

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.

MECCANICA APPLICATA

SUI REGOLATORI
CON SERVO-MOTORE E. DE MORSIER.

Nota dell'ing. prof. S. CAPPA

(Veggansi le Tav. VIII e IX).

L'ing. E. De Morsier, noto costruttore meccanico in Bologna, ideò due regolatori con servo-motore degni di considerazione.

Essi sono essenzialmente destinati a regolare il movimento delle motrici idrauliche, ma possono applicarsi pure a tutte quelle motrici termiche per le quali grande è la resistenza opposta dall'organo che modifica l'immissione del fluido motore contro il primo mobile ad essere posto in azione, e per vincere la quale non basta l'energia di un regolatore ordinario.

Uno dei servo-motori di cui trattasi è ad *ingranaggi*, l'altro è *idraulico*.

Crediamo utile il far conoscere questi due apparecchi ed indicare le applicazioni che già riceveranno.

Servo-motore ad ingranaggi.

Al collare del regolatore a forza centrifuga (fig. 1) è solidale un manicotto *aa*, che porta due coni di frizione *b, b'*. Tra questi due coni trovansi due altri coni, pure di frizione *c, c'*, indipendenti l'un dall'altro, ognuno dei quali fa corpo con una ruota dentata conica *d, d'*.

I coni *c, c'* e le ruote *d, d'* possono rotare liberamente sul manicotto *aa*.

Le due ruote *d, d'* imboccano contemporaneamente con una terza ruota dentata *e* che può rotare sopra di un albero orizzontale *mm*. Il mozzo della ruota *e* è comune ad un'altra ruota dentata conica *f* coassiale alla *e*, e che imbocca con una quinta ruota *h* facente corpo con un tirante cavo *p* dentro al quale passa l'albero del regolatore.

Il tirante *p* porta una vite *i*, che si può cambiare a seconda del bisogno, impegnata in una chiocciola fissa all'intelaiatura *KK* dell'apparecchio.

Due braccia *ll* convenientemente collegate agli estremi col tirante *p*, sostengono con appositi cuscinetti i perni dell'albero *mm*.

Questo albero *mm* presenta, nella sua parte centrale, un manicotto diviso in due parti, nel quale sono impegnati due collari *oo'* facenti corpo rispettivamente colle ruote *d, d'*. Per tal modo, quando la ruota *h*, girando attorno al suo asse, sale o discende col tirante *p*, trasporta seco nello stesso senso le due ruote *d, d'* ed i coni di frizione *c, c'* ai quali esse sono solidali.

L'albero *mm* non può rotare attorno all'asse dell'apparecchio in grazia delle due guide *n, n* fisse all'intelaiatura del meccanismo.

Sarà ora facile intendere il modo di funzionare del servo-motore.

Suppongasi che il regolatore roti attorno al suo asse nel senso indicato dalla freccia e tenda a sollevare il collare in causa di un aumento di velocità del motore. Il collare, sollevandosi, trascinerà seco il manicotto *aa* ed i coni di frizione *b, b'*, per guisa che l'inferiore *b* verrà ad appoggiarsi sul cono *c*.

Questo, per contatto di sviluppo, parteciperà allora al moto rotatorio del regolatore e con esso girerà pure la ruota *d* che gli è solidale. Questa trasmetterà il movimento alla ruota *e* e quindi alla ruota *f*, la quale porrà in rotazione la quinta ruota *h* nello stesso senso del regolatore centrifugo.

Si nota che la ruota *d'* sarà anch'essa trascinata in giro dalla *e*, ma in senso opposto alla *d*; e ciò è possibile, atteso che i due collari *o, o'* sono indipendenti l'uno dall'altro.

Il tirante *p* solidale alla ruota *h*, roterà anch'esso attorno all'asse dell'apparecchio nello stesso senso del regolatore ed in virtù della vite *i*, nel caso della figura filettata a sinistra, prenderà a sollevarsi, innalzando ad un tempo, per mezzo dei bracci *l, l*, il gruppo di ruote *d, d'* ed il cono *c* che tenderà così a sfuggire all'azione del cono di frizione *b*, e che realmente abbandonerà non appena il regolatore avrà cessato di sollevare il suo collare.

L'inverso succederebbe, quando, per una diminuzione di velocità, il collare del regolatore si abbassasse.

Da quanto si espose, scorgesi che il tirante cavo *p* segue esattamente il movimento del collare del regolatore a forza centrifuga, alzandosi od abbassandosi con esso della medesima quantità.

L'organo che modifica il lavoro motore, deve essere posto in azione dal tirante *p*, e ciò si otterrà od utilizzando direttamente il suo movimento di traslazione verticale, come nei regolatori ordinari, o valendosi del suo movimento di rotazione.

Due disposizioni sono all'uopo indicate nella figura.

Nella prima il tirante *p* porta una ruota dentata *g'* che imboccando con una seconda ruota *g''*, pone in rotazione un albero verticale *Q* su cui la ruota *g''* è fissata. L'imbocco deve mantenersi anche mentre la ruota *g'* si solleva o si abbassa col tirante *p*, e perciò la ruota *g''* ha un'altezza conveniente.

L'albero *Q* è filettato a vite *e*, per mezzo della chiocciola *r*, pone in moto la leva *s* che in *t* è articolata al tirante *T* destinato ad agire sull'organo che modifica il lavoro motore.

Nella seconda disposizione, indicata in figura con linee punteggiate, l'albero *Q*, per mezzo di un imbocco di due ruote d'angolo, pone in rotazione l'albero *U* che agisce sull'organo che modifica la forza motrice.

Se il regolatore a forza centrifuga sarà statico o meglio pseudo-astatico, la motrice cui l'apparecchio De Morsier verrà applicato riuscirà regolata come se il regolatore fosse ad azione diretta.

Ed invero, finchè la macchina avrà la velocità media di regime, il servo-motore non sarà in azione, trovandosi i due coni di frizione *b, b'* rispettivamente distaccati dai coni di frizione *c, c'*. Ma se, ad esempio, per diminuzione di lavoro resistente la macchina accelererà, si solleverà il cono *b* per

guisa da venire a contatto del cono *c*, ed il servo-motore entrerà in azione manovrando l'organo modificatore del lavoro motore per modo che questo abbia a diminuire.

Giungerà un istante in cui si otterrà l'eguaglianza tra il lavoro motore ed il nuovo lavoro resistente, ed allora il regolatore centrifugo si porrà in equilibrio cessando di sollevare il collare e quindi il cono *b*.

Il cono *c* essendo dotato ancora di moto rotatorio, per essere tuttora a contatto del cono di frizione *b*, continuerà a far agire il servo-motore, ma il tirante *p* sollevandosi, tosto distaccherà il cono *c* dal cono *b*.

Non appena avvenuto il distacco (astrazione fatta dall'inerzia dei pezzi in movimento), il servo-motore si arresterà, e l'organo che modifica la potenza si fermerà anch'esso nella posizione in cui fu portato, la quale, attesa l'istantaneità dell'azione, si può ritenere essere ancora quella corrispondente all'eguaglianza dei lavori motore e resistente.

Si otterrà così per la macchina un nuovo regime con una velocità di poco superiore a quella del regime precedente.

Un regime con velocità un po' minore si otterrebbe nel caso in cui il movimento della motrice si fosse rallentato per aumento, ad esempio, del lavoro resistente.

Col variare del lavoro resistente si avrà adunque per la macchina motrice, una serie di regimi con velocità di poco differenti fra di loro, precisamente come se l'azione del regolatore fosse diretta.

La differenza delle velocità dei vari regimi non dipenderà che dal pendolo centrifugo che si adotterà.

Questo regolatore gode pertanto delle seguenti essenziali proprietà:

1° Agisce prontamente allorchè avviene una variazione di velocità;

2° Cessa dall'agire allorchè si raggiunge l'eguaglianza del lavoro motore al lavoro resistente;

3° Non richiede per funzionare che uno sforzo assai piccolo, essendo quello necessario per muovere l'organo che modifica la potenza, fornito dalla stessa macchina a regolarsi.

Inoltre esso presenta sugli apparecchi congeneri due notevoli vantaggi, e cioè:

1° Può essere regolato in movimento;

2° L'immissione del fluido motore contro il primo mobile può chiudersi od aprirsi a mano, senza togliere la comunicazione del regolatore centrifugo coll'organo modificatore della potenza.

Per regolare l'apparecchio durante il movimento, basta sollevare od abbassare per mezzo del volantino *V* e della leva *L*, l'albero del pendolo centrifugo. Siccome con ciò il collare del regolatore non si muove, si cambiano così le posizioni delle sfere, le quali possono in breve tempo raggiungere quelle convenienti.

In tal modo si può anche impedire che l'immissione dell'acqua alla motrice, se trattasi di motrice idraulica, abbia ad aumentare oltre quanto non lo comporti la quantità d'acqua disponibile, il che è assai vantaggioso nel caso di volumi d'acqua variabili. Infatti, se mentre l'organo che deve modificare l'immissione del fluido motore ha una certa posizione, si portano le sfere del pendolo a toccare il corpo *C* del regolatore, questo non potrà aprire maggiormente l'immissione predetta.

Per modificare a mano l'immissione dell'acqua alla motrice mentre il regolatore è in moto, supposto che questo agisca sopra una paratoia, basta far rotare attorno al suo asse, in un senso o nell'altro, il volante *V'* che poggia sul manicotto *A*, fisso alla leva *s*, ed il cui mozzo è lavorato a chiocciola. L'asta *T*, che comanda la paratoia, essendo all'estremo superiore filettata a vite, prende allora a salire od a discendere, scorrendo dentro il manicotto *A*, ed alza od abbassa la paratoia.

Un anello *A'*, fisso all'asta *T*, serve a verificare se, riportandolo a poggiare, per esempio, contro il manicotto *A*, la posizione della paratoia è in giusta relazione col servo-motore.

Nel caso in cui il regolatore agisse, ad esempio, sopra l'otturatore di una turbina coll'impiego dell'albero *U* (punteggiato in figura) ed adottando un meccanismo di sgrano, si lascerà libera al bisogno la manovra a mano dell'otturatore della motrice.

Il tempo che il regolatore impiega per aprire o chiudere completamente l'immissione del fluido motore contro il primo mobile, è proporzionale al passo della vite *i* del tirante *p*: perciò detta vite è generalmente eseguita sopra un anello di acciaio che si può facilmente cambiare colla chiocciola nella quale deve muoversi.

Il regolatore di cui trattasi può essere montato anche sopra di un albero orizzontale od inclinato.

Il De Morsier applica il servo-motore ora descritto ad uno speciale regolatore a forza centrifuga, che è quello rappresentato in figura, ma evidentemente il servo-motore funziona con un regolatore centrifugo qualunque, che converrà sempre munire di conveniente moderatore.

Le resistenze passive che si oppongono al movimento delle sfere del pendolo, sono unicamente quelle di attrito nelle articolazioni, ed esse possono ridursi ad essere minime eseguendo con cura le articolazioni medesime. Piccolissima è la resistenza che si oppone allo spostamento del collare nel senso verticale, per cui il regolatore a forza centrifuga obbedisce alle più piccole variazioni di velocità, e lo sforzo esercitato dalle sfere sul collare è utilizzato senza perdita sensibile.

Le resistenze di attrito negli ingranaggi non consumano che una piccola parte della forza trasmessa e cioè il 3 al 4 0/10 al massimo; la vite non porta che il proprio peso e quello del servo-motore, essa quindi ruota liberamente per guisa che nel tipo ordinario per turbine basta una variazione dell'1 0/100 nel numero dei giri per porre in azione il servo-motore.

Nelle industrie, in generale, si tollera una variazione di velocità del 5 0/10 e soventi una maggiore; salvo pei casi eccezionali la variazione brusca del lavoro resistente non oltrepassa il 5 od al più il 10 0/10 del lavoro totale. Segue da ciò, che se il regolatore è, ad esempio, calcolato in modo da impiegare 10'' per aprire o chiudere completamente l'immissione del fluido motore, tollerando tra questi limiti una variazione di velocità del 5 0/10, esso impiegherà 1'' per regolare di 1/10 l'immissione e compensare la corrispondente variazione della resistenza, non permettendo uno scarto di velocità superiore al 1/2 0/10, tanto più se si pone mente alle masse delle puleggie e dei volanti che sempre sono in movimento colle trasmissioni degli stabilimenti industriali.

Se il pendolo a forza centrifuga è dotato, ad esempio, di un'energia di 11 Cg. e compie 180 giri al minuto primo, cioè 30 giri in 10'', per una variazione di 1/2 0/10 nella velocità eserciterà con uno dei coni di frizione *b*, *b'* sopra l'uno o l'altro dei coni *c*, *c'*, uno sforzo tangenziale di attrito, che tenuto conto dell'inclinazione sull'asse del regolatore delle faccie di detti coni che debbono venire fra loro a contatto, si può ritenere di Cg. 1,1. Se i coni di frizione hanno il diametro medio di 200 mm. e per conseguenza 630 mm. di circonferenza media, lo spazio percorso in 30 giri da un punto di tale circonferenza è di m. 18,90, ed il lavoro sviluppato dallo sforzo predetto sarà di

$$\text{Cg. } 1,1 \times \text{m. } 18,90 = \text{Cgmt. } 20,79$$

cioè 500 volte circa il lavoro di cui sarebbe capace il regolatore ad azione diretta.

Un tale lavoro è in molti casi più che sufficiente per porre in azione l'otturatore di una turbina ben costruita.

Giova notare che il tempo di 10" stabilito per chiudere od aprire completamente l'immissione del fluido motore, è eccessivamente breve per i grandi stabilimenti, come sono, ad esempio, le filature dove le maggiori variazioni brusche di resistenza raggiungono raramente il 5 0/0 e dove le masse in movimento sono assai grandi.

Si può quindi in questo caso raddoppiare facilmente il lavoro testè calcolato.

Costruendo poi il regolatore centrifugo a quattro sfere si raddoppia ancora il lavoro e si può quindi con una variazione del 1/2 0/0 ottenere un lavoro di 80 Cgmt. circa. E se si permette la variazione dell'1 0/0 nella velocità si possono raggiungere 160 Cgmt.

La stessa cosa può dirsi circa gli impianti per illuminazione elettrica di una certa importanza dove non si accende nè si spegne mai bruscamente un gran numero di lampade, non foss'altro pel pericolo delle extra-correnti. Siccome in tali impianti le turbine funzionano, come le dinamo, a grande velocità, è facile munirle di un volante convenientemente calcolato per guisa da non avere mai variazioni di velocità superiori dal 1/2 0/0 all'1 0/0.

Questo regolatore è adunque assai efficace, mentre è di semplice costruzione e di sicuro funzionamento.

Esso fu già applicato con buoni risultati a diverse motrici, fra le quali citiamo una macchina a vapore semi-fissa Compound; una turbina di 135 cav. impiantata nella cartiera Segré e C. in Tivoli ed una turbina di 25 cav. dello stabilimento idraulico destinato alla ferrovia elettrica del monte Salève ad Arthaz presso Ginevra.

Servo-motore idraulico.

Il servo-motore idraulico ricava la forza necessaria al suo funzionamento da una sorgente esterna ed indipendente dal motore che si vuole regolare.

Perciò sempre quando si disporrà di acqua relativamente pura ed in pressione, questo regolatore sarà preferibile al precedente, potendosi fargli produrre un lavoro considerevole senza influire sulla velocità del motore.

La forza occorrente per farlo agire non dipende qui che dalla pressione dell'acqua che all'uopo si impiega e dal diametro di un cilindro costituente una delle parti principali dell'apparecchio; la sua azione può essere tanto pronta ed energica quanto è necessaria.

L'apparecchio di cui trattasi si compone essenzialmente di un cassetto cilindrico completamente equilibrato ricevente un moto continuo d'andi-vieni secondo il suo asse dalla motrice a regularsi, mentre che il regolatore a forza centrifuga lo fa rotare attorno al predetto asse in un senso od in senso opposto per distribuire l'acqua in pressione ad un cilindro nel quale può muoversi uno stantuffo destinato a comandare col suo stelo l'organo che modifica l'immissione del fluido motore contro il primo mobile della motrice.

Il servo motore, cui accenniamo, è schematicamente rappresentato nelle figure 2_a, 2_b, 2_c.

Il cassetto A è contenuto in una scatola fissa B; esso è munito di uno stelo C attraversante i fondi della scatola all'uopo provvisti di bossoli stoppati.

Questo cassetto riceve dalla motrice un continuo movimento d'andi-vieni secondo il suo asse. In figura è rappresentata una delle disposizioni che allo scopo possono adottarsi. Una biella *d* è congiunta per uno estremo con rotola sferica allo stelo del cassetto, ed all'altro estremo ad una manovella *e* fissa ad un alberetto *f* posto in rotazione dal motore.

Lo stelo del cassetto porta inoltre un braccio *g*, all'estre-

mità *x* del quale agisce il regolatore a forza centrifuga (non indicato in figura per semplicità), per guisa, che se il collare del regolatore sale o discende, fa rotare il cassetto in un senso o nell'altro attorno al proprio asse.

Il cassetto A è munito di due ordini di condotti e cioè; dei condotti H, H... i cui orifici *h*, *h*... si trovano sulla superficie cilindrica del cassetto, e dei condotti J J... che attraversano completamente il cassetto nel senso della sua lunghezza e sono muniti di orifici *i* *i*... disposti pure sulla superficie cilindrica del cassetto stesso.

La scatola B presenta anch'essa diversi condotti, e cioè:

1° Il condotto K comunicante col tubo L, pel quale arriva l'acqua in pressione, e coi condotti H H... del cassetto.

2° Il canale M, che da una parte comunica liberamente con un tubo P facente capo ad un cilindro nel quale avvi uno stantuffo, il cui stelo è destinato a comandare l'organo che modifica il lavoro motore. Questo canale M presenta inoltre degli orifici *m* *m*... disposti sulla parete cilindrica interna della scatola B. Gli orifici *m* *m*, a seconda della posizione del cassetto o sono chiusi (fig. 2_b), o trovansi di fronte agli orifici *h* *h*... (fig. 2_a e fig. 2_c) oppure di fronte agli orifici *i* *i*.

3° Il condotto N nel quale sboccano continuamente i condotti J J... del cassetto, e dal quale si diparte un tubo O con cui si scarica l'acqua in pressione.

In figura sono indicati solamente tre condotti H e tre condotti J, ma evidentemente il numero di questi condotti può essere qualunque, purchè gli orifici *h* ed *i* siano così disposti che la pressione dell'acqua resti la medesima su tutte le facce del cassetto, qualunque sia la sua posizione; lo stesso si dica degli orifici *m* della scatola.

Le luci *h* ed *i* sono disposte sulla superficie cilindrica del cassetto per guisa che, essendo chiuse per una determinata posizione angolare del cassetto, vengano le une o le altre a trovarsi di fronte agli orifici *m* in seguito ad un piccolo movimento di rotazione del cassetto stesso attorno all'asse proprio in un senso o nell'altro, e che allorquando le luci *h* comunicano cogli orifici *m*, le luci *i* siano chiuse, e viceversa.

Ciò posto, il modo di funzionare dell'apparecchio è il seguente:

L'acqua in pressione arrivando dal tubo L penetra nel condotto K della scatola, e per esso nei condotti H del cassetto. Nella posizione di riposo del servo-motore (fig. 2_b), corrispondentemente ad un regime della macchina, l'acqua contenuta nei condotti H non ne può uscire.

Se supponiamo ora che, ad esempio, la velocità del motore aumenti, il regolatore solleva il proprio collare, che fa rotare il cassetto A nella direzione indicata dalla freccia, e lo pone per rispetto alla scatola B nella posizione rappresentata dalle fig. 2_a, 2_c.

Sono così in comunicazione i condotti H ed M per mezzo delle luci *h* ed *m*. L'acqua in pressione entra allora nel condotto M, e per mezzo del tubo P si introduce nel cilindro in cui avvi lo stantuffo, che per mezzo dal proprio stelo è destinato ad agire sulla potenza. Questa viene per tal modo ad essere diminuita. Se invece la velocità del motore diminuisce, il collare del regolatore si abbassa, e facendo rotare il cassetto A in senso inverso, pone in comunicazione i condotti J ed M per mezzo degli orifici *i* ed *m*.

Se si suppone che una forza esterna qualunque, ma permanente, agendo sopra una faccia dello stantuffo predetto, tenda continuamente a retrospingere lo stantuffo medesimo e quindi ad aprire l'immissione del fluido motore nella macchina a regularsi, mentre nel caso di un aumento di velocità del motore tale forza sarà vinta dall'acqua in pressione agente sopra l'altra faccia dello stantuffo, nel caso di diminuzione di velocità detta forza farà effluire dal cilindro

l'acqua che vi era contenuta, e questa, penetrando dal condotto M nei condotti J, si porterà nel condotto N e si scaricherà pel tubo O.

Lo stantuffo, retrocedendo, permetterà all'organo modificatore del lavoro motore di aumentare il lavoro medesimo.

Affinchè però il servo-motore raggiunga realmente il suo scopo è necessario che la sua azione cessi allorchando si ha nuovamente l'eguaglianza del lavoro motore a quello resistente.

Occorre quindi annullare il movimento relativo del cassetto per rispetto alla scatola, e ciò facilmente si ottiene facendo sì che lo stantuffo, o lo stesso organo che modifica il lavoro motore, muova la scatola B nel medesimo senso del cassetto A.

Tosto si comprende, che se al movimento rotatorio del cassetto A segue il movimento rotatorio per lo stesso verso della scatola B, la quale tende così a chiudere le comunicazioni dei condotti H ed M, oppure M ed J, che si sono aperte colla rotazione del cassetto A attorno al proprio asse, allorchando si sarà conseguita nuovamente l'eguaglianza dei due lavori motore e resistente, questa eguaglianza si potrà mantenere.

Ed invero in tale istante il regolatore, se statico o pseudo-astatico, ponendosi in equilibrio cesserà di sollevare od abbassare il proprio collare e perciò di far rotare il cassetto A; la scatola B, col suo movimento, chiuderà tosto le predette comunicazioni; l'acqua in pressione non potrà così più agire sullo stantuffo che comanda l'organo modificatore della potenza, oppure l'acqua contenuta nel cilindro e nel condotto M non potrà più effluire da questo, e quindi lo stantuffo si arresterà nella posizione corrispondente appunto all'eguaglianza dei due lavori.

Con questo regolatore si potrà adunque ancora ottenere per la motrice una serie di regimi con velocità di poco differenti fra di loro, come se l'azione fosse diretta.

Nel caso in cui non si possa disporre di alcuna forza esterna agente in modo continuo ed in un determinato senso sullo stantuffo che comanda l'organo modificatore della potenza, basterà munire: il cassetto A di un secondo ordine di orifici $h' h' \dots$ ed $i' i' \dots$, come vedesi rappresentato in fig. 2a, e la scatola B di un secondo canale M' provvisto di un tubo destinato a portare l'acqua in pressione contro l'altra faccia dello stantuffo predetto, e di un secondo ordine di luci $m' m' \dots$

Queste luci debbono in tal caso essere così disposte nel cassetto e nella scatola, che allorchando il cassetto rotando in un senso mette in comunicazione da una parte i condotti H ed M per mezzo delle luci h ed m , si abbiano dall'altra parte in comunicazione fra di loro i condotti J ed M' per mezzo degli orifici i' ed m' e viceversa.

L'apparecchio funzionerà allora in modo perfettamente analogo a quello indicato nel caso precedente, ma in virtù unicamente dell'acqua in pressione.

Notiamo che il movimento di andi-vieni del cassetto A non ha alcuna influenza sul passaggio dell'acqua, ma è oltremodo importante, attesochè impedisce che l'aderenza tra il cassetto e la scatola renda solidali queste due parti dell'apparecchio. Tale movimento riduce per conseguenza di molto la resistenza che si oppone al moto rotatorio del cassetto e perciò all'azione del servo-motore.

Il servo-motore idraulico testè descritto, è pertanto anche esso di semplice e solida costruzione, nonchè di azione sicura.

Applicazione del servo-motore idraulico De Morsier alle turbine del Polverificio di Fontana-Liri.

Una importante applicazione ricevette il servo-motore idraulico De Morsier nelle turbine fornite dalla Società *Italo-Svizzera di costruzioni meccaniche* (Bologna) al grandioso *Polverificio governativo di Fontana-Liri*.

In questo stabilimento sono impiantate quattro turbine a reazione ad asse orizzontale di 300 cavalli-vapore ognuna. Il lavoro meccanico raccolto da queste motrici idrauliche, che utilizzano la forza di un salto d'acqua del fiume Liri, trasformasi in corrente elettrica per mezzo di quattro dinamo generatrici poste direttamente in azione dalle turbine medesime. La corrente elettrica, diramandosi nello stabilimento, pone in azione delle dinamo motrici, le quali trasformano nuovamente l'energia elettrica in lavoro meccanico, che si utilizza nei vari locali dello stabilimento.

Una quinta turbina Jonval, pure ad asse orizzontale e della forza di 100 cavalli, dà movimento a due compressori d'aria.

Tutte queste turbine sono munite di regolatore con servo-motore idraulico De Morsier, pei quali una sesta turbinetta aziona una pompa destinata a provvedere l'acqua in pressione.

I regolatori sono applicati tutti nello stesso modo.

Nelle fig. 3, 4, 5, 6 è rappresentata la disposizione adottata per una delle turbine di 300 cav.

L'albero della turbina, per mezzo di ruote coniche, pone in movimento il regolatore a forza centrifuga, la cui costituzione rilevasi dalle fig. 3 e 4. Esso appartiene alla categoria dei regolatori pseudo-astatici ed è munito di speciale moderatore ad olio.

Il regolatore, per mezzo del servo motore idraulico, agisce sopra una paratoia cilindrica posta al piede del tubo di aspirazione della motrice.

Il servo-motore è costituito nel modo da noi già indicato.

In una scatola fissa U (fig. 4) arriva l'acqua in pressione dopo aver attraversato un robinetto G posto sulla tubazione che si diparte dalla camera in cui l'acqua viene spinta dalla pompa anzi accennata.

Nella scatola U avviene una seconda U' montata e tenuta come il maschio di un robinetto, la quale presenta i vari orifici per il passaggio dell'acqua.

Nell'interno della scatola U' trovasi il cassetto cilindrico che presenta due serie di condotti A e B.

I condotti A, mediante le luci i , ricevono l'acqua in pressione dalla scatola U, i condotti B sono invece in libera comunicazione colla camera S della scatola U e quindi col tubo di scarico F.

Per mezzo delle luci i' praticate nella parete della scatola mobile U' , i condotti A, oppure i B, possono essere in comunicazione colla camera H della scatola fissa U. Questa camera H mediante un tubo E (fig. 5-6) comunica con un cilindro C ad asse verticale collocato sotto il cavalletto del supporto anteriore dell'albero della turbina.

Nel cilindro C trovasi uno stantuffo P il cui stelo è articolato all'estremo di una leva Q solidale ad un albero orizzontale $O O'$ che è volubile, sopra appositi supporti, attorno al proprio asse.

Agli estremi l'albero $O O'$ è unito a due altre leve L, L' , articolate a due tiranti verticali T, T' , che sono quelli di sospensione della paratoia della turbina.

Il peso proprio della paratoia tende a mantenere continuamente abbassata la paratoia stessa e quindi sollevato nel cilindro C lo stantuffo P. La gravità è adunque in questo caso quella forza esterna accennata nel caso generale, la quale agisce permanentemente in uno stesso senso sullo stantuffo P.

Sull'albero della turbina è calettata una ruota conica che imbocca con altre due, una delle quali dà il moto al regolatore centrifugo, e l'altra fa rotare un alberetto verticale, alla cui estremità inferiore è solidale un eccentrico.

Questo, per mezzo di una biella l (fig. 4), dà il movimento di va e viene al cassetto del servo-motore.

Il collare del regolatore centrifugo, per mezzo della leva z ,

del tirante t e del braccio m , imprime al cassetto il moto rotatorio attorno al proprio asse, quando il detto collare si solleva oppure si abbassa.

All'albero $O O'$ è solidale una quarta leva q la quale, per mezzo di un tirante K e di un braccio M unito in D alla scatola mobile U' del servo-motore, fa rotare la scatola U' attorno al suo asse sempre quando l'albero $O O'$ gira attorno all'asse proprio comandato dallo stelo dello stantuffo P .

Il movimento della scatola U' segue sempre, e per lo stesso verso, quello rotatorio del cassetto.

Il modo di funzionare del regolatore è pertanto quello da noi già indicato.

Nella fig. 6 le luci di comunicazione dei condotti A e B del cassetto del servo-motore colla camera H della scatola U sono chiuse, il che corrisponde ad un certo regime della macchina.

Ma se si suppone, per esempio, che la velocità della turbina diminuisca, il collare del regolatore discenderà e farà rotare il cassetto attorno al proprio asse per modo da porre in comunicazione, mediante le luci v' , i condotti A colla camera H (fig. 4). L'acqua in pressione dalla scatola U penetrerà nella camera H e per mezzo del tubo E passerà nel cilindro C , spingerà all'ingù lo stantuffo P e questo, facendo rotare l'albero $O O'$, farà sollevare di una certa quantità la paratoia. Ma nello stesso tempo la leva q , per mezzo del tirante K e del braccio M , farà rotare la scatola U' attorno al suo asse nello stesso verso del cassetto e la comunicazione dei condotti A colla camera H tosto si chiuderà.

Nel caso invece di un aumento di velocità della turbina, il collare del regolatore si solleverà, la camera H verrà posta in comunicazione coi condotti B e l'acqua contenuta nel cilindro C ritornando indietro pel tubo E e passando per mezzo dei condotti B nella camera S della scatola U , si scaricherà pel tubo F .

La paratoia in virtù del proprio peso si abbasserà di una certa quantità, e la rotazione in senso inverso al precedente della scatola U' tosto farà chiudere le comunicazioni del cilindro C colla camera S .

La paratoia della turbina si muoverà adunque in ogni caso come se il regolatore centrifugo agisse direttamente su di essa.

Accenneremo ora a qualche particolare del meccanismo.

Il tubo di scarico F del servo-motore fa capo ad una piccola camera ove trovasi una valvola V (fig. 4), il funzionamento della quale è il seguente.

Quando la turbina è in movimento questa valvola è tenuta aperta da una molla n e dal contrappeso n' . Siccome vi sarebbe pericolo di forti colpi d'ariete nella condotta tubolare della turbina, quando si chiudesse bruscamente e totalmente la luce di efflusso dell'acqua dal tubo di aspirazione della turbina stessa abbassando d'un tratto completamente la paratoia, così la leva q , che fa girare la scatola interna U' del servo-motore, ad un certo punto va ad appoggiarsi sotto la leva J che porta il contrappeso n' della valvola V e su cui agisce pure la molla n . La leva J viene così sollevata e la valvola V tosto si chiude. L'acqua, che tende ad uscire dal cilindro C , trovasi per tal modo arrestata e la paratoia non può più abbassarsi, ma lascia libera una certa luce di efflusso all'acqua che agì sulla turbina; i colpi di ariete rimangono perciò evitati. La luce che la paratoia lascia libera è tale da permettere alla turbina il movimento a vuoto colla sua velocità normale.

Devesi però notare che un piccolo orificio praticato nella parete della camera della valvola V e regolato da una vite r (fig. 4) permette, quando si chiude il robinetto G della condotta dell'acqua in pressione pel servo-motore, di lasciar scolare lentamente l'acqua che ancora trovasi entro il ci-

lindro C , nel tubo fugatore F'' , con che si può chiudere completamente la paratoia, ma colla lentezza necessaria.

Un altro importante particolare del meccanismo è quello al quale ora accenneremo.

Allorquando la turbina è in movimento, le due leve M , m che comandano rispettivamente la scatola mobile U' ed il cassetto del servo-motore, hanno tali posizioni relative che non avvenendo variazioni nella velocità della turbina gli orifici del cassetto rimangono chiusi, come appunto è rappresentato nella fig. 6.

Quando invece la turbina è ferma, le predette leve hanno tale posizione relativa che i condotti A del cassetto comunicano colla camera H del servo-motore e quindi col tubo E . L'acqua in pressione che giunge dal robinetto G può perciò dirigersi verso il cilindro C , ma dove il tubo E si ripiega ad angolo retto per portarsi a detto cilindro, l'acqua incontra un robinetto R a tre vie (fig. 5-6). Questo robinetto è munito di chiave che si deve manovrare a mano facendola scorrere dinnanzi ad un settore che porta le lettere A (aperto) e C (chiuso).

Se la chiave trovasi in corrispondenza della lettera A , il passaggio è aperto e l'acqua, penetrando liberamente nel cilindro C , preme sulla faccia superiore dello stantuffo, vince il peso della paratoia e la fa alzare; la turbina può allora entrare in azione. Se invece la chiave del robinetto trovasi in corrispondenza della lettera C , il robinetto R chiude l'ingresso diretto dell'acqua nel cilindro C , ma mette però questo cilindro in comunicazione colla camera della valvola V . Infatti, dal tubo E ed in corrispondenza del robinetto R , si distacca un altro tubo F' (fig. 5-6) il quale fa capo alla camera della valvola V dove, come già si disse, giunge pure il tubo F di scarico del servo-motore. Nel robinetto R è praticato un foro x , il quale fa comunicare la capacità interna del robinetto R col tubo F' . Il cilindro C comunica per tal modo colla camera della valvola V (fig. 5).

Attesochè il cassetto del servo-motore non è montato a perfetta tenuta, esso permette delle piccole fughe all'acqua in pressione che giunge dal robinetto G . Questa, per conseguenza, passa in piccolo volume nel tubo F e nella camera della valvola V . Trovando la valvola V chiusa, sale pel tubo F' ed attraversando il foro x del robinetto R penetra nel cilindro C . Essa preme allora sulla faccia superiore dello stantuffo P e lo fa abbassare sollevando la paratoia.

Tostochè la paratoia è sollevata all'altezza necessaria per ottenere la marcia a vuoto della turbina, la leva q lascia aprire la valvola V ed allora l'acqua in pressione sfogandosi nel tubo F'' non permette alla paratoia di alzarsi maggiormente.

Intanto la turbina si è posta in movimento a vuoto ed ha raggiunta la velocità normale, il regolatore a forza centrifuga ha quindi sollevato il collare portandolo nella posizione corrispondente appunto al regime che in tali condizioni assume la motrice, ed il servo-motore è in grado di funzionare.

Se allora si porta la chiave del robinetto R in corrispondenza della lettera A del settore annesso, la turbina entra subito in azione.

Volendone arrestare il movimento basta chiudere il robinetto R portandone la chiave in corrispondenza della lettera C del settore; l'acqua del cilindro C si sfoga così pel foro x nel tubo F'' e la paratoia si abbassa.

Noteremo finalmente che, per ogni turbina, sulla tubazione che porta l'acqua in pressione al servo-motore, avvi una camera d'aria X (fig. 3-5), la quale ha il doppio scopo:

1° Di impedire all'aria della camera della pompa che spinge l'acqua al servo-motore di entrare nel servo-motore stesso e nel cilindro C , poichè quest'aria colla sua elasticità

potrebbe togliere, od almeno diminuire, l'istantaneità dell'azione del servo-motore;

2° Di ridurre la massa d'acqua sotto pressione da mettersi in movimento per alzare la paratoia della turbina e da arrestarsi quando vuolsi abbassare detta paratoia.

Ciò perchè se mancassero le casse d'aria, nel funzionamento simultaneo dei regolatori di tutte le turbine, si dovrebbe porre in moto tutta l'acqua contenuta nella relativa tubazione, e quindi vi potrebbe essere un ritardo nell'azione dei servo-motori allorchando devesi aprire l'immissione dell'acqua nei cilindri come C, e pericolo di colpi d'ariete nella chiusura.

Colle casse d'aria, la massa d'acqua che devesi porre in moto od arrestare, è quella limitata, per ogni servo-motore, tra il cassetto di questo e la relativa camera d'aria e quindi gli inconvenienti testè accennati vengono soppressi.

Da quanto si espone risulta che l'applicazione dei servo-motori idraulici del De Morsier alle turbine del Polverificio di Fontana-Liri fu eseguita con molto studio e diligenza.

Il sottoscritto, facendo parte della Commissione governativa incaricata del collaudo dell'impianto idraulico-elettrico di detto Polverificio, ebbe campo durante le esperienze già istituite su tutto il macchinario, e che dovranno essere completate quanto prima con altre, di controllare in modo speciale il funzionamento dei servo-motori, e potè accertare che essi mantengono la velocità delle turbine entro limiti molto ristretti.

Ed invero lo scarto massimo permesso alla velocità di rotazione delle turbine a marcia normale di queste, non supera l'1 0/0, e non oltrepassa il 3 0/0 quando il lavoro resistente subisce rapide variazioni del 25 0/0, e ciò sia lavorando con una sola turbina, sia lavorando con tutte le motrici.

Il risultato quindi fornito dai servo-motori *De Morsier* è lodevole rispondendo essi completamente alle condizioni necessarie pel migliore andamento di un motore idraulico.

Torino, Giugno 1896.

Ing. S. CAPPA.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

LE ESPERIENZE SULLA RESISTENZA DELLE VOLTE ESEGUITE PER CURA DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI DI VIENNA.

In un'adunanza della Società degli Ingegneri ed Architetti di Vienna, tenuta nel 1889, era stato proposto dall'ingegnere Brausewetter che si facessero studi comparativi sulle volte di calcestruzzo e su quelle di cemento armato sistema Monier. Successivamente si volle estendere tali studi anche a volte costruite con altri materiali, e la stessa Società degli Ingegneri prese l'iniziativa di tali studi sperimentali. Una Commissione di 21 membri, di cui facevano parte distinti ingegneri appartenenti a pubbliche e private Amministrazioni e valenti professori, presieduta dal signor ingegnere Gaertner, stabilì anzitutto il programma delle ricerche da farsi, e procedette in seguito all'esecuzione delle medesime.

Il grande interesse che presentavano per la scienza delle costruzioni gli studi che la Commissione si accingeva a fare, fece sì che alle somme messe a disposizione dalla Società degli Ingegneri altre se ne aggiungessero offerte da pubbliche e private Amministrazioni, da Società e da privati che prendono amore al progresso della scienza; di guisa che la Commissione potè disporre un fondo di circa lire 50 mila in denaro, oltre a mezzi d'opera, materiali e prestazioni diverse per altre lire 50 mila.

La descrizione delle ricerche sperimentali, i risultati di esse e le conclusioni che se ne traggono, formano oggetto di

una estesa relazione (*Bericht des Gewölbe-Ausschusses*) pubblicata nello *Zeitschrift des österr. Ingenieur-und Architekten-Vereines*, del 1895, con figure intercalate nel testo e 27 Tavole, che l'ingegnere G. Vacchelli riassume in una sua Memoria pubblicata negli *Annali della Società degli Ingegneri ed Architetti in Roma*, della quale ci ha favorito copia in fascicolo a parte (1).

Le esperienze comprendono due serie bene distinte: quelle sulle volte sottili di poca ampiezza per le abitazioni ordinarie, e quelle per gli archi da ponte.

*

Ricerche sulle volte sottili. — Le voltine sperimentate furono in numero di 17, delle quali 7 con ampiezza di m. 1,35 e 7 di m. 2,70 vennero impostate su travi di ferro; e 3 dell'ampiezza di m. 4,05 furono costruite sopra appoggi di muratura.

Dagli esperimenti eseguiti colla prima serie di volte dell'ampiezza di m. 1,35 e caricate per tutta la loro ampiezza, è risultato:

1° Che le voltine eseguite con *mattoni ordinari* e malta di calce grassa, aventi spessore di 15 centimetri e saetta di un decimo, sottoposte a diversi carichi sempre crescenti fino a quello di 7000 chg. per metro quadrato, mostravano sotto quest'ultimo peso così piccole deformazioni (abbassamento in chiave di mm. 24) da dedurne che certamente il carico di rottura dovesse essere alquanto superiore. Epperò tali volte sono raccomandabili nelle costruzioni ordinarie anche per più ampie luci.

Delle due volte così sperimentate, una con giunti longitudinali e l'altra con giunti anulari, ha presentato un minore abbassamento in chiave (mm. 14 a vece di 24) quella con giunti anulari, a motivo del minor numero di giunti che si trovano in una sezione trasversale;

2° Che la voltina eseguita in *calcestruzzo* (nelle proporzioni di 1 di cemento Portland per 5 di sabbia e ghiaia minuta) con uno spessore in chiave di cm. 7 1/2, e saetta di 115 mm., con un peso proprio di 453 chg. per metro quadrato, ha resistito ad un carico di 8000 chg. per metro quadrato, dando luogo ad un'inflessione di mm. 19,6 intermedia fra quelle presentate dalle due volte di mattoni ordinari, per cui si può ritenere adatta per venire convenientemente sostituita alle voltine di mattone di cm. 15 di spessore in chiave, per la sua minore altezza, e nei luoghi ove scarseggiano buoni mattoni;

3° Che le voltine di *mattoni forti*, di forma trapezia e messi in piatto, con uno spessore alla chiave di 10 cm. ed un peso proprio di 350 chg. per metro quadrato, mostrarono la stessa considerevole resistenza (abbassamento alla chiave di mm. 15 sotto il carico di 8000 chg. per mq.). Naturalmente occorrono robusti collegamenti per resistere alla forte spinta orizzontale e sono di prezzo più elevato, ma hanno il pregio essenziale di permettere la esecuzione del soffitto in piano senza aggiunta di armatura od altro al dissotto.

*

Nella seconda serie di volte, di m. 2,70 di luce, il carico venne esteso solo a mezza volta, cioè limitato tra la chiave ed un'imposta, e successivamente aumentato sulla mezza volta fino a raggiungere la rottura. E ne è risultato:

1° Che una volta di *mattoni ordinari*, dello spessore in chiave di cm. 14, con saetta di 25 cm. su m. 2,70 di corda, del peso proprio di 1215 chg. per mq., oltre a chg. 680 pure per mq. tra rinfianchi e cappa, ha resistito conformemente alle previsioni, rompendosi soltanto sotto un carico, distribuito su metà dell'arco, di chg. 4314 per mq., mentre fino al carico di chg. 2000 presentò deformazioni limitate (abbassamento della chiave di mm. 13 e spostamento orizzontale di mm. 4). Epperò è raccomandabile il suo impiego nelle ordinarie costruzioni;

(1) Ing. G. VACCHELLI. — *Le esperienze sulla resistenza delle volte fatte per cura della Società degli Ingegneri di Vienna* — Op. in-8° di pag. 38, con una tavola. — Roma, Tip. Fratelli Centenari, 1896.

2° Che ha pure corrisposto alle previsioni una volta di *calcestruzzo* (nelle proporzioni di 1 di cemento e 4 di sabbia e ghiaia), dello spessore in chiave di cm. 8 1/2, con una saetta di 23 cm. su m. 2,70 di corda, del peso proprio di chg. 1402 per mq., oltre a chg. 610 di rinfianchi, essendosi verificate lesioni all'imposta dopo un carico di chg. 3000 per mq. distribuito per metà dell'arco e la rottura soltanto per un carico di chg. 5504 per mq., pure distribuito su metà dell'arco; mentre fino al carico di 2000 chg. non si verificò che un abbassamento alla chiave di mm. 6,2 con spostamento orizzontale di mm. 1,8;

3° Che le due volte di *cemento, sistema Monier*, dello spessore in chiave di cm. 5, con saetta di 26 cm. e peso proprio di 1114 chg. per mq. oltre a 614 chg. di rinfianchi, si comportarono, sia per le deformazioni che per la resistenza, analogamente a quella di calcestruzzo. Si osservò per altro che quella in cui l'arco era rinfiancato con calcestruzzo presentò una resistenza solo dell'80% superiore a quella non rinfiancata, onde è da ritenere che il rinfianco, anziché costituire un efficace rinforzo dell'arco, influisca solo col ripartire meglio il sovraccarico; onde, avuto riguardo al rilevante aumento di spesa che esso importa (essendo nei due casi le quantità impiegate di calcestruzzo nel rapporto di 1,85 ad 1), non pare consigliabile la sua applicazione nelle circostanze ordinarie;

4° Che non è preferibile la sostituzione di lamiera ondulata (dello spessore di 1 mm., del peso di 70 chg. per mq.) con rinfianco e cappa del peso di 824 chg. per mq., perché tali volte, mentre presentarono resistenza minore di quelle di cemento, subirono deformazioni più forti, ed il loro costo è pure, generalmente, alquanto superiore a quello relativo ad altri sistemi.

Nondimeno è degno di nota che una delle due volte sperimentate avendo i lembi d'imposta rinforzati con ferro d'angolo e l'altra no, le resistenze furono nel rapporto di 1,13 ad 1: considerate come archi a due cerniere, la rottura avvenne per sollecitazioni di chg. 36,7 e 32,5 per mmq. rispettivamente; e siccome la prima di queste cifre corrisponde alla resistenza del ferro dolce, rimane giustificato il considerare come a cerniere l'arco rinforzato col ferro d'angolo alle imposte.

*

Nelle esperienze colle tre volte della luce di m. 4,05 impostate su piedritti assolutamente rigidi di muratura:

La volta di *calcestruzzo* (spessore in chiave di cm. 10, saetta dell'arco cm. 41), si ruppe sotto il carico di chg. 3865 per mq. di mezza volta caricata;

La volta di *cemento sistema Monier* (spessore in chiave cm. 5, saetta dell'arco cm. 40) non si ruppe che sotto il carico a mq. di chg. 4860 per mezza volta.

In entrambe le volte le prime lesioni all'imposta si presentarono sotto il carico di chg. 2000 per mq.; epperò le loro condizioni di resistenza si equivalgono anche per tali ampiezze.

Invece i risultati avuti dalla volta di *mattoni* (spessore in chiave cm. 14, saetta dell'arco cm. 35) sono alquanto inferiori, il carico per mq. di mezza volta che produsse la rottura, essendo stato di chg. 1341.

Una volta di dimensioni consimili costruita a Brünn in *calcestruzzo con ossatura metallica*, sistema Melan, dalla Ditta Pittel e Brausewetter di Vienna, permise di arrivare fino al carico di 6900 chg. senza accenno di rottura, dopo di che si scaricò per misurarne le deformazioni permanenti.

I risultati seguenti mostrano la buona resistenza del sistema, tanto per abitazioni quanto per piccoli ponti.

	Spostamenti	Sotto carico di 6000 chg.	Scaricata la volta
in chiave, verticale		mm. 17,1	2,4
» orizzontale		» 7,6	0,6
ad 1/4 dell'arco	verticale	» 28,3	2,3
nella 1/2 campata carica	orizzontale	» 6,7	0,6

Questa volta aveva la corda di m. 4, la saetta di m. 0,29; era larga m. 3, e ad ogni metro vi erano nella massa di calcestruzzo delle travi a I alte m. 0,08, incurvate colla forma

dell'arco, il cui spessore era pure di cm. 8. Il calcestruzzo constava di una parte di cemento Portland per 5 di sabbia e ghiaia.

Ricerche sugli archi da ponte. — Abbiamo anche qui due serie di esperienze: le une sopra due archi di m. 10 di luce, eseguite nella stazione di Matzleinsdorf della Südbahn; le altre assai più importanti eseguite sopra 5 archi nelle cave di pietra di Purkersdorf, presso la stazione omonima della Westbahn.

*

Archi di m. 10 di luce con saetta di 1/10. — Queste esperienze presentavano uno speciale interesse, trattandosi di due ponti completi (l'uno con arco di cemento armato, sistema Monier; l'altro con arco di calcestruzzo compresso), di due veri ponti aventi i muri delle fronti, il rinfianco, la cappa ed il soprastante armamento ferroviario normale. La larghezza del manufatto era di m. 4.

Alla volta di cemento armato, sistema Monier, fu assegnato lo spessore in chiave di cm. 15 ed alle imposte di cm. 20. Nel corpo della volta presso l'intradosso fu disposto un reticolato a maglie quadrate di 55 mm. di lato, formato con sbarre longitudinali dello spessore di 10 mm. ed altre trasversali, colla curvatura stessa della volta, di mm. 7.

Le spalle in muratura di mattoni dello spessore di m. 2 furono rinforzate con un banco di calcestruzzo di un altro metro di spessore; i muri di fronte ebbero lo spessore di cm. 50; lo spazio fra di essi compreso fu riempito di breccia sulla quale era disposto l'armamento ordinario per ferrovia.

La volta fu eseguita nell'ottobre 1889 e le prove di carico vennero fatte nel maggio 1890.

Nella prima prova s'impiegò una locomotiva i cui tre assi di tonn. 10,3, 13, 10,3 comprendevano metà campata, e si verificò alla chiave una freccia elastica di 1 mm.

Nella seconda prova s'impiegò una locomotiva i cui quattro assi di tonn. 11,6, 11,6, 12,7, 12,7 occupavano metà campata, e si verificò alla chiave una freccia elastica di mm. 1,5.

Per ultimo si andò caricando la mezza volta che diremo di sinistra con strati di rotaie alternatamente parallele e perpendicolari alle fronti per modo da portare il carico da chilogrammi 52700 (2635 per mq.) a chg. 170000 (8500 per mq.). Ma arrivati a 180000 chg., non si poté proseguire l'esperienza per insufficiente resistenza dei piedritti, essendo avvenuto scorrimento orizzontale alla sezione dell'imposta scarica, e conseguentemente un abbassamento generale della volta.

Vuolsi osservare che, arrivati al carico di 90000 chg. (4500 per mq.), verificossi in chiave l'abbassamento di millimetri 10,9 ed uno spostamento orizzontale di mm. 2,3, ed apparve una lesione nel muro di fronte sulla spalla sinistra penetrante fino a 2/3 dello spessore della volta.

Portato il carico a 100000 chg. (5000 per mq.), si verificarono lesioni in entrambi i muri di fronte, cominciando dall'alto, presso il mezzo della semivolta scarica.

Avvenuto lo scorrimento all'imposta destra e l'abbassamento generale della volta, ed il carico essendo ancora stato portato a chg. 196000 (9810 per mq.), le fenditure si aprirono maggiormente, le imposte si spostarono in fuori rispettivamente di mm. 20 e 40 e le deformazioni della volta furono tali da consigliarne la demolizione.

*

Demolita la volta e rifatte le parti guaste delle murature delle spalle, accresciuto il loro spessore a m. 4 per impedire altri scorrimenti, fu costruita dalla Ditta Pittel e Brausewetter una volta di calcestruzzo compresso dello spessore uniforme di cm. 42.

Siccome l'arco era da considerarsi *non* incastrato alle estremità, per realizzare tale condizione venne interposto uno strato d'asfalto di 12 a 15 mm. di spessore fra il calcestruzzo delle imposte e quello dell'arco.

Le proporzioni del calcestruzzo per la costruzione dell'arco furono di 1 parte in volume di cemento Portland, di 3 parti di sabbia ed 1 parte di pietrisco calcareo. Fu messo in opera

per strati di cm. 15 di spessore e convenientemente compresso, proseguendo il lavoro senza interruzioni.

La volta fu costruita nel novembre del 1890; al disarmo che avvenne 40 giorni dopo, non si riscontrarono abbassamenti sensibili. Le prove di carico vennero fatte nel giugno del 1891, cioè circa 7 mesi e mezzo dopo eseguito il lavoro.

Per caricare la costruzione si impiegarono di bel nuovo strati di rotaie disposti sulla semivolta di sinistra.

Sotto il carico di chg. 50800 (2540 per mq.) si verificarono due leggere lesioni nelle due fronti al disopra dell'imposta caricata, ed ebbesi abbassamento in chiave di mm. 2 e spostamento orizzontale di mm. 0,5.

Portato il carico a chg. 70200 (3810 per mq.), si verificò dalle due fronti una lesione nella volta verso il mezzo del tratto caricato; e l'abbassamento in chiave risultò di mm. 4 con spostamento orizzontale di mm. 0,9.

Portato il carico a chg. 101600 (5080 per mq.) e lasciato per due ore, aumentarono di 1,5 gli spostamenti ed un poco le fenditure.

Scaricata allora la trave, l'abbassamento in chiave che aveva raggiunto mm. 6,2, si ridusse a mm. 3,5 (deformazione permanente) e lo spostamento orizzontale diminuì da mm. 1,4 a 0,7.

Poi si ricominciò a caricare la mezza volta per arrivare a carichi di gran lunga più elevati del carico massimo che una simile costruzione sarebbe in via normale destinata a sostenere.

Arrivati al carico di chg. 206430 (10322 per mq.) si manifestarono nel tratto di volta caricato in diversi punti presso i due quinti dell'intera corda a partire dall'imposta, delle fenditure che raggiungevano circa 1/3 dello spessore della volta.

Dopo tre giorni che agiva lo stesso carico, l'abbassamento in chiave era aumentato da mm. 21,6 a 28,5; lo spostamento orizzontale da mm. 2,2 a 2,6.

Scaricata allora di bel nuovo la volta, si riscontrò un abbassamento permanente alla chiave di mm. 15,9 ed uno spostamento orizzontale di mm. 1,6.

Queste deformazioni permanenti dopo levato il carico raggiungono circa i 55 centesimi delle deformazioni massime ottenute, e sono certamente assai elevate, ma anche il carico a cui è stato sottoposto il ponte vuolsi ritenere doppio di quello normale a cui potrebbe essere sottoposto.

Nel confrontare i risultati dei due archi sperimentati, quello di cemento armato, sistema Monier, e quello di calcestruzzo compresso, devesi tener presente che per il primo, in causa di insufficiente resistenza dei piedritti, sotto il carico di chg. 9000 per mq. era avvenuta una separazione e scorrimento all'imposta, mettendosi dopo ciò la volta in cattive condizioni di resistenza, mentre nella volta di calcestruzzo anche per il carico maggiore (chg. 10322 per mq.) le imposte sono rimaste fisse, epperò la volta poté meglio resistere.

Notiamo fin d'ora, ciò che risulterà meglio in seguito dalle prove di Purkersdorf, che alla resistenza delle due volte sperimentate ha non poco contribuito la presenza dei muri di fronte e dei forti rin fianchi.

*

Archi di m. 23 di luce e m. 4,60 di saetta. — Come già si disse, gli archi sperimentati furono cinque, uno in pietra da taglio a conci regolari, uno di mattoni, uno di calcestruzzo compresso, uno di cemento armato sistema Monier, ed un arco metallico.

Le disposizioni del cantiere di esperimento permettevano di costruire contemporaneamente due archi di prova, ciascuno di metri 2 di larghezza a conveniente distanza l'uno dall'altro, e convenientemente incassati nella roccia in modo da garantire un'assoluta stabilità.

Queste prove differiscono da quelle dianzi descritte per esservi qui la sola arcata, senza muri alle fronti, e senza riempimento intermedio; epperò il peso delle rotaie a strati successivi che fungeva da carico di prova sulla mezz'arcata di sinistra veniva portato da sei stilate metalliche, distanti fra loro m. 2,25, di cui una sul giunto di chiave, poggianti inferiormente ciascuna sopra una trave di ferro che ripartiva il

peso per tutta la lunghezza della volta, e a tale effetto disposta sopra opportuno scanno facente corpo colla massa muraria dell'arcata.

In causa dell'altezza crescente delle stilate dalla chiave all'imposta, il peso proprio dell'armatura sorreggente il carico di prova fu reso uguale su tutti i punti coll'aggiunta di conveniente numero di rotaie affinché il peso proprio dell'armatura riuscisse uguale per tutti i punti di carico della volta. Esso risultò pertanto di 889 chg. per mq. sulle prime quattro volte di struttura murale, e di 818 chg. per l'arco metallico.

La volta in pietra da taglio a conci regolari fu costruita nell'agosto 1891, con pietra arenaria di media durezza delle cave di Purkersdorf. L'intradosso fu fatto ad arco di cerchio con raggio di m. 16,67 che corrisponde alla corda di m. 23 ed alla saetta di m. 4,60. Alla volta fu dato in chiave lo spessore di m. 0,60 ed alle imposte di m. 1,10. La lavorazione delle faccie della pietra era quella comune, a grossa grana. La malta era formata da 500 chg. di cemento Portland di Kirchdorf a lenta presa per ogni metro cubo di parte, ossia da 1 parte in volume di cemento e 2,6 di sabbia.

La volta di mattoni della stessa dimensione della precedente fu costruita nel settembre 1891 con mattoni fabbricati a macchina assai resistenti, e malta come per la volta precedente; lo spessore medio della malta nei giunti era di 8 mm.; i mattoni si mettevano in opera convenientemente bagnati.

Tanto per l'arco di pietra da taglio, come per quello di mattoni, la muratura si fece cominciando contemporaneamente alle due imposte ed entrambe le volte furono lasciate coll'armatura circa sei settimane prima di venire disarmate.

Nell'ottobre si collocarono le armature di sostegno del carico di prova e quindi si procedette alle esperienze.

Nell'arco di pietra le deformazioni al disarmo furono piccolissime. Le prime lesioni si presentarono sotto un carico di 2457 chg. per mq. e lasciata la volta in queste condizioni da un giorno al successivo le deformazioni verificate (abbassamento alla chiave mm. 1,5, spostamento orizzontale 4,7) non aumentarono sensibilmente. Ma sotto il carico di chilogrammi 3218 per mq. avvenne la rottura.

Si riscontrò che solo in una sezione di rottura era spezzato un pezzo di pietra; che la malta aveva fatto buona presa sulle faccie scabre di pietra, mentre la presa era imperfetta sulle faccie troppo lisce. Nelle rotture dovute a trazione la pietra rimase sempre intiera e la separazione era sempre nella superficie di contatto fra la pietra e la malta.

Nell'arco di mattoni le deformazioni al disarmo furono alquanto più sensibili che nella volta di pietra, essendosi verificato un abbassamento alla chiave di mm. 5,2. Le prime lesioni si manifestarono sotto un carico di 1835 chg. per mq.; aumentarono sotto un carico di 2465 chg. e scomparvero appena la volta fu scaricata. La rottura avvenne sotto il carico di 2937 chg. per mq. quando in chiave erasi già verificato un abbassamento di mm. 12 ed uno spostamento orizzontale di mm. 15,1, mentre il punto di mezzo della parte caricata erasi abbassato di mm. 28,6, e quello della parte scarica erasi rialzato di mm. 29,8. In alcuni punti di questa volta si riscontrarono rotti per schiacciamento anche i mattoni, mentre nelle rotture dovute a trazione fu anche qui riscontrato che la separazione era nella superficie di contatto fra i mattoni e la malta.

*

Alla volta di calcestruzzo compresso si diedero le stesse dimensioni delle precedenti, salvo lo spessore che si fece uniforme di m. 0,70.

La esecuzione della volta fu fatta dalla ditta Pittel e Brausewetter, mettendo alle sezioni d'imposta uno strato di asfalto. Venne impiegato nella formazione del calcestruzzo cemento Portland a media presa; le dimensioni del pietrisco di arenaria e della ghiaia non superavano i cent. 3. I misugli erano tre, coi seguenti rapporti in volume:

	Cemento	Ghiaia	Pietrisco	Sabbia
I.	1	0,5	0,5	1
II.	1	1,5	1,5	2
III.	1	3	2	3

e furono impiegati i due primi per le parti dell'intradosso e dell'estradosso nelle quali con carico parziale si dovevano presentare sforzi di tensione ed il terzo per il rimanente. Il lavoro fu fatto contemporaneamente procedendo dalle due imposte, e ciascuno strato di calcestruzzo veniva compresso isolatamente in posto e pigiato in direzione tangenziale alla volta, e la costruzione dell'arco proseguì senza interruzione in modo che le differenti parti del calcestruzzo fatte con diverse proporzioni potessero aderire intimamente prima della presa.

L'arco fu disarmato due mesi dopo e durante questo periodo esso venne diligentemente bagnato e tenuto riparato dai raggi del sole.

Le prove cominciarono tre settimane dopo il disarmo, e riuscirono notevoli per le limitate deformazioni presentate e per l'elevato carico richiesto a produrre la rottura.

Il disarmo diede luogo ad un abbassamento alla chiave di mm. 0,6 e ad uno spostamento orizzontale della medesima di mm. 0,7.

Le prime lesioni si presentarono sotto il carico di 2750 chilogrammi per mq. e precisamente a m. 7,50 dall'imposta nella mezza volta carica.

Sotto il carico di 3243 chg. per mq. l'abbassamento in chiave e lo spostamento orizzontale non erano che di mm. 4,8 e 6,2 rispettivamente; il punto di mezzo della parte caricata s'era abbassato di mm. 12,4 e quello della parte scarica si era sollevato di mm. 8,8. Non s'erano manifestate altre fenditure. Ma portato il carico a 3619 chg. per mq. l'arco si ruppe improvvisamente in tre punti, cioè a m. 7,5 e m. 10 dall'imposta nella semivolta carica ed a m. 6 nella semivolta scarica.

Nel demolire la volta dopo la rottura venne osservato che la separazione dei pezzi di calcestruzzo avveniva di preferenza secondo le superficie limiti dei calcestruzzi di miscuglio differenti, e ciò malgrado la grandissima diligenza avuta nella esecuzione; il che induce a ritenere preferibile l'impiego di calcestruzzo di una sola qualità per ottenere maggiore omogeneità nella struttura. Si riscontrò pure che, malgrado le speciali cure avute nell'esecuzione ed il tempo decorso di circa tre mesi dalla costruzione alle prove, in parecchi punti il calcestruzzo non aveva ancora fatto sufficiente presa, nè raggiunta quella resistenza che invece era stata raggiunta in altre parti.

Gli spessori di asfalto interposti alle sezioni d'imposta non presentavano deformazioni sensibili.

*

L'arco di *cemento armato sistema Monier* era anch'esso di 23 m. di luce con m. 4,60 di saetta, e della larghezza di m. 2; ma l'intradosso anziché ad arco di cerchio era conformato ad arco di parabola, e lo spessore dell'arco era variabile da m. 0,35 in chiave fino a m. 0,60 alle imposte.

Quest'arco venne costruito secondo le prescrizioni della Ditta G. A. Waysz e Comp. di Vienna impiegandosi nell'imposto le proporzioni di una parte in volume di cemento Portland a lenta presa e tre di sabbia del Danubio.

I due reticolati in ferro costituenti l'ossatura metallica all'intradosso ed all'estradosso dell'arco, consistevano ciascuno in un sistema di ferri tondi del diametro di mm. 14 disposti parallelamente secondo le direttrici dell'arco, e in un altro sistema di ferri tondi del diametro di mm. 7, disposti perpendicolarmente ai piani, cioè secondo le generatrici; la larghezza delle maglie di questo reticolato era di 65 mm. e le sbarre agli incroci erano fra loro assicurate con filo di ferro.

La costruzione dell'arco si fece il 2 giugno 1892, impiegando quattro squadre di operai per la preparazione del materiale e quattro per la pigiatura; due squadre procedevano dall'imposta verso il mezzo e due dal mezzo di ciascuna semivolta alla chiave, con che la chiusura avveniva in tre punti, cioè in chiave ed alla mezzaria di ciascuna semivolta. Si cominciò dal collocare il reticolato inferiore convenientemente assicurato nella muratura degli appoggi, sostenendolo da 5 a 6 cm. al disopra della superficie dell'armatura con piccoli ciottoli in modo che restasse poi bene immerso nella massa del calcestruzzo; questo venne disposto per strati successivi

di m. 0,15 di spessore, che venivano fortemente pigiati in direzione radiale; si procedette in questo modo fino a cm. 8 sotto l'estradosso, dopodiché si collocò il reticolato superiore (del peso di chg. 1200) sulla massa ancora fresca di calcestruzzo, e si completò l'arco per l'intero spessore. La superficie d'estradosso fu quindi ricoperta di uno strato di sabbia di cm. 15 di spessore, che si teneva inumidito, e serviva anche a riparare la costruzione dai raggi del sole.

Il disarmo si fece dopo due mesi. Si posò quindi l'armatura metallica di sostegno dei carichi di prova come nei casi precedenti, ed in fine di agosto furono fatte le prove di resistenza.

Le deformazioni al disarmo furono assai piccole, avendosi avuto al punto di chiave un abbassamento di mm. 1,2 ed uno spostamento orizzontale di mm. 0,4.

Le prime lesioni si presentarono per il carico di chg. 3414 per mq. quando il punto di mezzo della parte caricata aveva già subito l'abbassamento di mm. 11,9 e lo spostamento orizzontale di mm. 8,4, ed il punto di mezzo della parte scarica erasi sollevato di mm. 16,2 e spostato orizzontalmente di mm. 8,7, mentre il punto di chiave si era sollevato di mm. 0,2 e spostato orizzontalmente di mm. 8,9.

Altre fenditure si aggiunsero quando il carico venne in due riprese portato a chg. 4336 per mq. Ma tutte si chiusero quando la volta fu scaricata. Gli abbassamenti verticali dei punti di mezzo della semivolta caricata e di quella scarica che erano rispettivamente +19,4 e -26,1 si ridussero dopo lo scarico rispettivamente a + 8,9 e - 11,2.

Ripreso l'esperimento il carico poté salire fino a chg. 5950 per mq., dando luogo agli abbassamenti dei due punti sopra indicati di + 47,4 e - 62,9 coi corrispondenti spostamenti orizzontali di + 30,2 e + 37,1; ma la rottura non si manifestò che sotto il carico di chg. 6350 per mq.

Nel demolire la costruzione, il calcestruzzo mostrò una durezza relevantissima; il reticolato superiore nelle sezioni di rottura era fortemente incurvato, ma non rotto, ed il calcestruzzo aderiva alle aste di ferro con forza non comune, nè si scorgeva traccia di ruggine. Il lavoro di demolizione fu assai difficoltoso, poichè i pezzi di calcestruzzo che man mano dovevansi levare rimanevano fortemente aderenti al reticolato inferiore. Anche le aste di questo nei punti di rottura della volta erano fortemente deformate, ma non rotte.

*

L'arco *metallico*, anch'esso di m. 23 di luce con cerniera alle imposte, fu costruito in ferro omogeneo Martin dall'officina dell'ing. Gridl. La saetta corrispondente all'asse della trave arcuata risultò di m. 4,556. Ma l'asse, per semplicità e comodità di costruzione, a vece della forma curvilinea, ebbe forma poligonale, coi vertici sopra una parabola, il cui parametro per conseguenza era:

$$p = \frac{(11,50)^2}{4,566} = 29,0276.$$

I due arconi che distavano fra asse ed asse di m. 1,80 ed erano fortemente collegati con travi trasversali e controventi, avevano sezione a I con anima piena di mm. 320 x 10, quattro ferri d'angolo di 80 x 80 x 10, e piattabande con lamiere di 200 x 8, in numero di tre tanto al corrente superiore che all'inferiore nei punti di massima sollecitazione.

Queste dimensioni erano calcolate per avere una sollecitazione massima di chg. 7,5 per mmq. con un carico per mezza arcata ripartito per i due arconi di chg. 3000 per metro corrente, prevedendosi di avere la rottura col carico di chg. 18000 per metro corrente.

Ma le prove non furono potute spingere fino alla completa rottura, poichè il semiarco carico era venuto ad appoggiare sulla sottostante armatura, nè si poteva disimpegnarlo.

E invero, sotto il carico di chg. 15259 per metro corrente (7269 per ciascun arcone) le deformazioni erano già gravissime; nel corrente inferiore del semiarco scarico le lamiere erano storte per la pressoflessione ed i controventi spostati fuori del loro posto.

Riferendoci alle prove fattesi nei limiti dell'elasticità, troviamo che sotto il carico per metro corrente di chg. 5858 si

ebbero i seguenti spostamenti elastici totali e permanenti dopo tolto il carico:

	Elastici		Permanenti	
	Vert.	Orizz.	Vert.	Orizz.
Del punto di chiave . . . mm.	+ 2,3	+ 15,6	- 3,1	+ 1,5
Del punto di mezzo (caricata »)	+ 32,6	+ 19,9	+ 2,1	+ 1,7
della semivolta . (scarica »)	- 32,6	+ 21,3	- 6,5	+ 2,5

(Il segno - indica spostamento verticale all'insù, ed il + abbassamento).

Quando sul finire degli esperimenti si lasciò agire il carico totale massimo che su tutto l'arco era di tonnellate 156, per un giorno intero, si riscontrò bensì nella mezza volta scarica una grave deformazione laterale dovuta alla pressoflessione, ma nessuna fenditura rilevante si presentava, non un chiodo erasi rotto. Si continuò pertanto il carico fino a raggiungere chg. 15259 per metro corrente (carico totale di tonn. 175,178) senza ottenere, come già si disse, la rottura completa.

*

Prove di resistenza dei materiali adoperati nella costruzione degli archi sperimentati. — La determinazione delle resistenze alla trazione ed alla compressione, e dei moduli di elasticità dei materiali impiegati per le murature, nonché le prove dei ferri impiegati per l'arco metallico furono eseguite nel Laboratorio di resistenza dei materiali della Scuola per gli Ingegneri di Vienna.

Mattoni. — Il loro peso specifico risultò compreso fra 1,54 e 1,62. Tagliati per metà e sottoposti allo schiacciamento con una sezione di 210 cent. q., si ruppero sotto il carico di chg. 252 per cent. q.

Esperimentati dei quarti di mattone (sezione resistente cent. q. 47) si trovò per modulo di elasticità chg. 128000 per cent. q. e per carico di rottura chg. 190 per cent. q.

Pietra da taglio. — L'arenaria delle cave di Purkersdorf ha il peso specifico di 2,59. Sottoposta alla compressione in cubi con sezione resistente di 65 cent. q. si trovò per carico di rottura chg. 850 per cent. q. La stessa arenaria in prismi con sezione resistente di 65 cent. q. diede per modulo di elasticità alla compressione 190 000 Chg. per cent. q. e per resistenza alla rottura 747 Chg. per cent. q.

Malte e cementi. — Cubetti di malta adoperata per le volte in pietra, del peso specifico di 1,95, sottoposti a schiacciamento con una sezione resistente di 30 cent. q. si ruppero sotto il carico di chg. 79 per cent. q.

Calcestruzzo compresso per archi da ponte. — Le tre porzioni di cemento, sabbia e pietrisco che abbiamo più sopra distinte coi numeri I, II e III vennero separatamente sperimentate, dapprima alla compressione sotto forma di cubi di 10 cm. di lato, e di prismi di 9 x 9 con altezza di 25 cm. Dalla preparazione del materiale alla prova furono lasciati decorrere 100 giorni; alcuni campioni (S) furono lasciati stagionare a secco, ed altri (A) furono conservati sotto l'acqua per 90 giorni. Ecco i risultati delle prove alla compressione:

	I		II		III	
	(S)	(A)	(S)	(A)	(S)	(A)
Peso specifico .	2,217	2,240	2,103	2,330	2,172	2,225
<i>Cubi.</i> — Carico di rottura Chg. per c. q. . . .	152	275	260	256	107	171
<i>Prismi.</i> — Carico di rottura Chg. p. c. q. . .	201	241	264	251	48	129
<i>Prismi.</i> — Modulo di elasticità Chg. per c. q.	264000	333000	—	307000	74100	—

Non meno interessanti furono le prove di resistenza alla tensione, le quali furono fatte dopo aver lasciato decorrere

200 giorni dalla preparazione dei saggi. Ed eccone i risultati:

	I		II		III	
	(S)	(A)	(S)	(A)	(S)	(A)
Carico di rottura Chg. per c. q.	18,1	29,8	24,9	22,6	9,1	13,2
Modulo di elasticità Chg. per c. q.	250000	357000	280000	—	98000	199000

Cemento armato, sistema Monier. — Questo materiale, nella proporzione di 1 di cemento e 3 di sabbia, del peso specifico di 2,307, fu sottoposto a compressione in cubi di 10 cm. di lato; essi si ruppero sotto il carico di Chg. 238 per cent. q. se conservati a secco, e di chg. 255 se conservati sott'acqua.

I prismi di 9 x 9 dell'altezza di 25 cm. diedero rispettivamente 200 e 222 chg. per carico di rottura, e 364000 e 328000 rispettivamente per modulo di elasticità alla compressione.

Le prove per la resistenza alla tensione diedero 17,1 e 17,9 per carico di rottura; 400000 e 437000 rispettivamente per modulo di elasticità.

Ferri. — Infine la media dei risultati delle esperienze eseguite su provette del ferro impiegato nella esecuzione degli archi metallici sottoposti alle prove fu la seguente:

Carico-limite dell'elasticità Chg. per mmq.	17,7
Carico di rottura	» 40,4
Modulo di elasticità	» 21450.

*

Deduzioni teoriche e conclusioni. — Le prove eseguite e gli elementi raccolti permettono di verificare fino a qual punto la teoria dell'arco elastico sia applicabile al modo di resistere degli archi, e di determinare ad un tempo il modulo o coefficiente di elasticità che conviene nei diversi casi di struttura muraria al complesso della costruzione.

Ed i laboriosi calcoli pubblicati nella *Relazione della Commissione delle volte* conducono indubbiamente ad ammettere che il modo di comportarsi di tutte le volte sperimentate, fino a che non avvennero lesioni sensibili nel corpo della volta, è stato effettivamente quello di un arco elastico.

Ma se l'applicazione della teoria dell'arco elastico al calcolo delle volte di struttura murale permette di prescindere da ipotesi arbitrarie, ed è pienamente giustificato, non debbesi dimenticare le condizioni alle quali l'opera può solo corrispondere ai presupposti della teoria, occorrere cioè che gli appoggi siano assolutamente fissi; che l'armatura non subisca deformazioni durante la costruzione; che si impieghino materiali di buona qualità, in particolare per quanto riguarda le malte; che l'esecuzione sia accurata; che l'armatura dell'arco non venga rallentata prima che le malte abbiano fatto presa e raggiunto un sufficiente grado di resistenza; infine che nel disarmo si proceda con diligenza, in modo uniforme e lentamente.

In quanto allo sforzo unitario massimo sotto cui si presentarono le prime lesioni, ed al modulo di elasticità relativo alle strutture sovradescritte, risulterebbe del pari ammissibile:

1° Che per l'arco di pietra da taglio e malta lo sforzo unitario massimo che produsse le prime lesioni abbia dovuto essere di Chg. 8,5 per cent. q., e che tale in conseguenza deve ritenersi che fosse l'adesione della malta alla pietra arenaria adoperata. E senza tener conto delle esperienze fatte dopo che si erano presentate fenditure nell'arco, la media attendibile per il modulo di elasticità di quella muratura (pietra da taglio con malta) debba ritenersi di 67000 Chg. per cent. q.

2° Che per l'arco di mattoni la resistenza alla trazione, o, per meglio dire, l'adesione della malta ai mattoni, deve es-

sere stata di Chg. 4 a 6 per cent. q., ed in media quindi di 5 Chg., mentre il modulo di elasticità per quella muratura di mattoni è da ritenersi uguale a 28000 Chg. per cent. q.;

3° Che per la volta di *calcestruzzo compresso*, gli strati di asfalto interposti, come si disse, all'imposta per render possibili piccole rotazioni delle sezioni, ebbero, in causa della loro plasticità, effetto analogo a quello di cerniere, però in modo non completo, per cui la curva delle pressioni non era obbligata a passare precisamente per il baricentro della sezione d'imposta, senza potersene nondimeno allontanare di molto. Essere quindi fino a un certo punto giustificato il considerare tale costruzione come un arco in condizioni intermedie fra un arco incastrato ed un arco a due cerniere.

Come *arco a due cerniere* la massima sollecitazione di tensione nelle sezioni in cui presentoransi le prime lesioni risulterebbe di Chg. 26 per cent. q.

Come *arco incastrato alle imposte* la sollecitazione si ridurrebbe a circa 12 Chg.

Ammettendo pei vincoli d'imposta una condizione intermedia fra le due considerate, puossi quindi ritenere in cifra rotonda che la massima sollecitazione fosse di Chg. 20 per cent. q., che corrisponde all'incirca alla resistenza alla trazione del calcestruzzo adoperato.

Il procurare che i vincoli delle imposte si avvicinino il più possibile alle condizioni di un arco a due cerniere, presenterebbe vantaggio efficace per la resistenza dell'arco essenzialmente quando si facesse variare lo spessore di questo dalla chiave all'imposta, corrispondentemente agli spostamenti della curva delle pressioni dell'asse.

Dalle deformazioni dell'arco fu pure dedotto per questo caso il valore del modulo di elasticità del calcestruzzo impiegato; e sebbene i risultati ottenuti per diverse condizioni di carico siano alquanto disparati, il che può dipendere dal non sapersi ben definire le condizioni dei vincoli alle imposte, sembra tuttavia possa ritenersi attendibile il valore medio di 100000 Chg. per cent. q.;

4° Che per l'arco di *cemento armato sistema Monier*, nel quale la grande resistenza è dovuta alla presenza dei due reticolati di ferro, stante la speciale struttura punto omogenea della costruzione, non sarebbero attendibili i risultati di calcoli analoghi a quelli degli altri archi; nè si saprebbe dedurre dalle esperienze nulla di sicuro circa il modo come si ripartiscono le pressioni interne nella costruzione. Ad ogni modo, mentre le prove eseguite porgono elementi per lo studio ulteriore di queste costruzioni, non è neppure per la pratica fuor di proposito il prender nota che il materiale omogeneo *ideale* che colle stesse dimensioni e gli stessi carichi desse uguali deformazioni, dovrebbe avere un modulo di elasticità di 330000 Chg. per cent. q.;

5° Che in tutti quattro gli archi di struttura muraria sperimentati, le deformazioni dell'asse si mantennero proporzionali ai carichi fino a che questi raggiungevano un certo limite diverso per le diverse strutture.

Solo dopo avere superato di molto questo limite, manifestavansi lesioni dovute all'essere superata l'adesione delle malte alla pietra od ai mattoni nelle prime due volte, ed all'essere superato il limite di resistenza alla trazione del materiale impiegato nella costruzione degli archi di calcestruzzo e di cemento armato; e tale sollecitazione unitaria massima raggiunse nei primi due archi lo sforzo di 6 a 9 Chg. per cent. q.; in quello di calcestruzzo circa Chg. 15 a 20 per cent. q.; in quello di cemento armato, fatta l'ipotesi del materiale omogeneo ideale, lo sforzo di 40 a 64 Chg. per cent. q.

Le sezioni in cui si manifestarono le fenditure, sono generalmente nei tratti fra $\frac{1}{4}$ ed $\frac{1}{3}$ e fra $\frac{2}{3}$ e $\frac{3}{4}$ della luce misurati a partire dall'imposta, e corrispondono quindi alle posizioni indicate dal calcolo come pericolose.

Le prime lesioni si presentarono lentamente e senz'essere accompagnate da improvvise speciali deformazioni. Negli archi di pietra e di mattoni seguivano l'andamento dei giunti di posa, mentre furono irregolari negli archi di calcestruzzo e di cemento armato. Scaricando la volta, le fenditure scomparivano, mentre con successivo carico presentavansi di nuovo le stesse, poi si allargavano e col crescere del carico aumentavano di numero.

I carichi poterono essere di molto aumentati anche dopo la comparsa delle prime lesioni, ed il carico-limite di rottura superò quello che produsse le prime lesioni:

nell'arco di pietra	del 30 per cento,
» mattoni	» 59 »
» calcestruzzo	» 31 »
» cemento armato	» 86 »

Le esperienze fatte hanno inoltre confermato come il presentarsi di lesioni sia in generale dovuto alle sollecitazioni di trazione, e nella limitata resistenza alle sollecitazioni di tensione risiede la relativa debolezza delle ordinarie costruzioni di muratura. D'altra parte però questa proprietà preserva gli archi di muratura da improvvise rotture, poichè dopo le fenditure dovute alla insufficiente resistenza alla trazione, entra essenzialmente in azione, in quelle sezioni pericolose, la resistenza alla compressione, che nei materiali adoperati è sempre dalle 12 alle 20 volte maggiore della resistenza alla tensione, e permette alla volta di continuare a resistere non solo, ma di sopportare anche carichi maggiori.

Benchè le esperienze fatte abbiano dimostrato che entro certi limiti le murature resistono a sollecitazioni di tensione, pure è consigliabile che le dimensioni degli archi di pietra da taglio e di mattoni vengano determinate in guisa che le sollecitazioni di tensione non si verifichino, o si presentino in misura assai limitata. Invece per gli archi di calcestruzzo sembra più giustificato il fare assegnamento sopra la resistenza alla trazione, ma non si può dir nulla di assoluto in quanto al limite ammissibile di tali sollecitazioni, la resistenza alla trazione essendo diversa per le diverse qualità e proporzioni del materiale impiegato; epperò in ogni caso saranno previamente da eseguirsi prove di resistenza del calcestruzzo che si vorrà impiegare, ed in seguito ai risultati di esse si potranno fissare i limiti delle sollecitazioni ammissibili;

6° Che per l'arco *metallico a due cerniere*, gli spostamenti misurati nelle esperienze, e riconosciuti fino a un certo limite proporzionali alle grandezze dei carichi, coincidono sensibilmente con quelli calcolati in base alla teoria dell'arco elastico a due cerniere; che al limite dei carichi entro il quale si verifica la suddetta proporzionalità corrisponde come sollecitazione unitaria massima il carico-limite di elasticità del materiale adoperato; e che il carico massimo sopportato corrisponde nella sezione pericolosa ad una sollecitazione massima di 30 Chg. per mm. q., restando così confermata appieno l'attendibilità dei risultati dei calcoli basati sulla teoria dell'elasticità.

*

Dati di costo relativi agli archi eseguiti. — Non meno interessanti sono le seguenti cifre relative al costo di costruzione dei cinque archi di 23 metri di luce eseguiti per le prove; questi dati di costo sono calcolati per un metro di larghezza della volta.

	Costo totale dell'arco	Costo dell'arco per ogni 100 Chg. di carico sopportato da mezza volta
Arco di pietra	L. 640	76
» di mattoni	» 775	110
» di calcestruzzo	» 640	68
» di cemento armato	» 1090	68
» metallico	» 5580	112

Dalle quali cifre risulta che le costruzioni più economiche ragguagliate alla resistenza presentata sarebbero quelle di calcestruzzo e quelle di cemento armato.

*

Norme per la costruzione di grandi archi di struttura muraria. — Come complemento alla esposizione dei risultati delle esperienze eseguite sugli archi da ponte e delle conclusioni che se ne ricavarono, la Commissione delle volte ha formulato alcune norme per la costruzione dei grandi archi di struttura muraria:

a) *Calcolo delle dimensioni.* — Il calcolo deve farsi in base alla teoria dell'arco elastico, ed è sufficiente considerare due condizioni di carico, cioè il carico totale ed il carico esteso a mezza volta.

Perchè i carichi concentrati mobili possano venire convenientemente ripartiti su tutta la larghezza della volta, e perchè le azioni dinamiche sieno meno dannose, è necessario che fra l'estradosso ed il piano della strada venga interposto uno strato di ghiaia o pietrisco di sufficiente spessore (almeno di 1 metro per i ponti ferroviari).

Lasciando da parte le volte speciali di cemento armato sistema Monier, per tutte le altre strutture, e per rapporti tra corda e saetta compresi fra 1 : 2 ed 1 : 5, trattandosi di ponti per ferrovie o per strade ove debbano transitare carichi assai forti, sono da adottarsi le seguenti dimensioni:

Luce dell'arco	Spessore alla chiave	Minima larghezza ammissibile del volto
m. 30	m. 1,10	m. 2,40
» 40	» 1,40	» 3,00
» 65	» 2,20	» 4,50
» 80	» 2,70	» 5,60
» 100	» 3,40	» 7,00
» 120	» 4,10	» 8,60

Lo spessore alle imposte dev'essere una volta e mezzo quello in chiave; e se la volta è a tutto sesto dev'essere 1,7 quello in chiave. Specialmente per piccola larghezza in chiave è opportuno aumentare la larghezza all'imposta, dando alle fronti la inclinazione di 1 : 20 sulla verticale.

Le sollecitazioni unitarie massime ammissibili per archi di mattoni o di pietra da taglio, sono: per la tensione da Chg. 1 a 2 per cent. q. e quelle a pressione possono prendersi fra $\frac{1}{10}$ ed $\frac{1}{3}$ del carico di schiacciamento del materiale impiegato, secondo che la luce varia da m. 30 a 120. Ma le prove di schiacciamento si dovrebbero fare sopra una porzione di muratura simile a quella che vuoi impiegare (1). Come valori medi si può ritenere che ad una muratura costituita da mattoni buoni o pietra da taglio, con malta formata da una parte di cemento e $3\frac{1}{2}$ di sabbia, oppure con calcestruzzo nelle proporzioni di 1 : $3\frac{1}{2}$: 3, corrisponde un carico di schiacciamento non inferiore a 200 Chg. per cent. q.

La forza di adesione delle buone malte alle pietre è in media di Chg. 7 per cent. q. Se la malta nei giunti ed il calcestruzzo vengono fortemente pigiati, la resistenza unitaria alla trazione od alla compressione della muratura può ritenersi aumentata di $\frac{1}{2}$.

Se il rapporto tra la saetta e la corda è inferiore ad 1 : 5, diviene necessario ammettere sollecitazioni unitarie maggiori, ciò che anche sperimentalmente è giustificato; ed è opportuno impiegare conci più grossi di pietra assai resistente, comprimendo bene la malta nei giunti.

b) *Materiali da impiegarsi.* — Per archi di portata superiore ai 40 metri, il volume dei conci dovrebbe essere il maggiore possibile; la lavorazione delle faccie della pietra da taglio dev'essere grossolana per facilitare la presa delle malte. In mancanza di pietra da taglio si possono impiegare blocchi di calcestruzzo formati con pietrame resistente, oppure mattoni ben cotti e resistenti; in ogni caso debbono i materiali presentare una resistenza allo schiacciamento non inferiore ai 200 Chg. per cent. q., ed alla trazione non inferiore a 7 Chg. per cent. q.

E' bene in questi casi impiegare malta formata con 1 di cemento Portland e $3\frac{1}{2}$ di sabbia.

Per la preparazione dei blocchi di calcestruzzo le proporzioni debbono essere 1 di cemento per 6 di sabbia e ghiaia o pietrisco.

La presenza di sbarre di ferro nell'interno della massa dei blocchi di calcestruzzo contribuisce ad accrescere la loro resistenza.

c) *Esecuzione del lavoro.* — Condizione essenziale che deve essere soddisfatta quando vogliono eseguire archi di rilevante ampiezza, è l'assoluta stabilità ed immobilità dei piedritti; quando su ciò non possa farsi completo assegnamento, o non si possa raggiungere lo scopo se non con grandi spese, bisogna rinunciare all'arco in muratura, ed anche al-

l'arco metallico, per ricorrere ad altro sistema di ponte metallico.

Al pari de' piedritti, vuoi essere ben sicuri dell'armatura; ed allo scopo di non caricarla eccessivamente, è raccomandabile, per archi di luce superiore ai m. 40, di non eseguirli contemporaneamente per l'intero spessore, ma bensì per strati (anelli) successivi di grossi conci, che con opportuni addentellati possono risultare perfettamente legali ai conci degli strati successivi. Sarà perciò opportuno collocare dapprima a secco i conci del primo strato, mettendo dei cunei di legno per mantenere lo spessore di cent. 1,5, destinato ad essere occupato dal giunto di malta.

Sempre nell'intento di evitare deformazioni della centina durante la costruzione del primo anello, è opportuno eseguire la posa dei conci, cominciando in parecchi punti contemporaneamente.

Ultimata la posa di questo primo anello, si riempiono in più punti contemporaneamente gli spazi lasciati fra i conci con malta poco umida, comprimendola e pigiandola fortemente con ferri adatti. Dopo alcuni giorni la malta compressa ha fatto presa, ed il primo anello della volta, unitamente alla centina che ha compito il suo principale lavoro, costituisce un'armatura per l'ulteriore avanzamento della costruzione. I conci del secondo anello e dei successivi vengono posti in opera in modo analogo a quelli del primo anello, coll'avvertenza di comprimere mano mano la malta nei giunti. Se, per esempio, il secondo anello viene costruito contemporaneamente in 6 parti, la chiusura dovrà essere contemporanea in 7 punti; la esecuzione del terzo anello comincerà solo dopo la chiusura del secondo, e così di seguito.

Si deve poi aspettare a rallentare la centina fino a parecchi giorni dopo ultimata la volta.

G. SACHERL.

FISICA TERRESTRE

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA DIREZIONE D'UN CAMPO MAGNETICO UNIFORME PER MEZZO DELL'ORIENTAZIONE DEL MAGNETISMO DA ESSO INDOTTO.

Nota del dott. G. FOLGHERAITER (1).

Dopo di essermi accertato che l'orientazione del magnetismo nei vasi antichi di argilla cotta (2) non ha variato dall'epoca della loro fabbricazione fino al presente, devo esaminare il secondo problema, con quale esattezza, cioè, si arriva a stabilire quale era l'inclinazione magnetica in quell'epoca, basandosi sull'orientazione del magnetismo indotto, che noi riscontriamo in essi (ammessa naturalmente conosciuta la loro posizione durante la cottura).

Il nodo della questione sta tutto nel fatto, che non c'è un metodo, col quale si possa determinare con esattezza la distribuzione del magnetismo libero nei vari punti di un oggetto, e quindi non è possibile nè conoscere la vera orientazione del magnetismo indotto, nè calcolare di quanto l'orientazione apparente, come risulta dalle misure, sia angolarmente spostata rispetto alla vera. Questa difficoltà non può essere altrimenti levata, che col fare delle misure su oggetti da noi magnetizzati in un campo magnetico, di cui conosciamo la direzione, e col calcolare le differenze tra questa direzione a noi già nota e quella apparente del magnetismo indotto. Allora soltanto al valore dell'inclinazione dell'asse magnetico, che noi calcoliamo nei vasi antichi, possiamo apportare la dovuta correzione, ed avremo un mezzo per stabilire la direzione del campo magnetico terrestre, che li ha magnetizzati.

Per mettermi in condizioni il più che era possibile analoghe a quelle in cui si trovavano i vasi antichi, su cui doveva fare le mie ricerche, e per poter conoscere a quale forma e dimensione aveva da dare la preferenza nella scelta di essi, ho preso dell'argilla, colla quale ho fatto parecchi oggetti simmetrici attorno ad un asse, come cilindri, coni tronchi, doppi coni, ecc., di varie dimensioni, i quali furono cotti in apposito forno, tenuti ora in posizione verticale, ora in altre determinate orientazioni. Poi esaminata la distribuzione del loro magnetismo libero, ho dedotto l'inclinazione del loro asse magnetico. Le differenze tra il valore di questa e la direzione del campo magnetico terrestre sono appunto le correzioni che si devono apportare nei vari casi

(1) Veggasi in proposito la nostra nota a pag. 1-5, anno 1885, dell'Ingegneria Civile: Prove di resistenza di pilastri in muratura.

(1) Atti della R. Accademia dei Lincei, agosto 1896.

(2) Vedi Ingegneria Civile, anno corrente, fasc. di luglio, pag. 104.

alla prima quantità per dedurre il valore della seconda. È naturale che le conseguenze che si ricavano dallo studio degli oggetti da me fabbricati sono perfettamente applicabili anche ai vasi antichi, che sono costituiti della stessa sostanza, e che sono divenuti calamite sotto l'azione della stessa forza magnetizzante.

Cercherò ora di dare un breve cenno sul modo di preparare e cuocere gli oggetti e di studiare la distribuzione del loro magnetismo libero per dedurre la direzione del loro asse magnetico.

Preparazione degli oggetti. — Ho fabbricato con argilla degli oggetti, che, come si è detto sopra, avevano la forma cilindrica o conica: per rendere più facile l'operazione e nel medesimo tempo per avere un determinato numero di oggetti della stessa grandezza, ho fatto uso di piccoli modelli, sui quali tali oggetti venivano foggiate. Questi si lasciavano asciugare per circa una settimana, poi venivano ripassati con una raspa per correggere le irregolarità e le dissimmetrie, ed infine, per mezzo della carta vetrata, erano ripuliti e liscii. Con speciale cura cercava anche di rendere le due basi piane e perpendicolari all'asse di simmetria: così, determinata l'inclinazione, che nei vari casi stimava opportuno dare al portaoggetti entro il forno, era pure nota l'inclinazione degli oggetti collocativi sopra.

Tracciava infine con una punta di acciaio due diametri tra loro paralleli, uno per ciascuna base. Il piano da essi determinato, che per brevità chiamerò la *sezione normale*, aveva lo scopo di fissare l'orientazione dell'oggetto durante la cottura, e per non creare delle confusioni, cercai sempre di disporre la sezione normale nel piano del meridiano magnetico.

Cottura degli oggetti. — Era a mia disposizione un forno Perrot, che il prof. Blaserna aveva fatto costruire appositamente per queste mie ricerche (1). La capacità interna utile era circa 6 decimetri cubi, corrispondente ad un cilindro cavo di 20 cm. di altezza per 20 di diametro interno. Tutta l'armatura metallica del forno era di rame, la lampada di bronzo, il tubo di uscita dei prodotti della combustione in parte di rame, in parte di zinco: era stato, cioè, provveduto, che fosse allontanato il ferro o qualunque altra sostanza magnetica che potesse produrre una variazione nel campo magnetico terrestre.

Il forno fu collocato su apposito piedistallo in muratura nel mezzo di una vasta camera al pianterreno del R. Istituto fisico di Roma. Il pavimento di questa rimane sopra una volta reale massiccia, priva affatto di travi di ferro, e così pure il soffitto è a volta reale senza ferro. Però può nascere il dubbio, del resto ben fondato, che il magnetismo del materiale da costruzione, adoperato tanto nelle pareti come nel pavimento e soffitto della stanza, possa influire sulla direzione e forza del campo magnetico terrestre: per accertare il valore della perturbazione prodotta da tutte quelle masse magnetiche orientate in tutti i modi possibili, feci una misura relativa dell'intensità magnetica, collocando l'intensimetro ad oscillazione proprio sul forno e confrontando il valore ottenuto con quello che ottenni alla Farnesina collo stesso strumento pochi giorni prima e dopo: il rapporto delle due intensità, messo eguale ad uno il valore alla Farnesina, è 0,9902. Di più, il professore L. Palazzo mi ha gentilmente determinato, per mezzo d'un inclinometro esatto a 2', appartenente all'Ufficio centrale di meteorologia e geodinamica, l'inclinazione magnetica proprio nel posto ove prima era stato collocato il forno. Il valore di quest'elemento è 57° 40'.

Della declinazione magnetica non mi occupai, e del resto è chiaro che l'unico elemento, del quale devo conoscere con una certa precisione il valore, è l'inclinazione; solo ebbi cura di collocare gli oggetti colla loro sezione normale, sempre nello stesso piano verticale, determinato dalla direzione dell'ago di una bussoletta sensibile al 1/2 grado, che veniva posta sopra il forno.

Nell'interno del forno venne collocato il portaoggetti costituito da un disco di argilla refrattaria bucherellato e reso, mediante arrotondamento, a superfici sensibilmente piane. La superficie superiore venne disposta in piano orizzontale, spostando opportunamente i piedi di sostegno del forno. In tal modo era sicuro che gli oggetti, che vi collocava sopra, avevano il loro asse sensibilmente verticale, ma non ho mai mancato di assicurarmi di ciò mediante una livelletta, che disponeva sulla loro base superiore. Quando, per lo scopo delle mie ricerche, era necessario disporre gli oggetti inclinati di un certo angolo, collocava al di sopra del portaoggetti un secondo disco, che era tenuto nell'inclinazione voluta per mezzo di pezzi d'argilla già cotta. L'inclinazione veniva misurata mediante un regolo angolare ad apertura variabile, di cui un lato era disposto sopra il disco in direzione normale allo spigolo dell'angolo diedro da esso formato col portaoggetti orizzontale, e l'altro lato portava un livello.

(1) Devo ringraziare vivamente il prof. Blaserna per le grandi premure avute a mio riguardo, sia nel mettere a mia disposizione tutto il materiale, che mi ha servito per le ricerche fatte nei musei etruschi di Roma ed Orvieto, sia per gli utilissimi consigli datimi per portare a compimento questo lavoro.

Stabilite così le cose, chiudeva il forno ed accendeva il gas: dapprima per alcune ore il riscaldamento era fatto molto lentamente con una fiamma poco calda e con tiraggio molto piccolo, poi successivamente veniva aumentato il tiraggio, e lasciava che al gas, prima di accendersi, si mescolasse dell'aria. Solo dopo circa sei ore gli oggetti arrivavano alla temperatura corrispondente al color rosso ciliegio incipiente (circa 800°), ed a tale temperatura press'a poco costante erano lasciati per circa 30 ore. Veniva in seguito diminuito un po' per volta il tiraggio, e quando gli oggetti erano ben coperti dal nero fumo depositato dalla fiamma luminosa, questa si spegneva, e si lasciava che essi si raffreddassero lentamente entro il forno. In tal modo una cottura fino al completo raffreddamento durava circa 48 ore. Aperto il forno aveva cura di segnare sopra ciascun oggetto, alla parte superiore diretta verso nord, la lettera *n*, per conoscere in quale posizione era stato cotto.

Distribuzione del magnetismo libero nei vari punti di un corpo. — Ho scelto per tale ricerca il metodo delle deflessioni (est-ovest) che è molto spedito, nel caso mio il più sensibile, e che presenta su altri metodi il vantaggio, che non esiste induzione reciproca tra l'ago ed il corpo da studiare. E' bensì vero che con esso non si misura l'azione del magnetismo libero, che esiste in ogni singolo punto, ma l'effetto di tutti i punti del corpo magnetizzato, perché questi, in grado diverso, secondo la loro distanza e posizione rispetto all'ago dell'intensimetro, aggiungono la propria azione a quella del punto più avvicinato (1); ma è appunto perché non è possibile determinare la vera distribuzione del magnetismo libero nei singoli punti, che hanno ragione di essere queste mie ricerche.

Le misure furono condotte sempre col seguente processo: era a mia disposizione un piccolo ago magnetico, di forma anulare, liberamente sospeso ad un filo di seta finissimo e senza torsione, e che portava nel suo mezzo uno specchietto a disco. Esso era racchiuso in una custodia metallica a forma cilindrica, sormontata da un tubo di vetro, entro il quale stava il filo di sospensione, e terminata alle due basi con due vetri a superfici piane e parallele. Tale custodia era orientata in modo da poter leggere, coll'aiuto di cannocchiale e scala, la posizione dell'ago (i cui poli si trovavano all'estremo del diametro orizzontale).

Sopra uno dei dischetti di vetro (su quello che non mi serviva per la lettura delle deviazioni dell'ago) fissai con gomma un cartoncino, sul quale era tracciato un cerchio diviso in 12 parti eguali, e disposto in modo, che uno dei punti della divisione coincidesse col centro dell'ago, e il diametro corrispondente fosse verticale. Di fronte alla divisione venne collocata una cassetta di legno a sezione quadrata, riempita di segatura e solidamente fissata sopra un montante: una delle pareti era disposta parallelamente al piano del meridiano magnetico, e sul suo margine era stata praticata una scanellatura a forma di segmento circolare in esatta corrispondenza colla parte inferiore del cerchio tracciato sul cartoncino. La scanellatura era limitata dalla parte esterna da una lastrina di ottone sottile e piana, colla quale si faceva combaciare l'estremità degli oggetti allo scopo di rendere fissa e costante la loro distanza dall'ago nelle varie orientazioni, in cui erano collocati per le misure.

Per studiare la distribuzione del magnetismo in un oggetto si appiccicavano a questo, mediante gomma, dei sottilissimi indici di carta nei quattro punti della sezione normale; poi, dopo avere al cannocchiale osservato la posizione di riposo dell'ago, si disponeva l'oggetto coll'asse perpendicolare al piano del meridiano magnetico, ed in modo che una delle sue basi riposasse entro la scanellatura, e venisse a toccare la lastrina di ottone. Si girava in seguito, fino a che la sezione normale era verticale, e quindi i due indici si trovavano sul diametro verticale del cerchio diviso.

Dopo avere letta la deviazione subita dall'ago per la presenza dell'oggetto, veniva questo girato di 30° da sinistra verso destra: avevo cura che esso rimanesse in contatto colla lastrina di ottone, e che la direzione del suo asse si conservasse normale al piano del meridiano magnetico. Notava nuovamente la deviazione dell'ago, e così di seguito fino a che era compiuta la rotazione. Presentava quindi all'ago l'altra base, e ripeteva lo stesso procedimento: solo l'oggetto veniva questa volta girato da destra verso sinistra.

Occorre che io avverta pure che le misure venivano per lo più fatte nelle prime ore dopo il mezzogiorno, nel periodo di tempo quindi in cui le variazioni della declinazione sono assai piccole; ma, ad onta di ciò, non ho mai trascurato di correggere le deviazioni ottenute per la quantità, di cui aveva nel breve periodo variato la posizione di riposo dell'ago, posizione che veniva continuamente controllata.

Modo di calcolare. — Le misure ora descritte non danno, come si sa, la vera distribuzione del magnetismo negli oggetti, nè è possi-

(1) Si comprende bene come sia impossibile isolare l'azione di un punto, perchè, anche se esso fosse staccato dal resto della massa costituente la calamita, agirebbe sempre come una calamita perfetta, e la misura darebbe una quantità di magnetismo eguale a zero.

bile da esse lo stabilire l'orientazione del magnetismo indotto; ma anche se si vuole risolvere questo problema approssimativamente, bisogna ricorrere a qualche ipotesi per semplificare l'argomento. A me sembra, che l'ipotesi più attendibile e nel medesimo tempo molto semplice sia quella di ammettere negli oggetti due calamitazioni sovrapposte, una prodotta dalla componente orizzontale del magnetismo terrestre, l'altra dalla componente verticale. A questa semplificazione è necessario aggiungere ancora, che le azioni dei singoli punti dell'oggetto siano ridotte ad un numero piccolo nel modo analogo a quanto si suppone nella teoria elementare del magnetismo, in cui tutte le forze s'immaginano riunite nei due poli.

Questa ipotesi corrisponde, in certo modo, alla distribuzione del magnetismo, che si trova negli oggetti, sottoposti ad esame. Sia ad esempio dato un cilindro d'argilla e supponiamo, che sia stato cotto tenuto in posizione verticale; la fig. 77 rappresenti la sezione normale e sia il lato ac rivolto verso nord. È naturale allora, che se la forza magnetica terrestre ha agito nella direzione ac , l'oggetto avrà acquistato alla superficie inferiore una polarità nord ed alla superficie superiore una polarità sud. Ma nei diversi punti delle due basi l'intensità magnetica non è eguale: sperimentalmente si trova che nel punto a si ha un massimo nord, in b un minimo nord, e così analogamente in c un minimo sud ed in d un massimo sud. Si può quindi supporre, che tutta l'azione magnetica proceda dai quattro punti della sezione normale, come se fossero quattro poli, e che i due massimi rappresentino la sovrapposizione di due magnetismi omonimi ed i due minimi la sovrapposizione di magnetismi opposti. Se chiamiamo allora h la componente orizzontale del magnetismo indotto e v la componente verticale, e supponiamo per un momento che la deviazione prodotta sull'ago calamitato, sia dovuta unicamente al magnetismo libero proprio del punto più avvicinato, e che perciò non abbiano sull'ago influenza alcuna gli altri tre punti, avremo che l'intensità magnetica è data:

$$\begin{aligned} \text{in } a \text{ da } &+ h + v \\ \text{» } b \text{ »} &- h + v \\ \text{» } c \text{ »} &+ h - v \\ \text{» } d \text{ »} &- h - v \end{aligned}$$

e quindi h è uguale alla semidifferenza algebrica delle intensità ottenute in a e b oppure di quelle in c e d ; il valore della componente verticale v è uguale alla semidifferenza algebrica delle intensità magnetiche avute in a e c oppure in d e b .

Ma la nostra supposizione non è esatta, perchè la deviazione dell'ago è dovuta realmente all'azione complessiva del magnetismo libero di tutti i punti, che agiranno con intensità diversa secondo la loro distanza e posizione rispetto all'ago durante le misure. Il calcolo quindi delle due componenti come è stato ora esposto, non ne dà i veri valori.

In prima e larga approssimazione in base all'ipotesi, che il magnetismo del cilindro sia riunito dove si hanno i valori massimi e minimi, si può sottrarre all'azione totale del cilindro, quando è avvicinato all'ago uno dei quattro punti, quella degli altri tre. Allora se si chiama φ la forza misurata, quando all'ago è avvicinato un punto di massima intensità (per es. a), e φ' la forza quando invece è avvicinato un punto di minima intensità (per es. b) avremo:

$$\begin{aligned} \varphi &= K(h + v) - K_1(h - v) + K_2(h - v) - K_3(h + v) \\ \varphi' &= -K(h - v) + K_1(h + v) - K_2(h + v) + K_3(h - v) \end{aligned}$$

dove K, K_1, K_2, K_3 , sono delle costanti numeriche (1), che dipendono dalle dimensioni dell'ago e dalla sua distanza e posizione rispetto ai quattro punti a, b, c, d .

Se dalle due equazioni si ricava il valore di $\frac{v}{h}$ e se per brevità si mette:

$$\begin{aligned} K - K_1 + K_2 - K_3 &= A \\ K + K_1 - K_2 + K_3 &= A_1 \end{aligned}$$

(1) Se si tiene conto, che dallo stesso metodo di misura risulta, che i 4 punti a, b, c, d , rimangono in un piano verticale che passa per la linea neutra dell'ago, e che due di essi si trovano sulla normale che cade nel centro dell'ago, e due su di una retta ad essa parallela e distante la lunghezza del diametro del cilindro, e se si chiamano: R la distanza del centro dell'ago dal piano corrispondente alla semialtezza del cilindro; l la semilunghezza dell'ago (nel caso mio il raggio dell'anello); L la semilunghezza del cilindro e D il suo diametro, si ha:

$$\begin{aligned} K &= \frac{R - L}{[(R - L)^2 + l^2]^{3/2}} & K_1 &= \frac{R - L}{[(R - L)^2 + l^2 + D^2]^{3/2}} \\ K_2 &= \frac{R + L}{[(R + L)^2 + l^2]^{3/2}} & K_3 &= \frac{R + L}{[(R + L)^2 + l^2 + D^2]^{3/2}} \end{aligned}$$

si ottiene:

$$(1) \quad \frac{v}{h} = \frac{A}{A_1} \cdot \frac{\varphi + \varphi'}{\varphi - \varphi'}$$

L'inclinazione del magnetismo indotto tanto negli oggetti da me fabbricati come nei vasi etruschi, fu calcolata sempre in due modi diversi: una volta in base ai lavori di φ e φ' supponendo cioè, che le varie parti dell'oggetto non abbiano influenza alcuna sulle misure,

e che quindi abbiasi il rapporto $\frac{A}{A_1} = 1$; la seconda volta supponendo tutto il magnetismo riunito nei quattro punti della sezione normale e sottraendo all'azione del punto più avvicinato quella degli altri tre punti: a tal uopo naturalmente ho calcolato caso per caso il valore di $\frac{A}{A_1}$. Per semplificare chiamerò l'inclinazione del magnetismo indotto ottenuta nel primo modo *inclinazione calcolata*, il valore ottenuto nel secondo modo *inclinazione ridotta*.

Nel calcolo di $\frac{v}{h}$ ho preso per valore di φ e φ' rispettivamente la media dei due massimi e dei due minimi.

*

Cause d'errore. — Sul valore che si ottiene per l'inclinazione del magnetismo indotto influiscono molte cause di errore, che ora andrò esaminando e discutendo.

Gli errori di lettura sulla scala e quelli dovuti al modo di disporre l'oggetto rispetto all'ago sono in generale piccoli. Per disposizione dell'apparecchio un millimetro della scala mi rappresentava uno spostamento angolare di 1'; ora raramente la deviazione prodotta era minore di 10', e siccome poteva leggere il 0,1 di divisione, così la precisione era quasi sempre superiore al 0,01 del valore totale. Ho potuto verificare ciò anche ripetendo una serie di misure parecchie volte, avendo cura di allontanare ogni volta l'oggetto dall'ago e di riporlo nella stessa posizione.

Dall'insieme di molte misure fatte per conoscere quale errore si poteva commettere nel determinare l'inclinazione dell'asse geometrico dei vari oggetti collocati sul portaoggetti entro il forno, sono arrivato alla conclusione, che non si può assicurare un'esattezza superiore a $\pm 30'$. A prima vista tale errore sembra assai grande, ma devo richiamare l'attenzione, che all'errore che si commette nel determinare la posizione del portaoggetti, si aggiunge quello dovuto al fatto, che le basi dei vari oggetti difficilmente possono essere rese tra loro parallele e normali all'asse di simmetria. Un'altra causa d'incertezza sull'orientazione degli oggetti sta nella variazione di volume dell'argilla colla temperatura, e quindi nella variazione nell'inclinazione del portaoggetti, nel caso in cui per mezzo di piccoli cunei d'argilla è tenuto in posizione diversa dall'orizzontale. La grandezza dell'errore, che ne risulta, non fu possibile determinare.

L'errore che dipende dallo spostamento angolare della sezione normale dal meridiano magnetico è piccolo; nelle mie misure tale spostamento non ha certamente superato $\pm 30'$, e la differenza d'intensità che si ottiene in due punti della base, che distano di 1° è trascurabile nella maggior parte dei casi.

Una delle cause di errore più gravi è certamente la imperfetta simmetria degli oggetti attorno al loro asse di rotazione e il loro diverso spessore nei vari punti, quando si tratti di oggetti vuoti. La dissimmetria nuoce in doppio modo: 1° non viene compensata l'induzione reciproca fra ago calamitato e le diverse parti dell'oggetto; 2° nei vari punti lo spessore diverso produce l'effetto, come se vi esistessero calamite di maggiore o minore massa magnetica. Ora per quanta cura si ponga nel fare degli oggetti simmetrici, rimangono sempre delle irregolarità. E' vero, che avrei potuto anche tornirli, ma dal fare ciò non solo mi dissuase la grande difficoltà di operare senza romperli, ma anche il pericolo che, durante la cottura, per il diverso restringimento nei vari punti, l'argilla non subisca deformazioni, che rendano inutili la fatica e la cura adoperate per la lavorazione al tornio. E poi essendo mio precipuo scopo il mettere i miei oggetti nelle condizioni più che era possibile simili a quelle dei vasi antichi, avrei esagerato in precauzione, se li avessi lavorati al tornio. E' abbastanza grande il contrasto tra la regolarità apparente dei vasi, quando li osserviamo a distanza, e le irregolarità che essi mostrano, quando si esaminano da vicino attentamente.

Un'idea della grandezza dell'errore complessivo prodotto da tutte le cause enumerate e da altre cause a noi ignote, può farsi, quando si studia la distribuzione del magnetismo in oggetti disposti durante la cottura col loro asse geometrico nella direzione del campo magnetico terrestre. In tale posizione, come vedremo, non ha più influenza alcuna sulla distribuzione del magnetismo la forma e dimensioni degli oggetti, ma solo le cause accennate.

In quanto riguarda il magnetismo temporaneo indotto dalla Terra è facile constatare, che la sua azione viene eliminata, quando per il calcolo delle componenti verticale ed orizzontale del magnetismo degli oggetti si prenda la media tanto dei due massimi che dei due minimi;

e ciò per la disposizione stessa degli oggetti per la misura. E di fatto quando all'ago si presenta per esempio il massimo nord, esso viene aumentato dall'azione del magnetismo temporaneo: invece il massimo sud viene diminuito in eguale misura: la stessa cosa vale naturalmente anche per i due minimi.

Così pure non c'è da temere induzione reciproca tra ago ed oggetto, almeno nei quattro punti della sezione normale, quando l'oggetto è realmente simmetrico attorno al proprio asse. Negli altri punti un po' d'azione può aver luogo, ma questa non ha alcun effetto sui risultati perchè le corrispondenti misure servono, più che altro, ad assicurarsi che non esistono anomalie nella distribuzione del magnetismo libero.

In una prossima Nota verranno dati i risultati delle misure.

NOTIZIE

La ferrovia elettrica a Pont Saint-Martin. — Di questi giorni è stata fatta la visita di ricognizione della nuova ferrovia elettrica destinata al servizio privato dei trasporti delle merci fra la stazione ferroviaria di Pont Saint-Martin e la Ferriera che la Società delle Ferriere di Udine e Pont Saint-Martin ha in quest'ultimo paese.

Ecco alcuni particolari su questa piccola ferrovia che ha lo scartamento ridotto di m. 0,70.

Essa parte dalla stazione della ferrovia con binario parallelo a quello della rete Mediterranea, percorre la strada provinciale, e dopo m. 900 entra nella Ferriera, dove si dirama in parecchi tronchi per portare il materiale nei vari piazzali e magazzini.

La forza motrice è fornita da una turbina a reazione di circa 60 HP, costruita dalla ditta Schlaepfer, la quale mette in moto due dinamo generatrici di 30 cavalli caduna.

Queste dinamo, oltre alla ferrovia elettrica, danno la corrente a parecchi motori sparsi nella Ferriera, i quali comandano ventilatori, seghe a caldo, trancie, motori portatili per usi diversi. La distribuzione è fatta a corrente continua ed al potenziale costante di 300 volts.

Le due generatrici lavorano in parallelo. Esse sono del tipo Manchester con spazzole in carbone, collettore in rame isolato con mica, ed hanno supporti ad oliatura automatica ad anello.

La corrente è mandata lungo la ferrovia elettrica per mezzo di un filo aereo da pali in legno e mensole in ferro.

Il ritorno si fa per mezzo delle rotaie, le quali sono collegate elettricamente fra loro da connessioni in rame.

La linea è servita da una locomotiva elettrica costituita da un telaio a due assi collegati da una catena Galle. Uno degli assi, per mezzo di due paia di ruote dentate, è messo in moto da un motore di tipo chiuso, capace di sviluppare 16 a 18 cavalli, facendo 450 giri al minuto. La corrente è presa dalla linea mediante un *trolley* a rullo, passa entro un regolatore (*controller*) manovrato dal macchinista, indi va al motore e da esso alle rotaie.

La locomotiva è fatta per trascinare uno o più vagonetti portanti un carico netto di Kg. 5000.

Questi vagonetti sono a sponde ribaltabili, alcuni di essi hanno una traversa a bilico per essere messi accoppiati e servire al trasporto di ferri in barre lunghe.

La pendenza della linea è quasi per tutto il percorso compresa fra il 3 ed il 4 per cento.

La velocità prescritta è di 6 chilometri all'ora in salita, e di 8 chilometri sul piano orizzontale.

Tutto il macchinario elettrico, la locomotiva, la linea aerea, i vagonetti, gli scambi e le piattaforme, furono forniti dalla Società Nazionale delle Officine di Savigliano. (*Bollettino delle Finanze*).

La nuova tramvia meccanica da Saint-Germain a Poissy.

— Il sistema di trazione meccanica delle tramvie colla locomotiva a vapore senza focolare, dei signori L. Francq, Lamm e Mesnard, ha ricevuto una nuova ed importante applicazione sulla linea testè inaugurata tra Saint Germain e Poissy. Domenica, 23 corrente agosto, le macchine hanno facilmente rimorchiato su di una rampa del 52 per mille, due treni inaugurali del peso ciascuno di 46 tonnellate. Questi treni comprendevano ciascuno due vetture per viaggiatori ed un vagone per bagagli, carri e biciclette.

Secondo quanto dichiara il signor Léon Francq, un treno di tal fatta non costerebbe che 75 centesimi per chilometro, ossia 25 centesimi per ogni vettura di 50 viaggiatori, come spese d'esercizio, e cent. 15 per spesa di trazione; onde sarebbe evidente che l'esercizio di una tramvia a trazione meccanica di tale sistema si presenterebbe in condizioni eccezionalmente favorevoli (1).

(1) In una Relazione all'assemblea generale del 1894 la *Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine* dinotava, nelle seguenti cifre il costo dei diversi sistemi di trazione adoperati sulle sue linee:

Trazione a cavalli	Fr. 0,557 per Km.
» elettrica	» 0,542 »
» con locomotiva senza focolare	» 0,351 »

Lo scopo principale, cioè la soppressione del focolare nella locomotiva, è ottenuto in questo sistema traendo profitto dalla capacità calorifica dell'acqua alla quale viene comunicata, alla stazione di partenza, una quantità di calore sufficiente a produrre tutto il vapore necessario per operare sugli stantuffi della locomotiva durante l'intero tragitto. Il mezzo pratico per comunicare all'acqua tale quantità di calore consiste nel far passare una corrente di vapore ad alta pressione nel serbatoio o caldaia della macchina, la quale corrente cede all'acqua tutto il suo calore di mano in mano che il vapore si mescola all'acqua stessa. A tale effetto, al deposito di Poissy è impiantato un apposito generatore fisso. La temperatura e la pressione dell'acqua nel serbatoio della locomotiva si elevano contemporaneamente finchè la caldaia della locomotiva abbia raggiunto la pressione che si ha nel generatore; allora la macchina è pronta per partire, poichè il calore racchiuso nell'acqua provocherà subito l'ebollizione non appena il duomo della caldaia sarà messo in comunicazione coi cilindri motori.

Nella pratica è sufficiente che la caldaia della locomotiva resista ad una pressione variabile fra 2 e 15 atmosfere, dovendo la temperatura iniziale dell'acqua raggiungere i 200° e la temperatura finale non dovendo essere inferiore a 130°, perchè abbiasi ancora la pressione necessaria al motore per superare l'attrito di primo distacco.

Ai vantaggi economici derivanti dal modo originale col quale si impiega il vapore prodotto per mezzo di generatori fissi, utilizzando il combustibile in modo migliore che sopra le locomotive, si deve aggiungere quello della minore spesa nella manutenzione delle vetture che non sono più guastate dal fumo.

Anche i viaggiatori e gli abitanti delle vie attraversate e gli stessi fabbricati non hanno più l'incomodo od il danno del fumo; ed ogni macchina non richiede che un solo conduttore. In conclusione, questo sistema di trazione può benissimo stare a pari col sistema di trazione elettrica a filo aereo e rendere eccellenti servizi sulle linee transurbane.

(*Le Temps*).

BIBLIOGRAFIA

Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio. — *Memorie illustrative della Carta idrografica d'Italia: Volturno, Sarno, Tusciano.* — Op. in-8° gr. di pag. 139, colla carta idrografica del bacino del fiume Volturno e del litorale fra i fiumi Garigliano e Tusciano, nella scala di 1 : 250000; e XIII tavole di sezioni trasversali idrometriche. — Roma, 1896.

L'egregio ingegnere G. Zoppi, Capo della Divisione Idraulica e Minerale al Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, ha testè compiuto lo studio sul fiume Volturno, il cui bacino sciolente, esclusa la parte da Capua al mare, dove più non esiste bacino, correndo il fiume scavato nelle proprie alluvioni, raggiunge la considerevole superficie di 5455 chilometri quadrati, ben più vasta di quella compresa nei lavori finora pubblicati sugli altri fiumi. Ed inverò la superficie di tutto il bacino del Sele, di cui abbiamo parlato nel fascicolo precedente, non è che di 3175 Chm.q; quella del Liri-Garigliano, di cui abbiamo discorso l'anno passato, è di 4950 Chm.q; il Nera e Velino, e l'Aniene al disopra di Tivoli, che furono i primi fiumi studiati, hanno rispettivamente un bacino di 4171 e di 683 Chm.q.

L'importanza del fiume Volturno, oltre che alla copia delle sue acque, le quali a Capua discendono raramente al disotto di mc. 32 al secondo, è dovuta alle sorgenti numerose e copiose, le quali scaturiscono nel suo bacino, e delle quali era d'uopo studiare il regime ed il bacino di alimentazione.

Fra le sorgenti basti citare il gruppo di quelle del Serino, con cui è alimentata la condotta di Napoli; le sorgenti di Telesse, in parte solfuree e d'importanza speciale per gli usi medicinali, le quali raggiungono in complesso, fra solfuree e non, il volume medio di 7 metri cubi al secondo; le sorgenti di Capo Volturno, del volume di circa mc. 6, sgorganti da un'altitudine di m. 548 ed utilizzabili per lo sviluppo di forza motrice considerevole; le sorgenti di Montella sul Calore e di Capo Sele, per entrambe le quali esistono progetti per l'alimentazione delle Puglie; infine le sorgenti del Tusciano, le quali possono sviluppare anch'esse considerevoli quantità di forza motrice.

Il complesso di tutte queste sorgenti della portata media di mc. 21 al secondo, messo in rapporto colla superficie del gruppo montuoso calcareo, dell'estensione di Chm.q. 620 circa, conduce ad ammettere necessaria un'annuale infiltrazione nel sottosuolo di 1,02 di pioggia.

Il corso del fiume Volturno, dalle origini sul Meta al mare ha la lunghezza di 175 Chm.; il Calore, che è il più gran tributario del Volturno, dalle sorgenti di Montella al Volturno corre per 108 Chm., ricevendo il Sabato, che dalle sue origini al Calore ha la lunghezza di 49 Chm. e nell'alta vallata del quale scaturiscono in diversi punti le acque del Serino, eccellenti sotto ogni aspetto per gli usi igienici e condotte in parte, con lungo condotto, fino a Napoli a rigenerarvi la salute pubblica. Altro influente importante del Calore è il Tammaro, della lunghezza di 68 Chm.

Nelle misurazioni fatte sul Liri-Garigliano e sul Volturno e Sarno,

l'ing. Zoppi trovò confermata l'esistenza dei fenomeni già da lui enunciati nella Monografia sul Nera e Velino: e noi ci permetteremo di riprodurre nel prossimo fascicolo quelle importanti conclusioni per meglio richiamare l'attenzione degli idraulici sulle medesime che sono il frutto di sei anni di lavoro, nei quali furono eseguite oltre a 250 misurazioni.

Utilissime pertanto riesciranno pure le avvertenze sia sul modo di misurare le sezioni liquide, sia sull'impiego degli strumenti, che l'ingegnere Zoppi fa precedere alla registrazione dei risultati ottenuti. Notiamo particolarmente le ragioni per le quali l'ing. Zoppi esclude nelle misure col molinello il metodo, altra volta adottato, detto d'integrazione, e che consiste nel fare lentamente salire il mulinello dal basso all'alto dell'asta, per ogni verticale, contando i giri ed indicando il tempo di ogni operazione. Operando col sistema integratore, occorre essere in due operatori, uno al maneggio dello strumento ed uno al cronografo; ora raramente si ha la fortuna di avere un ponte sul quale poter operare, e stando in barca si è costretti a stare in posizioni molto disagiate e non di rado pericolose. Il sistema è addirittura impossibile quando, mancando ponti e barche, gli operai debbano entrare nell'acqua, e sia giuoco forza di affidare ad un operaio il maneggio dello strumento. Oltretutto con tale sistema non è possibile fare alcuno studio sulla diversa velocità nei vari punti della sezione, nè riconoscere le irregolarità causate da fili d'erba od altri momentanei impedimenti al buon funzionamento del reometro. La supposta speditezza di questo sistema si verifica solo nel fare le medie con minor numero di osservazioni, il che conduce a minore esattezza. Adunque il metodo integratore è da sconsigliarsi.

Al capitolo delle misure idrometriche tien dietro quello delle osservazioni pluviometriche; ma è veramente da deplorare anche per il Volturno, come già per altri bacini, il mancato funzionamento di molte stazioni pluviometriche, di quelle particolarmente di montagna, che sono per questo genere di studi le più utili, mentre si ha abbondanza di osservazioni nelle regioni di pianura o in collina.

Di ben 20 stazioni pluviometriche funzionanti da più di 4 anni, sono notevoli quella di Napoli che dà la media pioggia annua di 74 anni in m. 0,831; Caserta che dà 1,008, media di 22 anni; Salerno che dà m. 1,041 quale media di 19 anni; Avellino m. 1,210, media di 13 anni; Portici 0,841, media di 12 anni; Benevento m. 0,775, media di 11 anni, ecc. La media pioggia più elevata ci è data dalla stazione di Cerreto (Volturno) che ha dato 1,654, media di 6 anni. E la minore ci è data dalla stazione di Apice (Calore), che sarebbe di 0,690, media per altro di soli 4 anni.

Giustamente osserva l'ing. Zoppi che volendo da tali medie ricavare la precipitazione acqua di tutta la regione che si considera, si cadrebbe in gravi errori, risultando dalle osservazioni delle stazioni più antiche che si verificano periodi di parecchi anni assai piovosi, seguiti da altri periodi relativamente scarsi di pioggia; e basti per tutte citare Salerno, che, con 19 anni di osservazioni regolari, dà una media generale di mm. 1041, mentre la media dei primi 10 anni non era che di 864 e quella degli ultimi 9 si elevava a mm. 1239. Laonde non sarebbero certamente servibili le osservazioni delle stazioni funzionanti da soli quattro anni, nei quali si verificarono, per alcune di esse, sbalzi talmente forti, da escludere qualsiasi media.

Ma se le osservazioni pluviometriche poco prolungate od interrotte nella loro periodicità sono di poco aiuto per riconoscere il regime del bacino, hanno però sempre importanza, così come si trovano, per la determinazione delle magre, perchè ci permettono di mettere a confronto il periodo piovoso che ha preceduto l'epoca in cui furono fatte le misure, coi corrispettivi periodi di molti anni addietro, e ad indicare il generale andamento delle stagioni, bastano pochi osservatori.

Intanto nell'ispezionare i dati pluviometrici della parte centrale della penisola, sul versante Tirreno, rilevasi a prima vista il fatto che la precipitazione acqua è maggiore nelle parti più a sud, che non in quelle a nord; ed il fenomeno che si riscontra non solo lungo il litorale, ma anche entro terra e in località internate nei monti è spiegato dall'ing. Zoppi nel modo seguente: Il vento più propizio di pioggia per l'Italia centrale è quello di libeccio, dopo il quale sta quello di scirocco. Quest'ultimo arriva più carico di vapore acqueo, ma la sua frequenza ed intensità è assai minore del primo. Il libeccio intanto, per giungere al continente, passa sulla Sardegna, sul mare libero, fra la Sardegna e la Sicilia, e su quest'isola. La zona di vento che passa nelle due isole ora dette, vi trova le montagne che ne precipitano parte dell'umidità contenuta, mentre che la zona di vento che non ha toccato terraferma, giunge al continente più carica di umidità, e conserva perciò maggiore potenza di precipitazione. Osservando intanto una carta d'Italia qualunque, si vede subito che il vento di libeccio che traversa il mare fra le due isole, andrebbe a colpire la costa della penisola fra Porto d'Anzio e Salerno, mentre la zona di vento che ha prima scavalcato la Sardegna, toccherebbe il continente da Anzio in su e poi si spingerebbe nella valle del Nera e del Tevere. Quindi si capisce come da Salerno a Porto d'Anzio vi sia precipitazione maggiore che nel Tevere e suoi affluenti, perchè il libeccio vi giunge senza avere incontrato ostacoli nel Mediterraneo.

Segue in apposito capitolo tutto ciò che si riferisce alla determina-

zione delle portate di massima magra, siccome quelle che assai più ci interessano che non le portate maggiori, per le varie sorgenti e corsi d'acqua studiati, e calcolate in base a criteri accuratamente esposti.

Ed in base alla massima magra troviamo il calcolo della forza motrice dei salti principali, a partire da quello della sorgente Capo Volturno che con un salto di 210 m. facendo la presa al ponticello presso il molino Battiloro, potrebbe dare 15 960 cavalli-vapore. Così dalle magre del fiume Lete, dallo Speco a Prata, si possono ricavare 4000 cavalli; e dal fiume Tusciano, destinato a grande avvenire per la sua relativa vicinanza a centri molto industriali, si può avere un canale che per ogni chilometro non darebbe meno di 1000 cavalli-vapore; e nascendo le principali sorgenti a circa 500 metri sul mare, la forza totale che se ne può ricavare può superare i 10 mila cavalli-vapore.

L'ing. Zoppi passa in seguito ad esaminare alcuni antichi progetti di derivazione ed utilizzazione delle acque, sia del Volturno che del Lete, e quello del Canale industriale del Tusciano, giustamente osservando che quando facevansi tali studi non erano ancora noti gli attuali progressi sulle trasmissioni elettriche; e circa l'irrigazione, la mancanza di grandi portate estive e la necessità che si formino Consorzi fra i proprietari dei terreni da irrigare, i quali devono essere i costruttori del canale, si aggiungerebbero alle altre difficoltà tecniche; mentre è prevedibile che non tarderà a venire utilizzata quella colossale forza di circa 16 mila cavalli che in meno di 4 chilometri può ricavarsi dalla grossa sorgente di Capo Volturno, mentre ben poche sorgenti, al pari di questa, si presentano in così eccellenti condizioni per essere derivate a scopo dinamico.

In un ultimo capitolo l'ing. Zoppi prende a studiare lo stato di regime delle varie sorgenti che riunite costituiscono la portata di magra del fiume Volturno, e che trovansi sparse nel suo bacino in modo tale da far riconoscere, a primo tratto, che non esiste fra loro, o almeno fra i principali gruppi di esse, alcuna relazione in ciò che riguarda la loro alimentazione sotterranea, formando parte di sistemi idrologici distinti.

Interessantissimo fra tutti lo studio del gruppo di sorgenti del Serino, tenute in osservazione con misure mensili dal 1886 al 1890, sotto la direzione dapprima del prof. Bruno, e poi dell'ing. Martinez, commissario dell'acquedotto di Napoli, dalle quali risulta grande variabilità nella portata di quelle sorgenti, le quali da una portata minima di mc. 1,315 salgono alla massima di mc. 3,549; ed in tutti gli anni si hanno differenze assai notevoli tra le minime e le massime dello stesso anno.

Questo fatto, in aperto contrasto colla grande regolarità della maggior parte delle grosse sorgenti che hanno origine dai monti calcarei dell'Appennino centrale, le quali hanno variazioni limitate fra il 10 ed il 38 per cento, come quelle dell'Acqua Marcia, della Peschiera, sul Velino, ecc., come pure quelle di Capo Volturno e di Venafro, viene in parte attribuito dall'ing. Zoppi alla diversa forma del bacino alimentatore, che essendo assai allungato in queste sorgenti di maggior costanza, è invece più largo e quasi avvicinantesi alla forma circolare in quelle maggiormente variabili.

Però nel caso speciale delle sorgenti del Serino, la sola forma del bacino male si presterebbe a spiegare la grande variabilità nelle portate, di cui la minima e la massima osservate stanno come 2 a 5 circa. Ed una delle cause di variabilità vuolsi cercare nell'influenza del Lago del Dragone, distante 6 chilometri ed a 300 metri di maggiore altezza, le cui acque smaltendosi in gran parte per un inghiottitoio, trovano facile strada per arrivare più celaramente di quelle che arrivano per filtrazione alle sorgenti predette. Ma da questa conclusione deriva pure la logica conseguenza che la bonifica della pianura di Volturara non avrebbe effetto sensibile sulle portate costanti delle sorgenti del Serino.

G. SACHERI.

Sono inoltre pervenute alla Direzione dai loro Autori od Editori le seguenti pubblicazioni:

1. — Macchine motrici ed operatrici a fluido, dell'ing. Egidio Garuffa. — Vol. I, di 700 pagine, con 1036 figure nel testo. — Seconda edizione, completamente riformata e portata al corrente dei progressi teorici e pratici. — Milano, Ulrico Hoepli, 1897. — Prezzo L. 16.

2. — Ing. Salvatore Sciuto. — Le piccole e le grandi sezioni, la sezione circolare e la sezione ovoidale nella fognatura delle città. — Op. in-8° di pag. 22, con 2 tavole. — Estr. dal giornale *Il Monitore tecnico*. — Milano, 1896.

3. — Ing. Italo Brunelli. — La questione delle comunicazioni tramviarie nella città di Roma. — Op. in-8° gr. di pag. 8. — Roma, marzo 1896.

4. — La trazione elettrica nelle vie urbane col sistema del filo aereo. Nota dell'ing. Raffaele Pinna. — Estratto dagli *Atti dell'VIII Congresso degli Ingegneri ed Architetti italiani in Genova*, di pagine 16. — Torino, 1896.

5. — Il telefono negli Uffici telegrafici rurali. Nota dell'ingegnere I. Brunelli. — Estr. dall'*Elettrocista*, anno V, n. 8. — Roma, 1896.

6. — Proceedings of the first annual Meeting of the Advisory Board of the Philadelfia Museums. — June 3 d and 4 th, 1896. — Op. in-8° di pag. 22.

Fig. 5.
Sezione I-II.

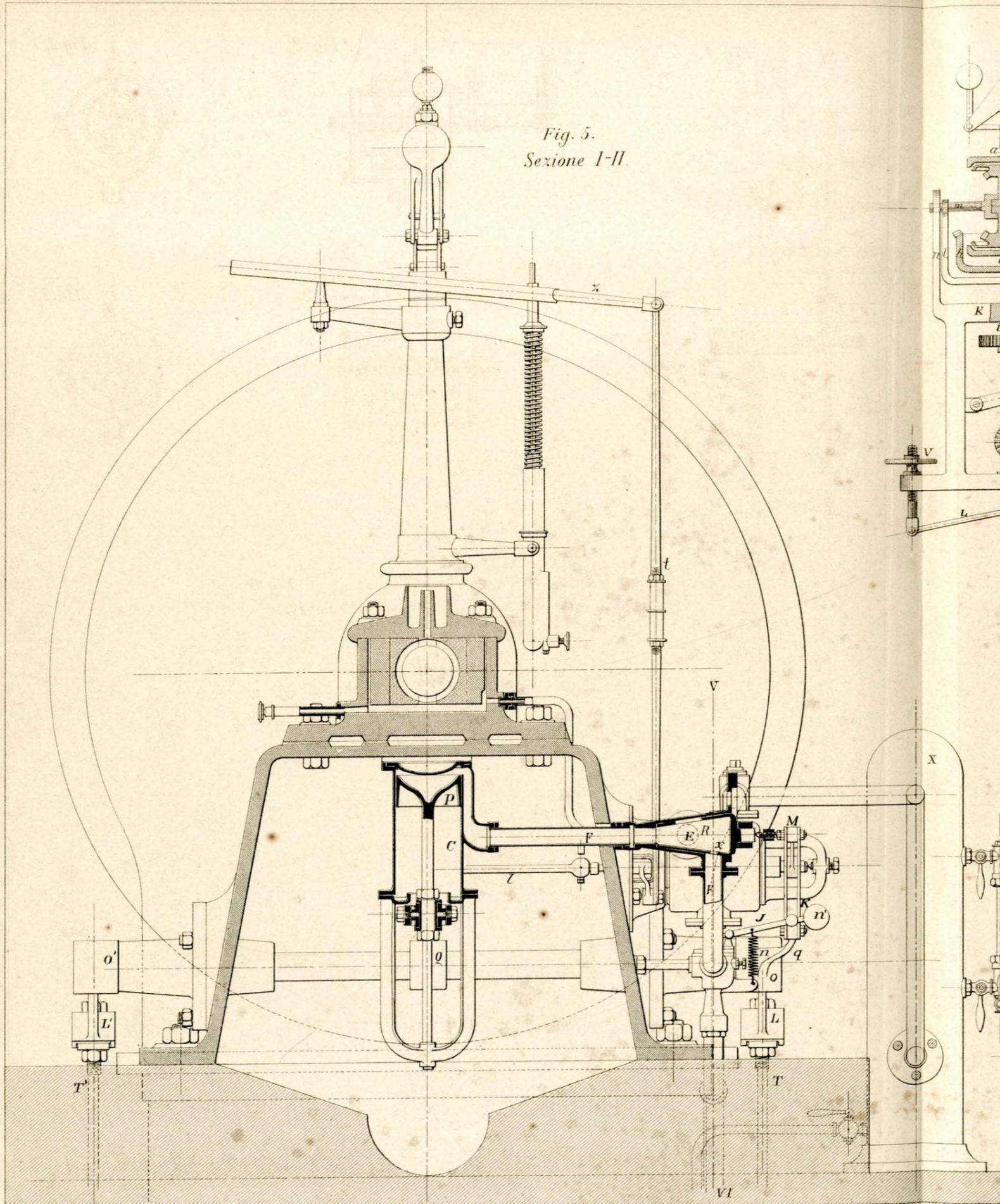


Fig. 1.

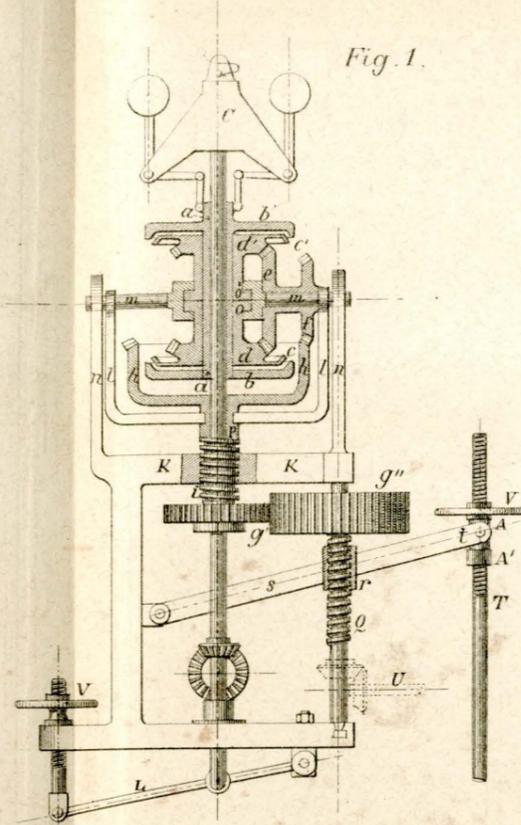


Fig. 2_a

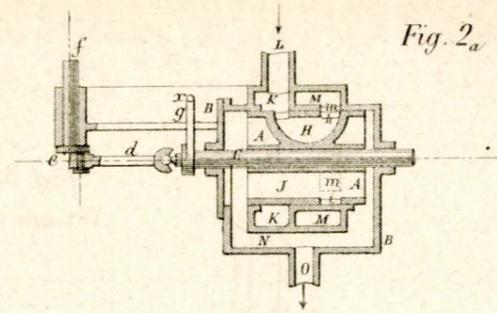


Fig. 2_b

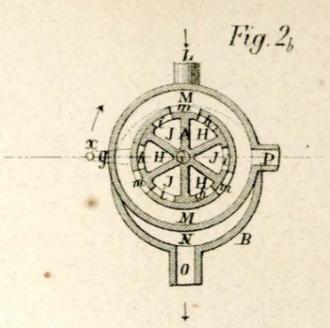


Fig. 2_a

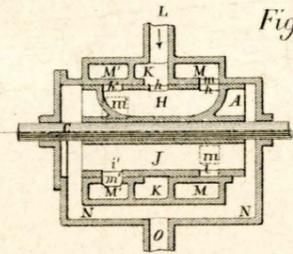


Fig. 2_b

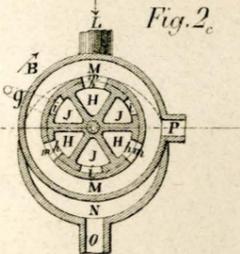


Fig. 6.
Sezione V-VI.

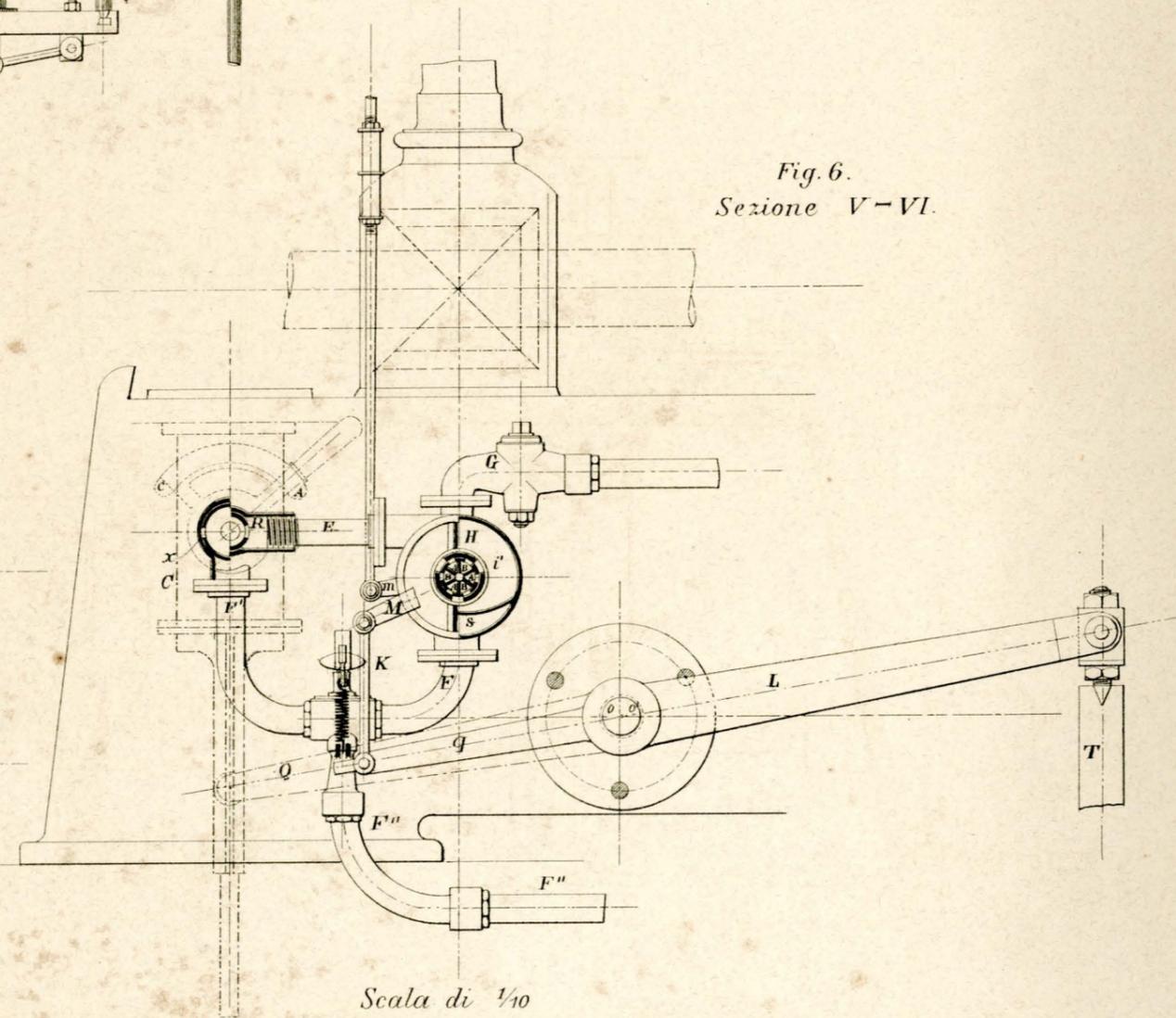


Fig. 4.
Sezione III-IV.

Fig 3
Fianco.

