

L'INGEGNERIA CIVILE

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.

ARCHITETTURA E BELLE ARTI

NOTIZIE SUI LAVORI DI RESTAURO
eseguiti per la copertura del Duomo di Orvieto

Veggansi le tav. VII, VIII e IX

La copertura delle tre grandi navate del Duomo di Orvieto, simile a quella di altre chiese medioevali della Toscana e dell'Umbria, è semplicissima nel suo organismo, componendosi della grande e piccola armatura di legname lasciata in vista, come usavasi nelle antiche basiliche; dessa è però così ricca e variata nei suoi ornamenti, ha proporzioni così giuste e grandiose, che non riesciranno sgradite poche notizie, sui particolari della sua costruzione, ora specialmente che ne fu ultimato il restauro, e si sono fedelmente riprodotte in ogni sua parte le antiche decorazioni ad intaglio o dipinte, onde sarà reso per esse al primo suo splendore questo insigne monumento.

CENNI STORICI. — Le prime memorie di Archivio che si riferiscono alla copertura del Duomo Orvietano risalgono al 1309, nel quale anno è nominata la prima trave, posta, *prima fra tutte*, nella nuova chiesa (1). Sembra però che il lavoro non progredisse con molta sollecitudine, poichè le grandi travi di abete per le corde ed i cosciali delle incavallature si trasportarono in Orvieto dal bosco di Aspretolo presso Siena in più anni di seguito; e nel 1339, oltre al farsi cenno del trasporto di una corda e due cosciali, si ha pure memoria del pagamento per una provvista di tegole e canali della copertura.

Nello stesso anno è registrata la prima spesa per la pittura del legname del tetto citandosi i nomi degli artisti, cioè Agnoletto, Francesco, Minuzio e Giannotto di maestro Puzio, cui fu commessa la pittura d'alcuni compartimenti dell'armatura, coll'indicazione del pagamento stabilito per contratto, come può rilevarsi dalle note autentiche delle spese nei libri di Archivio.

Però è pur vero che la primitiva costruzione del tetto, forse per la cattiva qualità del legname adoperato, non corrispose in effetto alle condizioni di buona stabilità. Ciò rilevasi da speciale documento del 23 ottobre 1416, che riporta la condotta del maestro di legname Duccino d'Angiolo da Siena detto il Marretta, chiamato dai sovrastanti dell'Opera del Duomo a rifare l'intravatura del tetto; e si ha pure testimonianza sicura di quel primo generale restauro, sulla fede delle note mensili dei pagamenti fatti dal Camerlengo dell'Opera a maestro Duccino e ad un suo compagno senese.

Nè in difetto di memorie autentiche potrebbe supporre il contrario. Sia che il Marretta curasse la stabilità del-

(1) La costruzione del Duomo di Orvieto fu cominciata poco prima del 1290. Nel detto anno trovandosi in Orvieto Papa Nicola IV, ai 13 di novembre, gettava solennemente in uno dei pozzi di fondamento la prima pietra.

l'opera a lui affidata più che l'effetto artistico dell'antica decorazione, sia che fosse in animo ai sovrastanti rinnovar le pitture in maniera diversa dalla primitiva, e ciò per assecondare le tendenze del tempo e le aspirazioni che sin dai primi anni del secolo XV cominciavano a manifestarsi verso un nuovo stile, certo si è che il restauro fu eseguito dai maestri senesi, nulla alterando nell'armatura dell'originale organismo, ma senza riguardo al sito in cui nuovamente si adattarono od in uno od in altro compartimento le antiche mensole, le fodere, le cornici e le altre membrature dipinte.

Si aggiunga che le stesse ragioni e più lo spirito di economia che prevalse all'amore per l'arte, indussero nei parziali restauri fatti ad intervalli successivamente fin quasi ai nostri giorni a conservare, ricollocandoli in opera, tutti i materiali della primitiva costruzione che si trovarono in buone condizioni, cioè non tanto scadenti e deperiti da rendere necessaria la loro sostituzione con altri nuovi. Così nel rinnovamento attuale dell'intera copertura si ebbe la fortuna di poter rintracciare gli elementi tutti delle antiche decorazioni, raccogliendoli qua e là in buon numero da averne una norma sicura per riprodurli con tutta fedeltà e scrupolo, non solo eguali nel disegno e nel colorito, ma pure riguardo al sito in cui dovevano essere riprodotti.

DESCRIZIONE DELL'ARMATURA. — A meglio comprendere lo stato di generale dissestamento della vecchia armatura allorchè nel 1881 se ne intraprese il restauro, si crede utile per maggior chiarezza descriverla in ogni sua parte e studiarla nel doppio aspetto, sia tecnico sia artistico.

L'armatura del tetto decorata si nobilmente con intagli e pitture rimane totalmente in vista nel corpo anteriore del Duomo Orvietano, ricoprendo le sole tre navi dalla parete di facciata fino ai valichi degli archi che le dividono dal corpo posteriore, dalla nave traversa, cioè, e dalla tribuna. È questo invece coperto da più volte a crociera disposte secondo i quadrati ed i rettangoli nei quali è divisa la sua area complessiva per mezzo dei piloni mistilinei che ne formano il sostegno e la base; e servono d'imposta ai loro spicchi i costoloni diagonali e gli archi a sesto acuto che si slanciano sveltissimi dall'uno all'altro dei detti piloni.

Secondo il sistema di copertura che fu adottato nella basilica romana ai primi tempi del cristianesimo, grandi incavallature posate alle loro estremità su grossi mensoloni sostenevano la piccola armatura del tetto, cioè gli arcarecci che le collegano fra di loro e i correnti su i quali sta fisso il tavolato o direttamente si appoggia il pianellato della copertura. Le capriate erano assai semplici componendosi della catena e dei due puntoni o cosciali, del monaco e dei due saettoni che oltre al collegamento generale delle varie parti di esse concorrono al razionale riparto di tutte le forze dalle quali il sistema è variamente sollecitato. E questa (salvo qualche raro esempio) l'incavallatura modello della prima chiesa cristiana, modificata in appresso coll'aggiunta di membrature d'ordine secondario ed altre mi-

glierie nella sua forma e decorazione. Vediamo pertanto in moltissime chiese medioevali, e specialmente in quelle dell'Italia centrale, armature di tetto che sono ricche d'intagli e in ogni maniera dipinte, ma nelle quali tutte è conservato il tipo primitivo ora descritto, come ne fanno fede la copertura di S. Miniato al Monte e di Santa Croce in Firenze, quella della Pieve di Arezzo e di altri edifici religiosi dell'Umbria, le cui armature sono del tutto simili nella struttura e decorazione a quella del Duomo di Orvieto. Ad ogni modo il loro organismo è sempre ridotto alle sole membrature necessarie, vale a dire alle capriate, agli arcarecci e correnti, con mensoloni talvolta ricchi ed intagliati, talvolta di profilo e struttura veramente rudimentali, nè vi figura altro ornamento, tranne qualche cimasa o cornice profilata a semplice smusso ricorrente sulle varie membrature ora dette e sulle loro fodere, le quali chiudendo gli spazi interposti fra gli arcarecci e fra i correnti, concorrono mirabilmente a suddividere l'intera armatura in tanti distinti compartimenti.

A rendere più ricca e più bella l'armatura di tetto del Duomo di Orvieto, si volle che riposassero sopra mensole tutte le membrature principali, cioè le incavallature o capriate, gli arcarecci ed i correntini. I mensoloni sotto la corda sono grossamente intagliati con abaco a dentelli di vero rilievo con rivolte a modo di foglia o terminate da teste di animali di vario profilo e disegno. Le altre mensole sotto gli arcarecci ed i correntini sono profilate semplicemente a gola diritta, del tutto lisce, ma riccamente dipinte. Coll'aggiunta di tali mensole si ebbero naturalmente altri spazi o vuoti fra mensola e mensola, che vennero pur essi chiusi con fodera, riuscendo così i compartimenti del soffitto più grandiosi a motivo della loro maggiore profondità, e più ricchi per ornamento, stante il rilievo delle mensole che vi figurano a regolari intervalli.

Nella tav. VII si ha il prospetto di una capriata e la sezione generale della piccola armatura (fig. 1), la proiezione orizzontale della medesima nel tratto fra due capriate atigue (fig. 2), ed altre due sezioni parziali nelle fig. 3 e 4.

Per maggiore chiarezza si riassumono nel seguente specchio le singole parti che nel Duomo di Orvieto compongono la grande e la piccola armatura del tetto che ricopre la nave di mezzo.

Grande armatura.

Mensoloni sotto la corda.

Corda o catena.

Cosciali o puntoni con cimasa profilata a semplice smusso.

Monaco e cuscinotto fra esso e la catena.

Saettoni e cuscinotti fra essi e i puntoni.

Staffone di ferro che collega il monaco e la catena.

Staffoni laterali per collegamento della catena coi puntoni.

Piccola armatura.

Mensola sotto gli arcarecci.

Fodera nel senso dei puntoni, nell'intervallo fra le dette mensole.

Cimasa con profilo a guscio sopra le dette mensole e fodere.

Arcarecci.

Fodera nel senso dei puntoni nell'intervallo fra gli arcarecci.

Cimasa a smusso sugli arcarecci e loro fodere.

Mensole dei correntini.

Fodera fra le dette mensole nel senso tanto degli arcarecci che dei puntoni.

Cimasa con profilo a guscio sopra le dette mensole e fodere.

Correntini.

Fodera fra i correntini nel senso degli arcarecci.

Cimasa a smusso su i correntini e loro fodere.

Tavolato.

Nelle navi laterali la piccola armatura è del tutto eguale, salvo le dimensioni, a quella della navata grande. Invece la grande armatura si compone dei soli puntoni, posati alle estremità sopra mensoloni che ne assecondano la pendenza.

Questi sono privi d'intaglio, e il loro profilo è simile a quello delle ordinarie mensole di stile medioevale, a gola diritta cioè, con rivolta sotto l'abaco a modo di foglia, a curve molto profonde specialmente nel primo tratto inferiore che colla sua convessità così forte e marcata ci fa ricordare il rigonfiamento così caratteristico dei fiori e foglie rampanti di stile ogivale.

Le dimensioni delle varie parti figurano nella citata tav. VII. Qui si crede opportuno riportare i seguenti dati:

Nave centrale.

Portata delle incavallature, la distanza cioè che corre fra i muri d'appoggio.	m. 16.50
Distanza fra gli assi di due incavallature successive.	» 3.30
Inclinazione o pendenza del tetto	» 27° 38'
Lunghezza dei mensoloni sotto la corda misurata nel loro aggetto dai muri di appoggio.	1m.20
Sezione della corda a puntoni.	0m.35 × 0m.42
Id. del monaco	0m.35 × 0m.35
Id. dei saettoni	0m.22 × 0m.35
Id. degli arcarecci	0m.18 × 0m.18
Id. dei correntini	0m.09 × 0m.14
Tavolato - Sua grossezza	0m.042

Navi laterali.

Distanza fra i muri di appoggio.	m. 7.00
Id. fra gli assi di due puntoni successivi. »	3.30
Sezione dei puntoni	0m.30 × 0m.36
Id. degli arcarecci	0m.15 × 0m.17
Id. dei correntini	0m.09 × 0m.115
Tavolato - grossezza	0m.042

COPERTURA. — Non v'è dubbio che, fin dalla prima costruzione, la copertura del Duomo di Orvieto siasi fatta con materiale laterizio. Oltrechè nell'attuale restauro si trovarono campioni delle antiche tegole e canali, ne abbiamo prova sicura dai libri di Archivio, dove si trovano registrate le spese per la provvista e trasporto in Orvieto del materiale cotto. Si hanno documenti che per più anni (1321-1325) ci danno la nota di centinaia di tegole e canali *tebularum fornitarum de canalibus*; alle volte vi è notizia di una sola specie di detto materiale, ad esempio dei soli canali *canalium longorum de creta*, ovvero della sola tegola *tebularum non fornitarum de canalibus*. Si deve ammettere pertanto che il primitivo sistema di copertura fosse quello che dicesi comunemente a tegole maritate, e che in realtà, a cagione delle straordinarie dimensioni del materiale, sarà sempre il migliore per coprire edifici pubblici molto elevati, soggetti a forte impeto di vento e carico di nevi, e fu sempre adottato nei loro monumenti dai Romani e dagli stessi Etruschi.

L'antica tegola del Duomo, riprodotta oggi fedelmente, è lunga m. 0,62, larga alla base maggiore m. 0,505, alla base minore m. 0,43, con orlo o rivolta alta m. 0,06. La sua grossezza o spessore è di m. 0,025, la presa ad imbocco di una tegola nell'altra di m. 0,12, e pesa ciascuna chilogrammi 10.

Il canale ha la stessa lunghezza e spessore. Il diametro esterno misura alla base maggiore m. 0,275, ed alla base minore m. 0,22. Il suo peso è di chilogrammi 6,30.

Per ricoprire mq. 4 di superficie di tetto, occorrendo N. 13 tegole ed altrettanti canali, si hanno in ogni metro quadrato pezzi N. 3 1/4 di ciascuna specie.

Le tegole ed i canali posano come d'ordinario sul pianellato. Fra questo ed il tavolato sottoposto, ad evitare le possibili filtrazioni d'acqua e la stessa umidità che si propagherebbe alle tavole per l'immediato contatto delle pianelle, ricorre una così detta camera d'aria, trovandosi distante il tavolato dal letto delle pianelle di circa m. 0,20. Con tale espediente si ha una continua corrente d'aria fra i due strati, che vi entra per ogni parte mediante appositi

ventilatori lasciati lungo i muri ai quali si appoggia la copertura. Ad ottenere il distacco fra le tavole e le pianelle, queste, come nelle ordinarie costruzioni, posano su piatte di castagno chiodate alle estremità sopra tacchi o piccoli cubetti di legname, alti in media m. 0,10, che stanno infissi mediante viti sopra la tavola. Come può rilevarsi dalla figura 1, i due strati del tavolato e delle pianelle non sono per tutta la falda paralleli fra loro. Quest'ultimo è inclinato egualmente che l'altro nei due terzi superiori di essa, ed in basso se ne discosta per toccare il sommo del muro di gronda, su cui, come si dirà in appresso, ricorrono i canali adduttori delle acque piovane, che le scaricano al disotto del cornicione per le bocche di cani ed altri animali (fig. 6 sezione), che a norma di stile fanno ufficio di veri gocciolatoi.

CANALI E CONDOTTI DI SCARICO DELLE ACQUE. — La sezione retta del Duomo ci offre un profilo nel suo finimento del tutto basilicale. Il corpo di mezzo è il più elevato, misurando un'altezza dal pavimento della chiesa al piano inferiore delle capriate di m. 31,85, mentre la copertura delle navi laterali è più bassa per m. 13,30 dal piano superiore del cornicione esterno della navata grande; ond'è che il corpo anteriore composto dalle tre navi ha due falde di copertura nella nave centrale, ed una falda in ciascuna delle navi piccole. I quattro muri di gronda hanno per finimento una ricca cornice di travertino intagliata a vario disegno (fig. 5 e 6), terminata superiormente in piano per la totale larghezza del muro. Serve così di vero marciapiedi e permette un libero e comodo passaggio dal muro di facciata all'altro della nave traversa. In esso è ricavato (fig. 1) il canale adduttore delle acque piovane, che ricorre rettilineo da un capo all'altro dei muri di gronda, ripiegandosi solamente nei punti d'incontro coi pozzetti di scarico delle acque stesse, come è rappresentato nella fig. 7.

A meglio comprendere il sistema degli scarichi dell'acqua piovana dal tetto della nave centrale a quello delle due laterali e da questo al pavimento, si dirà che dal tetto alto le acque discendono alla falda laterale inferiore per mezzo di condotti ricavati entro colonnini o controforti di pietrame, addossati ad eguale distanza fra loro, alla parete esterna dei muri. Essi, oltre a tenere nascosta la discesa delle acque, servono eziandio di ornamento, dividendo la parete in tanti compartimenti, nel cui centro sono aperte le grandi finestre della nave mediana; partito in sé semplicissimo, ma che per le sue proporzioni così grandiose, per l'alternativa così ben intesa delle colonnine in rilievo cogli spazi interposti, dei vuoti delle finestre col pieno del muro, riesce di vago e magnifico effetto.

Le acque, toccato il sommo della falda inferiore, discendono per essa fino al canale adduttore del muro basso, dove trovano il loro scarico dentro pozzetti assai profondi, cui fanno capo altrettanti canaletti che, incavati e scoperti lungo la groppa e la schiena degli animali gocciolatoi, s'internano in essi al disopra del collo fino alla sortita dalla loro bocca, da cui discendono libere e sparpagliate sul pavimento.

Certo è che tale sistema di scaricare le acque da una superficie così estesa di tetto, dovette dar luogo fino dai primi tempi a dinconvenienti inevitabili, a filtrazioni cioè lungo i muri, non essendovi nè traccie nè documenti che provino essere stati foderati il ripiano su le cornici esterne ed il perimetro bagnato dei canali adduttori, con fogli di lamiera metallica di piombo o di rame. Chè anzi, in occasione del presente restauro, si trovarono nei colonnini o controforti del tetto alto tubi di coccio verniciati internamente, ma sconnessi e messi in opera senza alcuna

precauzione diretta ad impedire il penetrare dell'acqua nei loro giunti e da questi nelle pareti interne della chiesa. Ed ecco che nel secolo XVI, quando per la mania di innovare lo stile e di togliere al monumento, dove riescisse possibile, il tipo così caratteristico dell'arte medioevale, quando riconosciuta come arida e secca l'imponente nudità delle sue pareti, e chiusi od alterati i vani delle porte e delle finestre minori, fu moltiplicato il numero degli altari, quando finalmente le statue e le cornici barocche con mille frastagli e fronzoli comparvero per incanto in ogni sua parte, si dovette provvedere naturalmente a che i nuovi risalti e rilievi, tutti di stucco, non risentissero nocimento per l'umidità delle pareti e le filtrazioni d'acqua provenienti dal tetto. Però ad ottenere un intento così lodevole non si ebbe riguardo di alterare gli scarichi primitivi, cambiando radicalmente il sistema e lo stesso materiale della copertura, poichè alle grandi tegole e canali furono allora sostituiti i soli canali di ordinaria misura, come si costuma tutt'oggi nelle abitazioni private. Inoltre, murati e chiusi i canali ed i pozzetti che costituivano, come si è detto, l'antico sistema di scarico delle acque del tetto, fu sovrapposto alle cornici dei muri di gronda un lastricato di pietrame composto di grossi lastroni a guisa di tegole con orli laterali e leggermente concavi nel loro piano, onde facilitare la raccolta delle acque. Per tal modo, oltre all'aver deturpate le cornici di finimento coll'aggiunta d'un vero piano di gronda, restò divisa l'intera portata delle acque piovane in modo uniforme per tutta la lunghezza del muro. È facile il credere ciò che fu provato dal fatto, che col nuovo sistema si moltiplicassero eziandio le cause di possibili infiltramenti.

INTAGLI E PITTURE NELL'ARMATURA DEL TETTO. — Nella descrizione delle varie parti dell'armatura già si fece notare come il lavoro d'intaglio figurì unicamente nei mensoloni sotto le capriate, e come essi per la varietà del profilo si possono dividere in due classi distinte, cioè con profilo a rivolta a modo di foglia, o con testa di animale messa al posto della rivolta (fig. 1 e 2). Ambedue le specie hanno l'abaco o tavola di coronamento con dentelli in ogni lato ed un cartoccio o voluta nell'estremità anteriore sopra la rivolta. L'intaglio, secondo lo stile dell'epoca, è trattato a semplice rilievo delle masse principali, ma con vero magistero d'arte, in modo che osservati dal basso del pavimento, figurano i mensoloni quali se fossero intagliati e scolpiti con tutta precisione ed eleganza.

Il profilo ora descritto è quello che si vede adottato quasi in tutte le mensole delle cornici sia interne che esterne del Duomo. Da quelle semplicissime delle cornici esterne (fig. 6) nei fianchi e nella facciata, alle mensole intagliate su legno in modo così fine e delicato che sorreggono i baldacchini delle edicole del coro, è riprodotto in tutte lo stesso tipo che troveremo ripetuto nelle stesse fodere dipinte fra le mensole dei correntini e degli arcarecci (tav. VIII, fig. 3 e 4).

Se però con sì giusta parsimonia fu adoperato il lavoro d'intaglio per ottenere i rilievi e gli sfondi necessari all'effetto generale dell'armatura, non può dirsi altrettanto delle decorazioni dipinte, le quali, sia per la vivacità dei colori negli ornati a semplice intreccio geometrico, sia per le forti ombre nelle decorazioni in prospettiva, o come le dicono i documenti pitture *ad effectum*, sono così ricche e svariate da potersi affermare essersi fatto ricorso a tutti i segreti dell'arte di quel tempo, perchè i grandi compartimenti del tetto fra le capriate e gli altri minori formati dagli arcarecci e dai correntini fra di loro, figurassero a grande distanza nella giusta proporzione di ampiezza e di sfondo quali appaiono da vicino.

Prima di descrivere le varie specie di siffatti ornamenti

occorre un'osservazione che diremmo quasi fondamentale. Occorre cioè premettere che nel Duomo di Orvieto non trovasi alcuna traccia di ornati dipinti nei travi delle incavallature, negli arcarecci e nei correntini, nelle loro fodere e nel piano di fondo del tavolato. Invece dipinte ed ornate nella più varia maniera sono le mensole, le loro fodere, e tutte le cimase che ricorrono sulle mensole e sulle travi. Queste, che a ragione si possono chiamare membrature di forza, sono colorite con semplice tinta o colore di fondo, figurando gli ornati nelle sole parti che servono alle altre di finimento. A dimostrare come tal maniera di ripartire gli ornati nell'armatura, si adottasse non a caso, bensì secondo le migliori pratiche dell'arte e dietro la guida del più sano criterio artistico, basti considerare il fatto, che cioè a fare più rilevare la suddivisione del campo o fondo dell'armatura in grandi e piccoli compartimenti non tanto giovasse la sovrapposizione d'una sull'altra delle varie membrature, quanto l'averle alternate quelle a semplice tinta di fondo colle altre dipinte ad ornati ed intrecci geometrici. Ciò non accadrebbe del certo se gli ornati stessi figurassero in tutte indistintamente le parti delle due armature che in tal caso non si avrebbe l'effetto di sfondo, nè un piano distinto dall'altro, ma l'occhio più che riposo e perfetta armonia vi troverebbe disordine e confusione.

Ci soccorre all'uopo l'esempio di armature dipinte in altre chiese medioevali italiane. Prossima ad Orvieto l'armatura di tetto della cattedrale Viterbese benchè oggi nascosta dalla grande vòlta che vi fu costruita posteriormente conserva tuttora le incavallature prive di qualsiasi ornamento e decorazione dipinta. In Firenze nel tempio di Santa Croce, nella chiesa di S. Miniato al Monte, nella Pieve di Arezzo ed in S. Maria della Spina in Pisa le grandi travi si dipinsero con ornati semplicissimi nei soli loro spigoli inferiori, allo stesso modo che pure in Firenze vedesi ornata l'armatura del palazzo del Podestà e vi è ragione di credere, secondo il Vasari, che fosse egualmente dipinta quella del palazzo della Signoria prima che il Cronaca la demolisse sostituendo nel grande salone alle antiche incavallature, altre composte, differenti del tutto da quelle antiche.

Se però ci facciamo ad esaminare gli ornati che nell'armatura di tetto del Duomo Orvietano si dipinsero nelle parti accessorie, o come si disse, nelle membrature di finimento, vi troveremo così ricca varietà di decorazioni quali in pochi monumenti d'Italia ci è dato di riscontrare. In massima predomina in tutte il tracciato geometrico, e se da alcune di esse trasparisce quasi un barlume di libera fantasia, l'intenzione cioè dell'artista che le immaginava di provarsi ad assecondare la libera ispirazione del genio distaccandosi alquanto dalle norme di stile, dalle aride e compassate leggi della geometria, dobbiamo dire però, che il passo sulla nuova strada dell'arte fu così misurato e timido che genericamente parlando può dirsi sieno tutti regolari e perfettamente simmetrici, da poterli distribuire in vari gruppi, ma che tutti si riducono ad un tipo di base o figura rudimentale.

Nella tav. VIII (fig. 1) si ha una proiezione assonometrica della grande e della picccla armatura. Nella fig. 2 si riprodussero tre mensole sotto gli arcarecci e nella fig. 3 quelle dipinte prospettivamente nelle fodere interposte fra le dette mensole. Nella tav. IX si riportano i modelli dei vari gruppi o specie di ornati che figurano nelle cimase o cornici distinte secondo il loro tipo di base come appresso:

- 1° Gruppo. — Tipo a base geometrica, cioè figura quadrata o romboidale a contorno rettilineo o curvilineo.
2° » Id. cioè a nastro rettilineo o curvilineo.

- 3° Gruppo. — Tipo a croci e mezze croci.
4° » Id. a denti di sega rettilinei o curvilinei.
5° » Id. a spina di pesce.
6° » Id. a croci e figure romboidali alternate fra loro.
7° » Id. a dischi circolari variamente ornati.
8° » Id. ad intreccio di cerchi e mezzi cerchi.
9° » Id. a formelle regolari con ornato geometrico ad intreccio di cerchi.
10° » Id. mensole in prospettiva come profilo rettilineo o curvilineo.
11° » Id. a fiori quadripartiti inscritti in figure geometriche regolari.
12° » Id. a fiori, come nel gruppo N. 6, e figure romboidali alternate fra loro.
13° » Id. a fiori ed ornati inscritti in figure geometriche simmetricamente disposte.

Sono gruppi originali: N. 1 al 7 incluso ed i Numeri 9-10-11-13.

Invece il N. 8 è risultante dai tipi 1 e 7, il 12 dai tipi 1 e 6.

Oltre i modelli raccolti nella tav. IX, vi sono altre specie che differiscono da quelli nel solo colore, però si avverta che i colori originali sono sempre conservati, cioè il bianco, il rosso e l'azzurro. Di tali varianti si offre un saggio nei modelli 4 e 5 del 6° gruppo, ed è facile immaginare tutte le altre.

Le mensole sulle quali si appoggiano alle loro estremità gli arcarecci e i correntini hanno tutte lo stesso profilo, e sono dipinte a fogliame nella superficie inferiore ed in alcune pure nei fianchi. Il colore di fondo delle foglie, solo in pochi modelli è rosso od azzurro, mentre in massima è sempre bianco con nervature e contorno dei margini rosso od azzurro, secondochè la tinta di fondo della mensola su cui stacca la foglia sia azzurra o rossa. L'abaco o tavola superiore ha le sue faccie dipinte a riquadri o a dentelli od a fiori come ai modelli 1, 2, 3 della tav. VIII.

Le fodere o tavole che chiudendo gli spazi fra mensola e mensola concorrono a formare i fianchi dei cassettoni sono anch'esse dipinte, e secondo l'ordine cui appartengono, in varia e differente maniera. Poichè avendosi doppio ordine di mensole, quello cioè inferiore sotto gli arcarecci, e l'altro superiore al disotto dei correntini, fu rilevato che le fodere del primo ordine sono dipinte a modo di mensole in prospettiva (fig. 3 e 4) le altre invece sono divise in riquadri o formelle di semplice disegno geometrico, ed alcune dipinte egualmente a mensole ad effetto, ma di maniera più semplice di quelle dell'ordine inferiore.

PROGETTO DI RESTAURO E PRATICHE PER LA CONDOTTA DEI LAVORI. — Le cure prestate in ogni tempo dai sovrastanti dell'opera del Duomo per assicurare la stabilità del monumento, malgrado i restauri parziali, che si fecero in specie nel nostro secolo, per rinnovare le corde ed i puntoni di qualche incavallatura che minacciava rovina, non valsero ad impedire la necessità di un restauro generale del tetto, crescendo i guasti ogni giorno di più, e il desiderio di ridonare al ricco soffitto il suo lustro primitivo rendendosi continuamente più vivo nell'animo dei cittadini. Oltre le istanze al superiore Governo mosse dall'Opera e dal Comune non mancarono nel Senato e nel Parlamento raccomandazioni ed interpellanze dirette ad ottenere che il restauro si facesse per legge dello Stato.

Nel 1867 per cura dell'Ufficio del Genio civile di Perugia furono eseguiti i primi lavori di studio ed i rilevamenti dalla vecchia armatura che servirono poi di base alla compilazione del progetto generale di restauro. Questo approvato dal R. Governo, ed assicurata dal medesimo la concorrenza nella spesa per parte dell'Opera del Duomo e del Comune, si ottenne con Regio Decreto dell'8 giugno 1879, N. 4923, S. 2^a, che il lavoro fosse eseguito per conto dello

Stato, coll'osservanza delle ordinarie pratiche di contabilità e di amministrazione.

La legge sugli appalti delle opere pubbliche doveva così avere la sua piena applicazione, anche nel caso del Duomo di Orvieto, benchè si trattasse di un restauro, per sua natura eminentemente artistico. È però facile prevedere come appena firmato il verbale di consegna, questioni e differenze tra l'appaltatore e la direzione dei lavori insorgessero da ogni parte o per le variazioni che si dovevano fare in alcuni articoli di lavoro, o per l'equivoca interpretazione di alcune parti del Capitolato. Non si tardò molto a conoscere essere impossibile in un restauro così importante poter proseguire per quella via, e lo stesso lavoro che incerto e a rilento si era intrapreso, reclamava un pronto ed energico provvedimento.

Per la buona riuscita di un appalto il tempo è un elemento principalissimo. Così pure la previdenza e la sollecitudine dell'impresario nel fare le provviste dei diversi materiali, l'essere egli libero di por mano a quelle parti di lavoro che secondo le sue vedute speculative riescono ad esso più utili ed opportune, sono altrettanti elementi di non minore importanza, che però è impossibile si possano conciliare ed accordarsi nel caso di restauro nei monumenti d'arte, in specie se di stile tutto proprio, quali sono le nostre cattedrali e gli antichi edifizii del medio evo.

Non cade in acconcio nella presente Memoria discutere particolarmente sulle difficoltà incontrate nel periodo dei lavori in appalto, che furono causa della rescissione del contratto promossa dal R. Governo ed approvata con Decreto Ministeriale del 20 aprile 1884. Si dice sommariamente che dette occasione ai dissensi, la difficoltà per avere le grandi travi di larice delle incavallature, e specialmente le corde lunghe circa m. 20,00 a spigolo vivo, di sezione m. 0,35×0,42 nonchè le variate dimensioni che si ordinarono per alcuni pezzi dell'armatura per riprodurli del tutto eguali agli antichi. Inoltre nel demolire la vecchia copertura l'aver rinvenuti alcuni pezzi, tegole e canali, diversi totalmente dalla forma e misura di quelli di progetto, la conferma sull'identità di quei modelli rilevata dai documenti d'archivio, la variante proposta di sostituire cioè la lamiera di rame a quella di piombo per coprire il ripiano superiore delle cornici al sommo dei muri, le discussioni che naturalmente si fecero in proposito dalla Commissione provinciale di belle arti, il ritardo avvenuto prima che si desse facoltà di variare i suddetti articoli, furono tutte cause per cui il lavoro dovette subire ritardi e sospensioni imprevedute. Da ciò le proteste e i reclami dell'impresario, che per il loro succedersi di continuo, dettero motivo, per buona ventura, allo scioglimento del contratto d'appalto e all'ordine di proseguire i lavori per conto dell'Amministrazione o come suol dirsi ad economia.

Per un cambiamento così radicale nella condotta del lavoro, questo restò sospeso dal 12 giugno 1884, in cui si lasciava dall'impresario, fino al 2 luglio dell'anno successivo e ciò stante le pratiche d'ufficio per la contabilità e liquidazione dei lavori stessi, per il loro collaudo, per il voto emesso dal Consiglio Superiore dei lavori pubblici, in merito alle osservazioni fatte dall'appaltatore che non accettava la liquidazione finale, ed in ultimo per le amichevoli trattative passate fra esso e il R. Governo sopra un possibile accomodamento che avvenne con speciale convenzione del 2 luglio 1885. Intrapresi e non mai più interrotti, i lavori procedettero regolarmente fino ai 13 ottobre 1886 terminandosi il detto giorno le opere di carpenteria e della copertura. Proseguono attualmente quelli delle decorazioni dipinte, che condotti con tutta alacrità e maestria, entro il corrente anno saranno portati a perfetto compimento.

PARTICOLARI DELLA ESECUZIONE. — Prima di dare mano al discoprimiento e demolizione della vecchia armatura, anche per dar tempo all'impresario di ricercare e far le provviste del legname occorrente per la nuova, si cominciò e si condusse a termine il restauro delle cornici di finimento dei muri di gronda, quello del paramento di pietrame a zone bianche e nere nelle pareti esterne dei muri sotto le cornici, sistemandosi altresì gli antichi canali di scarico nei colonnini e gocciolatoi esterni, quanto cioè rendevasi necessario per assicurare il regolare deflusso delle acque piovane.

Le cornici sono tutte di travertino, a tre filari ciascuna secondo la varietà del loro intaglio che nella cornice superiore (tav. VII, fig. 5) comprende l'ordine delle mensole e l'altro degli ovoli diviso in due filari con giuntura sul mezzo dell'ovolo. Nella cornice inferiore (fig. 6) i tre filari comprendono l'ordine delle mensole, quello dei rosoni o fiori, e l'ultimo dei dentelli e delle foglie. Stante il pessimo stato in cui si trovarono le vecchie cornici se ne restaurarono in media m. 64 della cornice alta e m. 48 dell'altra, vale a dire una metà dell'intero sviluppo nella prima e due quinti nella seconda cornice.

Nei canali adduttori sul ripiano dei muri, non si fece altro che rimuovere la muratura che li chiudeva, votando egualmente i pozzetti inferiori di scarico. Lungo i colonnini o controforti si calarono internamente tubi di rame di metri 0,10 di diametro raccordati superiormente colla lamiera che riveste la parete del pozzetto e terminati inferiormente a doppio sbocco con un ramo di tubo a T. per portare le acque in due distinte file di tegole, dividendo così la loro portata in più d'una fila. La forte saldatura fra giuntura e giuntura dei tubi ne assicura dal possibile infiltramento dell'acqua nel muro, che invece discende dal tetto alto riunita e senza sprazzi sino agli sbocchi, colando giù lungo la falda fino ai pozzetti degli animali gocciolatoi sotto le cornici dei muri esterni delle navi laterali.

Il disfacimento della armatura del tetto ebbe principio nel luglio del 1883 scoprendosi le prime due campate della nave centrale a partire dall'arco della tribuna. In pari tempo si veniva scoprendo la falda della navata di destra a sud e durato il lavoro di restauro dell'armatura fino all'epoca dello scioglimento del contratto, si consegnavano dall'appaltatore totalmente ultimati N. 14 compartimenti o campate della nave laterale, ed i primi quattro della navata grande. In tutto mq. 346,32 nella prima e mq. 241,24 nell'altra. Proseguito il lavoro per conto dell'amministrazione s'ultimava il restauro della nave di mezzo il 2 giugno 1886 e quello delle navi laterali il 13 del successivo mese di ottobre.

Pertanto il 2° periodo di lavoro, eseguito ad economia, cominciato il 5 luglio 1885, durò mesi 15 e giorni 8, nel qual tempo vennero restaurati N. 14 compartimenti grandi e N. 22 compartimenti delle navi piccole, vale a dire mq. 887,56 nella navata di mezzo e mq. 571,87 nelle due laterali (1).

(1) Per semplice memoria si ricordano le seguenti date:

15-16	luglio	1883	. . . Tiro e composizione della	1 ^a incavallatura
8-9	novembre	»	»	2 ^a »
29	»	»	»	3 ^a »
20	dicembre	»	»	4 ^a »
16	luglio	1885	»	5 ^a »
31	id. e 1 ^o agosto	1885	»	6 ^a »
20	»	»	»	7 ^a »
5	settembre	1885	»	8 ^a »
24	»	»	»	9 ^a »
14	ottobre	»	»	10 ^a »
2	novembre	»	»	11 ^a »
30	gennaio	1886	»	12 ^a »
18	febbraio	»	»	13 ^a »
5	aprile	»	»	14 ^a »
13	»	»	»	15 ^a »
26	»	»	»	16 ^a »
12	maggio	»	»	17 ^a »

PONTI DI SERVIZIO. — MANOVRE ARCHITETTONICHE. — Le difficoltà dei ponti e delle manovre architettoniche per tirare su e collocare a posto le grandi incavallature della nave centrale, più che al peso delle travi, si dovevano alle loro dimensioni, ed all'altezza di circa m. 35 a cui si dovevano sollevare. E tale altezza straordinaria suggerì naturalmente d'adottare il sistema dei ponti pensili. A ciò si prestava l'appoggio possibile nella vecchia armatura riscendendo facile il disarmo e la nuova ricomposizione di una capriata, per la vicinanza delle altre, cioè d'una nuova da una parte già armata e composta, e dall'altra della vecchia incavallatura da disarmarsi successivamente. Tale sistema non solo riesci nella pratica di facile attuazione, ma si riconobbe il più semplice ed economico, che con altri a confronto anche dal lato della stabilità e sicurezza non si poteva ottenere miglior risultato. Infatti sopra le due incavallature attigue a quella da disarmarsi s'appoggiarono le cinque traverse o cavalli dalle cui estremità raccomandate a staffoni di ferro si calarono altrettante antenne o candelette da ciascuna parte destinate a reggere inferiormente al di sotto del piano dei mensoloni le longarine maestre, su cui disposti alla dovuta distanza i correntini trasversali si fece distendere il tavolato, vale a dire il piano generale del ponte. Dei cinque cavalli, il più alto posava sulla testa del monaco delle due incavallature che diremo di appoggio, gli altri quattro, due per parte, su i loro puntoni, però rialzati a mezzo di grossi tacchi di legname, onde fra essi e il piano della capriata da disarmarsi, restasse spazio sufficiente per le puleggie del tiro, e la porzione di canapo necessaria, a che i pezzi sollevati non venissero a contatto delle puleggie.

Si farà cenno del tiro delle corde per sollevare le travi più lunghe e della composizione di una capriata.

Per le corde (vol. m. c. 2,80, peso tonn. 2) le puleggie superiori si legarono ai cavalli estremi, i più vicini ai muri, due da una parte ed una sola dall'altra in corrispondenza dei tre arganetti orizzontali posti allo stesso modo nel pavimento della chiesa.

All'atto del tiro, dopo già messi a posto i mensoloni di appoggio, e preparate le camere per le testate della corda, di cui una a passaggio libero nella totale grossezza del muro, si cominciava a sollevare verticalmente la trave dalla parte del tiro doppio e così a circa m. 3 dal piano di terra, che allora facendosi forza col tiro semplice dell'altra parte, il cui canapo era legato verso il capo inferiore della trave, proseguivasi a tirarla su coi tre argani simultaneamente sino ad averla al di sopra del piano dei muri di gronda. Colla proporzionata distanza delle legature dei canapi dalle due testate e collo spostarle man mano che si voleva trasportar la trave verso l'uno o l'altro dei due muri, è facile immaginare come, raggiunta l'altezza necessaria, si faceva posare anzitutto sul muro di gronda dalla parte del tiro doppio, poi, fatta scorrere verso il muro opposto, se ne internava la testata nella camera a passaggio libero, anche al di là della parete esterna. Allora con movimento in direzione contraria tiravasi di nuovo verso l'interno fino a che, penetrata quanto occorreva nell'altro muro, calavasi sui mensoloni, ed in questi, unitamente ai puntoni, era in ultimo fissata solidamente mediante staffe di ferro e chiodate.

Per la composizione della capriata, dopo tirati a posto il monaco ed i puntoni, furono sufficienti tre sole puleggie legate ai cavalli di centro ed un tiro ad arganoper ciascuna. Coi due laterali si alzavano da un capo i puntoni, facendo in modo durante il tiro che l'altro capo già tagliato per la connessione a doppio dente colla corda, si incastrasse regolarmente con essa appena raggiunto l'angolo assegnato al-

l'inclinazione dei puntoni. Dovevasi però oltrepassare una tale ampiezza, onde col tiro di centro, sollevato verticalmente il monaco e tenuto a posto nel piano della capriata, fosse possibile il suo passaggio fra le teste dei puntoni, e fatti calar questi pian piano insieme al monaco, per modo che corrispondessero i loro incastri uno di fronte all'altro da ciascuna parte, si arrivava al punto della perfetta connessione fra di loro. Sempre raccomandati ai loro tiri, chiodavansi, come in antico, le testate, poi collo staffone centrale di ferro si univa il monaco alla catena. Si fa notare come prima di chiodare lo staffone nel monaco, sollevavasi la corda nel suo mezzo per toglierle non solo la curva naturale d'inflessione, ma col tirarla anche più in alto del piano orizzontale degli appoggi, poterle dare una curvatura nel senso opposto.

A dare un'idea del tempo impiegato in siffatta manovra, si dirà che per il disarmo e ricomposizione di una incavallatura, abbassamento cioè dei travi di quella vecchia, tiro e collocamento in opera dei mensoloni, tiro e composizione dell'altra nuova, occorsero sempre non meno di due giorni di lavoro. La maggior parte di tempo era impiegata nelle legature delle puleggie, nello spostamento di esse e degli argani, nella sistemazione dei ponti ed altri lavori secondari, mentre per il tiro propriamente detto di una corda non occorre mai maggior tempo di un'ora.

Armata e composta un'incavallatura, si dava subito mano al lavoro dei carpentieri e falegnami per la piccola armatura, i quali, appena ultimato il lavoro in una campata, trovavano già pronta l'incavallatura successiva, e potevano così dar principio al lavoro nell'altra. L'equilibrio di lavoro fra le due squadre si ottenne specialmente nel periodo ad economia, quando cioè, superate le difficoltà che si avevano per l'appalto, si poteva con animo tranquillo disporre a piacimento dei materiali e del personale senza timore di dar di cozzo negli irti scogli del Capitolato.

MATERIALI DA COSTRUZIONE ADOPERATI NEL LAVORO. — Le esigenze di un fedele restauro richiedono al giorno d'oggi che venga rispettata non solamente l'antica forma, ma che nel sostituirsi i nuovi materiali a quelli o perduti, o ridotti in condizioni impossibili di durare più a lungo, si abbia pure riguardo di cambiarli con altri della stessa qualità e natura.

Perciò nel restauro delle cornici esterne fu adoperato il travertino delle cave di Torremonti, prossime ad Orvieto, di colore assai caldo e tendente più al rossiccio, che al bianco. È un materiale assai pregevole che forse per le difficoltà del trasporto è poco conosciuto nel commercio dei costruttori. Ne fecero soggetto di studio ingegneri e tecnici fra i più distinti (1), e tutti l'ebbero a dichiarare di qualità eccellente, in specie per la sua compattezza e per il suo colore.

I mensoloni sotto la corda si riprodussero egualmente in quercia rovere, scegliendo i pezzi fra i più stagionati ed asciutti.

Per le travature di forza, cioè per le capriate, gli arca-recci, i correnti e le loro mensole fu adoperato il pino-larice di Corsica, e l'abete per la cimasa ed il tavolato. A meglio preservare dall'umidità e filtrazioni le estremità o capi delle corde, piuttosto che spalmarsi con catrame od altre sostanze iniettive, fu preferito, come miglior sistema, di aerarle semplicemente, lasciando uno spazio libero, come si disse, intorno alle loro testate in comunicazione coll'interno e l'esterno della chiesa, mediante fori che permettono il continuo rinnovarsi dell'aria che vi gira d'intorno. Visitata, non ha molto, con tutta diligenza la camera d'aria di

(1) *Ingegneria civile*. Anno IX, pag. 89.

ciascuna corda, si riconobbe trovarsi il legname in ottime condizioni, del tutto asciutto e senza il minimo infiltramento.

L'unica variante introdotta nel presente restauro, fu quella di coprire con lamiera di rame, il piano superiore delle cornici, i canali adduttori e i pozzetti di scarico delle acque piovane. Come pure furono sostituiti tubi di rame a quelli di coccio nell'interno dei colonnini, onde impedire l'infiltrazione delle acque nelle pareti dei muri.

Finalmente, per i colori degli ornati dipinti nell'armatura del tetto serve di garanzia alla loro fedele riproduzione l'aver trovato in discreta copia i modelli primitivi, che si ripetono egualmente a tempera alla maniera antica. Affidato quel lavoro all'illustre prof. Giorgio Bandini di Siena e ai distinti allievi della sua scuola, che vi attendono

con cura indefessa e vero intelletto di artisti, non v'è dubbio che la nuova pittura riescirà un vero modello di fedele restauro, quale giustamente si addice all'importanza del monumento.

DATI DI SPESA E DI AMMINISTRAZIONE. — L'importo generale del lavoro, tenuto conto di quanto si è speso dal suo principio (11 luglio 1881) a tutto maggio 1889 in L. 169,884.25, e di circa L. 30,000 che occorreranno per ultimare il lavoro della pittura, per coprire di lamiera di rame il ripiano superiore delle cornici esterne, spese di ufficio, ecc., si calcola che non dovrà oltrepassare le L. 200,000.

Si riportano alcuni dati positivi di spesa, il confronto cioè fra l'importo dei lavori ed il tempo impiegato nei medesimi, in appalto e ad economia quale risulta dai seguenti specchi: N. 1, e N. 2.

SPECCHIO N. I.

Parallelo delle spese impiegate per restauro del tetto durante il periodo dei lavori in appalto e quello dei lavori ad economia, ripartite per m. q. di superficie.

Indicazione del lavoro	Superficie di tetto restaurato						Importo dei lavori per m. q. di superficie					
	in appalto		ad economia		totale		in appalto		ad economia		risparmio nel lavoro ad economia	
	M. q.		M. q.		M. q.		L.	e.	L.	e.	L.	e.
I. — Nave centrale.												
1 Demolizione della copertura, della grande e piccola armatura. Tiro e sistemazione in opera della nuova incavallatura. Legnami e materiali diversi per le medesime. Ponti di servizio. Lavoratura del materiale	241	24	887	56	1128	80	26	34	19	43	6	91
2 Costruzione della piccola armatura. Mano d'opera. Legname e materiali diversi. Loro lavoratura	—	—	—	—	—	—	27	55	25	77	1	78
3 Copertura, cioè: armatura del pianellato e materiale laterizio	—	—	—	—	—	—	3	62	3	14	»	48
Totale	241	24	887	56	1128	80	57	51	48	34	9	17
II. — Navi laterali.												
1 Demolizione della vecchia armatura. Legname e materiali diversi per la grossa armatura e ponti di servizio. Lavoratura del materiale	346	32	571	87	918	19	10	11	5	59	4	52
2 Costruzione della piccola armatura. Legname e mano d'opera. Materiali diversi. Loro lavoratura	—	—	—	—	—	—	25	55	22	39	3	16
3 Copertura, cioè: armatura del pianellato. Pianellato e materiale laterizio	—	—	—	—	—	—	3	62	3	26	»	36
Totale	346	32	571	87	918	19	39	28	31	24	8	04

SPECCHIO N. 2.

Parallelo del tempo impiegato nel restauro del tetto durante il periodo dei lavori in appalto e quello dei lavori ad economia.

Quantità di lavoro in appalto					Quantità di lavoro ad economia					Maggior lavoro giornaliero eseguito nel periodo dei lavori ad economia									
Durata del lavoro	Lavoro eseguito				Durata del lavoro	Lavoro eseguito													
	nella nave centrale	nelle navi laterali	totale	lavoro medio giornaliero		nella nave centrale	nelle navi laterali	totale	lavoro medio giornaliero										
Giorni	M. q.	M. q.	M. q.	M. q.	Giorni	M. q.	M. q.	M. q.	M. q.	M. q.									
330	241	24	346	32	587	56	1	80	458	887	56	571	87	1459	43	3	20	1	40

SPECCHIO N. 3.

Spesa per ogni m. q. di superficie di tetto restaurato durante il periodo dei lavori eseguiti ad economia distinto secondo i vari articoli di lavori e provviste.

Indicazione del lavoro o provviste		Prezzo parziale al m. q.		Prezzo totale al m. q.	
		L.	c.	L.	c.
I. — NAVE CENTRALE.					
Superficie di tetto restaurato nel periodo dei lavori ad economia metri quadrati 887.56.					
§ 1. — <i>Mano d'opera.</i>					
1	Lavoro di falegnami e carpentieri	6	90		
2	Id. di muratori e manuali	3	04		
3	Id. di scarpellini	—	14		
4	Id. di sorveglianti	—	72		
5	Id. a misura per lavoratura dei mensoloni sotto le corde. Mensoloni N. 26 a L. 40 ciascuno L. 1040	1	17		
				11	97
§ 2. — <i>Provviste.</i>					
6	Legname: rovere per i mensoloni sotto la incavallatura	1	13		
7	Id. larice: travi per la grande armatura. } Provvisto ad economia } Lasciato dall'impresario	8	38		
8	Id. larice: travicelli e tavole per la piccola armatura. } Provvisto ad economia } Lasciato dall'impresario	5	49		
9	Id. abete: tavole per la piccola armatura. } Provvisto ad economia } Lasciato dall'impresario	1	59		
10	Id. castagno per le piane o limette del pianerottolo	2	58		
11	Ferramenta: viti di forza a lunghezza varia	9	43		
12	Id. chiodoni, chiodi e grappe	1	13		
13	Id. staffoni delle incavallature. Provvista di nuovi e riparazione di vecchi	—	77		
14	Materiali laterizio, per le pianelle	—	37		
15	Calce e gesso da presa	—	22		
16	Materiali diversi per i falegnami, cioè, colla, gesso da stucco, terre colorate, ecc.	—	56		
				35	32
§ 3. — <i>Ponti di servizio. Provviste e riparazione di attrezzi.</i>					
17	Materiali per i ponti di servizio (esclusa la loro costruzione)	—	82		
18	Provvista di attrezzi nuovi e riparazione di vecchi	—	23		
				1	05
Totale per la nave centrale				48	34
II. — NAVI LATERALI.					
Superficie di tetto restaurato metri quadrati 571.87.					
§ 1. — <i>Mano d'opera.</i>					
19	Lavoro di falegnami e carpentieri	5	57		
20	Id. di muratori e manuali	3	02		
21	Id. di scarpellini	—	17		
22	Id. di sorveglianti	—	70		
23	Id. a misura per la lavoratura dei mensoloni all'estremità dei puntoni. Spesa tot. L. 422	—	73		
				10	19
§ 2. — <i>Provviste.</i>					
24	Legname larice: travi per la grande armatura	1	17		
25	Id. larice: travicelli e tavole per la piccola armatura. } Provvisto ad economia } Lasciato dall'impresario	7	11		
26	Id. abete: tavole per la piccola armatura. } Provvisto ad economia } Lasciato dall'impresario	2	09		
27	Id. castagno per le piane o limette del pianellato	3	34		
28	Ferramenta: viti di forza a lunghezza varia	3	17		
29	Id. chiodoni, chiodi e grappe	1	13		
30	Id. staffoni, provvista di nuovi e riparazione di vecchi	—	75		
31	Materiali laterizio, pianelle per il pianellato	—	37		
32	Calce e gesso da presa	—	16		
33	Materiali diversi da falegnami	—	56		
				20	—
§ 3. — <i>Ponti di servizio. Provviste e riparazione di attrezzi.</i>					
34	Materiali per i ponti di servizio (esclusa la lavoratura)	—	82		
35	Provvista di attrezzi nuovi e riparazione di vecchi	—	23		
				1	05
Totale per le navi laterali				31	24

I prezzi segnati nello specchio N. 3 sono ricavati dal registro dei lavori ad economia, tenuto secondo i Regolamenti in vigore, da cui risultarono eziandio i dati speciali della spesa per ciascun lavoro in particolare.

Si crede utile riportare quelli relativi alla lavoratura delle grosse travi, alle manovre di abbassamento e di tiro delle grandi incavallature, come nei seguenti specchi N. 4 e 5.

SPECCHIO N. 4.

Costo della mano d'opera di falegname per la lavoratura delle travi componenti un'incavallatura del tetto.

	Indicazione del lavoro	Giornate	Prezzo		Importo		
			N.	L.	c.	L.	c.
1	Digrossamento, piallatura della faccia a spigolo vivo, incastrati per le connessioni ad angolo nelle estremità. Lavoro per una corda	10	2	50	25	—	
2	Id. id. id. id. per i due puntoni	10	2	50	25	—	
3	Id. id. id. id. per il monaco . . .	5	2	50	12	50	
4	Id. id. id. id. per i due saettoni	7	2	50	17	50	
5	Id. id. id. e riduzione a profilo sagomato dei cuscinetti sotto il monaco ed in cima ai saettoni	6	2	50	15	—	
Totale L.						95	—

SPECCHIO N. 5.

Costo della mano d'opera per l'abbassamento di una intera incavallatura e mettitura in opera della nuova.

	Indicazione del lavoro	Operai impiegati nel lavoro	Importo	
			L.	c.
1	Spostamento del ponte di servizio per l'isolamento dell'incavallatura da disarmarsi	Muratori e manuali	30	55
2	Disarmo ed abbassamento della vecchia incavallatura	Id. id.	36	40
3	Sistemazione delle camere d'aria e collocamento in opera dei mensoloni . . .	Id. id. e scalpellini	23	40
4	Tiro e composizione della nuova incavallatura . . .	Id. id.	40	40
5	Assestamento del ponte di servizio per il lavoro della piccola armatura	Id. id.	16	90
Totale L.			147	65

Intrapresero e portarono a termine l'importante restauro gli operai dell'ordinaria maestranza del Duomo. Si aggiunsero ad essi pochi falegnami concessi all'Opera dai Capi officina della città.

D'infortunii e disgrazie toccate ai medesimi nella esecuzione dei lavori, la Dio mercè, nessuna.

Chi scrive, per l'onore che egli ebbe della direzione dei lavori, ebbe modo di sperimentare l'amore e l'impegno dimostrato da ciascun operaio, perchè il restauro ad essi affidato riuscisse degno del Monumento. Coglie pertanto la presente occasione per tributare il dovuto elogio alla loro maestria e ringraziarli tutti di cuore.

Orvieto, 10 giugno 1889.

Ing. PAOLO ZAMPI.

IDRAULICA PRATICA

L'UTILIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA
NEL REGNO D'ITALIA

I.

Sotto quali aspetti deve riguardarsi la questione dell'utilizzazione dei corsi d'acqua.

L'esposizione fatta in un articolo precedente (1) ci ha dimostrato con quanta energia ed attività il Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio si affaticò per rendere utili le acque dei nostri fiumi e torrenti in beneficio dell'agricoltura ed anche a vantaggio dell'igiene e dell'industria, specialmente dove questo elemento difetta.

Il Ministero ha perfettamente compreso che nei corsi d'acqua risiede una gran parte della ricchezza di un paese, che, negletta, trascorre inefficace in mezzo alle più popolate contrade per riversarsi nel mare, spesso deviando a destra ed a sinistra lungo il suo percorso, ed apportando danni gravissimi su quei terreni, ai quali, ben diretta, arrecherebbe benefici grandissimi e raddoppierebbe i prodotti.

Gli studi eseguiti in così breve tempo sono già molti, e i risultati ottenuti fanno sperare che gli sforzi del Governo non saranno infruttuosi; in questo modo si prepara la via all'industria privata, che negli studi fatti eseguire dal Ministero troverà una guida sicura per utili intraprese.

Abbiamo visto nell'esaminare i singoli progetti fatti studiare dal Ministero, che per alcuni di essi la soluzione non può dirsi definitiva per mancanza di dati generalmente riferentisi al regime dei corsi d'acqua sbarrati; ora questo ostacolo non avrebbe dovuto esistere, poichè le notizie idrometriche dei singoli bacini e quelle relative alla portata, natura, piene, ecc., dei nostri fiumi e torrenti si dovrebbero da tempo conoscere. Disgraziatamente ciò non è il caso che per pochi, quindi anche in questa direzione è necessario di procedere a nuovi studi, ed il Ministero in parte ci ha pensato, e nella redazione della carta idrografica dell'Italia, che già è stata fatta e di cui la pubblicazione è in corso, noi possediamo un complesso di notizie che potranno riuscire di grande utilità in tali ricerche; ma pur troppo resta ancora moltissimo da farsi, come diremo in appresso.

*

La questione dell'utilizzazione delle acque deve guardarsi da due punti di vista, cioè per rispetto ai danni che esse producono quando sono abbandonate a sè, e per l'utile che se ne può ricavare quando invece vengono ben dirette dalla mano dell'uomo. Egli è evidente che questi due fattori sono intimamente legati fra loro, poichè da una buona sistemazione dei fiumi e torrenti nasce spontanea l'idea di trarne vantaggio con tutti quei mezzi che l'ingegneria suggerisce, i quali, bene applicati, oltre al raggiungere lo scopo, riescono a sistemare i corsi d'acqua.

Per farci un'idea anche lontanissima dei vantaggi che si possono trarre da una buona sistemazione dei nostri fiumi e torrenti consideriamo l'enorme quantità d'acqua che giornalmente si versa nei mari e la forza viva che con essa va perduta; e domandiamoci: quali sono i vantaggi che noi ricaviamo da tanta ricchezza?...

Gli stabilimenti che usano forza motrice idraulica sono pochissimi; più numerosi i molini, dei quali certamente parecchi si trovano lungo i principali corsi d'acqua: ma quanto lavoro ancora non si potrebbe ottenere da questi? A che dunque giovano a noi torrenti e fiumi?

Ad invadere le nostre campagne più ubertose e portarvi la

(1) Anno XIV, N. 12, pag. 181.

desolazione e la miseria; a spolpare i nostri migliori terreni e depositare la parte più fertile di essi nel fondo del mare. La gravità di quest'ultima circostanza sfugge certamente alla maggior parte di noi; eppure è immensa la quantità di terreno che per questa via va perduta.

Non abbiamo cifre sotto mano che si riferiscano ai nostri fiumi e torrenti, ma spigolando nelle varie memorie inserite nelle *Annales des ponts et chaussées*, troviamo che la Durance porta annualmente al mare circa undici milioni di metri cubi di fango, belletta e materiali minuti; la Marna da 105 a 110 mila mc.; la Senna più di 1111 milioni di mc. Il Var, che è un fiumicello di soli 135 chilometri di lunghezza, depositò in un anno (dal settembre 1864 al settembre 1865) 11 milioni di mc. circa di materie nel mare presso Nizza, dove va a sboccare. In questo modo si è calcolato per la Francia che vanno perduti annualmente circa 30 milioni di lire di materie fertilizzanti.

Da queste cifre, per analogia, possiamo facilmente farci una idea di ciò che avviene da noi. Ora, col sistemare i fiumi, riuscirà facile anche l'utilizzazione delle loro acque e delle materie terrose e fertilizzanti che trasportano.

In Italia già si è incominciato in questa via, e le colmate della Toscana sono là per indicarci i vantaggi e le ricchezze che ci aspettano; più di 12000 ettari furono colmatati, depositandovi per oltre 130 milioni di mc. di alluvioni; e però non è necessario di cercare dovunque delle maremme per compire l'opera benefica, poichè lungo il corso di ogni fiume o torrente, ma specialmente di quelli non sistemati, vi sono migliaia e migliaia di ettari che aspettano di godere di tanto beneficio, e ciò sarà solo possibile col restringere ogni corso d'acqua in un letto determinato, fisso, impedendo che vaghi a destra od a sinistra. In questo modo si utilizzeranno le nostre acque, e allora solo potremo chiamarle fonti di ricchezza, poichè, non dimentichiamo la massima di Senofonte — « ogni ricchezza serve solo a chi sa usarne ».

II.

Necessità di sistemare i fiumi e i torrenti utilizzando le acque.

Ora, non mai si sente la necessità di questa sistemazione, non mai si grida tanto alto e si invocano rimedi opportuni come quando avvengono delle inondazioni: più i disastri sono considerevoli, maggiori le grida; e non vi è persona che non si commuova, poichè in faccia a tante sventure il sentimento di commiserazione si risveglia nell'animo di ognuno, ed è naturale che da tutti si invocano non solo soccorsi ed aiuti per gli infelici colpiti dalla sventura, ma rimedi efficaci per evitare la ripetizione di simili catastrofi.

Questo risveglio generale non devesi però attribuire semplicemente ad un sentimento di umana commiserazione: altre ragioni diverse, secondo gli individui, ne sono la causa; gli uni, sul teatro delle inondazioni, reclamano perchè ne furono colpiti, e ragionevolmente chiedono si prevenano in avvenire disgrazie di questa natura; gli altri, nel reclamare per quegli infelici, sperano che le stesse misure vengano applicate alle località da essi abitate, e che pure potrebbero essere colpite da uguale catastrofe.

Ma questo entusiasmo d'ordinario ha breve durata, e allo stesso modo che la natura, dopo una fiera burrasca, accompagnata anche da ingenti disastri, all'apparire del sole ritorna a rianimarsi, quasi ignara dei moltissimi danni che da ogni parte appaiono, e come se mai non avesse cessato di arridere all'astro benefico; così anche nell'uomo man mano che la memoria delle ingenti inondazioni si va indebolendo col passare dei giorni, svaniscono pure le

buone intenzioni di apportarvi riparo, e tutto rientra nella calma ordinaria fino a che non sopraggiunga una nuova catastrofe che riproduca gli stessi effetti.

A ciò contribuisce poi in sommo grado la natura stessa dei rimedi invocati, poichè la difficoltà dei medesimi fa sì che una parte del tempo si passa nel fare delle proposte e nello studiarle, e man mano che la memoria dei danni sofferti si va dileguando, anche l'entusiasmo si calma, e si finisce per non applicare i rimedi escogitati, o per limitarsi a semplici palliativi, che restano senza frutto.

Così avvenne anche in Francia; dopo le terribili inondazioni del 1846 il paese tutto si commosse. Collignon, in qualità di membro della Commissione incaricata di esaminare il progetto di legge relativo all'assegnamento di un credito di nove milioni di lire per riparare ai danni (40 milioni di lire) cagionati dalle inondazioni, proponeva alla Camera dei deputati nel maggio 1847 il sistema dei serbatoi come rimedio radicale. La proposta fu accolta con entusiasmo, ma gli anni successivi si passarono in studi, e forse sarebbe completamente caduta in dimenticanza, se le inondazioni del 1856, più terribili delle precedenti, non avessero fatto sentire nuovamente il bisogno di provvedere; lo stesso imperatore prese l'iniziativa, e si fece a patrocinare il sistema dei serbatoi già proposto. Gli studi iniziati con molta energia, si protrassero per alcuni anni; ma quando si venne all'attuazione si provvide parzialmente, senza che perciò si siano tolti completamente i pericoli di nuove inondazioni.

Fatti analoghi si verificarono in molte provincie della Germania, nell'Ungheria dopo la catastrofe di Szegedin, da noi al ripetersi delle inondazioni, e dappertutto in condizioni identiche.

Un'altra circostanza, che influisce assai a limitare l'esecuzione di queste opere, è la spesa ingente che esse richiedono, trattandosi di rimediare non in un punto solo, ma lungo tutto un fiume o torrente, e a tutti i corsi di acqua, o ai principali di essi, poichè ciò che oggi si è verificato per uno, può domani avvenire altrove. Questa è certamente una ragione principale per cui spesso le opere rimangono sospese.

Quelli che d'ordinario sono stati colpiti dalle inondazioni e che ne risentirono il maggior danno, sono i primi che si adoperano per apportare rimedi; privati, comuni, consorzii, tutti si danno la mano e si aiutano, perchè tutti sanno che l'opera loro giova all'interesse generale.

Ma che sono questi rimedi localizzati contro la violenza delle piene a venire? La loro stessa natura prova di quanta ristretta efficacia essi sono; infatti, questi provvedimenti si limitano a rimettere a coltura i terreni danneggiati; ad elevare qualche argine là dove le acque hanno tracciato; a riparare quelli deboli, a ristabilire le comunicazioni interrotte; ma le cause del male si lasciano sussistere, nessuno osa pensare che bisognerebbe andare alla radice, o per meglio dire, lo pensano tutti, anzi ne sono convinti, ma i mezzi difettano; e qui appunto è il caso dove deve intervenire lo Stato; poichè provvedimenti di questa natura, solo uno Stato li può e li deve intraprendere, chè i vantaggi che ne derivano sono di interesse nazionale.

Noi siamo persuasi che lo Stato, qualora si mettesse in questa via, troverebbe un efficace concorso anche nei proprietari frontisti, poichè tutti hanno interesse ad una buona sistemazione dei corsi d'acqua, anzi questi sono i primi interessati, e siccome i vantaggi che ne trarrebbero sono materiali e considerevoli, così tutti sarebbero pronti a fare dei sacrifici, a concorrere nella spesa, purchè fossero ben guidati, e lo Stato si facesse appunto centro di questa azione.

Ora, se si pensasse invece di fare in modo che tutti i lavori da eseguirsi, o per lo meno gran parte dei medesimi, oltre al beneficio di allontanare i pericoli di inondazioni, andassero a vantaggio pubblico, servissero cioè ad utilizzare le acque, quanto più facile allora riuscirebbe l'attuazione dei progetti proposti e l'esecuzione dei lavori relativi; e ciò anche perchè in tal modo al capitale impiegato ne verrebbe qualche frutto, e quindi le dette opere, che ora si invocano dall'Autorità governativa, potrebbero eseguirsi per iniziativa privata e con capitali di privati.

Si vede quindi che la questione dell'utilizzazione delle acque ha un'importanza capitale e interessa lo Stato e i suoi abitanti, poichè può considerarsi come uno dei fattori primari dell'economia nazionale; essa sola potrebbe condurre ad una razionale sistemazione dei nostri corsi d'acqua, fornire tesori immensi all'agricoltura ed all'industria, e nell'istesso tempo offrire lavoro alle principali classi operaie e modo di impiegare vantaggiosamente i capitali nazionali; essa è dunque una questione degna di essere studiata, e noi godiamo di vedere che il Ministero d'Agricoltura, Industria e Commercio vi si applichi con tanta attività.

III.

Mezzi proposti per l'utilizzazione dei corsi d'acqua. Grandi serbatoi.

Dagli studi intrapresi dal Ministero per l'utilizzazione delle acque nel regno, già vedemmo che i metodi principali consistono nelle derivazioni e nell'esecuzione di grandi serbatoi.

Per le derivazioni è necessario di avere un corso d'acqua di portata regolare e costante dentro certi limiti; quindi potranno eseguirsi su larga scala là dove i fiumi sono sistemati: ma non tutti si trovano in queste condizioni, anzi pochissimi; la maggior parte dei nostri corsi d'acqua, specialmente nell'Italia meridionale, sono soggetti a variazioni grandissime, le quali possono compromettere l'esistenza dei canali derivatori nelle epoche di magra per mancanza di acqua, obbligando così le industrie che ne usano a sospendere i propri lavori e lasciando i terreni privi d'acqua ed esposti alla siccità nella stagione in cui avrebbero maggiormente bisogno dell'irrigazione. Nelle epoche di piena invece, difficilmente le opere destinate sono sufficienti a divertire l'eccedenza di acqua o non funzionano o non sono tali da resistere alla violenza delle medesime, e allora si hanno straripamenti, di conseguenze dannose imprevedibili.

Da queste circostanze nasce spontanea l'idea che le acque sovrabbondanti potrebbero benissimo servire, se si avessero nelle epoche in cui le ordinarie fanno difetto: quindi è naturale il desiderio di trovare modo per raccogliere e tenerle in serbo per quest'uso. Ed ecco il sistema dei serbatoi, il quale può riuscire di utilità speciale nei corsi d'acqua torrentizii, come sono per la massima parte quelli dell'Italia meridionale.

Abbiamo accennato alla genesi di questo sistema, che ora è ritornato di moda, perchè da essa risulta chiaramente lo scopo e l'utilità del medesimo; i grandi serbatoi trattengono le acque sovrabbondanti, o meglio, quelle che corrono nei fiumi e torrenti in epoche dove esse abbondano, e le conservano, per poi lasciarle defluire quando la siccità è venuta, e mantenere così una portata più o meno costante al corso d'acqua; agiscono quindi da veri compensatori; ma non bisogna esagerarne i vantaggi, non deve chiedersi loro ciò che non possono dare, di sopprimere cioè le inondazioni. A ciò non possono bastare, anzi non debbono servire.

Abbiamo già esposto (1) come uno dei fattori principali

(1) Coincidenza delle piene in parecchi affluenti di un corso d'acqua principale. — *Ingegneria Civile*, 1884, pag. 82 e seg.

delle inondazioni, sia la coincidenza delle piene in parecchi affluenti di un corso di acqua, coincidenza che il sistema dei serbatoi non può evitare, e che perciò sussisterà sempre con grave pericolo di inondazioni future.

Abbiamo pure largamente (1) dimostrato come il sistema dei grandi bacini non sia atto a scemare la portata delle piene fluviali, e perciò non crediamo opportuno di ripetere qui le stesse considerazioni; solo richiamiamo l'attenzione del benevolo lettore sul nostro lavoro, perchè non si abbia ad attribuirci qui, ciò che combattemmo altrove, e sia detto una volta per sempre che le inondazioni, secondo noi, non si possono evitare se non col sistemare, regolarizzare ed arginare i fiumi; mentre i grandi serbatoi possono solo contribuire in certi casi speciali a questo beneficio, e sempre serviranno ad immagazzinare acqua ed a costituire così nuove fonti di ricchezza nazionale.

Infatti i principali vantaggi che da essi possono derivare sono diversi e svariati; noi li abbiamo esposti nel nostro lavoro: *Sui muri di sostegno e sulle traverse d'acqua*, per cui non faremo che riassumerli qui brevemente:

1) Essi contribuiscono a stabilire un certo equilibrio fra le magre e le piene dei corsi d'acqua di una località ed aumentano per così dire la quantità d'acqua disponibile, col meglio ripartire quella che realmente cade, trattenendo in certe epoche ciò che è di troppo, e riserbandola per quei tempi in cui difetta. — Questo principalissimo fra gli scopi dei serbatoi viene a corroborare quanto esponemmo più sopra sulla loro poca utilità per scemare le inondazioni, poichè l'uno esclude l'altra; infatti per l'agricoltura, l'industria, ecc., occorre avere serbatoi pieni, le cui acque si possano utilizzare, mentre per riparare alle inondazioni abbisognano serbatoi vuoti, che immagazzinino l'acqua al sopraggiungere delle piene;

2) I serbatoi permettono di alimentare in modo continuo per tutto l'anno gli opifici che derivano l'acqua dai fiumi o torrenti su cui essi si trovano; aumentano con ciò la produzione di lavoro di questi fiumi e torrenti, e rendono inoltre possibile di fare servire lo stesso lavoro, mediante canali artificiali, anche ad opifici situati in località, ai quali per la loro posizione altimetrica sarebbe impossibile di guidarvi l'acqua altrimenti. In tal modo si sono costruiti già dei serbatoi al solo scopo di creare una fonte di forza, per molteplici usi industriali, e negli ultimi anni anche per l'illuminazione elettrica di varie città;

3) In Francia principalmente si crearono diversi serbatoi, ed altri sono in costruzione, al solo scopo di alimentare i canali di navigazione, che in certe epoche per le magre, non potrebbero altrimenti mantenersi navigabili;

4) Le acque trattenute dai serbatoi possono servire, in epoche opportune, per l'irrigazione di terreni che non avrebbero in altro modo l'acqua sufficiente, ed anche per altri terreni nei quali, per la loro altitudine, riuscirebbe impossibile di irrigarli. A questo scopo furono costruiti buona parte dei serbatoi di Spagna e di Algeria, e quasi tutti quelli dell'India e della China, dove essi sono numerosissimi;

5) I serbatoi possono servire in modo speciale per l'alimentazione idraulica di intiere città, e ne abbiamo esempi grandiosi in America, in Inghilterra ed anche in Francia, e da noi in Sardegna e a Genova;

6) Finalmente i serbatoi possono in certe località contribuire a migliorare le condizioni igieniche, là dove esistono opifici che introducono residui nocivi nell'alveo di un corso d'acqua, le cui magre sono insufficienti ad asportare; quindi le acque accumulate nel bacino possono servire a lavare l'alveo, allontanando i residui suddetti.

(1) Dei grandi serbatoi proposti come provvedimento per scemare la portata delle piene fluviali. — 1885, pag. 161 e seg.

*

Senza parlare dei serbatoi della China, dell'India e dell'America, ci basti ricordare che bacini grandiosi funzionano nell'Algeria, nella Spagna e nella Francia con molta efficacia. Nell'Algeria non contribuiscono solamente alla prosperità delle condizioni agricole, ma liberarono il paese di quelle febbri e di quei miasmi che le popolazioni ricordano tuttora con orrore; resero dappertutto salubri le località dove furono costruiti; fecero nascere villaggi a cui procurarono possibilità di vita e industria, e cambiarono in fertili contrade estensioni immense di sterili sabbie.

I serbatoi esistenti sono numerosi, ma i principali, comunemente descritti, sono in numero di 8 e di essi 3 furono costruiti e funzionano esclusivamente in servizio dell'agricoltura; degli altri, 3 servono all'agricoltura ma contemporaneamente alimentano d'acqua gli abitati vicini, ed uno solo, quello di Muley Magoun è destinato essenzialmente all'alimentazione idraulica del borgo di Arzew.

*

La Spagna è il paese d'Europa che si può chiamare la patria dei serbatoi; quivi si trovano i laghi artificiali più antichi che funzionano da secoli; quivi essi hanno raggiunto il massimo sviluppo e ottennero i migliori risultati; quivi si è saputo trarre profitto di ogni fiume, di ogni torrente, di ogni rivolo, sicchè il numero dei serbatoi esistenti è grandissimo e innumerevole quello dei serbatoi che si stanno costruendo o studiando.

La maggior parte di essi, anzi quasi tutti, sono destinati alle irrigazioni, e se volessimo semplicemente far parola di ciascuno enunciando le condizioni in cui si trova, avremmo materia per un grosso volume; ma il nostro scopo si limita ad accennare il fatto, constatando l'utilità che nederivò a quella nazione; perchè si possano meglio apprezzare gli sforzi e gli studi che il nostro Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio sta facendo in questa via.

Dei 24 serbatoi o laghi artificiali più comunemente noti, 21 sono esclusivamente destinati a vantaggio dell'agricoltura, degli altri tre, uno doveva servire all'alimentazione di Madrid, ed è quello costruito sul Guadarrama la cui traversa avrebbe dovuto essere la più alta (m. 93,33) del mondo, ma che giunta all'altezza di m. 57,12 rovinò e fu in appresso abbandonata. Gli altri due servono ad accrescere la portata dei canali che alimentano la capitale della Spagna.

*

Nella Francia troviamo pure splendidi esempi di laghi artificiali, e benchè la loro antichità non risalga tanto addietro quanto quella dei serbatoi spagnuoli, tuttavia dobbiamo riconoscere in essi, uno studio più accurato delle condizioni in cui si trovano, e specialmente di quelle statiche della traversa di sbarramento. Quivi però lo scopo dei serbatoi è diverso da quello che li fece sorgere in Algeria e in Ispagna, il che è di sommo ammaestramento per noi, mostrandoci la svariatazza degli usi a cui si possono destinare i serbatoi, e la parte importante che hanno nella questione dell'utilizzazione delle acque.

Infatti (1) dei 20 serbatoi principali esistenti in Francia 9

(1) Molti altri serbatoi sono allo studio o in progetto, uno di essi che sta per ultimarsi, è quello che deve alimentare un canale di congiunzione fra il bacino carbonifero di Ronchamp (Haute-Saône a 11 chilometri da Lure sulla linea ferroviaria da Parigi a Mühlhausen) e il canale dal Reno al Rodano, abbassando in tale modo considerevolmente i prezzi di trasporto del carbone. Il serbatoio ha una traversa muraria lunga m. 800 ed alta nel punto di massima profondità m. 32,85. Lo spessore massimo è di m. 27 alla base, di m. 31,70 in fondazione e di m. 5 al ciglio, il cubo della muratura m. 175000. In pianta si dispone secondo due curve, la prima delle quali ha un raggio di m. 300, la seconda di m. 500. Il bacino ha una capacità di 13 milioni di mc., ed il suo specchio occupa una superficie di mq. 1060400 con una lunghezza di m. 1600 ed una larghezza media di m. 700. I vantaggi che si ot-

servono all'esclusiva alimentazione idraulica di abitati, 11 invece all'alimentazione di canali navigabili, rendendo così possibile la navigazione in epoche, nelle quali primitivamente, per le magre, essa non poteva avere luogo.

Curioso poi è il fatto che due soli di essi servono anche per preservare dalle inondazioni le città vicine, ossia il serbatoio sul Furens e quello di Ternay, ma non già nel modo come si vorrebbe dai partigiani del sistema dei grandi bacini per scemare la portata delle piene, sibbene col ritenere semplicemente una certa quantità di acqua in date circostanze, che diversamente andrebbe a riversarsi sulla città sottocorrente. Si tratta qui di un unico torrente, e a tal uopo una parte del serbatoio, la superiore, nel Furens per es., per un'altezza di m. 5,50 (cui corrisponde un volume d'acqua di 400000 mc.) viene lasciata costantemente vuota per ricevervi appunto l'acqua di piena che potrebbe nuocere a St-Etienne. Ora, dalle cifre citate, scorgesi subito quanto poco valore possa avere quest'esempio pei partigiani suddetti, chè 400000 mc. sono un nonnulla.

Egli è questo un caso speciale il quale si presenta pure in Italia e ne abbiamo fatto cenno nell'articolo precedente (1); è il serbatoio sul Calopinace che salverebbe la città di Reggio di Calabria dai danni a cui è esposta per effetto delle piene del torrente. Abbiamo qualificato *curiosa* questa circostanza, appunto per fare rimarcare che i soli esempi di serbatoi costruiti a difesa dalle inondazioni (escludiamo le dighe di Pinay e di La Roche, per le ragioni da noi già esposte (2)) sono quelli del Furens e di Ternay, ma che essi pure non servono esclusivamente a questo scopo, sibbene per l'industria e l'alimentazione di luoghi abitati.

Abbiamo già accennato che in Francia, dove fortuitamente nell'occasione delle inondazioni del 1846 le dighe di Pinay e di La Roche ritennero tant'acqua da salvare la città di Roanne da una rovina quasi sicura, s'intrapresero su larga scala gli studi opportuni con tutti i mezzi di cui poteva disporre l'Impero allo scopo di far servire questi immensi laghi artificiali a scemare la portata delle piene fluviali; ma il risultato fu che i serbatoi non sarebbero sufficienti ad allontanare i pericoli delle inondazioni.

In seguito a un risultato di questo genere ottenuto dopo studi intrapresi da tutto un corpo d'ingegneri valentissimi non si dovrebbe tentare altra prova; giustamente quindi ci meravigliamo di vedere ora suggerito in Germania questo sistema, che per un istante (1885) si pensò di attuare anche in Italia, ma che subito, fatti accorti del lato debole del medesimo, veniva abbandonato.

*

Ad onta del risultato negativo fornito in Francia da questi studi, anche nel Württemberg si volle ritentare la prova e per ordine governativo s'intrapresero studi per esaminare la possibilità di attuare il sistema dei serbatoi nella regione di Steinlach, che sopra ogni altra sembrava offrire condizioni favorevoli a scemare l'altezza delle piene mediante la costruzione di alcuni laghi artificiali. Il risultato di tali studi fu pubblicato nel 1883 (3) e può riassumersi in ciò, che le spese per la attuazione del progetto sono incomparabilmente superiori ai vantaggi sperati. Inoltre dall'esposizione dei risultati non appare che i serbatoi avrebbero liberata la regione in modo sicuro da future inondazioni.

(Continua).

G. CRUGNOLA.

terranno da questo lago artificiale, permetteranno di ridurre a L. 2,50 per tonnellata le spese di trasporto del carbone fra Ronchamp e Mühlhausen che ora sono di L. 6,75; per cui annualmente si farà un'economia di L. 800000.

(1) Vol. xiv, *Ingegneria Civile*, pag. 186.

(2) Vol. xi, *Ingegneria Civile*, pag. 163.

(3) V. *Centralblatt der Bauverwaltung*, pag. 186, 1883.

COSTRUZIONI IDRAULICHE

CONDOTTA D'ACQUA IN TUBI DI CEMENTO PER LA CITTÀ DI CUNEO.

I. — Introduzione.

L'importanza del cemento è cresciuta negli ultimi tempi in vista della attitudine sua speciale all'impiego nella costruzione dei grandi condotti di fognatura e di quelli minori per acque potabili, nei quali occorre inoltre una grande resistenza. L'economia, la celerità del lavoro, l'impermeabilità del calcestruzzo cementizio, la plasticità e la facilità di adattarsi a tutte le forme, fanno del cemento un materiale preziosissimo.

Tralasciando di parlare d'ogni altro impiego, merita un cenno speciale la costruzione di tubi per condotte d'acqua potabile ora, che essendosi dimostrato, che il mezzo diffusivo della più parte delle malattie endemiche e specialmente del cholera è l'acqua, Governo e Comuni portarono la loro attenzione sulle condotte d'acqua potabile, migliorandole, ove esistono, ed eccitandone la costruzione ove difettano.

In questa condizione di cose la scelta del materiale di costruzione non solo vuol essere fatta in riguardo alla resistenza alla pressione, alla durata ed al costo, ma eziandio in riguardo alla attitudine sua a conservare buona e fresca l'acqua, almeno nello stato di purezza, in cui trovasi al serbatoio d'origine, ed alla impermeabilità tanto riguardo agli umori esteriori quanto alle radici delle piante. Consideriamo particolarmente la questione delle condotte d'acqua sotto i tre riflessi sovraccennati. Il costo delle condotte d'acqua a parità di condizioni di luogo è funzione diretta del costo del materiale impiegato; nelle condotte d'acqua il materiale che può essere impiegato è la ghisa, il ferro, la lamiera rivestita di catrame, formante i tubi detti di Chameroy, il serpentino, la terra cotta e verniciata ed il cemento. Di questi materiali vanno subito scartati il serpentino per il suo costo, per il peso, ed anche per il cattivo sapore, che comunicherebbe all'acqua; la terra cotta ed il grès per la loro fragilità e limitata resistenza, per la difficoltà di evitare che i loro giunti non diano presa alle radici delle piante e via dicendo. Quanto al ferro si può bene applicare, ma il suo impiego stante la ruggine è meno indicato nei servizi ordinarii d'acqua potabile.

Volendo fare un confronto dal punto di vista della spesa secondochè impiegasi il ferro o la ghisa od il cemento, supponiamo abbiassi a costruire una condotta di diametro interno di m. 0,25 resistente alla pressione di 10 atmosfere.

In queste condizioni:

a) un metro lineare di tubo di ghisa peserebbe chilogrammi 77 e costerebbe in opera L. 31,00

b) un metro lineare di tubo Chameroy » 20,00

c) un metro lineare di tubo di cemento, con spessore di m. 0,20 cubando m³ 0,28 circa, costerebbe circa » 12,00

Deducesi di qui che per il diametro interno di 25 cent. il costo del tubo di ghisa è circa una volta e mezza quello del tubo Chameroy e quasi tre volte quello del tubo di cemento.

Confrontando poi questi materiali in riguardo alla durata osservo, che in genere essi si comportano assai diversamente. Antiche ed anzi secolari condotte di ghisa eseguite specialmente in Inghilterra e Scozia permettono di ritenere lunghissima la durata, tanto più se isolate in grandi gallerie o se sepolte dentro al suolo; giacchè internamente dopo sette od otto anni di uso si trovano rivestite di una incrostazione perfettamente liscia, che ne impedisce ogni ulteriore ossidazione, ed esternamente una volta bene verniciate a caldo a catrame resistono assai bene e lungamente all'azione corrosiva del terreno.

I tubi Chameroy, introdotti in pratica fin dall'anno 1838, non possono invece competere per durata nè con quelli di ghisa nè con quelli di cemento; perchè la loro costruzione ne rende poco adatto l'uso per condutture da collocarsi sotto terra, mentre meglio si confanno là, dove hannovi gallerie

praticabili, che permettano di esaminarne i giunti, di rintracciare le fughe eventuali e ripararle.

I tubi di cemento sono assolutamente preferibili quanto a durata, essendovi esempi di condutture che possono lasciar presumere con certezza della loro età oltre millenaria. Tutte le grandiose opere idrauliche fatte dai Romani con pozzolana o cemento naturale stanno là da secoli a far fede della durezza lapidea, che assumono i calcestruzzi a base cementizia; e d'altronde le tante e grandiose opere costrutte di recente in tutte le parti del mondo ed i buoni risultati degli esperimenti all'uopo istituiti, non lasciano dubbio in proposito.

Le condutture in cemento hanno poi sovra quelle costrutte con tubi di serpentino, di grès, di ferro, di ghisa e simili il vantaggio di conservare meglio la freschezza dell'acqua, e di contribuire alla sua bontà. Ognuno sa che le acque purissime non sono le migliori fra le potabili, mentre si ammette come indispensabile per l'uso domestico, che l'acqua contenga sciolti dei calcarini sino alla proporzione di almeno un grammo sopra ventimila, giudicandosi ancora potabile un'acqua quand'anco abbia da 10 a 12 gradi idrotimetrici o di durezza, quando questa dipenda dai carbonati. (Vedi Fazio, *Trattato d'igiene*, 1886, pag. 379).

Non tutte le città, nè tutti i villaggi, hanno l'inestimabile beneficio di trovare nelle loro vicinanze buone sorgenti di acqua, cui invece sono costretti a cercare assai lontano nelle pendici dei monti, fra i valloni che li intersecano.

Di qui la necessità di lunghe condutture con acquedotti, sottopassaggi e simili; e la necessità di costruire tubazioni forzate, che con minore diametro e spesa diano grandi portate e permettano con poco costo l'attraversamento dei corsi d'acqua, dei canali, delle vie ordinarie e ferrate senza richiedere dispendiose opere speciali. Inoltre è portato della moderna civiltà l'introduzione dell'acqua potabile a tutti i piani delle case per uso domestico. La famiglia realizza economie mentre l'igiene aumenta dappertutto, dove l'acqua s'introduce, nemica d'ogni bruttura ed infezione. Ma perchè l'acqua possa salire a tutti i piani delle case d'una città o borgata qualsiasi, occorre che abbia la pressione necessaria.

Sotto questo punto di vista il materiale più conveniente è senza dubbio la ghisa ed il piombo, quella, per le condotte principali e secondarie, sottoposte a pressioni continue, superiori ai venti metri ed ai colpi di ariete, recanti l'acqua sino a piedi delle case, questo per la conduttura piccola delle singole erogazioni sia per uso pubblico, sia per il privato.

II. — Esperimenti preliminari di resistenza dei tubi di cemento alle grandi pressioni.

Nell'anno 1884 ebbi a studiare per conto del Municipio di Cuneo il progetto di un tronco di conduttura d'acqua potabile di lunghezza metri 1804,49 con un dislivello totale di metri 23 da costruirsi in una galleria già esistente e per essere unita ad altro tronco di condotta dell'acqua potabile, onde questa città è fornita. Il quale lavoro aveva lo scopo di aumentare la pressione in quest'ultima, essendochè per lo estendersi dell'abitato nella parte superiore, la condotta come era, non poteva più servire alla distribuzione nei vari piani delle nuove case. Sebbene la condotta fosse di tubi Chameroy, pure pensai che era il caso di preferire dal lato economico l'adozione del cemento per il tratto a monte. A ciò spingevami, oltrechè l'esempio di condotte a pressione eseguite con esito felice in Francia e specialmente nella città di Nizza, eziandio il buon risultato di condotte in cemento, a dir vero di piccolo diametro, ma con pressione sino a 10 metri, da me eseguite parzialmente qua e là e tuttora in istato di ottimo funzionamento. A tal uopo iniziai una serie di esperimenti sopra tubi di diametro interno da 15 a 20 centimetri e di spessore da 5 a 6 centimetri, che trovai già gettati tanto con cemento di Grenoble, quanto con cemento di Casale. E poichè, provati allo stesso modo come si provano quelli di ghisa, chiudendone l'estremità fra due cuscini di legno rivestiti di cuoio con interposta rotella di caoutchouc, diedero buoni risultati, così presi a far esperimenti su tubi fatti gettare espressamente sotto i miei occhi colle dovute cautele e con proporzioni di materiali da me prefissate.

I pratici francesi hanno assunto per determinare lo spessore di condotte forzate in cemento la formola seguente:

$$E = mdh$$

in cui E rappresenta lo spessore in metri; d il diametro interno; h la pressione in colonna d'acqua; m un coefficiente numerico = $\frac{1}{30}$.

I dati del progetto, di cui io stava occupandomi, assegnavano alla condotta il diametro interno di metri 0,25 ed una pressione o battente di metri 23; cosicchè secondo l'anzidetta formola lo spessore della condotta a farsi con cemento di Grenoble doveva essere:

$$E = \frac{0,25 \times 23}{30} = 0,191.$$

Le prove fatte avendomi edotto, che tale spessore si poteva diminuire anche adottando cementi nostrali, feci gittare due pezzi di tubi di lunghezza metri uno e di spessore rispettivamente di centimetri 15 e 12 con cemento Portland di Casale e ghiaietta e sabbia del torrente Gesso. La loro composizione risulta dalle seguenti *analisi del loro costo*:

1° Tubo di spessore 0,15 (diametro 0,25).

a) *Materiali.*

Cemento chilogrammi 100 a L. 0,08	L. 8,00
Ghiaietta silicea m ³ 0,10 a L. 5,00	» 0,50
Sabbia idem m ³ 0,068 a L. 3,00	» 0,204

b) *Mano d'opera.*

Giornate da mastro 0,35 a L. 4,00	L. 1,400
» da manovale 0,35 a L. 2,00	» 0,700
» da garzone 0,35 a L. 1,20	» 0,420
Opere provvisionali 1 20	» 0,561
Provvigione 1 10	» 1,178

Totale per metro lineare L. 12,963

2° Tubo di spessore 0,12 (diametro 0,25).

a) *Materiali.*

Cemento chilogrammi 87,60 a L. 0,08	L. 7,008
Ghiaietta m ³ 0,093 a L. 5,00	» 0,465
Sabbia m ³ 0,063 a L. 3,00	» 0,189

b) *Mano d'opera.*

Giornate da mastro 0,30 a L. 4,00	L. 1,200
» da manovale 0,30 a L. 2,00	» 0,600
» da garzone 0,30 a L. 1,20	» 0,360
Opere provvisionali 1 20	» 0,491
Provvigione 1 10	» 1,031

Totale per metro lineare L. 11,344

Dopo aver conservato per un mese e mezzo questi tubi sepolti in sabbia continuamente bagnata, li feci sottoporre a prova, ed essi diedero al manometro il seguente risultato:

1° il tubo di spessore centimetri 12 resistette sino ad una pressione di 11 atmosfere, oltre la quale scoppiò filando acqua da una fessura longitudinale;

2° il tubo di spessore 0,15 resistette ad una pressione di oltre 20 atmosfere e non si potè far scoppiare per tema di guasto nel manometro, che finiva a 22 atmosfere.

Gli esperimenti seguirono alla presenza dei signori: Ing. Comm. Delfino, ora Ispettore di Circolo al Ministero dei LL. PP., Ing. Cav. Lodi Giovanni, colonnello del Genio Militare, Cav. Ing. Soleri, Ingegnere-Capo della Provincia di Cuneo, ed Ing. Pirinoli Attilio, noto industriale. I manometri impiegati erano due, entrambi della fabbrica Schäffer e Budembergh di Buckau, l'uno calibrato a metri d'acqua, l'altro ad atmosfere.

Cotale splendido risultato avendomi dimostrato, che lo spessore del tubo potevasi ancora diminuire, tanto più che l'indurimento non essendo ancora compiuto poteva ritenersi che la resistenza aumentasse ancora notevolmente, preparai un terzo pezzo di tubo delle stesse dimensioni, ma di spessore 0,08, colla composizione risultante dalla seguente analisi:

Tubo di spessore 0,08 (diametro 0,25).

a) *Materiali.*

Cemento Portland chilogrammi 41,30 a L. 0,08	L. 3,304
Ghiaietta m ³ 0,052 a L. 5,00	» 0,260
Sabbia m ³ 0,038 a L. 3,00	» 0,114

b) *Mano d'opera.*

Giornate da mastro 0,25 a L. 4,00	» 1,00
» da manovale 0,25 a L. 2,00	» 0,50
» da garzone 0,25 a L. 1,20	» 0,40
Opere provvisionali 1 20	» 0,278
Provvigione 1 10	» 0,584

Totale per metro lineare L. 6,44

Quest'ultimo tubo, dopo di essere stato mantenuto per due mesi nella sabbia bagnata, ha dato prova di resistere sino a 60 metri d'acqua. In seguito a questo risultato adottai definitivamente lo spessore di centimetri otto per la condotta a costruirsi anche perchè la condotta dovendo essere collocata in galleria sopra fondazioni antiche e non più suscettibili di cedimento ed in un ambiente sempre umido a temperatura pressochè costante, tanto in estate che in inverno, si trovava in condizioni ottime per un regolare e completo indurimento.

Determinazione del coefficiente di rottura. — Mediante i dati ottenuti coi precedenti esperimenti, si può determinare il coefficiente di rottura del tubo sotto l'azione dell'interna pressione. Difatti trascurando la pressione atmosferica ed applicando la formola:

$$s = \frac{p d}{2 n R} = \frac{10330 A d}{2 n R}$$

nella quale:

s = spessore del tubo = 0,12

A = pressione interna in atmosfere = 11

D = diametro interno = 0^m,25

n = coefficiente di stabilità ed R = coefficiente di resistenza alla rottura per trazione del calcestruzzo cementizio formante il tubo, si ottiene per ogni m²:

$$n R = \frac{11 \times 10330 \times 0,25}{2 \times 0,12} = 118364$$

ossiano per ogni cent. quadrato di sezione $\text{chg. } 11,8364$.

Ciò viene a dire che il tubo sperimentato venne rotto sotto uno sforzo di chilog. 11,83 per cent. quadrato e siccome il periodo di indurimento era di soli 45 giorni ed è riconosciuto, che l'indurimento dei materiali cementizii non può ritenersi compiuto se non dopo un anno dalla loro preparazione, così è indubitato, che tale resistenza risulterà aumentata ancora notevolmente quando l'indurimento sia completo.

III. — Particolari di costruzione della condotta.

I particolari principali sia della nuova condotta, sia dei mezzi di esecuzione, sono rappresentati dalle figure 85-92. La sua lunghezza, come già si disse, è risultata di metri 1804,495, ed il dislivello fra l'imbocco superiore, ed il punto d'allacciamento colla condotta in tubi di Chameroy, di metri 23,71. La galleria sul fondo della quale doveva costruirsi la condotta di cemento (fig. 85), aveva m. 0,70 di larghezza e metri 1,80 di altezza, compresa la monta della volta, ed esisteva sul fondo una cunetta di centimetri 25 di larghezza con un'altezza di cent. 20 per lo scolo dell'acqua potabile che secondo il modo fino allora praticato, andava con libero deflusso ad immergersi nella condotta metallica. Di qui vedesi come fossero per ristrettezza di spazio alquanto difficili le condizioni di esecuzione dei lavori; tanto più che non essendovi altra condotta dovevasi, durante l'esecuzione, lasciar defluire continuamente l'acqua nel canaletto sino all'imbocco dei tubi Chameroy, onde non interrompere il servizio d'acqua potabile della città. Ed anche dopo costrutta la nuova condotta sul canaletto stesso, volevasi che questo rimanesse sgombro per servire eventualmente a condurre nuova acqua alla città pei bisogni secondari di inaffiamento delle vie, lavatura di condotti di fogna, lavatoi pubblici, ecc.

Un'altra circostanza vuole ancora essere notata; che la

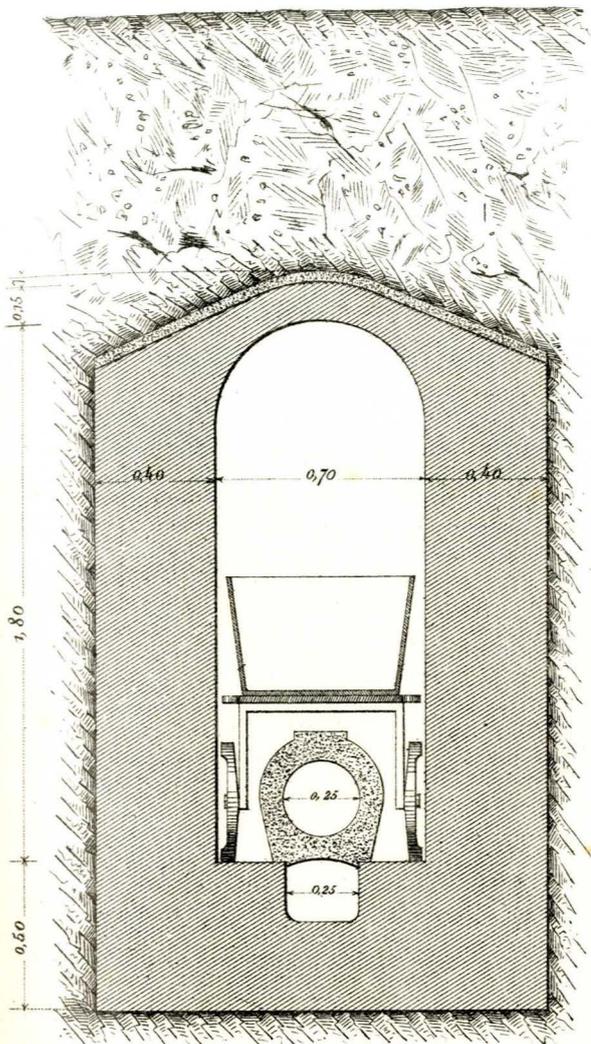


Fig. 85. — Sezione della galleria, e del tubo finito. Carretto di trasporto. — Scala di 1 a 25.

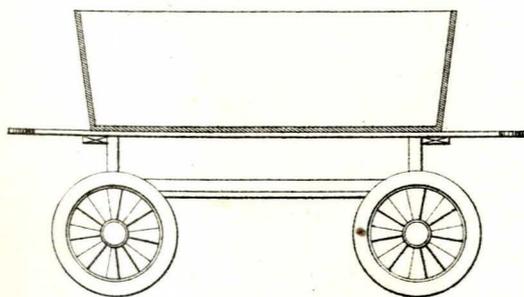


Fig. 86. — Particolare del carretto. — Scala di 1 a 25.

galleria era divisa in cinque tratti da quattro vaschette quadre di metri 1,50 di lato destinate a deposito della sabbia, munite di condotto di scarico e formate in guisa, che il fondo della cunetta o condotto del tratto di galleria inferiore era di 20 cent. più basso del fondo di quella inferiore.

*

Stante la specialità del lavoro essendosi ottenuto dalla Superiore Autorità, che l'esecuzione si facesse ad economia sotto la mia direzione, ho potuto fare scelta di personale, di mezzi d'opera e di materiali a mio giudizio il più adatta, ed ecco quali furono le disposizioni prese.

Per l'ottimo risultato ottenuto negli esperimenti, adottai senz'altro come cemento quello Portland naturale della Società Anonima di Casale, raccomandandomi alla medesima,

perchè le spedizioni mi si facessero con regolarità e che il materiale fosse costantemente della medesima cava; di che non ebbi in seguito che a compiacermi.

Diedi quindi le istruzioni per la estrazione dal torrente Gesso di buona sabbia silicea ben purgata e di ghiaietta ben lavata, fina e di omogenea grossezza non superiore ad una nocciuola ordinaria.

Dopodichè feci preparare le forme od anime interne, che fatte dapprincipio in legno sostituii ben tosto con altre in ferro del modello rappresentato nelle figure 89 e 90, molto usato in Francia; mediante viti ed alette esistenti sull'asse esso può allargarsi e restringersi in guisa da essere estratto dal getto, una volta compiuto ed indurito, senza pericolo di guasto; esternamente poi due robusti pezzi di legno larice (fig. 87) completavano la forma, tenuti a posto da traverse nel mezzo e piccole saette e cunei lateralmente appoggiate al muro e nella estremità da una tastiera pure di legno larice (fig. 88), portante in rilievo la sagoma dell'unione a maschio e femmina fra tubo e tubo; di guisa che la testa di ogni tubo già fatto serviva di forma al nuovo tubo da gettarsi.

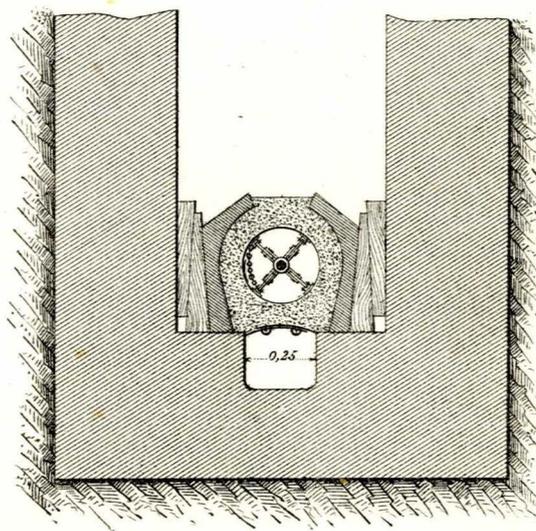


Fig. 87. — Sezione della galleria con particolare dell'armatura. Scala di 1 a 25.

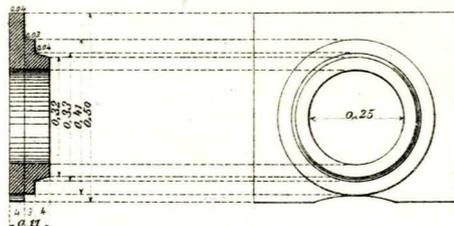


Fig. 88. — Particolare dell'armatura di testo. — Scala di 1 a 20.

Per sostegno inferiore a ricoprimento della cunetta adottai due lastre accavalcate l'una sull'altra, quali appaiono dalle figure 91 e 92; quella superiore portante quattro anelli, l'inferiore quattro feritoie, attraverso cui passando i primi, le due lastre si facevano solidali e formanti come un pezzo solo mediante le due asticine *xx* in ferro infilzate negli anelli *yy*. A getto compiuto ed indurito ritirando le due aste, le lastre cadevano pel loro peso, essendo solo appoggiate nei bordi del canaletto sottostante mediante le punte *zz* e si potevano ritirare con facilità senza danno del getto.

Tutte le parti in legno e ferro delle armature venivano ad ogni volta e prima del loro impiego diligentemente unte a petrolio. Essendo la galleria divisa, come sopra è detto, in cinque tratti da quattro vasche, preparai per l'attraversamento di queste dei pezzi speciali di tubi in buona lamiera di Savoia (fig. 93) di conveniente spessore, nei quali potei inserire anche i rubinetti occorrenti per il miglior funziona-

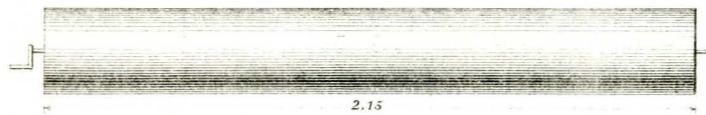


Fig. 89. — Anima interna. — Scaia di 1 a 25.

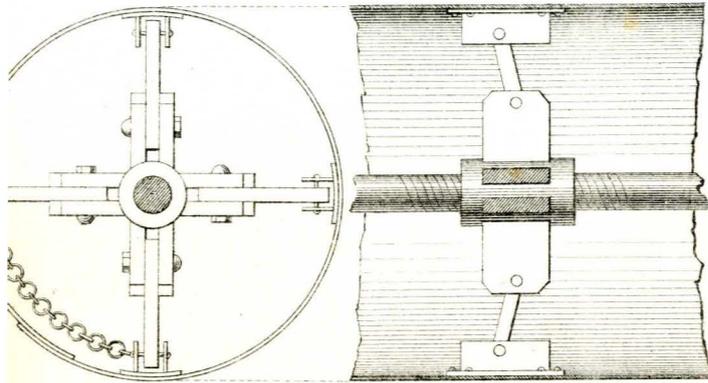


Fig. 90. — Particolare dell'anima interna e forma. Scaia di 1 a 5.

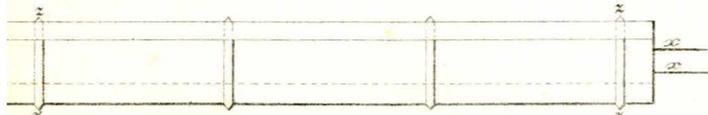


Fig. 91. — Supporto in lamiera di ferro. — Scaia di 1 a 25.

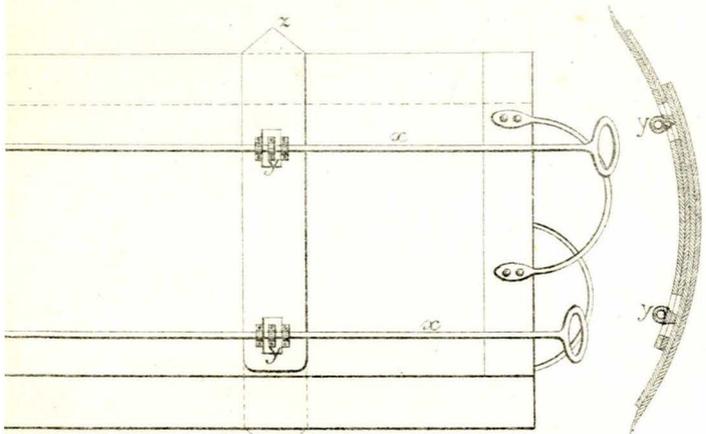


Fig. 92. — Particolare del supporto in lamiera di ferro. Scaia di 1 a 5.

mento della condotta e per la cacciata d'aria; e provvidi a rendere sollecito il lavoro ed indipendente dal maggiore o minore periodo di tempo occorrente all'indurimento del cemento moltiplicando i modelli e le forme ed intraprendendo il lavoro in tutti i cinque tratti contemporaneamente e nei tratti più lunghi anche nei due punti estremi e nel mezzo.

Al trasporto di materiali servivano carretti speciali, di cui il tipo è rappresentato nelle figure 85 e 86, muniti di ruote orizzontali nei fianchi, onde evitare qualsiasi arresto, e su cui stavano cassoni di forma e dimensioni adatte pel trasporto della ghiaia, della sabbia e del cemento.

La mescolanza infine dei vari materiali si faceva regolarmente sul sito ed all'innaffio serviva l'acqua stessa potabile del canaletto centrale.

Il lavoro intrapreso nel novembre 1884 terminava coll'agosto dell'anno successivo; dapprincipio le difficoltà affacciate parevano insormontabili; le une riguardavano la ristrettezza del sito, l'oscurità permanente ed i lunghi tratti

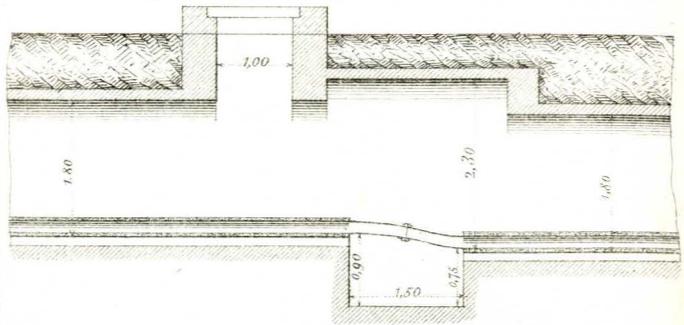


Fig. 93. — Sezione di una bottola, e congiungimento dei tubi. Scaia di 1 a 100.

da percorrere per i trasporti; e le altre l'adattamento delle forme, interne ed esterne, ed il ritardo nell'indurimento del miscuglio; ma in seguito avendo adottato le forme metalliche su descritte, intrapreso il lavoro in vari punti, come sovra è detto, gli operai pagati a dovere e favoriti anche da una temperatura costante più che non fosse quella esterna, si adattarono assai facilmente a tale lavoro comechè assai faticoso.

Ogni getto dava luogo ad un pezzo di tubo di lunghezza metri 2,00; ma per effettuare i congiungimenti dei vari tratti, feci preparare in cantiere una dozzina di pezzi speciali di tubi di m. 0,45 di lunghezza, e per mezzo di questi i congiungimenti si effettuavano con facilità riducendo l'ultimo tratto od anello di chiusura a pochi centimetri di lunghezza eseguito su luogo lestamente con anima e supporto perduti in lastre di ferro, ottenendo un giunto affatto impermeabile e perfettamente resistente.

Il tempo necessario all'indurimento dapprincipio correndo i rigidi mesi dell'inverno si mantenne sulle ore dodici; in seguito adoperando metà cemento Portland di 1ª qualità e metà di 2ª mescolati insieme e sempre cemento stagionato da due a tre mesi, il tempo necessario si ridusse a meno di sette ore, concorrendovi pure un maggior grado di calore.

Il costo complessivo dell'opera si deduce dallo specchio seguente:

1° Esperimenti, indennità di passaggi, occupazioni temporanee e simili	L. 304.70
2° Forme, modelli in legno e ferro ed oliatura	» 3,161.91
3° Cemento e trasporto	» 4,786.95
4° Sabbia e ghiaia	» 1,168.30
5° Mano d'opera	» 5,787.58
6° Affitto tavole e legname in genere per coperture ed armature diverse	» 315.70
7° Spese d'ufficio, assistenza	» 250.55

Ammontare totale L. 15,775.69

Ossia per ogni metro lineare L. 8.70.

L'opera venne intrapresa ed interamente compiuta da tre mastri e cinque manovali: dei mastri il principale e capo era il sig. Zuretti Cesare di Mesenzana presso Luino, attualmente appaltatore a Gap in Francia, alla cui opera intelligentissima, accurata, esperta e zelante ed a quella del fratello Francesco, assistente ordinario ai lavori municipali se ne deve in gran parte il buon successo e cui porgo qui giusto tributo di lode. Non devesi però tacere, che il coefficiente più efficace nel buon esito del lavoro è stata la buona qualità del cemento nostrano, di cui mi sono valso; e da questo e da altri lavori, in questi ultimi tempi eseguiti tanto in murature a blocchi artificiali, come in condutture per fognie, oggetti di ornamentazione architettonica e via dicendo, con cementi delle fornaci nostrane, si può dedurre con sicurezza che questi prodotti delle nostre industrie e specialmente il Portland naturale della Società Fabbrica di Calce e Cemento di Casale, tengono validamente il campo a petto dei migliori prodotti delle fabbriche estere.

Cuneo, luglio 1889.

Ing. C. PONZO.

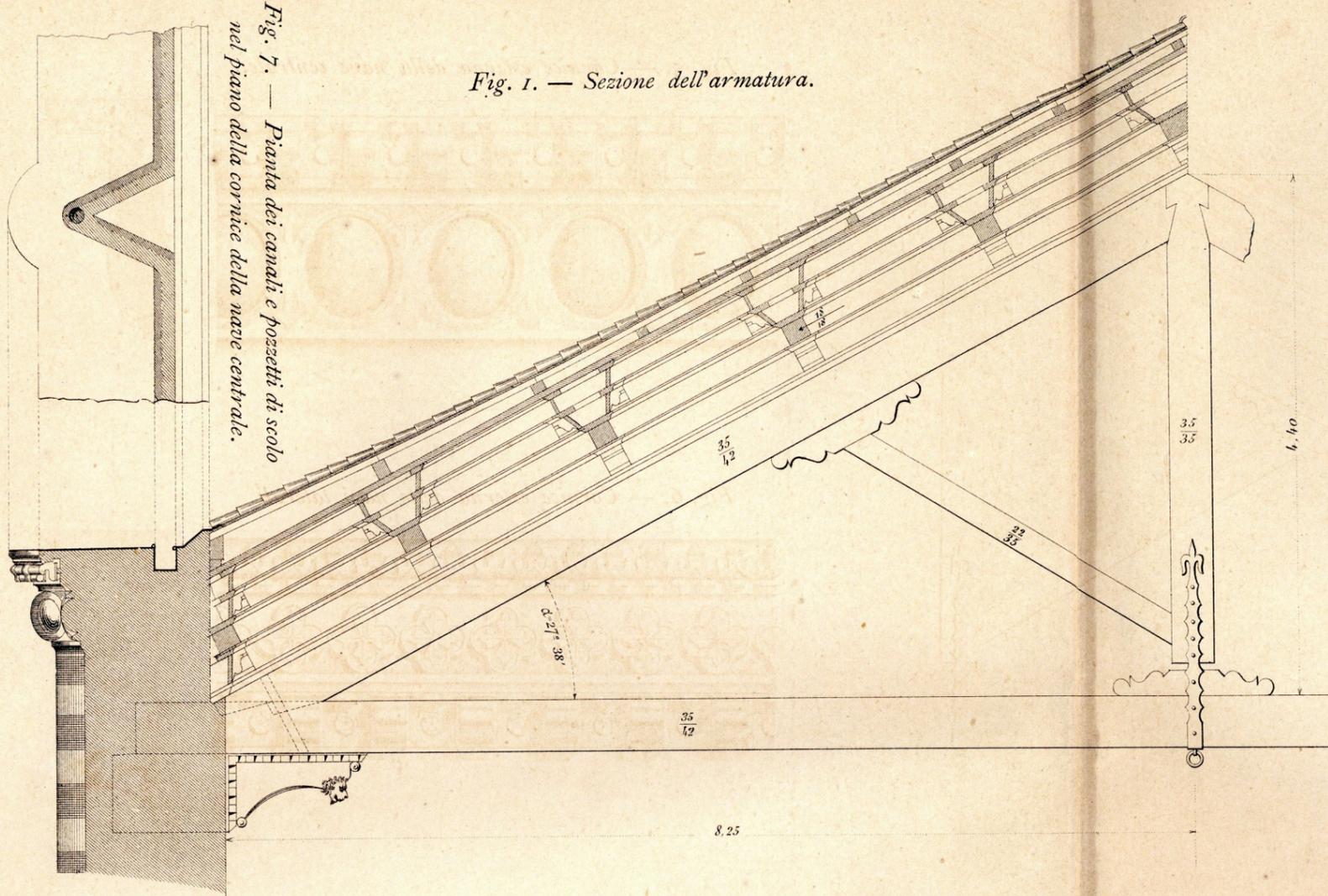


Fig. 1. — Sezione dell'armatura.

Fig. 7. — Pianta dei canali e pozzetti di scolo nel piano della cornice della nave centrale.

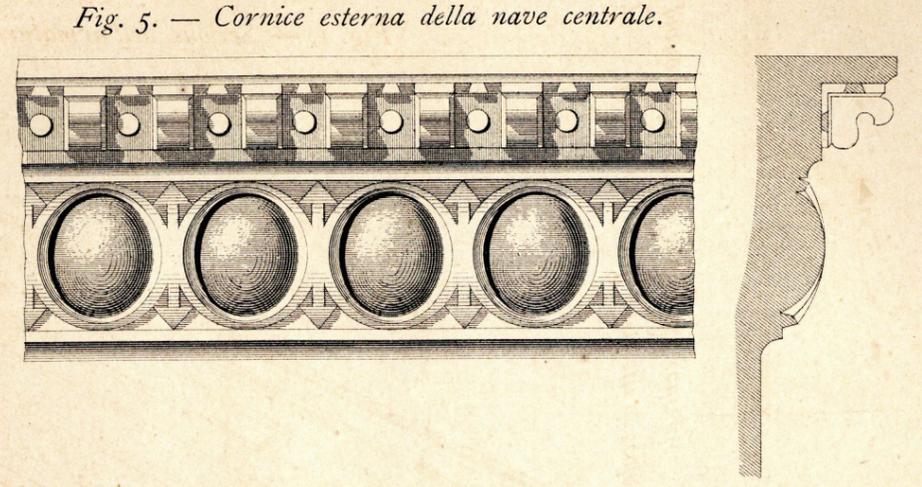
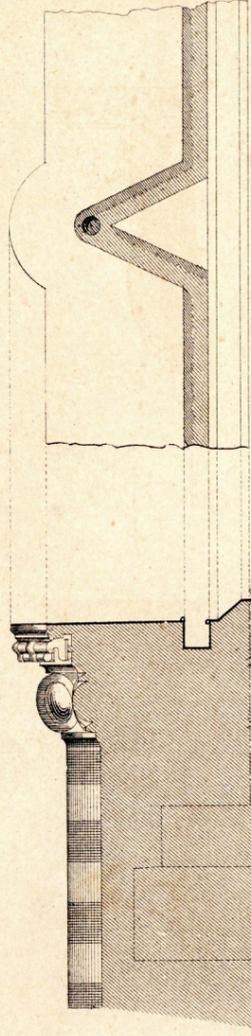


Fig. 5. — Cornice esterna della nave centrale.

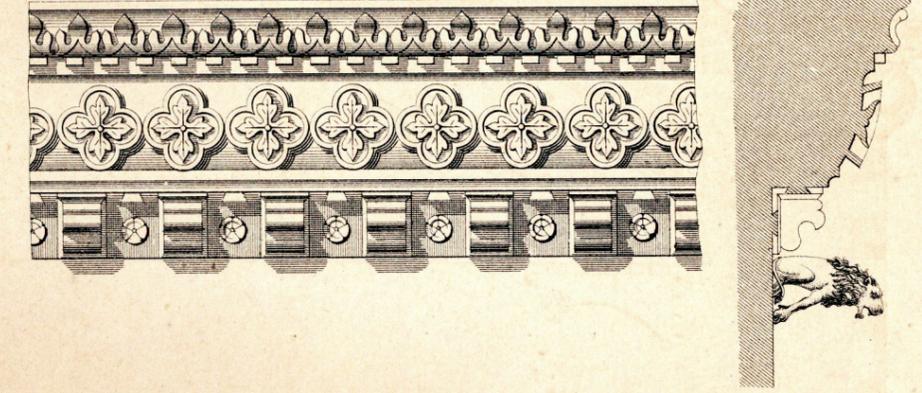


Fig. 2. — Proiezione orizzontale dell'armatura.

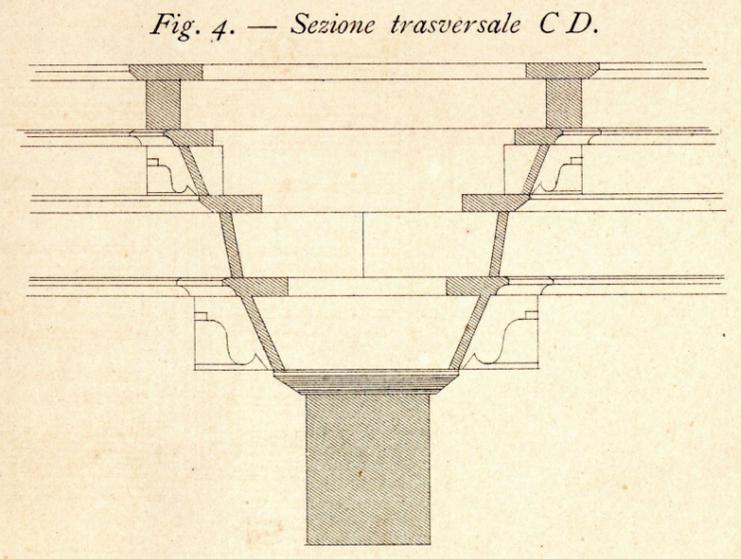
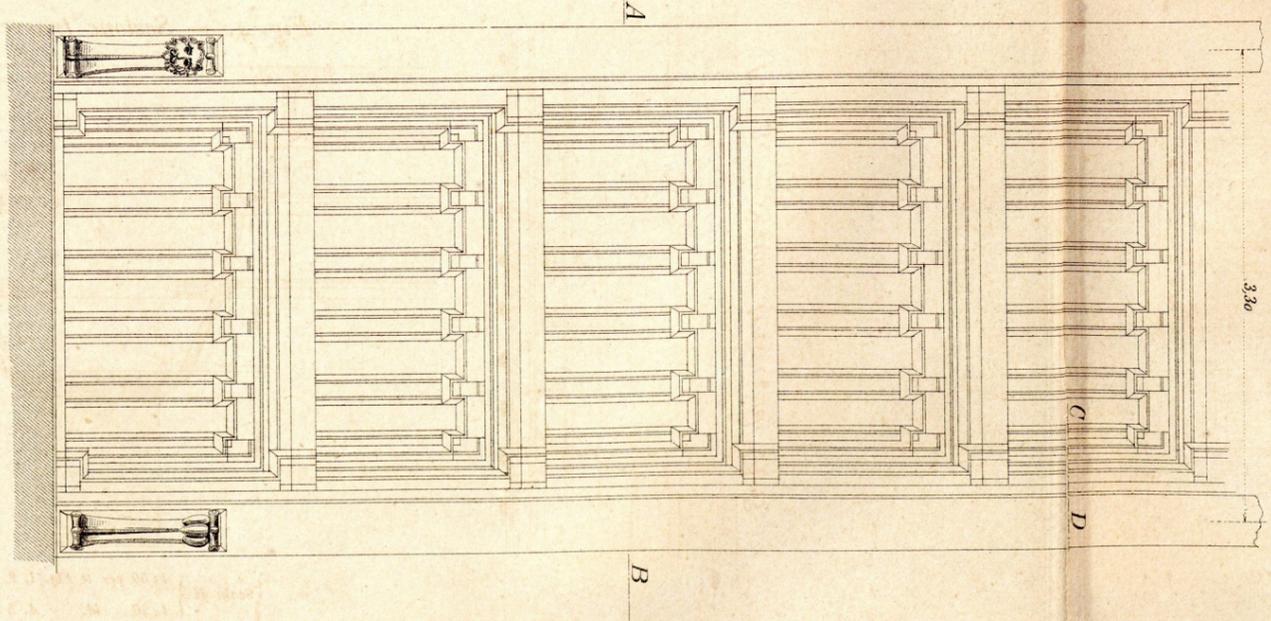


Fig. 4. — Sezione trasversale C D.

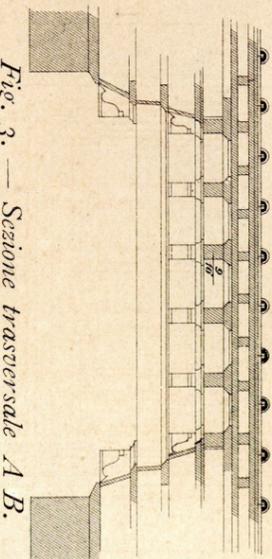


Fig. 3. — Sezione trasversale A B.

Scala di $\left\{ \begin{array}{l} 1:50 \text{ per le Fig. 1, 2, 3 e 7.} \\ 1:20 \text{ id. 4, 5 e 6.} \end{array} \right.$

Fig. 1. — Prospetto dell'armatura.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 2, 3 e 4. — Particolari di decorazione.

