporto delle materie di scavo fuori della camera di lavoro si fece ricorso ad un sistema semplicissimo. Due pompe erano destinate ad iniettare nelle camere di lavoro l'acqua necessaria a formare colle materie di scavo una miscela semifluida, e questa veniva esportata per effetto della stessa pressione dell'aria interna sulla superficie della miscela. A tale scopo le materie di scavo, di natura quasi esclusivamente sabbiosa, erano gettate in una cassetta di circa 50 cent. di lato e dell'altezza di 80 cent., nella quale faceva capo il tubo adduttore dell'acqua spinta dalle pompe, ed un secondo tubo comunicante superiormente a bocca libera coll'atmosfera, destinato alla espulsione della miscela. L'uno e l'altro erano muniti d'un robinetto a portata degli operai cavatori, i quali, regolandone convenientemente la manovra, producevano all'esterno un getto pressochè continuo delle materie di scavo. Con questo sistema la quantità di miscela uscente dal tubo di scarico raggiunse mediamente in 24 ore di lavoro continuo il volume di 100 metri cubi, nelle proporzioni di un terzo di sabbia e due terzi d'acqua.

Gli operai addetti al faticoso lavoro di escavazione nell'interno dei cassoni, salutarono con gioia la sostituzione della luce elettrica a quella delle candele steariche usate da principio, che viziavano assai l'aria interna.

La illuminazione elettrica continua nelle camere di lavoro dei cassoni, non meno che quella durante la notte lungo il ponte di servizio e su tutto il cantiere, era fornita da due macchine dinamo-elettriche di R. Alioth e Comp., di Basilea, alimentanti 50 lampadine Edison di 6 candele ciascuna. La forza occorrente era somministrata da una piccola locomobile di 4 cavalli nominali.

La profondità raggiunta dalle fondazioni fu da m. 20 a m. 26 sotto il piano di risega delle murature, cioè sotto lo zero dell'idrometro di Casalmaggiore, che corrisponde alle magre massime del fiume.

Vennero così eseguiti complessivamente metri lineari verticali 400,21 di escavazione ad aria compressa, impiegandovi 383 giornate di 24 ore di lavoro utile, ivi comprese le periodiche brevi interruzioni dovute alla necessità di aggiungere nuovi tronchi di tubulatura ai camini man mano che avveniva l'affondamento dei cassoni.

La celerità colla quale questo lavoro fu compiuto, oltre al mezzo di estrazione automatica che fu possibile adottare esclusivamente in conseguenza della natura sabbiosa delle materie, vuol'essere pure attribuita alla favorevole circostanza che durante l'esecuzione degli scavi non avvenne alcuna grossa piena del fiume.

Le camere di lavoro furono ostruite con calcestruzzo posto in opera sotto l'azione dell'aria compressa (fig. 4 e 7);

sopra il cielo delle medesime, la muratura di fondazione fu eseguita tutta di mattoni.

Sovrastruttura delle pile e spalle. — La sopraelevazione delle pile e spalle è di metri 8, e così il piano di posa della travata è di 2 metri al dissopra della massima piena, la quale raggiunse nel 1868 la quota di m. 29,46 sul livello del mare. Le pile, che hanno superiormente la spessorezza di soli m. 2,50, e presentano una leggiera rastremazione di 1/50 nella parte sopra risega, sorgono snelle ed eleganti. La muratura delle pile e spalle fu tutta eseguita in mattoni, ad eccezione dei rostri, delle cornici di coronamento, e dei cappucci, che, come risulta dalle figure 4 e 7, sono in pietra da taglio (calcare di Rezzato). I cuscinetti per gli appoggi delle travate sono di granito del Lago Maggiore.

Le spalle hanno muri d'ala paralleli, costruiti sopra palafitte, e ad essi sono adossati quarti di cono con rivestimento di muratura. Sulla sponda destra il rivestimento del quarto di cono a monte si prolunga a rivestimento della scarpa del rilevato stradale, per una lunghezza di circa 1000 metri, e cioè fino a raggiungere l'argine maestro di destra affine di preservarsi dalle corrosioni delle acque di squaglio.

Piastre di ancoraggio e rulli di dilatazione. — Sulla pila 8ª su cui la travata è fissata in modo invariabile, in corrispondenza della tavola orizzontale di ciascuna travata, vi è l'apparecchio di ancoraggio in acciaio, disegnato nella fig. 9, il quale si estende nel senso della lunghezza della travatura per metri 1,60. Come si vede dalla figura, l'ancoraggio è ottenuto per mezzo di due piastre rese solidali tra loro mediante incastro, e assicurate rispettivamente, la inferiore alla muratura, e la superiore alle travi maestre.

Sulle due spalle e sulle altre pile la travata riposa mediante rulli giranti sul proprio asse (fig. 10), allo scopo di permettere alla travata la libera dilatazione o contrazione per effetto delle variazioni di temperatura. Ciascuno di questi apparecchi consta di una piastra di base, di acciaio fuso della lunghezza di m. 1,60, della larghezza di m. 1,10 e della grossezza di centim. 9, fissata invariabilmente al sottostante cuscinetto di granito; di una serie di 4 rulli pure d'acciaio, col diametro di 26 centim. e la lunghezza di m. 0,68, collegati lateralmente da lastre di ferro mantenute a distanza invariabile. Questi carrelli scorrono sulla piastra inferiore parallelamente all'asse della ferrovia, guidati da apposite scanalature nei rulli stessi, alle quali fanno riscontro altrettanti risalti sulla piastra; e per ultimo, una seconda piastra, che è portata dai rulli, trovasi fissata alle travi maestre del ponte.

Con questa disposizione di cose, la lunga travata resta divisa in due tronchi a partire dall'ancoraggio, l'uno di otto campate, e l'altro di nove. L'allungamento massimo che può subire l'intera travata per variazioni di temperatura comprese fra $+40^{\circ}$ e -10° centigradi, assumendo per coefficiente di dilatazione del ferro a metro lineare, il valore: 0,000018 sarebbe di m. 0,976. Quando la travata si è fissata invariabilmente sulla pila d'ancoraggio la temperatura era media fra i due limiti suindicati.

Particolari di costruzione della travata metallica. — L'altezza della travata continua è stata assunta di m. 6,107. Il sovraccarico, o carico mobile accidentale fu ritenuto di chilogr. 4000 per metro lineare di ponte, ossia di chgr. 2000 per metro lineare di travata principale. Il carico permanente a metro lineare di ponte è risultato di chgr. 2460. Epperò il carico complessivo per metro lineare di trave maestra restò determinato in chgr. 3230.

Dalle diverse ipotesi sulla disposizione del sovraccarico di prova è risultato che il maggior valore assoluto dei momenti inflettenti ha luogo in corrispondenza alla 3ª pila quando si trovano sovraccaricate contemporaneamente le

travate 3^a e 4^a; ed il massimo valore assoluto dello sforzo di taglio si verifica sulla travata 3^a a sinistra ed in prossimità della 3^a pila quando si trovino contemporaneamente sovraccaricate le travate 3^a e 5^a del ponte.

La sezione resistente per le travi principali o maestre in corrispondenza degli appoggi si compone tanto per la tavola o briglia superiore che per la inferiore, di n. 5 lamiera della larghezza di 50 cent., e della spessore di 12 mm. ciascuna; trattenute con due ferri d'angolo di 100 mm. di lato e di 13 mm. di spessore ad una lamina verticale od anima, avente la spessore di mm. 10 e l'altezza di mm. 500.

Calcolando il momento d'inerzia di questa sezione, e ben s'intende col dedurre i fori per le chiodature della sezione resistente, e riportandosi al valor massimo assoluto del momento inflettente sugli appoggi, si trova che lo sforzo di tensione o compressione a cui rimane sottoposto il ferro delle tavole superiori ed inferiori delle travi maestre in corrispondenza delle pile, risulta di chgr. 5,9 per mm. quad.

E così per tutte le altre sezioni delle travi maestre lo sforzo a cui il ferro è sollecitato risulta nel limite anzidetto.

Senonchè nel caso come questo di una travatura di considerevole numero di campate, non era possibile trascurare di tener conto della disuguaglianza di dilatazione cui sono assoggettate le briglie superiori ed inferiori per essere le prime esposte più direttamente all'azione solare che non le seconde, le quali sono pure lambite da una corrente più fredda. In una travata su più appoggi non è possibile ammettere quello che avviene nel caso di una travata su due appoggi, che i montanti si spostano dalla verticale. Nel caso del ponte di Casalmaggiore il montante estremo di ciascuno dei due tronchi nei quali è divisa la travatura dalla pila di ancoraggio per effetto di una differenza di temperatura tra la briglia superiore e la inferiore che può ritenersi di 12°, dovrebbe in tale ipotesi inclinarsi di

$$0,0000118 \times 12^\circ \times 500 = m. 0,071$$

mentre le sbarre del traliccio non sono certamente suscettibili di tale allungamento.

Ritenuto dunque che per il ponte di Casalmaggiore i montanti in corrispondenza delle pile debbono restare verticali, per ogni tratto di travata, tra due pile consecutive, la tavola superiore e la inferiore sopporteranno sforzi di pressione e di tensione tali da mantenerle della identica lunghezza. La distanza tra due pile consecutive essendo di m. 65, la differenza di allungamento tra la briglia superiore e la inferiore per ciascuna travata sarà:

$$0,0000118 \times 12^\circ \times 65 = m. 0,0092$$

La tavola superiore deve quindi poter subire uno sforzo di compressione che l'accorcerà di mm. 4,6 e la tavola inferiore una tensione che l'allungherà di altrettanto. E nell'assegnare la sezione resistente nei diversi punti di tutte le travate si è pure tenuto conto di questo sforzo il quale estendesi naturalmente a tutta la lunghezza della travata.

Traliccio. — Per le sbarre del reticolato costituente le pareti verticali della travatura si sono impiegati esternamente ferri ad U e ferri piatti nella parte interna verso il binario; le sbarre sono inclinate a 45°. Le disposizioni e le dimensioni dei ferri per le tre serie distinte delle quali risulta il traliccio, appaiono dalle fig. 11, 12 e 13. La massima pressione nei ferri ad U è di Cg. 4,28 e la massima tensione nei ferri piatti è di Cg. 5,38 per mmq.

La massima reazione verticale si verifica in corrispondenza alla 3^a pila quando sono sovraccaricate le travate 3^a e 4^a contemporaneamente ed è di 208,144 Cg. Per resistere a questo sforzo si trovano (fig. 14) per ogni pila e per ciascuna trave principale, laddove la travatura è costituita da una parete piena: n. 6 montanti a semplice T di

152 × 101 × 12,5 × 12,5, la parete piena o lamiera verticale colla sezione di mm. 2000 × 10, una lamiera di rinforzo all'esterno della principale colla sezione di millimetri 500 × 13; altra lamiera all'interno simmetrica a quella esterna e con sezione di mm. 500 × 16; e n. 4 lamiere di rinforzo tra i montanti, con sezione complessiva di 4 × 150 × 13; in totale la sezione resistente è di mmq. 60580.

Travi trasversali ed altre parti secondarie. — I travi trasversali sono 368 e distano tra loro di m. 2,95. Essi sono costituiti (fig. 18) da una lamiera verticale dell'altezza di 700 mm. e da 4 cantonali di 100 × 100 × 11 mm. Lo sforzo a cui è cimentato il ferro risulterebbe dai calcoli di Cg. 6,55 o di Cg. 3,28 secondochè si suppongono le travi appoggiate od incastrate. Nel caso del semplice appoggio sarebbe oltrepassato il limite massimo di Cg. 6 dichiarato ammissibile, ma nel caso concreto si può benissimo ammettere un mezzo incastro, e ritenere che lo sforzo effettivo sia la media dei due trovati superiormente.

L'unione delle travi trasversali alle travi maestre (figura 15) è praticata a mezzo di una squadra verticale resa solidale, da una fila di 16 chiodi, al montante a semplice T, posto in corrispondenza a caduna trave trasversale.

Le lungarine sono unite alle travi trasversali (fig. 18) con doppio ordine di squadre d'angolo. Nella fig. 19 si vede inoltre l'attacco dei lungaroni di legno che portano direttamente la rotaia.

Nella fig. 17 si hanno i particolari delle *aste di controvento* tanto per la parte superiore della travata che per la inferiore, essendo le prime meno robuste delle seconde, perchè il binario è collocato nella parte inferiore del ponte ed è su questa che si esercita l'azione del vento sul treno. Si è ritenuta l'ipotesi di una pressione del vento di Cg. 250 al metro quadrato, e colle note formole del Winkler si determinarono le sezioni delle sbarre diagonali dei controventi superiori ed inferiori, in modo che queste sbarre non abbiano a resistere a più di 3 Cg. per mm. quadrato di sezione, per avere il debito riguardo alle vibrazioni del ponte, prodotte, oltrechè dal vento, dal passaggio del carico mobile.

Nella parte superiore della travata metallica in corrispondenza a ciascun montante sono collocati dei controventi trasversali costituiti da ferri ad U colle dimensioni di 200 × 80 × 10 × 10, che sono fatti lavorare a soli Cg. 3,50 perchè alternativamente soggetti a compressione ed a trazione e per di più con tendenza ad inflettersi.

I controventi trasversali sono poi rigidamente uniti alle mensole, e queste ultime (fig. 16) sono alla loro volta collegate ai montanti delle travi maestre.

I chiodi impiegati per le ribaditure hanno tutti il diametro di mm. 22, e furono fabbricati a macchina con ferro di Germania di ottima qualità. Lo sforzo massimo dei chiodi in alcuni punti d'unione delle sbarre del traliccio (2^a serie) alle anime delle travi principali è di Cg. 4,76 per mm. quadrato; in tutte le altre parti è alquanto minore.

Limiti di resistenza e prove di rottura dei ferri impiegati. — I limiti di resistenza erano stabiliti come segue:

1. Cg. 6,00 per mm. quadrato per le lamine delle travi maestre, per le anime, le travi trasversali e le lungarine;

2. Cg. 5,00 per le sbarre del traliccio, per i chiodi, ed in generale per le parti soggette a sforzi di scorrimento e di taglio;

3. Cg. 3,50 per le parti resistenti allo schiacciamento sugli appoggi.

Le condizioni di resistenza alle quali era prescritto dovessero soddisfare nelle prove di saggio i ferri delle singole forniture erano le seguenti:

1. Sopportare alle trazione senza la menoma alterazione di elasticità un carico di Cg. 15 per mm. quadrato;

2. Non presentare alcun segno di rottura sotto uno sforzo inferiore a Cg. 35 per mm. quadrato di sezione e presentare un allungamento non inferiore all'8 per cento per i ferri destinati al lavoro di tensione;

3. Non presentare alcun indizio di rottura sotto l'azione di uno sforzo di Cg. 32 con l'allungamento non minore dell'8 per cento, trattandosi di ferri soggetti a compressione o ad essere caricati di punta. Le prove di resistenza furono fatte a Savona con una macchina sistema Thomasset, ed a Sestri con una macchina Mohr. Dei 300 saggi sperimentati nessuno ebbe a dar segno di alterazione di elasticità del metallo sotto lo sforzo di 15 Cg., ma si sono riscontrati allungamenti assai notevoli sotto il carico di 35 Cg. e sotto quello corrispondente al punto di rottura; la resistenza alla rottura si trovò per tutti i ferri compresa fra Cg. 36,60 a mm. quadrato (ferri a T del traliccio) e Cg. 38,98 (ferri d'angolo delle travi trasversali).

Montatura delle travate. — Sulla sede del rilevato ferroviario presso la spalla sinistra del ponte venne disposta una tettoia della lunghezza di m. 200, divisa in due scomparti di m. 100, il primo dei quali, prossimo alla testata del ponte, venne destinato alla montatura delle travate, ed il secondo ad uso officina di lavorazione dei ferri. In quest'ultimo le occorrenti macchine lavoratrici erano mosse da una locomobile.

Con un peso a bilico della Ditta Opassi, e della portata di 30 tonnellate, disposto sul binario all'origine della tettoia, veniva constatato l'effettivo peso di tutti i ferri al loro arrivo.

Questi ferri subivano quindi, ove occorresse, il raddrizzamento, e venivano tosto collocati sui piani di tracciamento. Passavano successivamente alle diverse operazioni di taglio, di foratura, ecc. e poi su binari di servizio erano portati alla tettoia di montaggio.

Alla montatura e chiodatura delle travate metalliche facevasi seguire l'operazione del varamento a mezzo di argani con relative carrucole e funi, e coll'aiuto altresì di leve, le quali manovrate a braccia operavano su certi rulli d'acciaio; e per questa operazione s'intercalarono alle pile robusti castelli di legname.

Il sistema del varamento venne tuttavia limitato alle sole prime quattro campate di sinistra, essendosi riscontrato che in pratica esso dava luogo ad inconvenienti e difficoltà, cagione d'incagli e di grandi perdite di tempo. Per cui venne ad esso sostituito il sistema più semplice della montatura delle travate sullo stesso luogo d'opera col sussidio di ponti provvisori di sostegno e non senza aver prima composti nell'officina quei tronchi principali che potevano venire facilmente trasportati sul luogo della montatura.

Ultimazione dei lavori, prove ed apertura al servizio. — Il ponte appaltato nel marzo 1884 ed incominciato, come si disse, nel marzo 1885 fu finito nel marzo 1887, ossia nei 36 mesi prescritti, in due anni di effettivo lavoro.

Le prove statiche e dinamiche vennero eseguite nei giorni 9, 10, 11 e 12 maggio 1887. Il 14 maggio fu praticata dal Ministero la visita di ricognizione dell'intero tronco, e nel giorno 23 dello stesso mese cominciò l'esercizio.

Risultati delle prove statiche e dinamiche. — Le prove statiche vennero eseguite prima caricando tutte le 17 campate isolatamente con 5 locomotive e 3 tender e poscia disponendo il carico di 10 macchine e 6 tender sulle travate prese a due a due. Le prove dinamiche furono praticate con un treno composto di 6 locomotive e dei rispettivi tender, e poscia con un treno di due sole locomotive e tender. La velocità della corsa di prova fu di 50 chilometri all'ora.

La misurazione delle frecce elastiche di incurvamento delle travate sotto l'azione del carico di prova è stata fatta per le 7 travate verso Brescia, che sono nell'alveo ordinario del fiume, mediante tubi comunicanti ripieni d'acqua e muniti di piezometri disposti sugli appoggi e sul centro delle travate, e per le altre 10 travate di golena mediante biffini scorrevoli in apposite scanalature con pali ed aste fissate rispettivamente alle tavole della travata e al terreno.

Il lavoro unitario dei ferri sotto l'azione del carico di prova venne constatato mediante l'applicazione dei micrometri moltiplicatori dell'ingegnere Castigliano.

L'ampiezza delle oscillazioni laterali data dalle singole travate sotto l'influenza del carico mobile nelle prove alla corsa venne rilevata mediante appositi apparecchi attaccati alle tavole inferiori della travatura, muniti ciascuno d'una matita scorrevole e contenuta in una molla a spirale a segnalazione automatica. Le oscillazioni venivano così segnate su d'una tavoletta assicurata ad un palo infisso nel terreno.

Le massime frecce in mezzo delle campate misurate durante le prove risultarono di 30 millimetri tanto per le prove statiche che per quelle dinamiche. Invece col calcolo e tenuto conto della variazione del momento d'inerzia nelle diverse sezioni delle travate si era trovato per le frecce massime il valore di 33 millimetri.

L'ampiezza delle oscillazioni laterali delle travate durante le prove di corsa risultò di mm. 2 1/4.

Il lavoro del ferro secondo le indicazioni dei micrometri sotto l'azione dei carichi di prova risultò di chg. 4,5 per mm. quadrato di sezione per le briglie (tavole orizzontali) delle travi maestre e di chg. 4,0 per le sbarre del reticolato.

L'inflessione delle travi trasversali risultò di mm. 2,3.

Tutte le rigorose prove di resistenza hanno dato dunque favorevoli risultati e questi sono notevoli, soprattutto, per la loro uniformità, ciò che significa omogeneità del materiale impiegato e accuratezza di lavorazione.

Costo totale del ponte, quantitativi e costo di alcune parti speciali di esso. — Il ponte propriamente detto costò complessivamente la somma di L. 3.474.356,36

I due accessi al ponte costarono insieme » 220.226,60

L'armamento completo, l'acquisto delle rotaie e l'inghiaiamento compresi . . » 64.885,29

Totale importo dell'intero tronco della lunghezza di m. 2350 L. 3.759.468,25

Un metro lineare di ponte compresa la sovrastruttura parte metallica costò L. 2894,41

Un metro lineare di travatura metallica completa » 1667,71

Una pila completa » 90388,06

Un metro lineare verticale di fondazione ad aria compressa per pile o spalle . . » 3326,56

Per le pile e spalle la muratura costò complessivamente » 814.981,23

Ed il ferro pei cassoni » 759.354,41

Come dati di curiosità riguardanti il ponte di Casalmaggiore vuolsi aggiungere:

che una pila o spalla pesa per la parte in *fondazione* chg. 1.350.000,00 e in *elevazione* chg. 400,000;

che in complesso vennero impiegati 5.200.000 mattoni e nelle ribaditure delle travate 395.000 chiodi;

che per l'eseguimento delle parti murarie occorsero 12300 giornate di muratore; per le fondazioni delle pile e spalle 5450 giornate di operai scavatori; per la montatura e chiodatura delle 17 travate, 60200 giornate di fabbri ferrai, falegnami e manovali.

G. S.

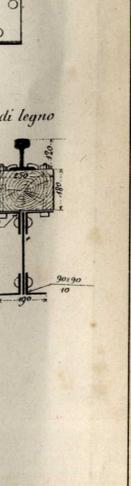
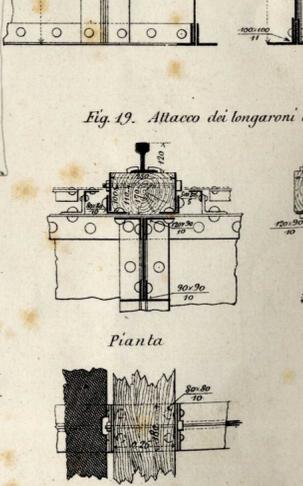
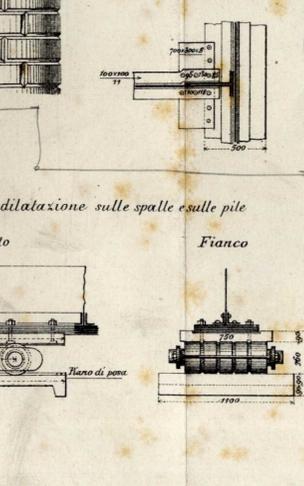
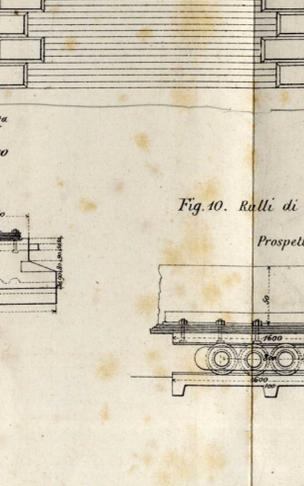
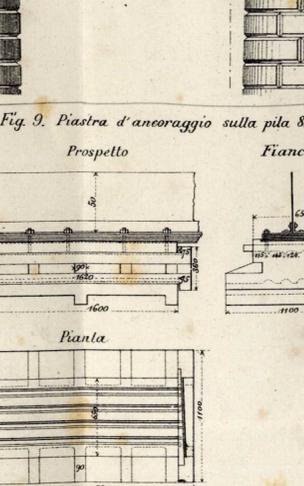
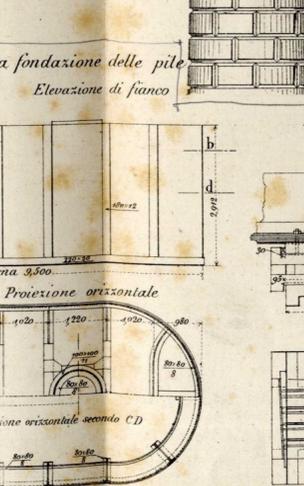
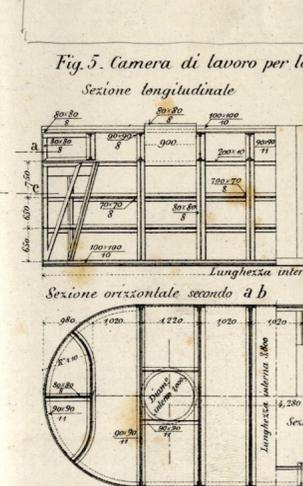
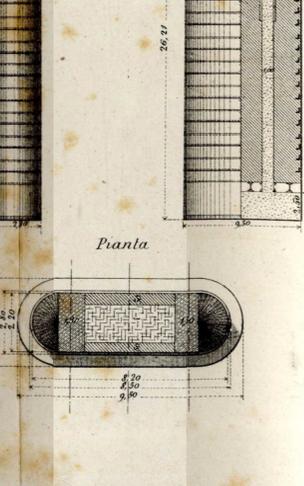
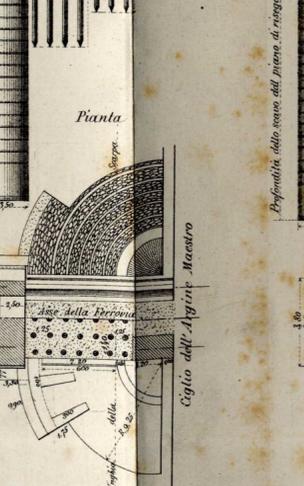
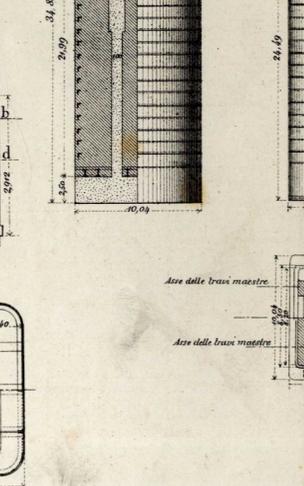
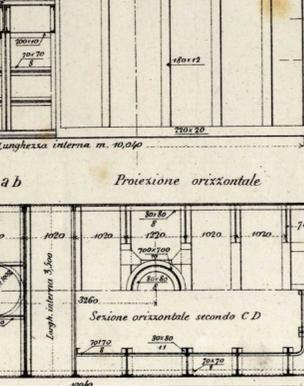
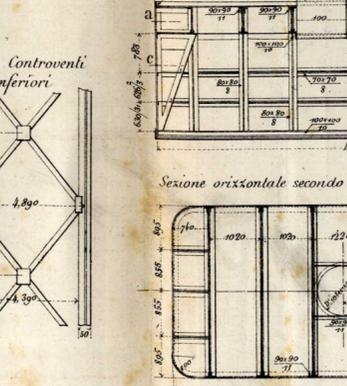
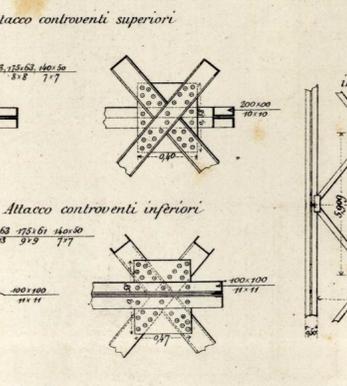
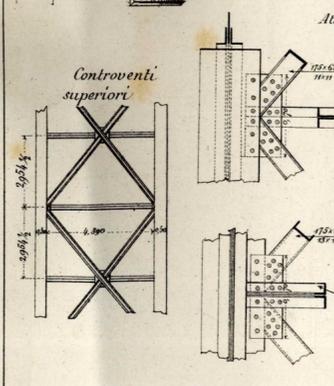
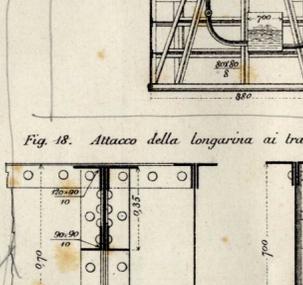
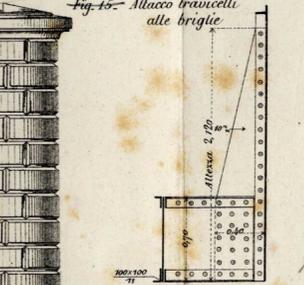
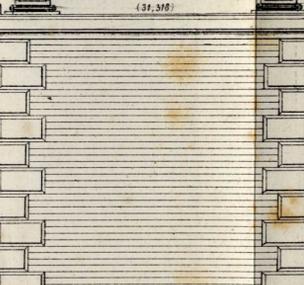
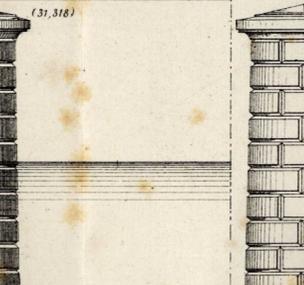
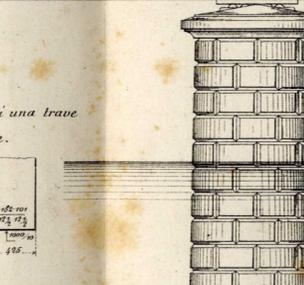
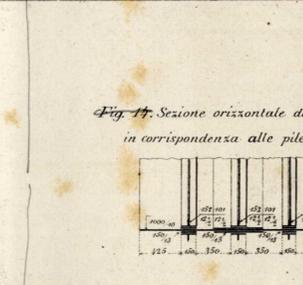
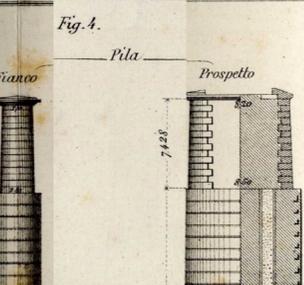
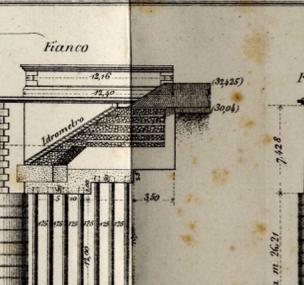
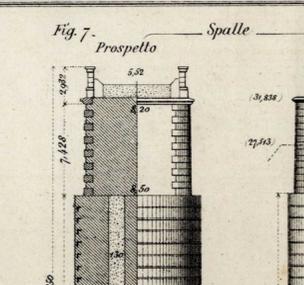
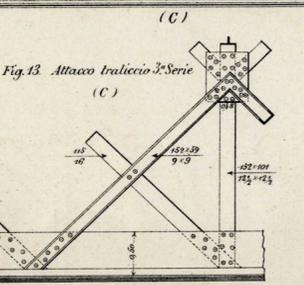
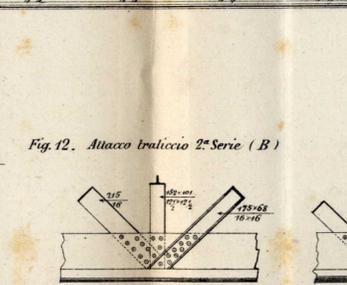
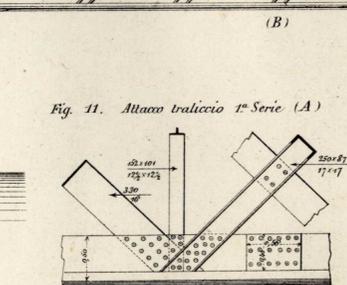
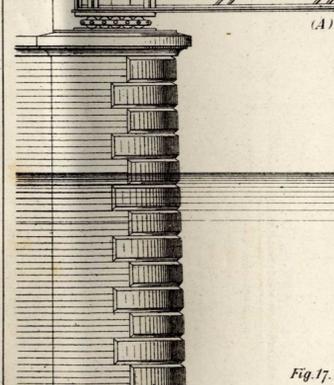
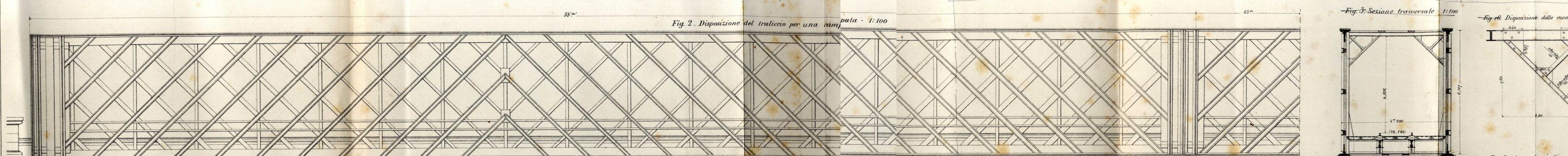
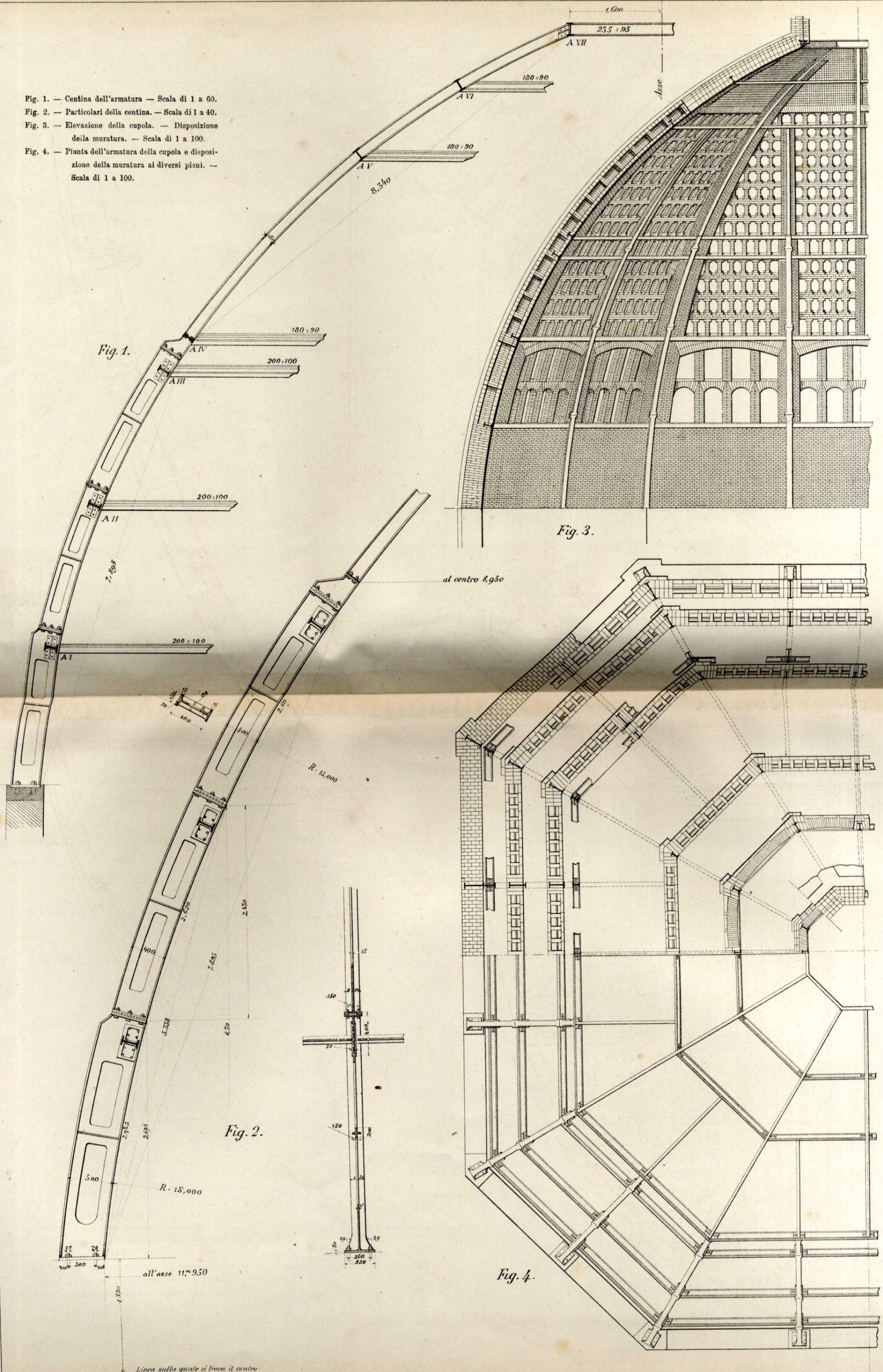


Fig. 1. — Centina dell'armatura — Scala di 1 a 60.

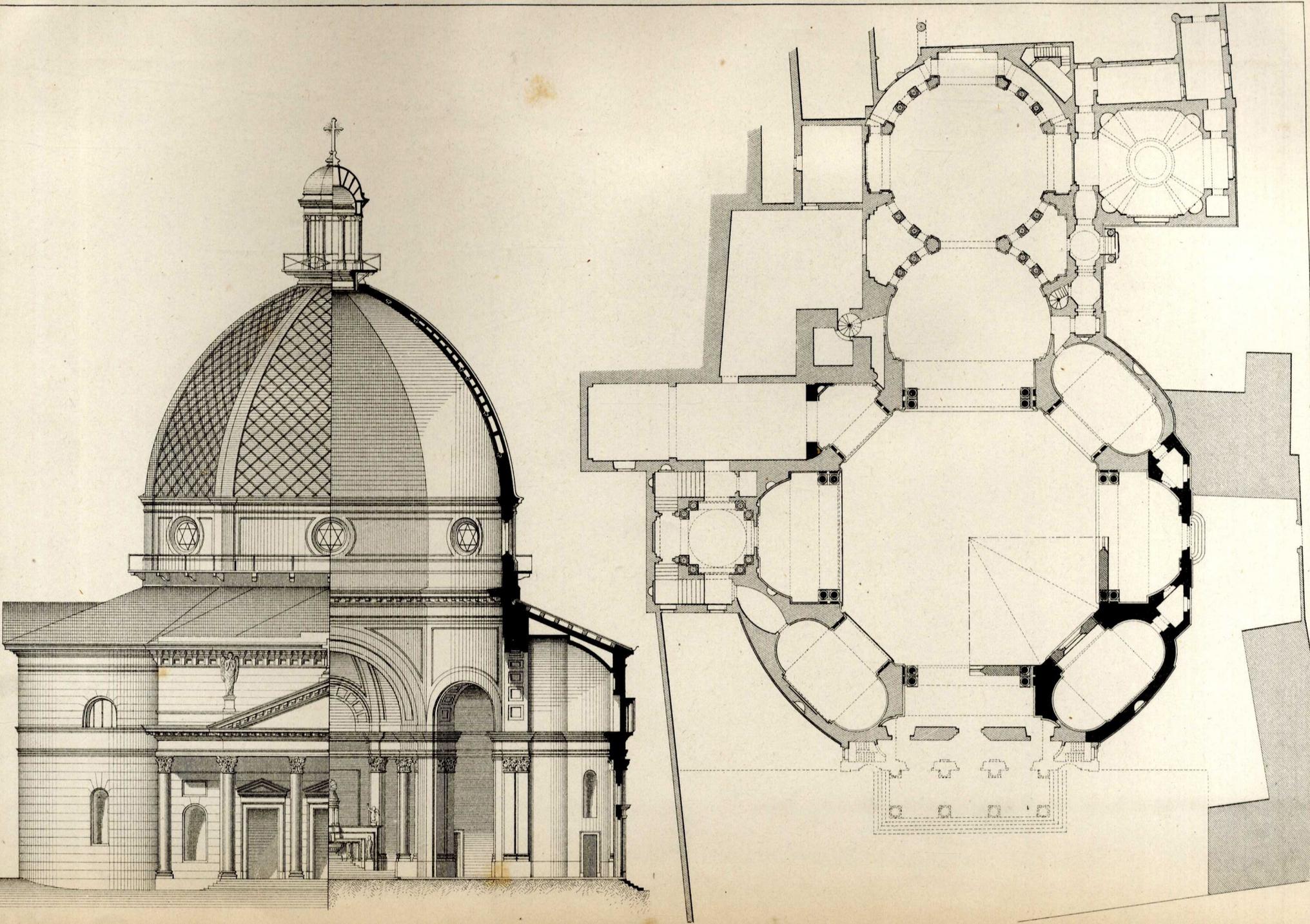
Fig. 2. — Particolari della centina. — Scala di 1 a 40.

Fig. 3. — Elevazione della cupola. — Disposizione della muratura. — Scala di 1 a 100.

Fig. 4. — Pianta dell'armatura della cupola e disposizione della muratura ai diversi piani. — Scala di 1 a 100.



Tip. Lit. Camilla e Bertolero



LA NUOVA CUPOLA DELLA CHIESA PARROCCHIALE DI GATTINARA

Torino.. Tip e Lit. Camilla e Bertolero.

Costruita dal Prof. Arch. Giuseppe Locarni