

## L'INGEGNERIA CIVILE

E

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

## TERMODINAMICA APPLICATA

## IL MOTORE TERMICO RAZIONALE DI DIESEL.

(Vedasi la Tavola XI)

(Continuazione e fine)

*Descrizione del motore termico di Diesel* — Il motore di Diesel, sperimentato recentemente dallo Schröter, è rappresentato nelle figure 1, 2, 3 e 4 della tavola XI. L'asse della macchina è verticale, col cilindro in alto e l'albero motore in basso.

Lo stantuffo P (fig. 1), il cui gambo è articolato in K alla testa a croce, trasmette il movimento alla biella b, e questa al bottone e della manovella che mette in rotazione l'albero motore d. Un tirante z staccandosi dalla biella mette in moto il bilanciere X, nel cui punto di mezzo è articolata una bielletta che dà moto alternativo allo stantuffo Q di una piccola pompa ad aria, che comprime dell'aria spinta poi per mezzo del tubetto S al recipiente L; questo recipiente è provvisto di valvola di presa t e del manometro M; il grado di compressione di quest'aria è alquanto maggiore di quello massimo che si effettua nell'interno del cilindro motore. Una diramazione del tubo S conduce l'aria alla camera della valvola ad asse orizzontale Y, disposta sul fianco del motore e sul coperchio del cilindro, da dove, per mezzo di un piccolo tubo ricurvo è condotta alla camera di una seconda valvoletta ad asse verticale, disposta sull'asse del cilindro ed avente sede nel coperchio. In questa stessa camera è condotto il combustibile sotto pressione, proveniente da apposito recipiente; in questa macchina il combustibile impiegato è l'ordinario petrolio da lampada.

Sul coperchio del cilindro vi sono due altre valvole V<sub>1</sub> e V<sub>2</sub> (fig. 2) ad asse verticale, l'una a sinistra, l'altra a destra della valvoletta centrale; tutte queste valvole sono mantenute sulla loro sede da molle, e sono mantenute più saldamente per effetto della pressione interna del cilindro.

La valvola V<sub>1</sub> dà accesso nel cilindro all'aria durante il periodo di aspirazione, la V<sub>2</sub> scarica i prodotti della combustione, la centrale n D è quella di alimentazione del combustibile; la Y è valvola ausiliare per l'avviamento del motore e non agisce che durante questo periodo: tutte mettono capo allo spazio di compressione D.

Lo stantuffo, alla fine della discesa viene a bagnarsi colla sua estremità a canna R nello spazio cilindrico anulare T, ove trovasi il liquido lubrificante; i lubrificatori U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> (figure 2, 3) in comunicazione collo spazio T, distribuiscono il lubrificante all'articolazione della testa a croce ed alle guide laterali. La biella si lubrifica ad ogni giro, bagnandosi nella conca sottostante (fig. 1).

Le pareti della pompa Q, quelle del cilindro motore ed il coperchio J di quest'ultimo sono bagnate da acqua refrigerante in circolazione continua.

Un apposito attacco in corrispondenza collo spazio di compressione D (fig. 2) permette l'applicazione al cilindro dell'indicatore delle pressioni.

*Distribuzione.* — Una coppia d'ingranaggi conici r, con numero di denti eguale, che ricevono il movimento dall'al-

bero motore, danno movimento all'albero g (fig. 2) alquanto inclinato alla verticale, il quale alla sua volta, con altra coppia d'ingranaggi conici, dà movimento all'albero orizzontale W, posto di fianco e superiormente al cilindro motore; è questo l'albero della distribuzione.

L'ingranaggio conico (fig. 3) calettato sull'albero W, ha un numero di denti doppio del suo compagno, quindi W fa un numero di giri metà di quello dell'albero motore.

Sul medesimo trovansi calettati tre eccentrici gobbi, V, III, I (fig. 4), che rispettivamente danno movimento alla valvola di scarico V<sub>2</sub>, alla valvola d'introduzione del combustibile, alla valvola d'introduzione dell'aria V<sub>1</sub>. Essi sono attivi durante il movimento normale del motore.

Due altri eccentrici gobbi IV, II, sono calettati sullo stesso albero W e sono destinati rispettivamente a dar movimento alla valvola di scarico V<sub>2</sub> ed a quella ausiliare Y; sono attivi solo durante l'avviamento. Un arresto p (fig. 4) impedisce al motore di girare in senso inverso.

*Funzionamento del motore.* — All'atto dell'avviamento, disposta la manovella motrice in un punto conveniente di partenza, col manubrio II (fig. 4), si spinge l'albero degli eccentrici da sinistra verso destra; per questo trasporto l'eccentrico gobbo IV prende il posto di V, quello II prende il posto di I, il III non agisce. La molla F (fig. 4), in questa posizione è compressa. Ad ogni due giri dell'albero motore agiranno quindi la valvola ausiliare Y e la valvola di scarico V<sub>2</sub>; non agiscono le valvole d'introduzione dell'aria e del combustibile. Aperta la valvola di presa t del serbatoio d'aria compressa L, l'aria per Y entra nel cilindro, spinge lo stantuffo nella posizione bassa e poi si scarica durante la salita dello stesso stantuffo; l'aria compressa entra e spinge di nuovo lo stantuffo in basso, e ciò finchè la macchina ha raggiunta la velocità di regime. A questo punto, automaticamente, l'albero W è spinto da destra a sinistra dalla molla F; entrano in attività le valvole d'introduzione dell'aria e del combustibile e quella di scarico.

In tali condizioni, ad ogni due giri dell'albero motore, si hanno i seguenti periodi:

- 1° Aspirazione dell'aria dall'esterno (discesa dello stantuffo);
- 2° Compressione dell'aria (ascesa dello stantuffo);
- 3° Introduzione del combustibile polverizzato dal getto d'aria compressa proveniente dalla pompa. Parte della discesa dello stantuffo (Questo periodo comprende i due periodi d'introduzione del calore del diagramma) (fig. 7);
- 4° Espansione (restante discesa dello stantuffo);
- 5° Scarico all'esterno dei prodotti della combustione (ascesa dello stantuffo).

Con ciò è generato il diagramma completo della macchina.

*Risultati delle esperienze del prof. Schröter.* — Il professore Schröter assoggettò ad esperimento il motore ora descritto e ne pubblicò i risultati nel n. 38 del periodico della Società degli Ingegneri di Cassel, 16 giugno 1897, che sono riportati nel n. 30 del *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 24 luglio 1897. Io qui non riprodurrò che i principali risultati, rimandando per il resto alle menzionate pubblicazioni.

Il prof. Schröter fece quattro prove distinte del motore, due alla massima e due a metà potenza. Le dimensioni del motore sperimentato sono le seguenti:

	Diametro	Corsa	V o l u m e generato dallo stantuffo
Cilindro motore . . .	m. 0.25035	m. 0.3985	dc <sup>5</sup> 19.62
Pompa d'aria . . .	» 0.070	» 0.200	» 0.769

Furono applicati due indicatori della pressione, l'uno al cilindro motore, l'altro alla pompa d'aria, rilevando ad intervalli i diagrammi relativi, che fornirono il lavoro indicato. Un freno dinamometrico applicato all'albero motore regolava il lavoro della motrice e forniva il lavoro effettivo. Fu misurata la quantità di petrolio consumata durante ogni esperimento e furono analizzati chimicamente i prodotti della combustione ed il petrolio; si determinò con due procedimenti distinti il potere calorifico del combustibile; fu misurata la quantità d'acqua circolante e determinata ad intervalli la temperatura di questa all'entrata ed all'uscita.

La Tabella I dà il lavoro indicato, quello effettivo ed il consumo di petrolio; la II dà il bilancio del calore. Le esperienze 1 e 2 sono al massimo della potenza; le 3 e 4 a metà.

TABELLA I.

	1	2	3	4
N. dell'esperienza . . . . .	1	2	3	4
N. giri medio al primo . . . . .	171.8	154.2	154.1	158
Cilindro motore   lavoro indi-				
cato cav. vap.	27.85	24.77	17.71	17.72
Pompa d'aria .   lavoro indicato »	- 1.29	- 1.17	- 1.14	- 1.20
Lavoro indicato risultante . . »	26.56	23.60	16.57	16.52
Lavoro effettivo . . . . . »	19.87	17.82	9.58	9.84
Coefficiente meccanico . . . . »	0.748	0.755	0.578	0.596
Petrolio consumato all'ora Kg.	4.92	4.24	2.66	2.72
Petrolio consumato all'ora per cav. ind. . . . . »	0.185	0.180	0.161	0.165
Petrolio consumato all'ora per cav. eff. . . . . »	0.247	0.238	0.278	0.276

TABELLA II.

	1	2	3	4
Calore speso calorie	50213-100	43273-100	27148-100	27760-100
» convertito in lavoro indicato »	16913-33.7	15028-34.7	10552-38.9	10520-37.9
Calore passato nell'acqua di circolazione . . . »	19580-39.0	17450-40.3	12250-45.1	12030-43.3
Calore esportato dai prodotti della combustione »	10015 20.0	8085-18.6	5523-20.3	5648-20.3
Calore convertito in lavoro effettivo . . . »	12653-25.2	11348-26.2	6100-22.5	6226-22.6

NB. Il potere calorifico del petrolio fu trovato come media di due esperimenti con metodo diverso di 10206 calorie.

La quantità d'aria strettamente necessaria per la combustione di un chilogramma di petrolio è di chg. 14,7839. Dall'analisi chimica dei prodotti della combustione in relazione a quella del petrolio è risultato un peso d'aria 1,26 del peso teoricamente necessario nel caso del lavoro massimo, quindi chg. 18,6277; nel caso del lavoro metà l'eccesso d'aria fu assai maggiore, cioè di 2,16, pari a chg. 31,933.

Nell'interno del cilindro rimangono nello spazio di compressione dei prodotti della combustione, il cui peso supera un chilogramma per ogni chilogramma di petrolio; il peso di fluido motore iniziale per ogni chilogramma di petrolio è in cifra tonda di chg. 20 prima dell'introduzione del combu-

stibile e di 21 dopo. Ne deriva che la quantità di calore introdotto per ogni chilogramma di fluido agente è di :

$$\frac{10206}{21} = 485 \text{ calorie .}$$

Da questi risultati si traggono queste conseguenze :

Praticamente, nel motore Diesel si richiede poco più di 1 dc di volume generato dallo stantuffo per ogni corsa e per cavallo effettivo; teoricamente si era trovato invece qualche cosa di meno di 1 dc.; ma la differenza è molto piccola.

Il coefficiente economico indicato nel caso del massimo lavoro è risultato, sperimentalmente, in media del 34,2 p. c.; teoricamente era del 33,7 p. c. Nel caso del lavoro medio risultato sperimentalmente del 38,5 p. c., teoricamente del 42,5 per cento.

Mentre i coefficienti economici, sperimentale e teorico, nel caso del massimo lavoro concordano abbastanza bene, sono alquanto differenti nel caso di metà lavoro; ciò prova che il ciclo, col diminuire del lavoro sviluppato, va maggiormente deformandosi; sussiste però sempre un aumento sensibile del coefficiente economico indicato col diminuire del lavoro sviluppato dalla motrice, e questa è una delle principali e più importanti caratteristiche del motore Diesel.

*Paragone fra il ciclo teorico ed il pratico.* — Il paragone fra il ciclo teorico (fig. 7) e quello pratico (fig. 8), dato dallo Schröter come diagramma medio delle sue esperienze nel massimo lavoro, dimostra delle deformazioni abbastanza sensibili nel secondo. Mentre la compressione avviene quasi colla stessa legge da me ammessa teoricamente, altrettanto non succede negli altri periodi.

Il primo periodo d'introduzione del calore non è a pressione costante.

Infatti, si scorge dal diagramma che la pressione, durante questo periodo, passa da 33 atmosfere abbastanza rapidamente a 35, ed indi continua pressochè a pressione costante.

Io ho sostituito nel diagramma teorico la compressione fino a 34 atmosfere, ed indi a questa pressione l'introduzione del calore; il lavoro indicato non subisce perciò che una insensibile alterazione, ma il calore speso è sensibilmente maggiore nel ciclo pratico.

Il successivo periodo di introduzione di calore nel ciclo pratico non è isothermico, ma l'andamento della curva, alquanto superiore all'isothermica, indica un aumento di temperatura ed una maggiore introduzione di calore. Il periodo stesso è di parecchio più corto praticamente di quello che lo sia teoricamente, arrestandosi a poco più di 0,25 del volume totale invece di 0,60; per conseguenza la pressione finale di questo periodo è molto maggiore di quella corrispondente teorica.

Il periodo di espansione dimostra pure, per l'andamento della curva superiore all'adiabatica, una introduzione di calore invece di una sottrazione. Ciò prova che la combustione non si fa tutta all'atto dell'introduzione del combustibile, ma parte non indifferente di questo abbrucia in seguito; forse anche una parte sfugge alla combustione nel cilindro ed abbrucia nel tubo di scarico o se ne va incombusta. Questa circostanza spiegherebbe la deficienza trovata dallo Schröter nel bilancio del calore, che è del 70% del calore speso, cioè abbastanza sensibile da non doversi ritenere dispersa per irradiazione.

Difficilmente si potrà rimediare con perfezionamenti costruttivi, attesa la grande difficoltà pratica, a queste deformazioni del diagramma; la riproduzione esatta del diagramma teorico richiede bensì leggi determinate di introduzione del combustibile, ma che sono assai difficili, per non dire impossibili, da riprodursi in pratica con esattezza.

Che sussistano queste difficoltà lo provano i molti tentativi fatti dal Diesel per giungere alla motrice attuale col relativo diagramma; incominciati questi tentativi nel 1893, non finirono che nel 1897, quasi quattro anni in massima parte impiegati a studiare specialmente la distribuzione.

A riguardo delle differenze fra il diagramma pratico e il diagramma teorico, debbo fare un'ultima osservazione. Per qual ragione, ad onta delle deformazioni menzionate, il ciclo

pratico ha un coefficiente economico maggiore del ciclo teorico? Parmi che la ragione unica sia il salto di temperatura maggiore utilizzato dal ciclo pratico rispetto a quello del ciclo teorico. Infatti, nel ciclo teorico ho ammesso una temperatura massima di 1273°, che si raggiunge con introduzione di calore a pressione costante, partendo dalla temperatura finale del periodo di compressione. Nel ciclo pratico invece, oltretutto l'introduzione del calore è a pressione crescente, e quindi a temperatura crescente più rapidamente di quello che avvenga nel ciclo teorico, si ha ancora il successivo periodo di introduzione di calore, che non è isotermico, ma bensì a temperatura pure crescente. È naturale quindi che partendo da una temperatura pressoché eguale nei due cicli, nel ciclo pratico si debba raggiungere una temperatura maggiore del ciclo teorico, mentre la temperatura inferiore può ritenersi eguale nei due. In un ciclo teorico, utilizzando lo stesso salto di temperatura del ciclo pratico, il coefficiente economico del primo sarebbe certamente riuscito maggiore di quello del secondo.

*Conclusioni.* — Quale avvenire può sperare il motore di Diesel? potrà esso sostituirsi convenientemente agli altri motori termici attualmente in uso? Per rispondere a questi quesiti bisogna considerare la questione sotto due punti di vista distinti, cioè dal punto di vista del costo del cavallo-ora e da quello della costruzione del motore.

Nessun motore termico attualmente in uso ha un coefficiente economico così alto come il motore Diesel. La macchina a vapore può trasformare in lavoro al massimo, e solo nei motori i più perfezionati e di grandissima potenza, il 12 0/10 del calore speso; discendendo nella scala della potenza e della perfezione nella costruzione, si discende anche rapidamente nel coefficiente economico. Un motore a vapore che consumi 3 chg. di litantrace per cavallo-ora, e non sono rari, non trasforma in lavoro che il 3 0/10 del calore speso. Il motore Diesel ha un coefficiente economico effettivo più che doppio di quello della macchina a vapore posta nelle migliori condizioni, e più che 8 volte maggiore di una macchina a vapore di piccola potenza. La macchina a gas-luce e tutte le derivate da questa trasformano in lavoro in media dal 15 0/10 al 20 0/10 del calore speso, sono quindi notevolmente inferiori ancora sotto questo punto di vista al motore Diesel. Ma quando si tratta di stabilire il costo del cavallo-ora è necessario mettere in conto altri elementi, e specialmente il costo della caloria e la spesa d'impianto. Da noi non v'è paragone fra il costo della caloria fornita dal litantrace e quella fornita dal petrolio, che costa almeno 17 volte di più della prima; ma tenuto conto dei prezzi minimi d'Europa (in Germania il petrolio costa 20 centesimi al chg.), il costo della caloria del petrolio sarebbe ancora più che quattro volte superiore al costo di quella del litantrace. Sotto questo punto di vista quindi la macchina a petrolio in genere, per conseguenza anche la motrice Diesel, è in condizioni manifeste di inferiorità rispetto alla macchina a vapore, mentre trovasi in condizioni migliori rispetto alla macchina a gas e congeneri, quando si assuma per prezzo del petrolio quello commerciale.

Una caratteristica essenziale del motore Diesel, che lo mette al disopra d'ogni motore, è quella di avere un consumo di combustibile che diminuisce col diminuire del lavoro indicato, e che si mantiene pressoché costante quando sia riferito al lavoro effettivo, vantaggio questo di importanza economica molto grande, pel riflesso che i motori in genere negli impianti industriali sono soggetti a variazioni sensibili nel lavoro sviluppato.

Il motore Diesel possiede una manifesta superiorità sulle macchine a vapore relativamente alla spesa d'impianto ed alla spesa d'esercizio, superiorità che hanno del resto tutti i motori congeneri, con differenza però che pel motore Diesel s'estende anche alle potenze medie, mentre nei motori congeneri è limitata alle piccole. Si può quindi asserire che il motore Diesel, rispetto al costo del cavallo-ora, è sotto ogni rispetto di parecchio superiore alle macchine a gas in genere, ed è superiore anche alle macchine a vapore fino alle potenze medie (non superiori a 100 cavalli).

Per quanto riguarda la costruzione, gli elementi principali

a considerarsi sono il volume ed il peso della macchina per una determinata potenza, elementi che dipendono essenzialmente dal volume del cilindro, e più specificatamente dal volume generato dallo stantuffo ad ogni corsa e dal numero dei giri dell'albero motore al minuto.

Ho già fatto vedere tanto teoricamente che praticamente che il volume generato dallo stantuffo del motore Diesel, per una velocità di circa 170 giri al minuto e per ogni cavallo effettivo deve essere di circa 1 dc<sup>3</sup>; potrebbe essere diminuito questo volume coll'aumentare la velocità, ciò però che sarà difficile, attesa la complicazione e il modo d'agire degli apparecchi di distribuzione. A questo volume, per avere il volume totale del cilindro, bisogna aggiungere lo spazio di compressione, che è all'incirca il 6 0/10 del volume generato dallo stantuffo.

Nelle macchine a gas-luce, di circa 170 giri al minuto, per ogni cavallo effettivo si consuma all'incirca da 0,7 a 0,8 di caloria; ammettendo che il gas-luce sviluppi 5000 calorie per m<sup>3</sup> e che richieda d'aria per la miscela 7,2 volte il proprio volume, si avrà che per ogni cavallo effettivo si dovrà aspirare ad ogni colpo da dc<sup>3</sup> 1,15 a dc<sup>3</sup> 1,31. A questo volume devesi aggiungere lo spazio di compressione che è del 50 0/10 al 60 0/10 di quello generato dallo stantuffo. Si deve però osservare che nei piccoli motori a petrolio od a benzina, attesa la semplicità della distribuzione, si è potuto spingere il numero dei giri al minuto oltre i 600 ed i 700, per cui basta meno di 1 2 dc<sup>3</sup> di volume generato dallo stantuffo per ogni cavallo effettivo.

Il motore Diesel richiede quindi, a parità di numero di giri, un volume di cilindro di parecchio inferiore a quello delle ordinarie macchine a gas, specialmente se si tien conto dello spazio di compressione, ma non può competere coi piccoli motori a petrolio ed a benzina, perchè non potrà mai raggiungere la velocità praticamente accettata di questi motori.

Nella macchina a vapore il volume del cilindro per una data potenza dipende, oltretutto dal numero dei giri al l', dalla pressione iniziale del vapore, dall'esistenza o no della condensazione e dall'essere la macchina ad uno o più cilindri.

Le macchine ad espansione multipla, a doppia e tripla espansione, che sono quelle che hanno il maggiore coefficiente economico, hanno anche, a parità d'altre circostanze, il volume complessivo dei cilindri di molto maggiore di quello delle macchine monocilindriche.

Una macchina a doppia espansione a condensazione, con 170 giri al minuto, richiede, se di grande potenza, almeno 7 chilogrammi di vapore per cavallo effettivo all'ora. Espandendosi quel vapore fino a 0,65 di atmosfera, occuperà uno spazio di dc<sup>3</sup> 17590; essendo 22400 le corse dello stantuffo all'ora, per ogni corsa e per cavallo effettivo lo stantuffo del cilindro grande dovrà generare circa dc<sup>3</sup> 0,7, ed il cilindro piccolo dc<sup>3</sup> 0,3; in complesso dc<sup>3</sup> 1, cioè come nel motore Diesel; ma la macchina a vapore richiede il condensatore, le caldaie, le tubazioni dell'acqua e del vapore, un complesso di apparecchi che richiedono molto spazio che s'aggiunge a quello del cilindro.

Anche rispetto al volume del cilindro il motore Diesel non è al disotto del motore a vapore; rispetto poi allo spazio complessivo occupato dalla macchina, il primo si trova in condizioni assai migliori di quelle del secondo.

La materiale costruzione del motore Diesel deve essere di speciale accuratezza, in causa specialmente dell'altissima pressione e dell'altissima temperatura che regnano nell'interno del cilindro; non è un motore che tollererà una costruzione appena mediocre od anche corrente; è questa una osservazione di una certa importanza, perchè per essa sarà limitata la diffusione del motore.

Chiudendo dirò che il motore Diesel è destinato certamente a far scomparire in gran parte i motori a gas, eccettuati forse i piccoli motori a grandissima velocità; rispetto alla macchina a vapore, quantunque il primo abbia realmente dei vantaggi su questa, pure dubito assai ch'esso possa sostituirla completamente, ed anche nel caso che per l'avvenire si riesca a ciò, dovranno passare molti anni prima che il fatto sia compiuto

## MECCANICA APPLICATA E IDRAULICA PRATICA

CONTRIBUTO ALLO STUDIO  
DEI GETTI TRASCINANTI

(Continuazione e fine)

## CAPITOLO III.

## Vapore trascinante acqua.

§ 1. — Per risolvere questa questione ci conviene anzitutto conoscere le leggi che regolano l'efflusso del vapore, o diciamo più generalmente, di un corpo gassoso da un orificio. Questo problema da lungo tempo è stato oggetto di studi e di ricerche di valenti scienziati, ed ha di molto progredito con l'introduzione delle teorie termodinamiche.

Nel caso antecedente in cui si è parlato di acqua trascinante acqua, essendo l'acqua presso a poco incompressibile e non verificandosi variazioni sensibili di temperatura, non si avevano a considerare variazioni nel volume specifico dell'acqua stessa. Altrimenti avviene quando si abbia a fare con un corpo gassoso nel quale le variazioni di volume possono assumere una notevole importanza. In tal caso, come è noto per la termodinamica, conviene tener conto del modo con cui queste variazioni si compiono.

Se durante l'efflusso il volume specifico del gas o del vapore si mantiene costante, valgono formole del tutto analoghe a quelle che servono a determinare l'efflusso dei liquidi; è necessario però, affinché un tal genere di regime si verifichi, che durante l'efflusso si sottragga al gas o vapore una certa quantità di calore.

Si può anche supporre che durante l'efflusso la temperatura del gas o vapore si mantenga costante. Questa ipotesi porta con sé l'altra che durante l'efflusso venga comunicata al predetto corpo una determinata quantità di calore.

Finalmente si può supporre che durante l'efflusso non avvenga né somministrazione, né sottrazione di calore, vale a dire che abbia luogo una trasformazione adiabatica.

Il caso di cui abbiamo ad occuparci non corrisponde esattamente ad alcuna di queste tre ipotesi. Stante il contatto del tubo da cui si sprigiona il getto di vapore coll'acqua circostante si ha in realtà una perdita continua di calore. Questa sottrazione non è però tale da dar luogo ad un efflusso in cui il volume specifico si possa ritenere costante.

Dovremo perciò contentarci di una soluzione approssimata e trascurando le predette perdite di calore, supporre che l'efflusso abbia luogo adiabaticamente.

Riprendiamo l'equazione generale (a) del § 5 del Capitolo I che si riferisce ad un filetto elementare. Facendo in questa equazione eguale a zero la velocità iniziale  $W_0$  nell'interno del recipiente, abbiamo:

$$P_0 V_0 - p_0 v_0 + \int p dv = \frac{w_0^2}{2g} \quad (c)$$

Sappiamo dalla termodinamica che, per i gas perfetti, la relazione che lega la pressione ed il volume specifico durante una trasformazione adiabatica, è la seguente:

$$p v^\chi = P_0 V_0^\chi = \text{cost} = C,$$

nella quale la  $\chi$  rappresenta il rapporto tra il calore specifico a pressione costante ed il calore specifico a volume costante del gas che si considera.

Lo Zeuner ha trovato, per mezzo di numerose esperienze sull'efflusso del vapor d'acqua, che anche per questo corpo vale approssimativamente la stessa relazione, purchè si dia alla  $\chi$  un valore conveniente, che egli trovò sperimentalmente = 1,135 (1). Volendosi raggiungere una maggior precisione il valore della  $\chi$  può desumersi dalla formola:

$$\chi = 1.035 + 0,100 x$$

dove  $x$  è il titolo del vapore.

Non potendo per le predette ragioni aspirare ad una soluzione esatta, faremo uso di questa relazione approssimata, la quale ha il vantaggio di essere molto semplice.

Sostituendo nell'integrale  $\int p dv$  il valore di  $p$  in funzione di  $v$  ed eseguendo l'integrazione, l'equazione diventa:

$$P_0 V_0 + \frac{C}{(\chi-1)V_0^{\chi-1}} - p_0 v_0 - \frac{C}{(\chi-1)v_0^{\chi-1}} = \frac{w_0^2}{2g} \quad (1).$$

Per procedere nella soluzione esatta del problema converrebbe conoscere la legge con la quale la pressione o la velocità si riparte nella sezione di efflusso.

Dall'osservazione del getto immediatamente al di fuori dell'orificio di efflusso nel quale i filetti, divergendo in virtù dell'espansione, presentano la loro convessità verso il centro della sezione, si desume facilmente che la pressione al centro della sezione debba essere maggiore della pressione che ha luogo nell'ambiente in cui avviene l'efflusso, che la pressione media debba pure essere maggiore della pressione ambiente, che in fine la pressione media debba essere tanto più grande della pressione ambiente, quanto più grande è la pressione interna.

Ciò però non basta per la soluzione del problema. A questa mancanza supplisce l'ipotesi semplificativa del Saint-Venant.

Il Saint-Venant suppone che quando il rapporto  $\frac{p_2}{P_0}$  tra la

pressione esterna e la pressione interna ha un valore maggiore di quello per il quale la portata  $G$  del fluido effluente diviene massima, si possa ritenere la pressione  $p_0$  all'orificio di efflusso eguale alla pressione esterna  $p_2$ , se poi il rapporto

$\frac{p_2}{P_0}$  ha un valore minore di quello per il quale la portata  $G$  diviene massima, si possa ritenere la pressione  $p_0$  all'orificio di efflusso indipendente dalla pressione esterna  $p_2$  e funzione soltanto della pressione interna  $P_0$ .

Siccome, secondo questa ipotesi, ritieni di poter sostituire all'efflusso reale un efflusso ipotetico per il quale, la pressione e la velocità sono le stesse per tutti i punti della sezione di sbocco, il moto del fluido lungo un filetto elementare è identico al moto di tutti gli altri filetti, cui potremo, senz'altro, applicare l'equazione (1). Da questa equazione, per mezzo di facili trasformazioni, si ottiene:

$$\frac{w_0^2}{2g} = \frac{\chi}{\chi-1} P_0 V_0 \left[ 1 - \left( \frac{p_0}{P_0} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} \right].$$

La portata in peso è:

$$G_0 = \frac{a_0 w_0}{v_0} = a_0 \sqrt{\frac{2g\chi}{\chi-1} \frac{P_0}{V_0} \left[ \left( \frac{p_0}{P_0} \right)^{\frac{2}{\chi}} - \left( \frac{p_0}{P_0} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} \right]}.$$

Questa quantità è nulla per  $\frac{p_0}{P_0} = 1$ , cresce col diminuire di questo rapporto sino a raggiungere un valore massimo, quindi diminuisce e diviene eguale a zero per  $\frac{p_0}{P_0} = 0$ .

Determinando con i soliti mezzi il valore di  $\frac{p_0}{P_0}$  che rende  $G_0$  massimo si ha:

$$\frac{p_0}{P_0} = \left( \frac{2}{\chi-1} \right)^{\frac{\chi}{\chi-1}} = 0,5774 \quad (2)$$

Sostituendo questo valore nelle formole antecedenti si ottiene:

$$v_0 = 1,6223 V_0 \quad (3)$$

$$\frac{w_0^2}{2g} = 0,5316 P_0 V_0 \quad (4)$$

$$G_0 = 1,9908 a_0 \sqrt{\frac{P_0}{V_0}}$$

(1) *Technische Thermodynamik*, von Dr. GUSTAV ZEUNER. — Leipzig, Verlag von Arthur Felix, 1890. Volume II, pag. 164.

Secondo dunque l'ipotesi del Saint-Venant, se il rapporto  $\frac{p_1}{P_0}$  tra la pressione esterna e la pressione interna è  $< 0,5774$ , la pressione, il volume specifico e la portata all'orificio di efflusso sono indipendenti dalla pressione esterna e si ottengono dalle formole su riportate; se poi si ha  $\frac{p_1}{P_0} < 0,5774$ , allora si può ritenere che la pressione esterna si estenda su tutta la sezione d'efflusso e le formole che danno la velocità e la portata divengono:

$$\frac{w_0^2}{2g} = \frac{\lambda}{\lambda - 1} P_0 V_0 \left[ 1 - \left( \frac{p_1}{P_0} \right)^{\frac{\lambda - 1}{\lambda}} \right]$$

$$G_0 = a_0 \sqrt{\frac{2g\lambda}{\lambda - 1} \frac{P_0}{V_0} \left[ \left( \frac{p_1}{P_0} \right)^{\frac{2}{\lambda}} - \left( \frac{p_1}{P_0} \right)^{\frac{\lambda - 1}{\lambda}} \right]}$$

L'ipotesi del Saint-Venant non è rigorosa. Lo Zeuner ha dimostrato però per mezzo di numerose esperienze fatte sull'efflusso dell'aria e del vapore che i risultati che si ottengono da questa ipotesi concordano abbastanza bene con i risultati sperimentali.

§ 2. — Parlando di un getto di vapore che trascina acqua distingueremo due casi, nell'uno l'energia del getto è impiegata a vincere una pressione antagonista, come precisamente si verifica negli iniettori delle caldaie a vapore, nell'altro la energia del getto è usufruita per comunicare all'acqua trascinata una certa velocità. Come esempio relativo a questo caso parleremo degli apparecchi a manicotto aumentanti la spinta di reazione.

§ 3. *Iniettore a vapore.* — La forma fondamentale di questo apparecchio è data schematicamente dalla figura 100.

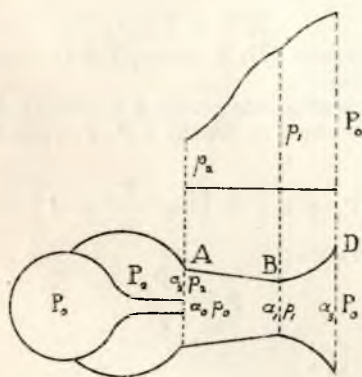


Fig. 100.

L'acqua di alimentazione entra per l'orificio A e sbocca in caldaia unitamente al vapore condensato per l'orificio D. La pressione interna lungo la superficie A B D cresce dall'imbocco allo sbocco ed è eguale rispettivamente nelle sezioni A, B, D a  $p_2$ ,  $p$ ,  $P_0$ . Si suppone che l'azione di trascinamento tra il vapore e l'acqua si compia per intero nel tratto A B, e che quindi nell'altro tratto non si abbiano perdite sensibili di energia.

A questa forma si possono ridurre tutti gli svariati tipi di iniettori che esistono in pratica.

Si abbia ad esempio un iniettore Giffard rappresentato schematicamente dalla fig. 101. In questo apparecchio l'acqua di alimentazione entra per l'orificio A ed esce unitamente al vapore per l'orificio C, che trovasi in comunicazione diretta con l'atmosfera per mezzo del tubo di troppo pieno. Il getto uscente da C viene raccolto dal tubo conico divergente C D che lo conduce in caldaia. La pressione interna lungo la superficie A C D è minima ed eguale a  $p$ , alla sezione d'imbocco A, cresce gradatamente sino a raggiungere il massimo  $p_1$  alla sezione B, poi decresce e diviene eguale alla pressione

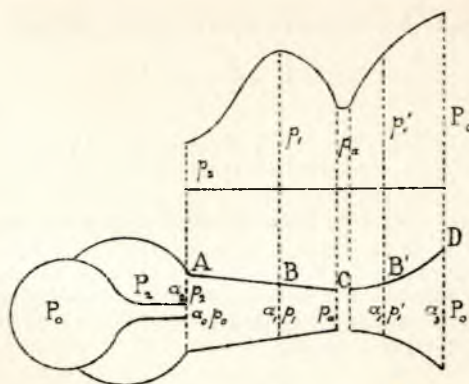


Fig. 101.

atmosferica alla sezione C. Nell'ultimo tratto C D essa cresce da un'atmosfera sino a divenire eguale alla pressione in caldaia.

Supposto che nei tratti B C, C B' non si abbiano perdite sensibili di energia, se la sezione in B è eguale alla sezione in B' sarà necessariamente  $p = p'$ . Ne segue che senza modificare il funzionamento dell'apparecchio, si potrà sopprimere il tratto B B' e ridurlo alla forma fondamentale della figura 100.

Negli iniettori delle caldaie a vapore il rapporto  $\frac{p_1}{P_0}$  tra la pressione dell'ambiente in cui avviene l'efflusso del vapore e la pressione interna è sempre  $< 0,5774$ . Per ciò che si disse in precedenza le quantità  $p$ ,  $v$ ,  $w$ , che rappresentano rispettivamente la pressione, il volume specifico e la velocità alla sezione di efflusso, saranno indipendenti dalla pressione  $p_1$  e si determineranno per mezzo delle formole (2) (3) (4).

§ 4. — Veniamo ora al moto dell'acqua trascinata.

Quando i liquidi passano da una pressione notevole ad una pressione molto piccola sviluppano aria, acido carbonico ed altri gas che tenevano sciolti, ed oltre a ciò una parte del liquido stesso si converte in vapore. La presenza della sostanza aeriforme fa sì che la pressione del miscuglio non si diparta come nel caso ipotetico in cui il liquido fosse assolutamente privo di gas ed incapace di ridursi in vapore.

Per abbracciare il problema in tutta la sua generalità terremo conto di questo fatto.

Diciamo  $x$  il peso dei gas e dei vapori esistenti allo stato libero contenuto nell'unità di peso di miscela. Supponiamo che per una data pressione iniziale  $P_1$  tutto il gas venga assorbito e tutto il vapore si riduca in acqua. Questa ipotesi, stante il piccolissimo volume specifico del liquido a confronto del gas, può ritenersi equivalente alla seguente. Si può supporre cioè che per quella data pressione iniziale  $P_1$  i gas si trasformino in liquido aventi lo stesso peso specifico del liquido da cui si sprigionano. Per tale considerazione se diciamo  $\sigma_1$  il volume specifico del liquido che si considera, il volume specifico del miscuglio alla pressione  $P_1$  sarà pure  $\sigma_1$ .

Alla pressione  $p$  un peso  $x$  sarà ridotto in gas e vapore, e l'unità di peso di miscuglio sarà così ripartita; liquido  $1-x$ , gas e vapore  $x$ . Detto  $v'$  il volume specifico del corpo aeriforme, il volume specifico dell'unità di peso di miscela sarà:

$$v = (1 - x) \sigma_1 + x v'$$

L'applicazione del principio delle forze vive, ritenendo nulla la velocità iniziale  $W_1$ , ci dà:

$$P_1 \sigma_1 + \int p dv = p_1 v_1 + \frac{w^2}{2g} \quad (5)$$

Per effettuare l'integrazione conviene conoscere le leggi secondo le quali  $v'$  ed  $x$  variano in funzione della pressione  $p$ .

Trattandosi di sostanza aeriforme che si trova continuamente in contatto di un liquido sempre rinnovantesi, si può ammettere con sufficiente approssimazione che la temperatura si mantenga costante malgrado la sottrazione di calore,

che si produce per l'espansione, si potrà quindi applicare la legge di Mariotte-Gay Lussac la quale dà:

$$p v' = A T = C$$

essendo C una costante.

Quanto alla legge che lega la pressione  $p$  al peso  $x$  di gas e vapore sviluppati, sappiamo per ipotesi che per  $p = P_2$ ;  $x = 0$  e che la  $x$  cresce col decrescere della pressione  $p$ . Ciò non basta a determinare la legge predetta o in altri termini la espressione di  $x$  in funzione di  $p$ . Siccome però si tratta di soluzione approssimata, non conoscendosi l'espressione reale, noi la sostituiamo con un'espressione approssimata avente la forma più semplice possibile e soddisfacente alle predette condizioni. Porremo dunque:

$$x = \frac{P_2 - p}{P_2 - p_2} x_2$$

essendo  $x_2$  il peso di gas corrispondente alla pressione  $p = p_2$ .

Il volume specifico alla sezione  $a_1$  diviene quindi:

$$v_1 = (1 - x_2) \sigma_2 + \frac{x_2 C}{p_2} \quad (I)$$

Sostituendo nell'equazione (5) ed integrando si ottiene:

$$\frac{w_2^2}{2g} = P_2 \sigma_2 - p_2 \sigma_2 + x_2 \left[ C \left( \frac{P_2}{P_2 - p_1} \log_e \frac{P_2}{p_2} - 1 \right) - \sigma_2 \frac{P_2 - p_2}{2} \right] \quad (II)$$

Quest'equazione valevole per un filetto elementare viene estesa a tutti i filetti; il che del resto ha luogo per tutte le altre equazioni.

§ 5. — Otteniamo la (III) equazione applicando come al solito il teorema delle quantità di moto tra le sezioni A e B:

$$\begin{aligned} a_0 p_0 + a_1 p_1 - \int p d \sigma - a_1 p_1 = \\ = (G_0 + G_1) \frac{w_1}{g} - G_0 \frac{w_0}{g} - G_1 \frac{w_2}{g} \end{aligned}$$

Per calcolare  $\int p d \sigma$  converrebbe conoscere la legge secondo la quale la pressione  $p$  si riparte sulla superficie conica A B. Non conoscendosi questa legge è necessario ricorrere ad un'ipotesi semplificativa. Per la conformazione dell'apparecchio la pressione tra le sezioni A e B va continuamente crescendo, non ci allontaneremo quindi notevolmente dalla realtà se supporremo che la pressione media sia eguale alla media aritmetica delle pressioni  $p_2$  e  $p_1$  esistenti rispettivamente nelle predette sezioni, il che equivale a porre:

$$\frac{\int p d \sigma}{\sigma} = \frac{p_1 + p_2}{2}$$

donde:

$$\int p d \sigma = (a_0 + a_1 - a_1) \frac{p_1 + p_2}{2}$$

Sostituendo questo valore nell'ultima equazione ed eseguendo le debite riduzioni si ottiene:

$$\begin{aligned} p_0 + N p_2 - M p_1 = \\ = \frac{1}{g} \left( m \frac{w_1^2}{v_1} - \frac{w_0^2}{v_0} - n \frac{w_2^2}{v_2} \right) \quad (III) \end{aligned}$$

dove:

$$N = \frac{m + n - 1}{2}; \quad M = \frac{m + n + 1}{2}$$

L'equazione di continuità di massa tra le sezioni A e B dà:

$$m \frac{w_1}{v_1} = \frac{w_0}{v_0} + n \frac{w_2}{v_2} \quad (IV)$$

Finalmente l'applicazione del principio delle forze vive tra le sezioni B e D ci fornisce:

$$p_1 + \frac{w_1^2}{2g v_1} + \int_{v_1}^{v_2} p d v = P_0 + \frac{w_2^2}{2g v_2}$$

dalla quale essendo per il principio di continuità:

$$\frac{a_1 w_1}{v_1} = \frac{a_2 w_2}{v_2}, \text{ posto } \rho = \frac{a_1}{a_2}$$

si ottiene:

$$p_1 + \left( 1 - \rho^2 \frac{v_2}{v_1} \right) \frac{w_1^2}{2g v_1} + \int_{v_1}^{v_2} p d v = P_0 \quad (V)$$

Conoscendosi il modo con cui avviene la compressione si potrà avere  $p$  in funzione di  $v$  e quindi eseguire l'indicata integrazione. Parimenti si ritieni che i volumi specifici  $v_1$  e  $v_2$  siano dati dalle note relazioni:

$$v_1 = \varphi(p_1, x) \quad (VI)$$

$$v_2 = \varphi(P_0, x) \quad (VII)$$

dove  $x$  ed  $x$  rappresentano il peso della materia aeriforme che trovasi allo stato libero nell'unità di peso di miscela rispettivamente alle sezioni B e D.

Siccome, come già si disse, le quantità  $p_0, v_1, w_1$  possono essere considerate quali funzioni note della pressione interna  $P_0$ , le predette 7 equazioni serviranno a trovare le 7 incognite:

$$p_2, w_2, v_1, p_1, w_1, v_1, v_2.$$

§ 6. — Questa soluzione generale, la quale si presenta assai complessa, è suscettibile di notevoli semplificazioni quando si venga ai casi particolari. Si può difatti supporre che alla sezione B il vapore sia completamente condensato e che quivi non esistano gas allo stato libero, in tal caso sarà:

$$v_1 = v_2 = \sigma_2 \quad \int_{v_1}^{v_2} p d v = 0.$$

Le 7 equazioni precedenti si riducono a 5 e le cinque incognite da determinarsi sono:

$$p_1, w_1, p_2, w_2, v_2.$$

Anche l'equazione (II) è suscettibile in alcuni casi di essere semplificata.

Se  $x_2$  è sufficientemente grande e  $p_2$  molto piccola in modo da potersi trascurare di fronte a  $P_2$  l'equazione prende la forma:

$$\frac{w_2^2}{2g} = \sigma_2 P_2 + x_2 \left[ C \left( \log_e \frac{P_2}{p_1} - 1 \right) - \sigma_2 \frac{P_2}{2} \right]$$

dalla quale si ricava:

$$p_1 = \frac{P_2}{e^{\frac{2x_2}{C}}}$$

essendo:

$$\alpha = \frac{\frac{w_2^2}{2g} - \sigma_2 P_2 + x_2 \sigma_2 \frac{P_2}{2} + x_2 C}{x_2 C}$$

ed  $e$  la base dei logaritmi neperiani.

L'azione di trascinamento esercitata dal vapore sull'acqua ha per effetto di aumentare la velocità  $w_2$ . Ora l'ultima formula ci dice che, qualunque sia il valore della velocità  $w_2$ , ossia l'azione di trascinamento, la pressione  $p_2$  si mantiene sempre maggiore di zero. Il che è conforme all'esperienza.

Se invece il valore di  $x_2$  è sufficientemente piccolo e  $p_1$  sufficientemente grande, la predetta equazione può scriversi:

$$\frac{w_2^2}{2g} = \sigma_2 (P_2 - p_1)$$

In quest'ultimo caso si ha  $v_1 = \sigma_1$ . Le equazioni si riducono a quattro e le incognite da determinare sono:

$$p, p_1, w, w_1.$$

Ottenuto il valore di queste incognite si determinano immediatamente le altre quantità che interessano il problema, quali sono il rapporto  $\tau$  tra il peso dell'acqua trascinata ed il peso di vapore impiegato a questo scopo, ed il rendimento dell'apparecchio, vale a dire il rapporto tra il lavoro disponibile esistente nel getto miscela dell'iniettore ed il lavoro che il vapor d'acqua sarebbe al caso di produrre espandendo.

dosi adiabaticamente dalla pressione interna  $P_0$  sino alla pressione esterna  $p_a$ . Si ha difatti:

$$\eta = n \frac{v_0 w_1}{v_2 w_0}$$

$$R = (1 + \eta) \frac{p_1 - p_a + \frac{w_1^2}{2g}}{\int_{p_a}^{P_0} p \, dv}$$

dove:

$$\int_{p_a}^{P_0} p \, dv = \frac{P_0 V_0}{\lambda - 1} \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{P_0} \right)^{\frac{\lambda - 1}{\lambda}} \right]$$

Volendo, da ultimo, conoscere la temperatura  $t_1$  del getto miscela dopo avvenuta la condensazione, ossia alla sezione B, si potrà far uso della formula approssimata (1):

$$\eta = \frac{G_1}{G_2} = \frac{\lambda_0 - t_1}{t_1 - t_2}$$

la quale si deduce semplicemente dallo scambio di calore tra il vapore e l'acqua. In questa formula  $\lambda_0$  è il calore totale posseduto dal vapore saturo secco nel generatore,  $t_2$  la temperatura dell'acqua di alimentazione,  $t_1$  la temperatura da determinarsi del getto miscela, che per la predetta formula risulta:

$$t_1 = \frac{\lambda_0 + \eta t_2}{1 + \eta} \quad (6)$$

§ 7. — Per far meglio apprezzare l'utilità di queste formule le applicheremo ad un esempio numerico. Riepiloghiamo anzitutto le formole che servono allo scopo; esse sono:

$$p_0 = 0,5774 P_0 \quad ; \quad v_0 = 1,6223 V_0$$

$$w_0 = 3,2296 \sqrt{P_0 V_0}$$

$$\frac{w_1^2}{2g} = \sigma_2 (P_2 - p_1) \quad (7)$$

$$p_0 + N p_1 - M p_2 = \frac{1}{g} \left( \frac{w_1^2}{\sigma_2} - \frac{w_0^2}{v_0} - n \frac{w_1^2}{\sigma_1} \right) \quad (8)$$

dove:

$$N = \frac{m + n - 1}{2} \quad ; \quad M = \frac{m + n + 1}{2}$$

$$m \frac{w_1}{\sigma_1} = \frac{w_0}{v_0} + n \frac{w_1}{\sigma_2} \quad (9)$$

$$p_1 + (1 - \rho^2) \frac{w_1^2}{2g \sigma_2} = P_0 \quad (10)$$

La forma dell'iniettore, per quanto riguarda il suo funzionamento, è determinata quando siano dati i rapporti  $m, n, \rho$ .

Sia dunque  $m = 1$ ;  $n = 1$ ;  $\rho = 0,3042$ ;  
dove:

$$N = \frac{1}{2} \quad ; \quad M = \frac{3}{2}$$

Sia inoltre la pressione assoluta in caldaia di 3 atmosfere, sarà:

$$P_0 = 3 \times 10333 = 30999.$$

Dalle tabelle del Regnault (2) abbiamo per il corrispondente valore del volume specifico:

$$V_0 = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{1,7021} = 0,5875.$$

Dalle prime tre formole riportate si ottiene:

$$p_0 = 17900 \quad ; \quad v_0 = 0,9531 \quad ; \quad w_0 = 435,8.$$

Supposto che l'acqua di alimentazione venga fornita all'iniettore allo stesso livello a cui trovasi l'asse del medesimo, sarà:

$$P_2 = p_a = 10333. \quad \text{In fine: } \sigma_2 = 0,001 \quad g = 9,81.$$

Sostituendo questi valori nelle quattro equazioni (7), (8), (9), (10), si ottengono i valori delle quattro incognite  $p_2, w_1, p_1, w_1$ , che sono:

$$p_2 = 6439 \quad ; \quad w_2 = 8,738$$

$$p_1 = 27086 \quad ; \quad w_1 = 9,196.$$

Per mezzo di questi valori si ha immediatamente il rapporto tra il peso d'acqua trascinata ed il vapore impiegato:  $\eta = 19,11$  ed il rendimento  $R = 0,02563$ .

Questi risultati concordano con quanto l'esperienza ci dice in proposito. Si sa, difatti, che l'iniettore può trascinare da 10 a 20 e più litri d'acqua per kg. di vapore a seconda della maggiore o minore pressione esistente in caldaia e che mentre l'apparecchio ha un eccellente rendimento come pompa alimentare, esso è altrettanto imperfetto come macchina elevatoria.

Per avere la temperatura  $t_1$  del getto miscela osserviamo, che essendo la pressione in caldaia di 3 atmosfere, si ha per la tabella di Regnault già citata:  $\lambda_0 = 645,963$ .

Oltre a ciò, se si suppone che la temperatura dell'acqua di alimentazione sia di  $t_2 = 15^\circ$ , si ha per la formola (6):

$$t_1 = 46^\circ,391.$$

§ 8. *Limiti di funzionamento dell'iniettore.* — È noto come questa macchina sia di un'estrema sensibilità e come occorra che le sezioni di efflusso del vapore e quella di afflusso dell'acqua aspirata, ossia le sezioni  $a_0$  ed  $a_2$  abbiano valori speciali, i quali, in pratica, si ottengono con la manovra opportuna di alcune viti, perchè la macchina possa funzionare.

Questo fatto viene molto bene messo in luce dalla teoria sopra esposta.

Supponiamo si verifichino le condizioni più favorevoli al buon funzionamento dell'apparecchio, vale a dire che l'acqua di alimentazione sia priva d'aria e non sviluppi vapore e che l'effetto del trascinamento sia tale da render massima la depressione nella sezione  $a_2$ . Queste condizioni equivalgono a supporre  $x_1 = 0$ ,  $p_1 = 0$ . Poste queste condizioni nelle equazioni antecedenti, si ottiene:

$$\frac{w_1^2}{2g} = \sigma_2 P_2$$

$$p_0 - M p_2 = \frac{1}{g} \left( m \frac{w_1^2}{\sigma_2} - \frac{w_0^2}{v_0} - n \frac{w_1^2}{\sigma_2} \right)$$

$$m \frac{w_1}{\sigma_2} = \frac{w_0}{v_0} + n \frac{w_1}{\sigma_2}$$

$$p_1 + (1 - \rho^2) \frac{w_1^2}{2g \sigma_2} = P_0.$$

Dalle prime tre equazioni si ottengono i valori delle tre incognite  $w_1, w_1, p_1$ , dall'ultima si ha:

$$\rho = \sqrt{1 - \frac{2g \sigma_2 (P_0 - p_1)}{w_1^2}}$$

Sostituendo in questa espressione i trovati valori di  $w_1$  e  $p_1$  si ottiene una relazione tra le quantità  $m, n, \rho$ .

Perchè il funzionamento sia possibile è necessario che  $\rho$  abbia un valore reale, ossia che sia:

$$\frac{w_1^2}{2g \sigma_2} > P_0 - p_1.$$

Supponiamo, come nell'esempio antecedente, che la pressione in caldaia sia di 3 atmosfere e consideriamo successivamente i quattro apparecchi:

$$(m = 2 \quad ; \quad n = 1) \quad (I) \quad ; \quad (m = 2 \quad ; \quad n = 2) \quad (II)$$

$$(m = 1 \quad ; \quad n = 1) \quad (III) \quad ; \quad (m = 1 \quad ; \quad n = 2) \quad (IV)$$

(1) Vedi pag. 137, vol. II della *Termodinamica* dello ZEUNER, già citata.

(2) Vedi la Tabella II nell'appendice della *Termodinamica* dello ZEUNER, già citata.

Il 1° apparecchio è di forma cilindrica, il 2° di forma conica convergente, il 3° ha una forma analoga ma è più piccolo, il 4° ha una convergenza più pronunciata. La seguente tabella dà i valori di  $p_1$  e di  $\rho^2$  corrispondenti ai diversi casi in essa:

$$P = p_1 + \frac{w_1^2}{2g v_1}$$

	$m$	$n$	$p_1$	$\rho^2$	$P$
I	2	1	14237	-5,0930	16988
II	2	2	14898	-0,5093	25566
III	1	1	24842	+0,4399	35835
IV	1	2	-2300	+0,2053	39600

Si vede immediatamente che le disposizioni corrispondenti al I e II caso non danno un funzionamento possibile. Nel III caso il funzionamento è possibile. Nel IV caso la pressione  $p_1$  assume un valore negativo il che non è fisicamente realizzabile. Ciò per altro non prova che una simile disposizione non permetta il funzionamento, ma semplicemente che per suo mezzo non è possibile ottenere una depressione massima, cioè rendere  $p_1 = 0$  come è stato supposto.

Difatti rinunciando a questa condizione in un apparecchio corrispondente al IV caso pel quale sia:

$$\rho = 0,3837 \text{ risultano } p_1 = 2999$$

$$p_1 = 5000 \quad P = 35488$$

esso adunque è in condizioni di buon funzionamento.

Dal sin qui detto risulta chiaramente che seguitando ad aumentare la convergenza, ossia tenuto  $m = 1$  si fa  $n > 2$ , si arriva ben presto ad un limite oltre il quale il funzionamento dell'apparecchio diventa impossibile.

Dunque, a seconda dell'esposta teoria, perchè sia possibile il funzionamento negli iniettori delle caldaie a vapore, è necessario che le dimensioni e la forma dell'apparecchio varino tra limiti molto ristretti.

Possiamo quindi concludere che, malgrado le molte ipotesi semplificative introdotte nell'esposta teoria, essa non solo ci dà la soluzione completa della questione, in quanto che data la pressione in caldaia e le quantità geometriche che determinano l'iniettore ci permette di trovare tutte le incognite del problema, ma ci dà anche ragione delle molte anomalie che accompagnano il funzionamento di questo ingegnoso apparecchio.

§ 9. *Apparecchio aumentante la spinta di reazione.* — Si è già detto che per ottenere un buon rendimento da una macchina a reazione è necessario mettere in moto una massa notevole, impartendole una velocità relativamente piccola.

Un getto a vapore nel quale la portata ponderale è piccolissima e dove invece notevolissima è la velocità di efflusso, costituisce una macchina a reazione molto imperfetta. Come si osservò parlando di un getto di acqua trascinante acqua, la spinta di reazione e quindi il rendimento della macchina può essere aumentato per mezzo del trascinamento. A questo riguardo noi tratteremo un caso speciale molto semplice.

Supponiamo l'apparecchio di forma cilindrica e molto grande relativamente all'orificio di efflusso del vapore. Stante questa condizione la depressione prodotta dal trascinamento sarà molto piccola e l'efflusso del vapore potrà considerarsi come indipendente dalla predetta depressione. Per questa ragione le quantità  $p_0 w_0 v_0$  potranno considerarsi come quantità note.

Considerando il moto dell'acqua trascinata, che riteniamo priva di aria e di vapore, avremo la solita relazione:

$$\frac{w_1^2}{2g} = (P_1 - p_1) \sigma_1$$

alla quale aggiungeremo, come di consueto, l'equazione delle quantità di moto:

$$p_0 + n p_1 - m p_1 = \frac{1}{g} (m w_1^2 - w_0^2 - n w_1^2)$$

e l'equazione di continuità:

$$m \frac{w_1}{v_1} = \frac{w_0}{v_0} + n \frac{w_1}{\sigma_1}$$

Queste tre equazioni servono a determinare le tre incognite  $p_1, w_1, v_1$ . Dalle medesime si ha:

$$w_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4ac}}{2a}$$

nella quale:

$$a = n \left( \frac{n}{m} \frac{v_1}{\sigma_1} - \frac{1}{2} \right) \quad b = \frac{2n v_1}{m v_0} w_0$$

$$c = \frac{\sigma_1}{v_0} \left( 1 - \frac{v_1}{m v_0} \right) w_0^2 + g \sigma_1 (p_0 + n P_1 - m p_1)$$

Il rapporto tra il peso dell'acqua trascinata ed il peso del vapore che opera il trascinamento è:

$$\gamma = \frac{G_2}{G_0} = n \frac{v_0 w_1}{\sigma_1 w_0}$$

Per le disposizioni speciali dell'apparecchio la quantità di acqua trascinata è assai grande di fronte alla quantità di vapore, la condensazione sarà dunque completa e si avrà  $v_1 = \sigma_1 = 0,001$ .

Finalmente, se le condizioni di efflusso del vapore sono tali che le pressioni  $P_1, p_0, p_1$  poco differiscano fra loro, tenuto conto del valore notevole di  $m$  le formole antecedenti divengono:

$$c = \frac{\sigma_1 w_0^2}{v_0} \quad ; \quad a = \frac{m}{2} \quad ; \quad b = \frac{2 \sigma_1}{v_0} w_0$$

Essendo inoltre  $b$  molto piccolo di fronte agli altri termini sarà approssimativamente:

$$w_1 = \sqrt{\frac{c}{a}} = w_0 \sqrt{\frac{2}{m \frac{v_0}{\sigma_1}}}$$

donde:

$$\gamma = n \frac{v_0}{\sigma_1} \sqrt{\frac{2}{m \frac{v_0}{\sigma_1}}} = \sqrt{2 m \frac{v_0}{\sigma_1}}$$

Il rapporto tra la spinta di reazione del getto semplice e la spinta di reazione del getto miscela è

$$\phi = \frac{(G_0 + G_1) w_1}{G_1 w_0} = (1 + \gamma) \frac{w_1}{w_0} = \gamma \frac{w_1}{w_0} = 2$$

Queste formole coincidono con quelle corrispondenti al caso di acqua trascinante acqua, quando in quelle formole si ponga  $m \frac{v_0}{\sigma_1}$  in luogo di  $m$ . Si può dunque dire che la condensazione

esercita sul trascinamento lo stesso effetto che un aumento del rapporto  $m$ . Per ottenere dunque lo stesso aumento nella spinta di reazione sarà necessario dare ad  $m$  un valore assai minore quando si tratta di vapore trascinante acqua, che quando si tratta di acqua trascinante acqua.

Anche qui possiamo aggiungere che se si utilizza la velocità di efflusso evasando l'orificio di sbocco, si può dare al rapporto  $\phi$  un valore maggiore di 2, come è stato dimostrato parlando di acqua trascinante acqua.

#### CAPITOLO IV.

##### Esperienze sugli apparecchi aumentanti la spinta di reazione.

§ 1. — Abbiamo dimostrato nei capitoli antecedenti che tanto nel caso di acqua trascinante acqua, quanto in quello di vapore trascinante acqua, la spinta di reazione prodotta da un getto munito dell'apparecchio trascinante, che noi, per brevità, chiameremo *manicotto*, è maggiore della spinta prodotta da un getto semplice, e che quando si applica il manicotto la spinta di reazione cresce al crescere del diametro del manicotto.



Ora ci resta a mostrare come queste deduzioni teoriche vengano confermate dall'esperienza.

Per misurare la spinta di reazione sia del getto semplice, sia del getto armato di manicotto, feci costruire una bilancia speciale che denomino bilancia di reazione.

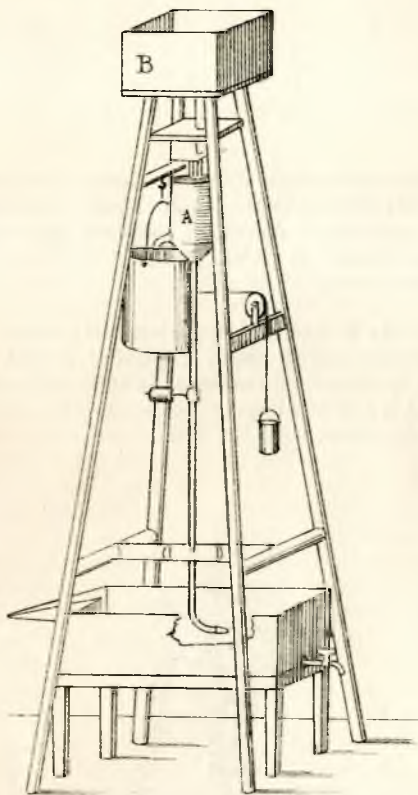


Fig. 102.

Questa bilancia, rappresentata dalla fig. 102, risulta di un tubo di ottone avente un diametro interno di 15 millimetri e una lunghezza nella parte rettilinea di m. 1,22. Il tubo è sostenuto nella parte superiore per mezzo di un apparecchio di sospensione del tutto analogo a quello delle bilancie comuni. Questo apparecchio permette al tubo un movimento di rotazione in un piano verticale. La parte inferiore del tubo è ricurvata secondo un arco di cerchio di 90°, ed alla sua estremità si unisce a vite un tubo conico convergente che costituisce l'orificio di efflusso. Il diametro di questo orificio è di 3 millimetri. Quando il tubo si trova verticale nella sua posizione di equilibrio, l'asse dell'orificio di efflusso è orizzontale. Poco al di sotto, al punto di sospensione, trovasi un recipiente A dal quale parte il liquido che, penetrando nel tubo per mezzo di quattro appositi fori, va ad alimentare il getto di reazione. La bilancia è inoltre munita di un indice destinato ad indicar su di una scala graduata la posizione verticale di equilibrio, e di un braccio orizzontale. Su questo braccio scorre a vite un peso di ottone. Spostando orizzontalmente questo peso si porta l'indice a zero al principio dell'esperienza.

La misura della spinta di reazione è data da un peso il cui valore può essere variato a volontà. Questo peso, sospeso ad un filo, va, per mezzo di una carrucola di rinvio, ad agire orizzontalmente sulla bilancia. Detto  $\beta$  il rapporto tra la distanza del fulcro stesso all'asse dell'orificio di efflusso, S il valore della spinta, P il peso, si ha  $S = \beta P$ . Nella predetta bilancia si aveva  $\beta = \frac{1}{4}$ .

§ 2. — Le esperienze da me eseguite si possono dividere in due gruppi. Il primo gruppo si riferisce ad un getto di acqua trascinante acqua, il secondo ad un getto di vapore trascinante

acqua. Il primo gruppo si distingue in due serie. Nella prima il carico era di metri 1,20, nella seconda di metri 4,90.

Per mantenere il carico costante, il recipiente A fisso alla bilancia è alimentato da un altro recipiente B collocato in cima all'apparecchio. Apposito rubinetto regola l'efflusso di alimentazione ed un largo sfioratoio, che fa parte del recipiente A, mantiene nel medesimo il livello d'acqua ad altezza costante.

Nella parte inferiore della bilancia, al di sotto dell'orificio di efflusso, si trova un recipiente speciale o vaschetta destinata a contenere l'acqua che deve essere trascinata. Le dimensioni della vaschetta sono: lunghezza 0,60, larghezza 0,20, profondità 0,15. Essa è provvista di una scala graduata per mezzo della quale si legge l'altezza di acqua nella medesima contenuta, d'uno sfioratore destinato a mantenere il livello costante e di un rubinetto di scarico. L'acqua che tracima dallo sfioratore va a sgorgare in apposito recipiente nel quale può essere misurata. L'esperienza procede nel modo seguente: chiuso l'orificio d'efflusso e riempito d'acqua l'apparecchio e la vaschetta sino al livello degli sfioratori, si porta l'indice a zero spostando convenientemente il romano a ciò destinato. Si apre quindi l'orificio di efflusso. Immediatamente l'acqua esce sotto forma di getto e la spinta di reazione che si produce fa rotare la bilancia di un certo angolo dalla posizione verticale. Dopo aver accertato che il regime si è ben stabilito, vale a dire che la spinta è costante, si pone sulla bilancia un peso tale da portare l'indice a zero. Questo peso ci dà la misura della spinta.

Le esperienze di cui ci stiamo occupando riguardano la determinazione della spinta di reazione prodotta dal getto semplice effluente nell'atmosfera, del getto suffolto semplice e del getto suffolto munito dell'apparecchio trascinante.

Gli apparecchi di trascinamento o manicotti assoggettati all'esperienza risultano in generale di un tubo cilindrico ad una estremità del quale si unisce un imbuto conico. L'acqua trascinata entrava per l'imbuto ed usciva dall'estremità opposta unitamente all'acqua del getto trascinante. La depressione che si produceva nella parte interna dell'imbuto aumentava la spinta di reazione.

La forma del manicotto e le relative dimensioni sono indicate nella fig. 103, dove è:

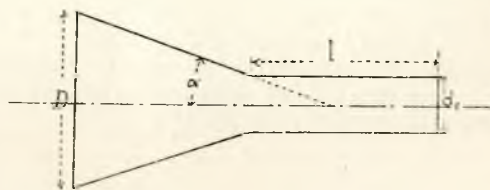


Fig. 103.

D il diametro della bocca d'ingresso dell'imbuto.

A l'area della sezione corrispondente;

$d$ , il diametro del tubo cilindrico;

$a$ , l'area della sezione corrispondente;

$l$  la lunghezza della parte cilindrica;

$\alpha$  il semiangolo al vertice del cono.

I risultati delle esperienze sui diversi manicotti sono riportati nella tabella in capo alla pagina seguente.

La prima colonna indica il numero delle esperienze. La seconda dà i numeri con i quali sono stati distinti i diversi manicotti. Nella penultima colonna sono riportati i pesi in grammi occorrenti per equilibrare la bilancia, e nell'ultima il rapporto  $\phi$  tra la spinta prodotta dal getto armato di manicotto e la spinta del getto semplice.

Le esperienze 3, 4, 5 nelle quali, tenendo costanti tutte le altre quantità, si fa variare solamente la lunghezza  $l$ , fanno vedere che l'effetto massimo del manicotto corrisponde ad una lunghezza  $l$  eguale a circa 6 volte il diametro dell'orificio di efflusso.

TABELLA N° 1.

N° esperienze	Manicotto	D	A	$d_1$	$a_1$	$\alpha$	$l$	P	$\varphi$				
1	Getto libero senza manicotto										79,5	—	
2	Getto suffolto senza manicotto										71,3	1,000	
3	1	50	1963,5	15	176,71	—	50,0	85,0	1,192				
4	2	»	—	»	—	—	88,5	89,0	1,248				
5	3	»	—	»	—	—	152,5	82,0	1,150				
6	4	100	7854,0	15	176,71	18°	90,0	81,0	1,136				
7	5	»	»	»	—	36°	»	87,0	1,220				
8	6	»	»	»	—	54°	»	88,0	1,234				
9	7	»	»	»	—	72°	»	85,0	1,192				
10	8	»	»	»	—	90°	»	78,0	1,094				
11	9	»	»	20	314,16	18°	120,0	93,0	1,304				
12	10	»	»	»	—	36°	»	86,0	1,206				
13	11	»	»	»	—	54°	»	86,0	1,206				
14	12	»	»	»	—	72°	»	85,5	1,199				
15	13	»	»	»	—	90°	»	82,0	1,150				
16	14	»	»	25	490,87	18°	150,0	92,5	1,297				
17	15	»	»	»	—	36°	»	91,0	1,276				
18	16	»	»	»	—	54°	»	92,0	1,290				
19	17	»	»	»	—	72°	»	90,0	1,262				
20	18	»	»	»	—	90°	»	82,0	1,150				
21	19	110	9503,0	50	1963,5	54°	160,0	94,5	1,325				
22	6 + 16	—	—	—	—	—	—	88,0	1,234				
23	4 + 17	—	—	—	—	—	—	92,0	1,290				
24	6 + 19	—	—	—	—	—	—	100,0	1,401				
25	Manicotto speciale vedi fig. (11)										—	104,0	1,459

Pei valori minori di  $l$  il trascinamento è incompleto, per valori maggiori le resistenze d'attrito prodotto dalla parete interna del tubo, divengono notevoli e diminuiscono la spinta di reazione.

Le esperienze dal 6 al 20 ci fanno conoscere l'influenza del diametro  $d_1$ , e dell'angolo  $\alpha$  sul valore della spinta. Esse ci dicono che la spinta cresce col crescere del diametro  $d_1$ .

L'influenza dell'angolo  $\alpha$  non è così pronunziata come quella del diametro. Quando esso varia tra 36° e 72° la sua influenza è quasi trascurabile. Questa si fa sentire per  $\alpha < 36^\circ$  e per  $\alpha > 72^\circ$ . Per  $\alpha = 90^\circ$  ossia nel caso che l'imbuto si riduca ad un disco, la spinta è sensibilmente diminuita.

Le esperienze (22) (23) (24) si riferiscono a manicotti accoppiati e l'esperienza (25) ad un manicotto speciale evasato quale vedesi rappresentato nella fig. 104.

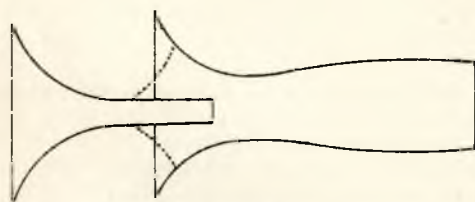


Fig. 104.

Questo manicotto è quello che ha dato alla spinta il valore massimo.

§ 3. — Furono anche fatte esperienze speciali per la determinazione della portata. I risultati delle misure eseguite sulla portata del getto trascinante e dell'acqua trascinata sono raccolti nella seguente Tabella, nella quale la 1ª colonna dà il numero delle esperienze, la 2ª il numero del manicotto assoggettato all'esperienza; nelle altre 3 colonne sono riportate rispettivamente le portate in litri al secondo dell'acqua trascinante, dell'acqua trascinata e la portata complessiva.

TABELLA N° 2.

Esperienze	Manicotto	Portata		
		trascinante	complessiva	trascinata
1	5	0,05	0,143	0,090
2	10	»	0,250	0,200
3	17	»	0,286	0,236
4	25	»	0,500	0,450

Dall'ispezione di questa Tabella si desume immediatamente che la portata dell'acqua trascinata cresce al crescere del diametro del manicotto e che essa è massima pel manicotto speciale in cui l'azione di trascinamento è aumentata dall'evasamento allo sbocco.

§ 4. — Nella 2ª serie di esperienze il carico relativo al getto trascinante era di metri 4,90. Per potere adattare a questo caso la bilancia a reazione, fu tolto dalla medesima il recipiente A a livello libero e sostituito con un altro recipiente, quale vedesi nella fig. 105.

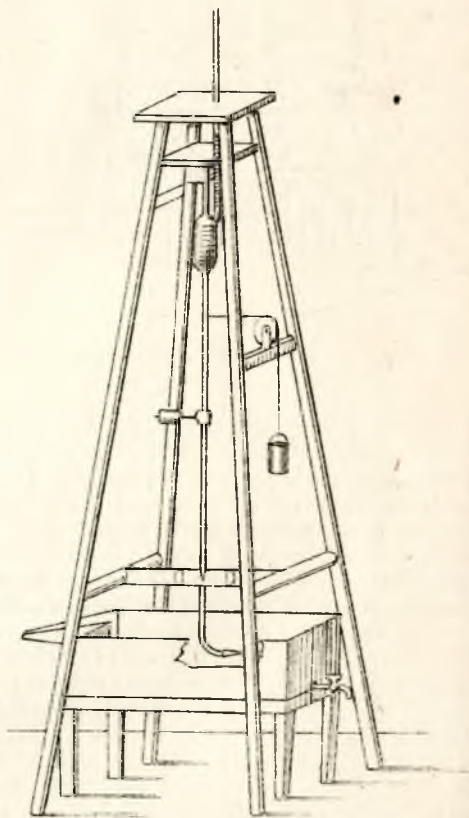


Fig. 105.

Questo piccolo recipiente era messo in comunicazione per mezzo di un tubo flessibile con un gran recipiente collocato a notevole altezza, nel quale, per mezzo di una pompa e di uno sfioratore, si manteneva l'acqua a livello costante. Furono assoggettati all'esperienza alcuni dei manicotti adoperati nella serie antecedente e furono ottenuti i risultati registrati nella tabella seguente, i quali risultati si accordano in massima con quelli relativi alla prima serie; solo deve notarsi che in questo caso l'effetto del manicotto è minore del caso antecedente, e ciò sembra doversi attribuire al non essere stati i manicotti costruiti appositamente. Sembra difatti naturale che quanto è più grande la velocità del getto,

tanto più lungo debba essere il manicotto affinché la velocità possa riescire presso a poco eguale su tutti i punti della sezione di efflusso.

TABELLA N° 3.

Manicotti	Getto libero	Getto suffolto	N° 6	11	16	19	25	6 + 19
	P	185	175	195	192	224	201	222
q	—	1,000	1,114	1,097	1,280	1,149	1,269	1,286

§ 5. — Veniamo ora al 2° ed ultimo gruppo di esperienze sulla spinta di reazione prodotta da un getto di vapore semplice e da un getto di vapore trascinante acqua.

La bilancia di reazione conservava la stessa disposizione del caso antecedente, solo il tubo flessibile che prima comunicava con un recipiente di acqua, veniva ora messo in comunicazione con un generatore di vapore a bassa pressione.

Apposito rubinetto permetteva di aprire e chiudere la comunicazione. Il manometro posto nella caldaia dava la pressione effettiva esistente nella medesima, che durante le esperienze si mantenne tra 0,60 e 0,80 di atmosfera.

Per determinare la temperatura dell'acqua nella vaschetta, ossia dell'acqua trascinata dal vapore, veniva collocato nell'interno della medesima un termometro centigrado. Siccome l'efflusso del getto miscela aveva luogo nella stessa vaschetta, l'acqua trascinata passava ripetutamente attraverso l'apparecchio ed acquistava così una temperatura sempre maggiore.

Le esperienze procedevano nel modo seguente. Equilibrata la bilancia per mezzo del romano ed aperto il rubinetto che permetteva l'efflusso del vapore, si collocava nella bilancia un peso sufficiente per riportare l'indice a zero e si leggeva contemporaneamente la temperatura dell'acqua nella vaschetta, la pressione in caldaia e la spinta di reazione. Questa operazione veniva ripetuta ogni cinque minuti.

Le Tabelle che seguono danno i risultati ottenuti con i diversi apparecchi assoggettati all'esperienza.

TABELLA N° 4. — Getto semplice suffolto.

N° Esperienze	1	2	3	4	5	6	7
Tempo . . . . .	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'
Temperatura . . . . .	14° <sub>5</sub>	31°	48°	61°	76°	85°	93° <sub>5</sub>
Pressione . . . . .	0,775	0,710	0,725	0,750	0,750	0,750	0,750
Spinta . . . . .	103	109	122	140	156	147	136

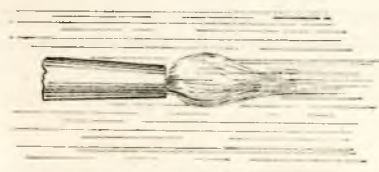
Le Tabelle 5, 6 e 7 si riferiscono al getto munito del manicotto speciale N. 25.

TABELLA N° 5.

N° Esperienze	1	2	3	4	5	6	7
Tempo . . . . .	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'
Temperatura . . . . .	25° <sub>5</sub>	41° <sub>5</sub>	56° <sub>5</sub>	71°	80°	87°	—
Pressione . . . . .	0,625	0,650	0,650	0,650	0,650	0,675	—
Spinta . . . . .	183	210	257	384	—	580	x

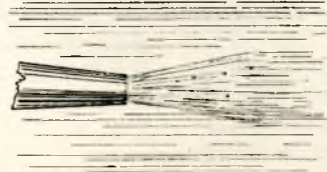
13

14



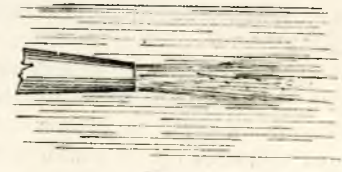
30°-40°

Fig. 106.



80°

Fig. 107.



15

90°

Fig. 108.

TABELLA N° 6.

N° Esperienze	1	2	3	4	5	6	7
Tempo . . . . .	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'
Temperatura . . . . .	20°	40°	55°	70°	79° <sub>5</sub>	89° <sub>5</sub>	94°
Pressione . . . . .	0,625	0,625	0,650	0,680	0,700	0,700	0,700
Spinta . . . . .	184	205	251	419	640	240	x

TABELLA N° 7.

N° Esperienze	1	2	3	4	5	6	7
Tempo . . . . .	0	5'	10'	15'	20'	25'	30'
Temperatura . . . . .	20°	40°	55°	70°	79° <sub>5</sub>	89° <sub>5</sub>	93°
Pressione . . . . .	0,700	0,725	0,730	0,725	0,715	0,680	—
Spinta . . . . .	215	252	320	415	550	205	x

Facciamo osservare che quando la temperatura dell'acqua contenuta nella vaschetta supera gli 80°, la condensazione diventa sempre più incompleta, il trascinamento sempre più irregolare e la spinta di reazione subisce tali variazioni brusche di intensità che non è più possibile farne la misura. Questo stato di cose è indicato nelle Tabelle con la lettera x.

§ 6. — Quantunque queste esperienze non siano state fatte con quella accuratezza e precisione che solo possono aver luogo in un gabinetto scientifico, fornito di tutti i mezzi necessari, di modo che sarebbe eccessiva presunzione se si volessero prendere alla lettera i risultati ottenuti dalle medesime, pur tuttavia nel loro insieme esse mettono in piena evidenza tre fatti di straordinaria importanza, che sono i seguenti:

1° La spinta di reazione prodotta da un getto armato di manicotto è maggiore della spinta prodotta da un getto semplice;

2° La spinta di reazione prodotta da un getto armato di manicotto aumenta col crescere il diametro del manicotto;

3° Quando un getto di vapore effluisce nell'acqua, la spinta di reazione aumenta con l'aumentare la temperatura dell'acqua tanto nel caso del getto semplice, quanto nel caso del getto armato di manicotto.

Non occorre spendere molte parole per dimostrare come i primi due fatti si accordino con la teoria dei getti trascinanti da noi esposta nei primi capitoli di questa Memoria. Quivi difatti si dimostra che il rapporto  $\phi$  tra la sponda del getto armato di manicotto e quella del getto semplice è sempre maggiore dell'unità e cresce al crescere del diametro del manicotto, che per manicotti cilindrici infinitamente grandi il rapporto  $\phi$  è uguale a 2, e può essere maggiore di 2 quando i manicotti invece di essere cilindrici hanno una forma evasata.

Quanto all'ultimo fatto messo in luce dalle esperienze, consistente nell'influenza esercitata dalla temperatura dell'acqua sulla spinta di reazione, facciamo osservare che parecchie sono le cause che concorrono alla produzione di questo fenomeno.

Dapprima si deve notare che l'orificio di efflusso ed una piccola parte del tubo che conduce il vapore pescano nell'acqua e che, quantunque si fosse avuto cura di coprire queste

parti con materia coibente, non era possibile impedire una certa perdita di calore, la quale naturalmente riusciva tanto maggiore quanto minore era la temperatura dell'acqua. La perdita di calore subita dal vapore prima di uscire dall'orificio doveva avere per conseguenza una diminuzione nella velocità di efflusso e quindi nella spinta di reazione.

Secondariamente la temperatura dell'acqua nella quale sboccava il getto di vapore, influiva notevolmente sulla forma del getto immediatamente al di fuori dell'orificio di efflusso.

Si vede di fatto dalle figure 106, 107 e 108, le quali rappresentano il getto di vapore in seno all'acqua alle temperature di 35°, 80°, 90° che la curvatura dei filetti all'orificio di efflusso è tanto maggiore, quanto minore è la temperatura dell'acqua circostante. Da ciò si deduce che la pressione media all'orificio di sbocco debba crescere col diminuire della temperatura e viceversa. E siccome al crescere della pressione media diminuisce la velocità di efflusso e conseguentemente la spinta di reazione, si conclude che la spinta di reazione deve crescere o diminuire a seconda che cresce o diminuisce la temperatura dell'acqua.

Considerando che le predette cause sono concomitanti nel produrre lo stesso effetto, si comprende come esse siano sufficientissime a dare spiegazione del fatto messo in luce dalle nostre esperienze.

Castelplanio (Marche), 21 luglio 1897.

Ing. CARLO FOSSA-MANCINI.

## CONSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI STRADE FERRATE

### L'ESERCIZIO DELLA FERROVIA DEL GOTTARDO.

Note dell'Ing. STANISLAO SCANO

(Veggansi le Tavole VII, VIII, IX e X)

(Continuazione e fine)\*

6. Servizio della trazione. — Il servizio della trazione e quello del materiale mobile sono posti alla dipendenza di un capo trazione residente a Lucerna; della sorveglianza diretta del servizio sono incaricati un capo dei depositi ed un capo-officina residenti a Bellinzona.

L'intera linea costituisce una sola sezione di trazione divisa nei tre depositi di Bellinzona, Biasca ed Erstfeld; la scelta di queste due ultime stazioni a sede di deposito è stata dettata esclusivamente da considerazioni d'ordine tecnico, essendo situate ai piedi delle rampe d'accesso alla gran galleria e quindi in condizione di poter disimpegnare con facilità il servizio dei treni in montagna; a Bellinzona il deposito trova la sua ragione d'essere, oltrechè per il disimpegno delle linee ticinesi, nella vicinanza delle officine centrali di grande riparazione del materiale mobile.

Lo scopo principale di ogni servizio di trazione, oltre a quello diretto di esercitare una continua sorveglianza sulla condotta delle locomotive in servizio ai treni, nelle stazioni e nei depositi e di mantenere in buono stato di conservazione locomotive e veicoli, si è quello di studiare la migliore utilizzazione delle locomotive e del personale di macchina compatibilmente con le esigenze del servizio generale della ferrovia e con gli obblighi dettati dalla legge o da ragioni di umanità.

La questione dei turni di servizio è stata largamente dibattuta nei Congressi ferroviari internazionali tenuti dal 1885 a questa parte; le ultime discussioni han dimostrato che una evoluzione si va manifestando nelle idee dei tecnici ferroviari nel senso che oramai si ammette dalla gran generalità, che, in certe condizioni di esercizio, il sistema dei turni con squadre doppie e banali può essere vantaggiosamente applicato in luogo del sistema a squadre semplici.

Oggidi, non poche amministrazioni ferroviarie europee hanno adottato, se non in modo affatto generale ma certamente su larga scala, il sistema delle squadre doppie (1); la compagnia del Gottardo l'aveva applicato sin dal 1888 con buoni risultati, e quando fu emanata la Legge federale, di cui abbiamo già tenuto parola, che restringe la durata del lavoro del personale di macchina, che impone i riposi festivi, che sopprime il servizio dei treni merci nei giorni di festa, fu obbligata, per utilizzare in modo conveniente l'opera del personale di macchina, ad adottare turni di servizio con squadre multiple; il passaggio da un sistema all'altro è stato fatto gradatamente allo scopo di vincere in modo affatto naturale tutte le prevenzioni e tutte le resistenze che il personale non avrebbe tralasciato di opporre all'introduzione di un sistema fondato su principi tanto differenti da quelli a cui fino allora era stato abituato. I turni di servizio con squadre multiple sono oramai applicati in modo generale su tutta la rete e per tutti i treni, e questa ritengo sia l'applicazione più completa che se ne sia fatta finora in Europa.

Dal gennaio 1896 sono poi in vigore le seguenti disposizioni, che sono un complemento necessario del sistema;

a) Lavatura e piccole riparazioni alle locomotive affidate a speciali squadre fisse nei depositi;

b) Soppressione dei premi per economia sul consumo di combustibile e materie lubrificanti.

I premi per economia non rappresentavano più con le squadre multiple un compenso alla buona ed economica condotta della locomotiva ma un premio casuale qualunque; per compensare il personale di macchina di questa perdita sono state aumentate le indennità di percorrenza; sulle linee di montagna, per esempio, l'indennità ai macchinisti è stata accresciuta nella seguente misura:

Treni diretti	-	Da cent. 2,2	a cent. 4,1	per km.
» omnibus	-	» 2,2	» 3,8	»
» merci	-	» 2,7	» 4,7	»

In eguale proporzione si sono aumentate le indennità per gli altri treni e quelle dei fuochisti.

I turni attuali di servizio sono il risultato di studi ed esperienze fatte in parecchi anni di prova. Nella tavola X trovasi tracciato il turno grafico di servizio per il personale di macchina e per le locomotive del gruppo VII del Deposito di Biasca, relativo ai treni diretti; i macchinisti, scelti fra i migliori, debbono eseguire le due coppie di treni diretti, numeri 57 e 58, 41 e 42, fra Erstfeld e Chiasso e viceversa; ma per la Legge federale che prescrive 17 giorni festivi di riposo all'anno non è possibile di tenere il personale esclusivamente adibito per questi treni diretti, ond'è che ad esso si fanno eseguire anche treni merci e precisamente i treni numeri 508, 509 e 518.

Ciò premesso, appare dall'esame del turno in qual modo su di un servizio di 49 giorni si sono potuti ricavare per ogni squadra due riposi domenicali (15 in un anno) e come è stata rispettata la legge della durata del lavoro e del riposo consecutivo.

Per la chiara intelligenza del turno è d'uopo fare osservare:

1° Che il sabato di ogni settimana non ha luogo il treno merci 518, che parte da Biasca e pernotta ad Airolo, per non far rimanere il giorno susseguente (domenica) inutilizzati fuori di residenza una locomotiva ed il relativo personale;

(1) Anche la Mediterranea italiana ha fatto esperimento su vari tronchi dei turni di servizio con squadre doppie; ma vi ha rinunciato presto, forse perchè non vi hanno concorso alcuni elementi indispensabili per la buona riuscita; oggidi è ancora in vigore un turno di servizio a squadre doppie per i treni merci del deposito di Rivarolo.

2° Che di conseguenza il lunedì mattina non trovasi ad Airola la locomotiva del Deposito di Biasca, che dovrebbe eseguire il treno 506 e susseguentemente il treno 509; nel lunedì resta perciò soppresso il treno 506, ed il treno 509 viene condotto fino ad Airola da locomotiva e personale del Deposito di Erstfeld;

3° Il personale di questo Deposito conduce normalmente il treno 512, ma per le stesse ragioni su esposte il lunedì mattina non si trova a Biasca la macchina del Deposito di Erstfeld che possa eseguire questo treno, ed in tal giorno fino ad Airola esso è fatto da locomotive e personale del Deposito di Biasca.

Per eseguire il servizio sopraindicato, non tenendo conto dell'ultima settimana in cui il personale fa riserva, occorrono sei squadre di macchinisti e tre sole locomotive; i macchinisti sono destinati esclusivamente per questo servizio; le macchine sono invece prese indifferentemente fra tutte quelle dello stesso tipo in dotazione al deposito. La lavatura delle locomotive, come abbiamo già detto, non viene fatta dal personale di macchina; non sono stabiliti giorni fissi per tale operazione, ma è invece prescritto che si faccia dopo un determinato percorso, in generale 3000 km.

Dall'esempio citato si rileva il vantaggio che presenta il sistema adottato dalla Compagnia su quello, per esempio, a squadre semplici, sotto il riguardo della quantità di locomotive necessarie per fare quel servizio. Ma il caso di un esempio isolato può trarre in inganno; sarà quindi più istruttivo considerare i risultati generali, vantaggi ed inconvenienti, che dall'applicazione del sistema su tutta la Rete si sono ottenuti.

Il percorso medio di ciascuna locomotiva è stato nel 1895 di 35 000 km.; le locomotive C<sup>ST</sup> e D T che sono maggiormente adoperate, e per di più quasi esclusivamente in montagna, percorsero mediamente 43 256 e 34 245 km.; questi risultati sono tanto più notevoli inquantochè in altre ferrovie con linee piane e treni dotati di maggiore velocità le locomotive non raggiungono percorrenze medie così alte (1).

Questo percorso medio elevato è inerente in modo assoluto al sistema dei turni di servizio a squadre multiple; ed infatti la proporzione di personale di macchina e di servizio dei depositi di cui dispone la Ferrovia del Gottardo non è affatto superiore a quella delle altre Reti; per ogni 100 000 chilometri di percorrenza la Compagnia ha 1,55 agenti per il servizio di verifica e pulizia, 2,30 agenti in servizio ai depositi e 5,75 fra macchinisti e fuochisti (2). Si rimproverano però al sistema alcuni inconvenienti che hanno scongiurato molte Amministrazioni, anche americane, dalla sua adozione; il più importante di essi sarebbe un aumento nei consumi; si dice che con tale sistema sparisce l'interesse particolare per condurre economicamente la locomotiva e per tenerla in buone condizioni di manutenzione, essendo anche difficile di rintracciare le responsabilità individuali. Ora ciò sta in tesi generale e quando con i turni di servizio a squadre multiple si vogliono mantenere gli stessi criteri direttivi che si adottano con le squadre semplici; ma quando le ispezioni siano più frequenti e rigorose, quando si esigano dal personale di macchina rapporti dettagliati sullo stato delle locomotive, quando le verifiche e riparazioni si facciano più di frequente, quando si stabiliscano premi per chi denuncia in tempo debito guasti al materiale, e quando soprattutto si sappia instillare nell'animo del personale il sentimento della responsabilità collettiva, tale sistema non

presenta gravi inconvenienti e ad ogni modo essi sono compensati largamente dai vantaggi che se ne ricavano.

È quanto si verifica nella Ferrovia del Gottardo; il servizio di macchina vi procede in modo affatto regolare; i macchinisti che sanno di essere sempre responsabili della condotta delle locomotive s'interessano a che esse siano mantenute in perfetto stato, denunciando i più piccoli difetti, forse più sollecitamente di quanto non farebbero con locomotive affidate esclusivamente alle loro cure; da parte sua la Compagnia stabilisce che le revisioni periodiche delle locomotive si facciano a breve scadenza e cioè ogni 40 000 km. di percorrenza.

Dopo l'adozione delle squadre multiple è stato notato solo un aumento sensibile nei consumi delle materie lubrificanti. Nell'esercizio 1895 il consumo medio di combustibile per chilometro di locomotiva è stato di kg. 14,10 e quello di materie lubrificanti di grammi 50,88; per le locomotive a 4 assi accoppiati, che fanno quasi esclusivamente il servizio dei treni-merci in montagna, il consumo di combustibile e d'olio è stato rispettivamente di kg. 19,39 e di gr. 64,09 per km. (1).

Il consumo delle materie lubrificanti è realmente superiore alla media; ciò è anche dimostrato dalle cifre che ci offre la stessa Compagnia del Gottardo. Nel periodo dal 1885 al 1890 il consumo medio d'olio è stato di gr. 28,21 per chilometro, mentre nel periodo susseguente dal 1891 al 1895, e cioè dopo l'adozione dei nuovi turni, il consumo medio è salito a gr. 47,18 per km. A determinare questo maggior consumo può aver avuto influenza la diversa qualità di lubrificante adoperato, ma in gran parte esso è dovuto al fatto che le diverse squadre che si susseguono nello stesso giorno nella condotta di una locomotiva, nel prenderne la consegna, per premunirsi da qualsiasi inconveniente o possibile dimenticanza, procedono alla sua lubrificazione anche quando ciò non è assolutamente richiesto.

Poche parole abbiamo da aggiungere sul servizio di trazione propriamente detto: i depositi sono retti da un capo-deposito, da un sotto-capo e da qualche segretario d'ufficio; durante la notte esercita la sorveglianza il macchinista di riserva. Un capo-deposito in soprannumero attende all'istruzione dei macchinisti e fuochisti sui nuovi apparecchi che possono venire applicati ed è incaricato delle prove di essi; esercita nei treni la sorveglianza sul servizio di trazione, ecc. Alla fine di ogni mese vengono pubblicati i quadri del servizio che ogni singolo macchinista e fuochista deve prestare durante il mese seguente ed a meno di circostanze eccezionali i servizi giornalieri debbono poi corrispondere con questo servizio mensile.

Tutti i depositi, e specialmente quello di Erstfeld, lontano dalle officine centrali, sono provveduti del macchinario e del numero di operai necessario per eseguire le riparazioni correnti delle locomotive; e perchè tutto proceda regolarmente è stabilito in modo tassativo il periodo massimo di tempo che deve trascorrere fra due successive verifiche degli apparecchi per il treno ad aria compressa, delle valvole di sicurezza, dei manometri, ecc.

Nei tre depositi è stato fatto un impianto idraulico per il cambio degli assi delle locomotive e che sostituisce in modo conveniente l'uso delle capre e dei cavalletti, adoperati in Italia: trasversalmente a due o tre binari del deposito si è costruita una fossa profonda, il cui pavimento trovasi a m. 3,80 circa dal piano delle rotaie; la locomotiva, a cui

(1) Sulla Rete Mediterranea il percorso medio delle locomotive nel 1893-94 è stato di km. 30 100.

(2) Nella Rete Mediterranea si contano per ogni 100 000 km. di percorrenza 1,80 agenti per il servizio di verifica e pulizia; 3,10 agenti di servizio nei depositi; 5,75 fra macchinisti e fuochisti.

(1) Sulla Rete Mediterranea, nell'esercizio 1893-94, il consumo medio è stato di kg. 11,30 di combustibile e gr. 31 d'olio; sulla linea del Fréjus questi consumi sono stati rispettivamente di kg. 16,50 e gr. 38,20, e su quella dei Giovi (bivio Rivarolo-Mignanego-Ronco) di kg. 20,5 e gr. 52.

si vuol ricambiare l'asse, si dispone sopra uno dei binari in corrispondenza della fossa e per mezzo di un lungo stantuffo mosso da una pompa o da forza idraulica si solleva l'asse dopo averlo reso libero dalle molle; le rotaie su cui poggiava l'asse sono spostabili, per cui, facendo abbassare lo stantuffo si può portare l'asse a livello del piano della fossa, farlo scorrere fino al punto corrispondente al secondo od al terzo binario del deposito, e da lì, per mezzo di altro stantuffo, sollevarlo al piano dei binari di lavoro; per rimettere l'asse a posto si deve eseguire l'operazione inversa.

Gli agenti addetti al servizio della trazione nel 1895 erano ripartiti nel seguente modo:

Capo-trazione ed Ufficio centrale . . . . .	N.	15
Capi-deposito ed aiutanti . . . . .	»	14
Macchinisti e fuochisti . . . . .	»	223
Pulitori e lampisti . . . . .	»	74
Visitatori, pulitori, ingrassatori veicoli	»	59

A questi bisogna aggiungere gli operai, manovali ed apprendisti delle officine dei depositi in numero di 70.

Le spese del servizio nel 1895 furono le seguenti:

a) Personale . . . . .	Fr.	903 160,86
b) Materie di consumo per locomotive e veicoli . . . . .	»	1 364 176,77
c) Manutenzione e rinnovamento del materiale mobile . . . . .	»	908 206,33
d) Spese diverse (uffici, inventari, ecc.) . . . . .	»	19 903,32

In totale una spesa di Fr. 3 195 447,28

la quale ci fornisce le seguenti medie (1):

Spesa per km. di treno . . . . .	Fr.	1,1657
» » di locomotiva . . . . .	»	0,8463
» » d'asse di vettura e carri »	»	0,0394

Noi non pretendiamo confrontare queste cifre con quelle di altre Reti, poichè bisognerebbe tener conto minuzioso di tutte le circostanze speciali della linea e del servizio che sfuggono all'analisi. Ma, tenendo presenti le condizioni difficili della linea, non può non riconoscersi che le medie surriportate sono molto basse.

7. *Servizio dei treni.* — Nell'anno 1895, sulla linea principale Chiasso-Lucerna, circolarono in media 50,5 treni per giorno: nelle linee secondarie Bellinzona-Luino e Locarno la media è stata di 15 treni; sull'intera linea durante l'anno si eseguirono 34 907 treni con una percorrenza complessiva di km. 2 339 440, mentre il percorso delle locomotive è stato di km. 3 874 109, ciò che indica che per ogni treno occorsero in media 1,36 locomotive. Queste cifre, per quanto sommarie, valgono a dare un'idea dell'intensità del traffico sulla Ferrovia del Gottardo.

Esamineremo ora con qualche dettaglio il servizio dei treni ed incominceremo dai treni viaggiatori considerandoli dal punto di vista della velocità, della sicurezza, del *comfort* che essi presentano per i viaggiatori.

Percorrono giornalmente la linea principale del Gottardo una coppia di treni direttissimi con sole prime classi, tre coppie di treni diretti, dei quali due notturni, e quattro coppie di treni-omnibus, oltre ad altri treni locali. Il treno direttissimo eseguisce il percorso da Lucerna a Chiasso (231 km) in 5<sup>h</sup> 55', i treni diretti lo percorrono in 7<sup>h</sup> 5', i treni-omnibus in 9<sup>h</sup> 40', fermate comprese, ciò che equivale a velocità commerciali rispettivamente di 40, 32 e 24 km. all'ora. Queste cifre medie, riferentisi ad un profilo

di linea molto accidentato, non sono molto istruttive; non sarà perciò senza interesse l'esaminare la durata dei percorsi nei diversi tratti della linea.

Il treno direttissimo nel tratto a piccole pendenze da Lucerna ad Erstfeld corre fra le successive stazioni con velocità media da 55 a 60 chm. all'ora; nella forte salita da Erstfeld a Göschenen con velocità media di 35 chm.; traversa la galleria con velocità di 55 chm. e sulla forte discesa da Airolo a Biasca, mantiene una velocità media di 35 chm. all'ora.

La velocità in piano non è molto forte, come d'altra parte in tutta la Svizzera; ma la velocità in salita è superiore a quella con la quale si transitano gli altri passaggi alpini; in Italia, sulla linea della Porretta, nella tratta Pistoia-Pracchia (m. 553 di dislivello su 25 chm.) la velocità media dei direttissimi è inferiore ai 30 chm. all'ora.

Sulla ferrovia del Gottardo le velocità attuali, tanto in piano come in salita ed in discesa, saranno fortemente aumentate in occasione dell'apertura delle nuove linee Immensee-Lucerna e Arth-Zug, e della messa in servizio delle nuove locomotive Compound, serie A<sup>3</sup>T, ora in corso di costruzione.

La regolarità nella marcia dei treni, stabilita nell'orario di servizio, viene mantenuta scrupolosamente, ed è questo uno dei lati del servizio che più favorevolmente impressiona il viaggiatore che percorra la linea del Gottardo; perchè questo si possa ottenere sempre ed in modo generale, le velocità stabilite dagli orari sono generalmente di molto inferiori a quelle massime delle locomotive, le prestazioni sono calcolate con molta larghezza, cosicchè, essendo possibili i recuperi, anche quando i treni partono dalle stazioni di confine con qualche ritardo, riprendono ben presto la corsa regolare. La regolarità nella marcia dei treni non solo è mantenuta per gli estremi di partenza e di arrivo alle diverse stazioni, ma è osservata rigorosamente anche in corsa; ciò è dovuto essenzialmente alla efficacia dei mezzi posti a disposizione del macchinista ed al severo controllo che viene esercitato perchè essi rispondano sempre allo scopo e ne venga fatta l'opportuna applicazione: abbiamo già visto che tutte le locomotive dei treni viaggiatori e tutti i veicoli sono muniti del doppio freno Westinghouse-Henry; se il primo freno ha indiscutibile preminenza sugli altri per la sicurezza dell'esercizio, il freno moderabile Henry ne è un ausiliario utilissimo per poter mantenere nelle grandi pendenze una perfetta regolarità di corsa, che solo potrebbe essere ottenuta come eccezione, da un macchinista molto abile, col solo freno automatico; questa regolarità non avrebbe in tal caso quel carattere di generalità che noi abbiamo riscontrato indistintamente in tutti i treni del Gottardo e che forma una delle loro caratteristiche principali.

Il freno moderabile però non risponderebbe perfettamente allo scopo ove al macchinista non fosse dato d'apprezzare la velocità di corsa ed ove agli uffici superiori non fosse permesso di controllare l'operato del macchinista; a questo scopo rispondono i tachimetri, di cui abbiamo già parlato, e che sono applicati a tutte le locomotive dei treni viaggiatori; l'uso di essi si va estendendo rapidamente in molte ferrovie estere; solo in Italia si è finora rimasti indifferenti all'adozione di questi apparecchi tanto utili per la sicurezza e regolarità di corsa dei treni; gli stessi macchinisti, che prima li consideravano come un controllore incomodo del loro operato, oggidi li apprezzano e li desiderano, poichè sono loro di grande aiuto nella condotta della locomotiva. Le zone dei tachimetri, su cui rimane tracciato l'andamento dei treni, vengono sulla Ferrovia del Gottardo ritirate giornalmente dai Capi-Deposito e da essi controllate per assicurarsi che non sia stata commessa qualche irregolarità; la verifica di queste zone viene fatta in modo regolare e co-

(1) Sulla Rete Mediterranea, nell'esercizio 1893-94 si ebbero le seguenti medie:

Spesa della trazione per km. di treno . . . . .	L.	1,130
Spesa per km. d'asse di vetture e carri . . . . .	»	0,033

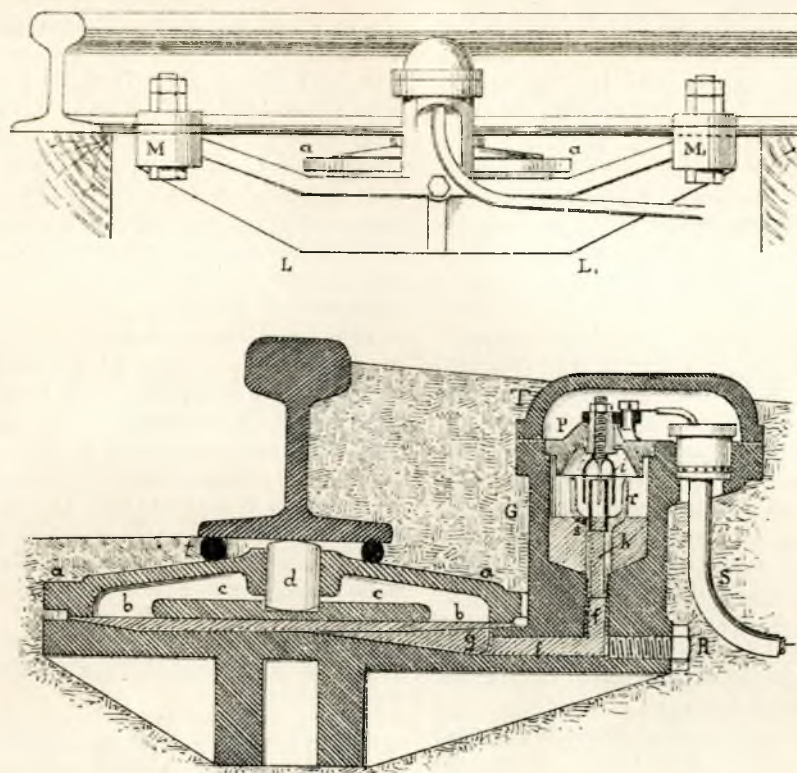


Fig. 109 e 110.

scienziato, e le loro indicazioni sono anche indirettamente controllate per mezzo degli *apparecchi di contatto* disposti lungo la linea nei tratti di montagna.

Essi furono stabiliti sin dalla costruzione della linea; ma i primi apparecchi, a pedale meccanico del sistema Hasler, sono stati già da qualche anno sostituiti con altri a contatto di mercurio e ricevitore elettrico, della Casa Siemens Halske di Berlino, che danno risultati soddisfacentissimi.

Questi apparati funzionano nel seguente modo: sotto la suola della rotaia, fra due traverse consecutive, è fissata solidamente per mezzo di dadi una robusta staffa in ghisa  $M L L, M_1$  (fig. 109), che da una parte ha una cavità  $g$  che viene chiusa superiormente da una lama d'acciaio  $bb$ , tenuta fissa da un coperchio  $aa$ . Sopra  $bb$  è disposto un disco di ferro  $cc$ , sul quale insiste una spina di pressione  $d$  a diretto contatto della rotaia; fra la suola della rotaia ed il coperchio  $aa$  è interposta una guernizione di gomma  $t$ , allo scopo di proteggere la spina  $d$  dalla polvere o da altri corpi estranei che ne potrebbero impedire il perfetto funzionamento. La cavità  $g$  è in comunicazione per mezzo di un piccolo canale  $ff$  con una coppa  $G$  chiusa da un coperchio  $T$ ; il canale  $ff$  nell'interno della coppa si allarga sotto forma di calice  $r$ . Il canale  $f$  comunica con lo spazio interno della coppa  $G$  per mezzo di una piccola apertura  $h$  e di un foro  $s$  che trovasi al fondo del calice; la cavità  $g$ , il canale  $f$  ed una metà circa della coppa  $G$  sono ripieni di mercurio; la differenza di livello del mercurio nella coppa  $G$  e nella cavità  $g$  determina una pressione della spina  $d$  contro la rotaia di 30 chg. circa. Allorchè sulla rotaia passa un corpo pesante, capace di produrre un'inflessione, questa, per mezzo della spina  $d$ , del disco  $cc$ , della foglia d'acciaio  $bb$ , si trasmette sul mercurio, che, passando attraverso il canale  $f$ , riempie completamente il calice  $r$ ; le superfici della staffa e del canale  $f$  stanno nel rapporto di 600:1, per cui una piccola inflessione della rotaia determina un forte elevamento nell'altezza del mercurio. Appena il treno che ha prodotto l'inflessione è passato, il mercurio esce lentamente dal

calice  $r$  attraverso al foro  $s$ , versandosi nella coppa  $G$ , e da questa attraverso al buco  $h$  passa di nuovo nella cavità  $g$ .

Nel calice  $r$  pendono due fili  $i$  a forchetta collegati con la condotta di un cavo telegrafico  $S$ ; questa forchetta, fissata per mezzo di una campana di vetro, è isolata completamente dal corpo dell'apparato. Allorchè il mercurio sale nel canale  $f$  e riempie il calice  $r$ , si stabilisce il contatto con la detta forchetta e quindi col cavo telegrafico  $S$ ; questo contatto viene registrato nella più vicina stazione per mezzo di un apparecchio ricevitore, su di una striscia di carta che si svolge in modo continuo su di un tamburo mosso da un movimento di orologeria; a tal uopo sull'estremità libera di una piccola leva è applicata una cesoia che viene azionata da un'elettro-calamita; ad ogni contatto la cesoia vien mossa e fa dei buchi rettangolari sulla striscia di carta; una ingegnosa disposizione permette di prolungare i contatti in modo che per quanto essi siano piccoli, i buchi sulla carta riescono sempre di una determinata lunghezza. La distanza fra due successivi intagli sulla carta, che porta una graduazione di tempo, dà il mezzo di dedurre la durata del percorso fra due successivi apparecchi di contatto posti sulla linea, che sulla ferrovia del Gottardo sono situati a distanza di un chilometro l'uno dall'altro.

Anche queste zone vengono controllate giornalmente da un ufficio speciale, e quando si riscontra qualche irregolarità nella corsa di un treno, viene segnalata all'ufficio della trazione, a cui deve risultare la stessa irregolarità dall'esame delle zone dei tachimetri. Certamente questi apparecchi di contatto hanno perduto della loro importanza dopo l'adozione dei tachimetri; ma indipendentemente dal loro scopo principale cui sono destinati, essi tornano ancora di molta utilità ai capi-stazione, che dal loro ufficio, esaminando la zona di carta che si svolge, possono seguire e sorvegliare la corsa dei treni. La Ferrovia del Gottardo ha impiantato questi apparecchi nelle sue linee di montagna, e precisamente da Lugano a Giubiasco, da Biasca ad Airolo, da Göschenen ad Erstfeld, da Goldau ad Immensee; in totale 95

apparecchi. Nelle linee a doppio binario gli apparecchi furono applicati solo nel binario di discesa.

La misura fondamentale per la sicurezza nella circolazione dei treni, comune a tutte le Ferrovie Svizzere, riguarda l'intervallo che deve passare fra due treni successivi, ed è intervallo di distanza e non di tempo; questa distanza è quella tra stazione e stazione, essendo considerate sotto questo riguardo come stazioni anche i posti di segnalamento o di blocco. La Ferrovia del Gottardo non ha ancora risentito il bisogno dell'impianto di posti di blocco; le stazioni, se ne eccettuano quelle di Airolo e Göschenen, fra cui corre la gran galleria, sono in generale poste a pochi chilometri di distanza le une dalle altre, per cui dove la circolazione era più attiva fu sufficiente l'impianto del doppio binario.

A più riprese abbiamo accennato a tutte le altre misure adottate per garantire la sicurezza dei treni.

Sulla linea, oltre al doppio binario estendentesi per metà della lunghezza dell'intera rete, un armamento robustissimo, un'accurata manutenzione delle opere d'arte e della sottostruttura e soprastruttura, una disciplina ed una organizzazione affatto militare nel servizio di guardia, specialmente nelle gallerie, nei passaggi a livello e nei punti esposti a pericoli, l'avviso dell'approssimarsi dei treni dato dai segnali elettrici, la possibilità di comunicare per mezzo dei telefoni.

Nelle stazioni: i semafori a distanza, la manovra degli scambi da un punto centrale ed il collegamento dei segnali con gli scambi, grande sviluppo di binari per l'incrocio dei treni, scambi di costruzione robusta tale da permettere il transito dei treni anche a grandi velocità.

Sulle locomotive: il freno Westinghouse-Henry, il freno a compressione d'aria, gli indicatori della velocità.

Nelle vetture: il sistema ad intercomunicazione, che permette una sorveglianza continua del personale di servizio su tutte le parti del treno, i freni d'allarme alla portata dei viaggiatori, la costruzione solidissima.

A ciò aggiungansi altre prescrizioni di servizio, fra cui quelle restrittive riguardanti il numero di freni di cui deve essere provvisto ciascun treno ed il peso dei treni nelle forti discese. Sulle pendenze del 20 al 25 0/100, per esempio, alle velocità superiori ai 45 chm., su ogni treno si debbono avere almeno il 63 0/100 di assi frenati. Nelle discese superiori al 5 0/100 il peso complessivo di un treno non può essere superiore al doppio del peso del treno che la stessa locomotiva può rimorchiare sullo stesso tratto in salita: in tal modo è maggiormente garantita l'efficacia e la rapidità dell'azione dei freni.

Queste misure di sicurezza non sono solo vevolevoli per i treni diretti e direttissimi, ma sono applicate in modo generale e continuo in tutti i treni viaggiatori; sul personale, che in un modo o nell'altro ne deve curare l'efficacia, per quanto istruito e disciplinato, viene esercitato un severo controllo.

Poche parole ci occorra dire riguardo ai treni merci, pei quali vigono le stesse disposizioni generali che regolano le corse dei treni viaggiatori. Le locomotive di questi treni non sono in generale provvedute nè del freno ad aria compressa, nè dell'indicatore della velocità. Il numero di assi frenati prescritti nelle forti discese è del 33 0/100, nelle forti salite del 25 0/100; questi treni nei tratti di montagna sono quasi sempre in doppia trazione.

In seguito alle disposizioni federali che limitano le ore di lavoro, per utilizzare convenientemente l'opera del personale dei treni, è stata aumentata considerevolmente la velocità dei treni merci, sopprimendo le fermate nelle piccole stazioni. La composizione dei treni resta costante per lunghe tratte: solo pochi treni raccoglitori fanno fermate in tutte le stazioni per disimpegnare il servizio locale delle merci.

Questa regolarità del servizio ferroviario non serve a tener meno desta nel Canton Ticino, come del resto in tutte le altre parti della Svizzera, l'agitazione per ottenere il riscatto delle ferrovie per parte dello Stato; non sappiamo se soprattutto i paesi serviti dalla Ferrovia del Gottardo guadagnerebbero nel cambio, ma la ragione di quest'agitazione si deve alle tariffe cosiddette di montagna che la Compagnia applica e sulle quali le popolazioni ticinesi vedono un ostacolo insormontabile per l'esportazione dei loro prodotti nella Svizzera Tedesca, mentre dal lato dell'Italia trovano altra barriera nei dazi doganali.

Infatti la Compagnia del Gottardo adotta tariffe differenti per le linee di pianura e per quelle di montagna; così, per esempio, per i viaggiatori delle tre classi nelle tratte in pianura Biasca-Bellinzona-Locarno, i prezzi dei biglietti per chilometro sono rispettivamente di centesimi 11: 7,6 e 5,5, mentre nella tratta di montagna Biasca-Erstfeld sono rispettivamente di centesimi 18,2; 12,8 e 9 per chm., e quindi di molto superiori a quelli adottati nelle ferrovie italiane. Eguale proporzionalità esiste nelle tariffe per il trasporto delle merci in pianura ed in montagna.

8. *Servizi ausiliari.* — a) *Officine di riparazione.* — Nel 1895 gli agenti adibiti al servizio delle officine erano così ripartiti:

Capo-Officina ed uffici . . . . .	N. 11
Capi-Riparto, sotto-capi e capi-squadra . . . . .	» 15
Operai regolari . . . . .	» 312
Manovali . . . . .	» 117
Apprendisti . . . . .	» 56

Il riparto più numeroso è quello della riparazione delle locomotive; quello dei calderai non è molto esteso, poichè molti lavori ad esso inerenti, come sarebbe l'imbottitura delle placche, ecc., si fanno fare da fabbriche private.

Se al numero degli operai in servizio all'officina centrale si aggiungono quelli delle officine dei depositi (settanta circa) si ottiene una media di 15 operai per ogni 100 000 chilometri di percorrenza di locomotiva; questa media non è molto alta (la Mediterranea italiana ne ha circa 21), ma anche qui bisogna notare che il materiale mobile del Gottardo, di recente costruzione, non ha bisogno di radicali riparazioni e che molti lavori, come si è già detto, non vengono eseguiti nelle officine.

La lavorazione a cottimo è stata ridotta a piccole proporzioni e solo limitata a quei lavori per i quali è facile il controllo, mentre per i lavori di una certa responsabilità è adottata la lavorazione a giornata.

Le riparazioni al materiale mobile si fanno con molta frequenza; le Leggi federali prescrivono che si debba fare una revisione completa alle locomotive dei treni direttissimi, comportante una verifica degli assi, di tutto il movimento, della distribuzione, del regolatore, ecc., ogni 60 000 chilometri di percorrenza ed a quelle degli altri treni ogni 50 000 km.; prescrivono inoltre che le visite interne alle caldaie si facciano ogni 240 000 km. La Compagnia del Gottardo per conto suo ha ristretto ancora questi limiti riducendoli per tutte le locomotive a 40 000 km. di percorrenza. Per le vetture, bagagliai e carri dei treni diretti è prescritta la revisione ogni 40 000 km. e per gli altri carri da merce si deve fare la revisione radicale ogni due anni.

Date queste prescrizioni e le forti percorrenze di tutto il materiale mobile, questo viene assai di frequente visitato. Nel corso del 1895 le officine centrali di Bellinzona eseguirono 139 riparazioni di locomotive, 635 di vetture e 2222 di carri, contro una dotazione di 115 locomotive, 219 vetture e 1428 carri.

Le officine centrali oltre ai lavori di riparazione del ma-



teriale mobile accudiscono ad altri lavori per conto dei servizi e specialmente per conto dell'Economato e del servizio del mantenimento.

b) *Magazzini*. — Il magazzino generale dell'esercizio, alla dipendenza dell'Economato, ha sede a Bellinzona; esso consta di vasti ed adatti locali in cui tutto il materiale è classificato e disposto su comodi scaffali, con quell'ordine caratteristico delle popolazioni tedesche.

Nelle officine di riparazione sono stabiliti magazzini succursali che sono provveduti dei materiali di uso più frequente nelle riparazioni del materiale mobile; altri magazzini succursali sono stabiliti a Biasca, Erstfeld, Chiasso per l'approvvigionamento delle locomotive.

I carboni di cui fa uso la Ferrovia del Gottardo provengono dalla Germania ed i grandi magazzini di riserva sono ad Erstfeld; il carbone arriva nei magazzini in modo continuo durante tutto il corso dell'anno ed allo scarico provvedono squadre fisse di manovali.

Non esistono impianti speciali per il carico del carbone sui tender, facendosi quasi dappertutto a braccia d'uomo per mezzo di coffe che si approntano sui piani caricatori in legname all'altezza dei tender. Solo ad Erstfeld il carico si fa anche per mezzo di una grue girevole che solleva i vagoncini su cui si dispone il carbone per la pesatura.

c) *Officina del gas*. — L'impianto per la produzione del gas ricco per l'illuminazione delle vetture è dell'ingegnere Pintch di Berlino e quindi sul genere di quelli esistenti nelle stazioni ferroviarie di Milano e Roma; l'officina è provveduta degli apparati per la distillazione dell'olio di boghead, per l'epurazione e lavamento del gas, per la sua compressione: essa è posta all'immediata dipendenza dell'ingegnere della trazione di Bellinzona, ma la gestione contabile è affatto distinta da quella del servizio. Sono normalmente addetti all'officina cinque agenti incaricati anche del riempimento dei serbatoi al passaggio dei treni; la produzione di gas è annualmente di circa 30 000 mc. dei quali poco meno della metà sono consumati nelle vetture delle ferrovie estere che transitano sulla linea del Gottardo.

9. *Personale dell'esercizio ed istituzioni in suo favore*. — Tutto il personale dell'esercizio è diviso in due grandi categorie: gli agenti dell'esercizio nello stretto senso della parola ed i giornalieri in cui son compresi gli operai dell'officina, gli artieri della manutenzione della strada, i manovali dei depositi, ecc.: i primi hanno uno stipendio annuo e fisso, gli altri una paga giornaliera.

Gli agenti in servizio nel 1895 erano così ripartiti:

Amministrazione centrale . . . . .	N.	154
Sorveglianza e mantenimento della strada . . . . .	»	1002
Spedizione e movimento . . . . .	»	881
Trazione e officina . . . . .	»	971

In totale 3008 agenti, dei quali metà circa a paga giornaliera; in media 11.30 agenti per chilometro di linea (1).

Dal 1° gennaio del 1896 sono andati in vigore nuovi regolamenti che stabiliscono in modo chiaro e preciso i rapporti che passano fra la Compagnia ed il personale ed i doveri e diritti reciproci: questi regolamenti, studiati in seguito ad un movimento che si era manifestato fra tutti gli agenti delle Ferrovie Svizzere, hanno migliorato di molto le condizioni di tutto il personale e fra altro contengono un organico dello stipendio delle diverse categorie di agenti, il cui massimo si raggiunge dopo 16 o 20 anni di servizio con aumenti regolari e periodici.

Riportiamo a titolo d'esempio gli stipendi di alcune classi di agenti:

	Minimo	Massimo
Capi-squadra del mantenimento . Fr. annui	1440	2280
Guardiani, artieri effettivi, ecc. . . . . » »	1020	1620
Fuochisti (escluse le indennità di percorso) . . . . . » »	1320	1800
Telegrafisti di stazione . . . . . » »	1200	2700
Manovratori . . . . . » »	1320	2220
Conduttori ai treni (escluse le indennità di percorso) . . . . . » »	1320	1860

Il personale dell'esercizio è poi beneficiato da altre istituzioni che ora andremo enumerando:

1) *Istituzioni di previdenza*. — a) *Cassa soccorso per i funzionari ed impiegati*. — È alimentata dalle trattenute sugli stipendi degli impiegati, da contributi dell'Amministrazione, da altri introiti eventuali; ha lo scopo di concedere ai partecipanti, tutti gli agenti a stipendio annuo, sussidi nei casi di prolungate malattie e pensioni annue agli agenti che cessano dal servizio per avanzata età o per inabilità al servizio ed alle loro famiglie in caso di morte.

Una disposizione degna di nota, in armonia con tutte le leggi democratiche della Federazione, stabilisce che i membri che hanno uno stipendio annuo superiore ai 3600 fr. non partecipano alla cassa che fino alla concorrenza di questa somma.

Le Autorità federali esercitano un severo controllo sulla gestione di questa cassa ed obbligano la Compagnia a far versamenti straordinari nei casi in cui i contributi ordinari non valgono a mantenere il bilancio fra le entrate e le spese. La cassa soccorso si chiuse al 31 dicembre 1895 con un saldo di oltre 3 milioni di franchi.

b) *Casse soccorso per i giornalieri*. — Sono istituite due casse soccorso per i giornalieri; una per gli operai dei depositi ed officina, dei magazzini, delle stazioni; l'altra per gli artieri della manutenzione. Entrambe sono alimentate dalle trattenute sulle paghe dei partecipanti, dal contributo dell'Amministrazione, da introiti eventuali; concedono sussidi in caso di malattia, ma non danno alcun sussidio finale in caso di cessazione dal servizio.

2) *Magazzino derrate alimentari*. — Ha lo stesso scopo delle cooperative di consumo che sono istituite nei principali centri ferroviari italiani a cura dello stesso personale: il magazzino nella ferrovia del Gottardo è invece amministrato dalla Compagnia che sostiene le spese tutte per il personale, per i locali, ecc.: il prezzo di vendita è perciò sensibilmente eguale a quello d'acquisto. Il magazzino è impiantato a Bellinzona in un locale adatto; si provvedono da esso anche gli agenti residenti fuori, mediante richieste trasmesse dai capi immediati, e la Compagnia provvede al trasporto gratuito delle derrate.

Nell'anno 1895 si fecero vendite per oltre 415 000 fr., ciò che attesta della bontà dell'istituzione, se si tiene conto del numero limitato di agenti in servizio della Compagnia.

3) *Cucina economica per gli operai dell'officina*. — La cucina economica impiantata nelle officine centrali di Bellinzona somministra agli operai che ne fanno richiesta, nelle ore d'intervallo fra il lavoro del mattino e quello della sera, razioni buonissime di minestra, carne, pane e vino ad un prezzo limitatissimo; tutte le spese per il personale di servizio, per la pulizia e rinnovamento degli arredi, sono sostenute dall'Amministrazione. Oltre a 120 operai si avvantaggiano giornalmente di quest'istituzione ed il loro contegno nella vasta sala in cui si radunano per il pasto non potrebbe essere più corretto.

(1) La Rete Mediterranea ne ha 12 circa e la Rete Adriatica 9,40.

4) *Case per gli operai. — Scuole.* — L'Amministrazione del Gottardo, che per ragioni di servizio ha dovuto formare dei centri ferroviari d'importanza in modesti paeselli di montagna, privi di comode abitazioni, di scuole, ecc., ha provveduto alla costruzione di case che dà in affitto agli impiegati ed alla istituzione di scuole gratuite per i loro figli; gli agenti che abitano in paeselli lontani da questi centri hanno diritto a biglietti di libera circolazione per i loro figli, che in tal modo possono frequentare le scuole. A Bellinzona e ad Erstfeld dove il numero degli impiegati è ragguardevole, la Compagnia ha impiantato anche una scuola secondaria; in questo modo si dà una buona istruzione a questi giovani che per la maggior parte sono destinati a diventare futuri impiegati ed operai della Compagnia.

5) *Bagni.* — Nelle stazioni di Chiasso, Biasca ed Erstfeld e nelle Officine centrali di Bellinzona la Compagnia ha impiantato dei locali appositi per bagni caldi e freddi, dei quali si possono servire non solo gli agenti della ferrovia, ma, in determinati giorni della settimana, anche le loro famiglie.

Questi bagni sono, in generale, tenuti con molta proprietà e soprattutto quelli di Bellinzona sono frequentatissimi.

Tutte le spese per il loro esercizio sono sostenute dall'Amministrazione.

Oltre a questi vantaggi la Compagnia provvede gratuitamente il vestiario a tutti gli agenti che sono obbligati ad indossare una uniforme, e sono in gran maggioranza: ha un fondo speciale (settantacinque mila franchi) destinato a ricompensare gli atti eminenti compiuti dal personale allo scopo di prevenire accidenti nel servizio, concede ai suoi impiegati ed alle loro famiglie numerosi biglietti gratuiti di viaggio nella propria rete, mette insomma ogni cura nel procurare il benessere materiale del proprio personale; ciò le dà il diritto di esigere da esso un servizio inappuntabile e di poterlo sottoporre ad una rigorosa disciplina; ed è questa una delle ragioni, se non la principale, per cui, secondo il nostro parere, il servizio procede in modo così preciso, così degno di lode e pur tuttavia come abbiamo visto, così economicamente.

10. *Conclusioni.* — Le nostre note possono essere parse improntate a soverchio ottimismo; ci limiteremo perciò a riportare, a titolo di conclusione, le parole con cui un tecnico inglese, il Du-Riche Preller, nell'*Engineering* del 1895 finiva un suo studio sulla Ferrovia del Gottardo.

« Sebbene la Ferrovia del Gottardo sia passata nel periodo della sua costruzione, a causa delle grandi difficoltà tecniche, attraverso alle vicende finanziarie comuni a tutte le intraprese di tale grandiosità, oramai si è affermato in modo indubbio il suo successo tanto dal punto di vista commerciale come da quello dell'ingegneria. Con l'accurata manutenzione ed i continui miglioramenti delle sue proprietà, con una intelligente, economica ed allo stesso tempo liberale direzione, con l'eccellenza del suo materiale mobile, con la cura posta nel promuovere l'incremento nel traffico dei passeggeri ed in quello delle merci, aiutata dalla incomparabile bellezza e varietà dei paesaggi che attraversa in entrambi i versanti delle Alpi, essa ha pienamente rivendicato la fama di essere nei tempi moderni ciò che la vecchia strada del San Gottardo fu nei tempi passati e cioè il più importante ed il più frequentato di tutti i grandi passaggi alpini internazionali ».

Cagliari, aprile 1897.

Ing. S. SCANO.

## NOTIZIE

**La fabbricazione del pane a buon mercato secondo il procedimento "antispire", dovuto ai signori Desgoffe ed Avedyk.** — I problemi proposti a chi dal grano vuole ottenere pane sono sempre stati due: cioè, l'utilizzazione massima delle materie nutrienti contenute nel grano, e la riduzione al minimo delle spese richieste per la trasformazione.

La prima questione parve risolta coll'alta macinazione, ma ben presto si avvidero gli studiosi di cose d'igiene che il pane più bianco non è il più nutritivo, poichè la farina adoperata per la sua fabbricazione è costituita della sola parte interna del chicco di grano, ed è quindi più ricca d'amido che di materie azotate.

D'altra parte gli igienisti ci dicono che la crusca, quale entra nel pane bigio, non solo non è assimilata dall'uomo, ma esercita anche un'azione meccanica sul ventricolo e produce disturbi al suo funzionamento. Ma se si osserva che la crusca, quale ottiene dai processi di macinazione noti, contiene solo dal 2 al 3 per cento (del grano) di cellulosa (materia inerte, ma non venefica), mentre il resto, ossia il 17 per cento è di materiali eminentemente nutritivi, è lecito pensare alla possibilità di eliminare l'azione meccanica o logorio del ventricolo, dovuto essenzialmente alla forma lamellare della crusca, che potrebbe venir ridotta in polvere finissima, e di guadagnare ad un tempo il 17 per cento di sostanze essenziali alla nutrizione.

Nel procedimento *antispire* dovuto ai signori Desgoffe ed Avedyk, siamo di fronte ad una idea nuova, inquantochè non riduce il grano in farina e poi questa in pasta, ma direttamente il grano in pasta. Gli inventori puliscono e lavano il grano come si fa sempre, e dopo d'averlo tenuto in molle nell'acqua tiepida per 6 od 8 ore, lo passano all'apparecchio *antispire* che lo riduce in pasta. Questo si compone di un cilindro cavo di bronzo, la cui superficie interna è provvista di filettature triangolari come una madre vite; dentro a questo cilindro, si fa rotare con un volante ed una manovella, un corpo di bronzo leggermente conico, munito di filettature simili a quelle della madre vite. E da notarsi che le filettature sono costituite da tre impanature triangolari di ugual passo, ma di disuguale sporgenza, e quindi il profilo del verme complessivo può rappresentarsi così  $\Delta\Delta\Delta$ , di più l'inclinazione del profilo di questi denti dalla parte da cui arriva il grano è di 45 gradi, e dalla parte da cui esce la pasta ha pendenza del  $\frac{1}{10}$ . Si aggiunga che la differenza di altezza fra i tre denti, tende man mano a scemare perchè i due primi si riducono gradatamente uguali al terzo, il che succede alla estremità dell'apparecchio, verso cui esce la pasta.

La ragione di questa diminuzione è semplice, poichè il grano che cade per una tramoggia verso la testa di questa cosiddetta vite, deve trovare fra questa e la madre vite, uno spazio sufficiente per essere afferrato e frantumato, e man mano che si avvanza deve ridursi in strato sempre più sottile per giungere gradatamente in poltiglia via via più fina, finchè all'estremità esce per uno spazio anulare con uno spessore si può dire di un foglio di carta.

Notiamo poi che di filettature triple ve ne sono molte, di guisa che dando alla spira un passo presso a poco uguale al diametro del cilindro da cui è ricavata, le spire riescano serrate; in altre parole, si ha una vite a pani multipli, ciascuno dei quali ha un profilo formato da tre triangoli scaleni e simili, le cui basi si trovano a contatto per un vertice, e giacciono sulla stessa retta.

Per ultimo, come del resto si può indovinare, ricordando le disposizioni dei molini a campana, il cui tipo elementare è il macina-caffè o macina-pepe, se la vite ha filettatura *destrorsa*, la madre vite l'ha *sinistrorsa* o viceversa.

Il cilindro cavo che forma la madre vite, è naturalmente fisso sul sostegno; alla parte anteriore e verso l'alto ha uno spacco per cui si introduce il grano (bagnato) mediante una tramoggia.

Per mantenere bassa la temperatura della pasta che si forma, cosa del resto necessaria nella macinazione in generale, lo stesso cilindro cavo ha parete doppia, e nella intercapedine vien fatta circolare acqua fredda.

L'operazione è dunque assai semplice, bastando mettere il grano nella tramoggia e far rotare la vite: dalla parte opposta della manovella motrice esce una pasta alquanto fluida, perfettamente *omogenea*, giacchè la crusca rimane ridotta in polvere finissima. Ottenuta questa pasta, si addiziona di sale e lievito, come si opera per gli altri sistemi, e la si lavora con una impastatrice di qualsivoglia tipo, si lascia fermentare e finalmente si procede alla cottura in un forno continuo.

Da quanto esponemmo, risulta che i problemi proposti sono risolti, poichè si guadagna *tutta* la parte utile del grano, ed il 2 o 3 per cento di cellulosa rimasta, è sotto forma tale da non produrre inconvenienti di sorta. L'economia è pure notevole, inquantochè da 100 chilogrammi di grano si ottengono da 145 a 150 chilogrammi di pane, grigio sì, ma di ottimo sapore.

Non vogliamo entrare in merito se questo pane *antispire* risponda alle esigenze della nutrizione, chè ciò è competenza dei medici; tuttavia ci piace accennare alle esperienze eseguite a Berlino dal noto dottore Baginski, il quale fece prove sperimentali di nutrizione col pane ordi-

nario e col pane *antispire* su soggetti che egli scelse fra i fanciulli dell'ospedale di cui è direttore.

Or bene, dopo di aver pesato scrupolosamente i suoi soggetti e le sostanze concesse alla nutrizione, distinguendole anche secondo la composizione chimica degli elementi in essa contenuti e che presiedono al vitto dell'uomo, e dosando quindi le feci, concluse che, dalle prove da lui eseguite, i soggetti non risentirono alcuna differenza, tanto nel caso della nutrizione a pane ordinario, quanto con quello *antispire*. Recenti esperienze (non ancora del resto terminate) eseguite in Roma dal dottore Stefanucci-Ala, vengono a confermare quelle di Baginski, e se ad alcuni campioni di pane *antispire* visti in Roma, si fece accusa di troppa acqua contenuta, questo è un semplice inconveniente di lievitazione e di cottura, facile a correggersi e che per nulla infirma la riduzione di grano in pasta colla macchina Desgoiffe ed Avedyk.

Termineremo dicendo che questa macchina è cosa molto semplice, facilmente applicabile in ogni luogo, non fa rumore, nè dà tremito di sorta, ed i tipi piccoli per famiglia si adattano ad un tavolo qualsiasi mediante due semplici chiavarde, ed a mano si producono cinque chilogrammi di pasta all'ora. Le spese di costo si riducono perciò ad una cifra piccola, e quelle di manutenzione a meno di quanto occorre per una macchina da cuocere, e perciò chi non ha in orrore il pane grigio, più apprezzato del bianco in Germania ed in Russia, non tarderà ad usufruire del nuovo trovato.

Il processo *antispire*, che certo non va a sangue ai mugnai e negozianti di farine, ha sollevato le ire di questi, cosicchè essi non hanno risparmiato critiche feroci all'indirizzo della Società belga, che introduce da noi il sistema nuovo. Non vogliamo aggiungere una parola di più, e preghiamo solo quelli che vogliono giudicare con mente serena, di rivolgersi al panificio *Antispire* impiantato in Roma, di esaminarne i congegni e di assaggiare il pane prodotto.

Ogni altro giudizio, basato su lesione di interessi, non può avere valore.

Ing. L. BELLOC.

## NECROLOGIA

### I.

#### L'ingegnere Luciano Lanino.

Il giorno 4 dicembre 1897, dopo non lunga malattia, della quale pareva ormai scongiurato ogni pericolo, spegnevasi quasi improvvisamente il cav. ing. **Luciano Lanino**, professore di costruzioni stradali e idrauliche nella R. Scuola di Applicazione per gli Ingegneri in Torino.

Ai molti suoi amici, e specialmente ai numerosi giovani ingegneri che ebbero la ventura di ascoltare le chiare ed utilissime lezioni del compianto professore, fu cagione di grande cordoglio la notizia inaspettata della sua morte, e riuscirà almeno gradito leggere su queste colonne un breve cenno della vita di Lui, spesa tutta in lavoro intelligente ed indefesso.

Nato il 28 maggio 1842 in Varallo Sesia, provincia di Novara, venne laureato ingegnere nella R. Scuola d'Applicazione di Torino nell'anno 1865.

Per le sue speciali attitudini nei lavori d'ingegneria civile, partecipò subito agli studi delle linee Pescara-Rieti (tronco Pescara-Aquila) e Foggia-Conza, ed ebbe parte importante nei lavori delle gallerie di traversata dell'Appennino, nella linea Foggia-Napoli, nel qual tempo compilò, sotto il titolo: *Cenni sui terreni adiacenti alla linea Foggia-Napoli nel tronco Bovino-Ponte*, una interessante Memoria pubblicata negli *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino* (vol. V, 1869).

Assunto sul finire del 1868 Ingegnere governativo nella Ferrovia Ligure, e quivi promosso presto a Sotto-Capo Sezione, vi tenne, all'immediata dipendenza della Direzione Centrale, dal gennaio 1872 fino al giugno 1876, cioè fino al compimento dei lavori e delle liquidazioni, la direzione del tronco Finalmarina-Alassio, sul quale vennero eseguiti per circa 5 milioni di lavori.

Dall'agosto 1876 al gennaio 1877 fu collaboratore in Firenze degli ingegneri comm. prof. Giulio Marchesi e comm. Giovanni Morandini, nella qualità di segretario tecnico del Collegio Peritale nella causa arbitrale fra il Governo e la Società Vitali-Charles-Picard.

Nominato per concorso nel gennaio 1877 ad Ingegnere-Capo dell'Ufficio Tecnico Provinciale di Torino, tenne molto lodevolmente questo posto per ben undici anni, cioè fino a tutto l'anno 1887, nel quale, avendo il Consiglio Provinciale deliberato di sostituire il sistema degli Uffici circondariali a quello dell'Ufficio unico centrale, egli venne collocato a riposo per soppressione di carica.

In questo periodo (1877-87), oltre alla manutenzione ordinaria e straordinaria di circa 700 chilometri di strade fra provinciali e consortili, con un bilancio annuo corrispondente di circa lire 800 mila, l'ing. Lanino diresse lo studio e la costruzione di molte ed importanti opere nuove, per un importo totale di lire 4.876.000.

Fra tali opere meritano di essere ricordate le seguenti: ultimazione del ponte di m. 112 sul Po, con accessi, presso Moncalieri, già

iniziato nel 1876; costruzione del ponte di m. 50 sul torrente Malone presso Front Canavese, e di quello di m. 36 sul torrente Ceronda presso Venaria Reale; progetto e direzione dei lavori di costruzione del ponte in muratura di m. 80 sul torrente Malone presso Brandizzo, e di quello di m. 120 sul torrente Orco presso Chivasso, di cui il Lanino pubblicò una completa monografia nell'*Ingegneria Civile* (Anno 1888); trasformazione del ponte di m. 27,50 sul torrente Soana presso Pont Canavese, con sostituzione di due archi in muratura alla preesistente travata in legno; ponte metallico di m. 140 sulla Dora Baltea tra Strambino e Vestignè (a fondazioni pneumatiche) e strade d'accesso; ricostruzione di ponti sui torrenti Buthier e Artanavaz lungo la strada neo-provinciale Aosta-Valpelline; ponte in muratura di m. 102 sul torrente Orco fra S. Benigno e Foglizzo.

Progettò e diresse la sistemazione delle strade Chivasso-Ozegna, Pr-St-Didier e Courmayeur, Castellamonte e Pont-Canavese, ed ebbe gran parte nello studio e nella direzione della strada neo-provinciale Carmagnola-Chieri-Gassino, con diramazione da Villastellone a Carignano.

Nello stesso periodo di tempo l'ing. Lanino venne inoltre onorato di incarichi speciali dal Governo, dalla Provincia e da Municipi.

Nel 1888 fu nominato professore di costruzioni stradali ed idrauliche presso la R. Scuola di Applicazione per gli Ingegneri di Torino.

Le esigenze dei servizi ai quali l'ing. Lanino trovò applicato nell'interesse di pubbliche Amministrazioni non gli concessero il tempo di attendere alla compilazione di monografie tecniche su tutte le opere di vario genere che ebbe occasione di studiare e di dirigere.

Ma la grande esperienza acquistata nel lungo e svariato esercizio della sua professione, valse al compianto professore di svolgere un corso di costruzioni stradali di una utilità pratica incontestabile. Ogni anno egli andava elaborando le sue lezioni, sempre ampliando in numero ed in estensione gli argomenti svolti, ed in quest'anno appunto era sua intenzione di dare alle stampe la parte riguardante le costruzioni stradali.

Poco prima di ammalare pubblicava nelle colonne di questo giornale (fascicolo di ottobre) una importante Memoria dal titolo: *Del modo di compensare esattamente lo scavo col rialzo nei tratti di strada a mezza costa*. In essa è esposto un metodo semplice ed utilissimo per studiare il tracciato dell'asse di una strada ordinaria a mezza costa sopra di un piano a curve di livello in modo da compensare lo scavo col rialzo senza ricorrere per ciò al sussidio delle sezioni trasversali.

Stava pur completando lo studio di un'altra Memoria relativa al calcolo del volume di ciascun pezzo di pietra componente le copertine dei muri d'ala obliqui, e già aveva calcolate alcune tabelle che, completate, sarebbero riuscite utili in molti casi della pratica.

Amò con passione la musica classica, ed aveva estese cognizioni in quasi tutti i rami dell'ingegneria. Fu padre amorosissimo, e per la sua famiglia ebbe sempre il più santo dei culti.

Io, che l'ebbi Maestro affezionatissimo durante questi ultimi nove anni, mando a nome degli amici e degli Allievi l'estremo saluto alla sua cara memoria.

Ing. V. BAGGI.

### II.

#### Il Senatore Brioschi.

In età di 73 anni moriva in Milano il 13 dicembre il professore Francesco Brioschi, Direttore dell'Istituto tecnico superiore, Presidente dell'Accademia dei Lincei, Senatore del Regno.

In Francesco Brioschi abbiamo sempre venerato un matematico di primo ordine, un idraulico di grande valore ed un uomo politico di grande influenza, particolarmente sui Ministri della Pubblica Istruzione, i quali tutti, uno dopo l'altro, mostrarongli sempre la loro grande deferenza. Fu vero peccato che la sua oposità scientifica per quanto prodigiosa riescisse nondimeno soverchiata dalla parte che egli ebbe nelle vicende politiche, amministrative ed industriali del paese.

Non abbiamo qui la pretesa di fare in poche parole una commemorazione degna dell'insigne uomo. Registriamo solo alcune date, alcuni fatti più salienti della sua vita, riservandoci di richiamare più tardi l'attenzione dei lettori sulle commemorazioni che per opera di persone di lui non meno illustri, verranno pronunziate in sedi competenti.

Il Brioschi era nato a Milano il 22 dicembre 1824; laureatosi nelle scienze matematiche a Pavia nel 1845, prese parte di poi alle agitazioni mazziniane di quell'epoca. Epperò istituitosi nel 1848 in Milano il Governo provvisorio, era stato da questo nominato insegnante di matematica nel Liceo di Porta Nuova. Ma restaurato il Governo Austriaco, dovette lasciare il posto, e si ridusse a dare lezioni private, finchè nel 1852 venne chiamato dal professore Bordini dell'Università di Pavia a reggere come supplente una cattedra di matematica. L'anno dopo pubblicava la *Teoria dei determinanti*, insigne lavoro che gli valse dallo stesso Governo Austriaco la nomina a professore ordinario dell'Ateneo Pavese.

Venuto il 1860, aiutò la spedizione dei Mille raccogliendo un battaglione universitario che ebbe l'onore di avere per duce Benedetto Cairoli. Eletto deputato al Parlamento dal Collegio di Todi, fu Se-

gretario Generale del Ministero di Pubblica Istruzione nel 1861 e 1862 sotto i Ministri De-Sanctis e Matteucci.

Nel 1863 promosse la fondazione in Milano di quell'Istituto tecnico superiore, al quale tenne di poi e fino a' suoi ultimi giorni costantemente rivolti lo sguardo e la mente, e come direttore attivo e competente, epperò autorevole, e come maestro dell'idraulica italiana.

« Il rimaneggiamento abbastanza radicale, dice a questo proposito il periodico *L'Industria* di Milano, che i programmi dell'Istituto tecnico superiore hanno subito negli ultimi anni, la cura costantemente rivolta ad aumentare le risorse finanziarie, provano che il Brioschi intendeva dedicare all'ulteriore sviluppo dell'Istituto gli ultimi anni della sua laboriosissima esistenza, la cui fine repentina non potrà essere di grande (speriamo non irreparabile) iattura al conseguimento dell'ideale che era nella sua mente, e per il quale non cessava mai di lavorare, anche quando pareva intento a tutt'altri scopi ».

Nel 1865 fu chiamato a far parte del Senato del Regno, e fu fra i più autorevoli membri di quell'alto consesso. D'allora in poi non vi fu quasi Commissione di qualche importanza o perchè attinente all'idraulica, od alle costruzioni od alle ferrovie, od alle finanze od all'istruzione superiore, nella quale il Brioschi non avesse parte attiva.

Dopo la morte di Quintino Sella, nel 1884, fu eletto Presidente dell'Accademia dei Lincei e l'onorifico ufficio venivagli confermato dai colleghi per i tre quadrienni successivi, nel 1888, 1892, 1896. E l'Accademia continuò sotto di lui a crescere d'importanza e di lustro.

Ebbe pure larghissima parte in imprese industriali, alle quali non poté dare molte volte che l'autorità del proprio nome, e dalle quali non poté ricavare che danni materiali ed afflizioni. E fu vero peccato, che per la scienza alla quale era visibilmente chiamato, egli non abbia interamente spesi l'ingegno, la coltura ed il volere.

Ad ogni modo non è possibile non riconoscere nelle molteplici sue Memorie e Relazioni un ingente patrimonio scientifico che gli assicura un'imperitura fama fra i dotti, e nell'Istituto tecnico superiore al quale dedicò l'intera sua vita, la cagione prima del movimento industriale onde la Lombardia divenne una delle regioni più operose e produttive.

G. SACHERI.

## BIBLIOGRAFIA

### I.

**Teoria geometrica dei Campi vettoriali**, come introduzione allo studio dell'elettricità, del magnetismo, ecc. — Memoria di GALILEO FERRARIS. — Estr. dalle Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino. Op. in 4° grande, di pag. 36, con 52 figure nel testo. — Torino, Carlo Clausen, 1897.

La Memoria che qui si annunzia è stata trovata fra le carte di Galileo Ferraris, senza indicazione di titolo. Si sa però che essa avrebbe dovuto costituire come un primo capitolo di un trattato completo di elettrotecnica, e che fu redatta sotto la forma attuale in questi ultimi anni (1894 e 1895). Da un manoscritto più antico, che si proponeva gli stessi fini, risulta (1) che la prima parte del Trattato si sarebbe intitolata così: « Riassunto di nozioni scientifiche che servono di fondamento all'elettrotecnica », ed il primo capitolo di essa: « Preliminari. Definizioni e teoremi generali sui vettori e sui campi di forze ». Nella nuova redazione i campi di vettori sono trattati in modo più generale che in quella più antica. E poichè tanto i concetti da cui si parte quanto i metodi con cui vengono svolti sono essenzialmente geometrici, i risultati che si ottengono possono applicarsi non solo all'elettrotecnica, ma a tutte quelle parti della fisica in cui compaiono campi di grandezze vettoriali. La trattazione è elementare, per modo che può essere facilmente intesa da tutti; essa ha quelle doti di semplicità e lucidità di esposizione che erano tanto ammirate negli scritti e nelle lezioni dell'illustre autore.

Com'è noto, trattazioni puramente matematiche dei campi vettoriali, svolte senza fissare in modo speciale la natura fisica dei campi stessi, s'incontrano ripetutamente nella produzione scientifica di questi ultimi tempi. Dalle citazioni contenute nel presente lavoro, come pure da un raffronto diretto, appare che esso ha profitto specialmente, oltre che di un classico trattato del *Maxwell* (2), di due opere più recenti di *O. Heaviside* (3) e di *A. Föppl* (4). Ma se ciò dev'essere avvertito per ragione di giustizia, vuolsi pure aggiungere che questo lavoro ha un carattere proprio di originalità, si nell'insieme che in vari

(1) Queste indicazioni sono dovute al chiarissimo ing. G. B. Maffiotti.

(2) *Treatise on Electricity and Magnetism* (London, 1873).

(3) *Electro-magnetic Theory*, vol. I (London, 1893); vedi specialmente il cap. 3° « The Elements of vectorial Algebra and Analysis ».

(4) *Einführung in die Maxwell'sche Theorie der Elektrizität* (Leipzig, 1894). — Il lettore potrà anche consultare utilmente la *Geometrie der Wirbelfelder* dello stesso FÖPPL, comparsa solo ora (Leipzig, 1897).

particolari; per modo che la sua pubblicazione riuscirà certo utilissima a chiunque s'interessi di fisica.

Quasi tutto il manoscritto era redatto in maniera adatta per la stampa, senza che nemmeno occorressero modificazioni sensibili di forma. Solo i primi due paragrafi (definizioni, notazioni, somma e prodotti di vettori) non erano completamente svolti, avevano in qualche parte il carattere di sommari; essi vennero completati, per cura di chi scrive, seguendo le precise indicazioni dell'Autore, e badando alle applicazioni che poi se ne fanno. Similmente, in taluni passi del seguito, venne inserita qualche aggiunta che l'A. stesso, con una parola segnata in margine al manoscritto, aveva indicato di volere.

CORRADO SEGRE.

### II.

Ing. GIOVANNI POZZI. — **Tavole topografiche**. — Op. in 8° grande, di 127 pagine. — U. Hoepli, Milano, 1897. — Prezzo: Lire 5,50.

Ecco un libro, piccolo di mole, epperò di uso comodissimo, nel quale si trovano ingegnosamente raccolte:

1° Le tavole *tacheometriche centesimali*, ossia la riduzione all'orizzonte delle distanze lette sulla stadia verticale e per il calcolo delle altezze, e delle coordinate rettangolari;

2° Le tavole per il *cambiamento di assi coordinati*, occorrenti ai lavori topografici di grande estensione, come nei lavori catastali;

3° Le tavole della *trasformazione degli angoli* dal sistema sessagesimale al centesimale e da questo a quello.

In quanto alle tavole tacheometriche una disposizione ingegnosa ha permesso di riunirle in sole 100 pagine per le tre operazioni sovra indicate. Nelle pagine a sinistra sono riportati i prodotti di  $\text{sen}^2 \alpha$  e nelle pagine a destra i prodotti di  $\text{sen}^2 (50 - \alpha)$  rispettivamente per i numeri 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, mediante i quali con semplice spostamento di virgola si possono formare tutti i numeri possibili. Un'altra serie di numeri scritti in grassetto facilita il calcolo delle espressioni delle coordinate rettangolari.

Per il modo col quale vennero calcolate queste tavole servono pure al tracciamento delle curve di raccordo tra due rettilinei, potendosi avere le coordinate dei punti della curva sia rispetto alla tangente nel punto di tangenza, sia rispetto alla corda dell'arco raccordatore.

Come l'Autore stesso fa giustamente osservare, queste tavole tacheometriche non danno direttamente l'elemento cercato, ma danno le correzioni che si debbono fare alla distanza letta sulla stadia verticale per avere quella ridotta all'orizzonte ed il dislivello, ed alla distanza orizzontale per avere i valori delle coordinate. Per cui queste tavole obbligherebbero ad una operazione di più di quella richiesta dalle tavole usuali. Ma l'inconveniente è di gran lunga compensato dall'essere poco voluminose, onde le ricerche sono assai più spedite. Inoltre hanno il pregio di non richiedere l'interpolazione nel calcolo della riduzione all'orizzonte e dell'altimetria, perchè gli angoli zenitali procedono di primo in primo; nel calcolo delle coordinate l'interpolazione è resa facilissima, variando l'azimut di due in due primi.

Nei rilievi tacheometrici a scopo catastale, i calcoli della riduzione all'orizzonte e delle coordinate che sono numerevoli, volendosi eseguire due volte per assicurarsi dagli errori materiali, queste tavole, le quali danno gli elementi che si cercano in modo diverso da quello delle altre tavole in uso, si prestano assai bene per un esatto calcolo di controllo.

Nelle tavole per il cambiamento di assi coordinati la convergenza dei meridiani varia di 1" in 1" sessagesimale, e perciò nei calcoli, che si richiedono per lavori catastali, non occorre eseguire l'interpolazione.

Le tavole di trasformazione degli angoli dal sistema sessagesimale al centesimale, e inversamente, sono quelle che si trovano nelle tavole logaritmiche del professore W. Jordan, e sono ridotte a due pagine.

Il libro è dunque da raccomandarsi vivamente a chi desidera avere in poco spazio raccolti tutti gli elementi di calcolo occorrenti nei lavori topografici.

G. S.

### III.

Ing. DOMENICO REGIS. — **Rappresentazione grafica della differenza fra l'ora dell'Europa Centrale e l'ora del tempo medio e del tempo vero di un dato luogo**. — Estr. in 8° gr. dalla *Rivista di Topografia e Catasto*, di pag. 10, con una tavola. — Torino, 1897.

Il prof. Regis, che nella compilazione di tavole grafiche ingegnosissime ha oramai acquistata una vera rinomanza, ha disegnato una curva la quale rappresenta la linea meridiana del tempo medio del meridiano di mezzo del fuso centrale d'Europa posto a 15° est dal meridiano dell'Osservatorio di Greenwich, e colla quale si può graficamente misurare la differenza fra l'ora legale e l'ora del tempo medio o del tempo vero di un dato luogo con un errore che in generale è minore di 5 minuti secondi, ed in taluni giorni in cui può essere maggiore, sarà sempre minore di 20 secondi.

La memoria enuncia e spiega con precisione e chiarezza le diverse applicazioni pratiche di questa tavola grafica.

G. S.

Fig. 1. — Profilo longitudinale della ferrovia del Gottardo da Chiasso a Lucerna.

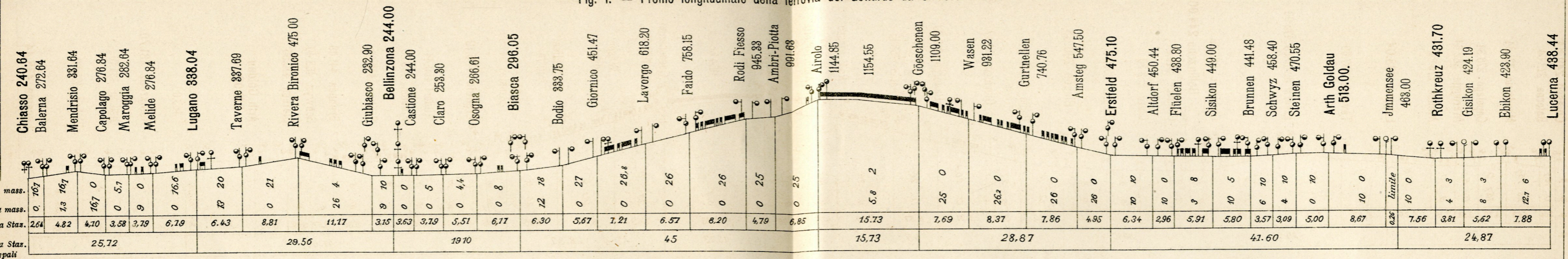


Fig. 2. — Profilo longitudinale del tronco Locarno-Bellinzona.

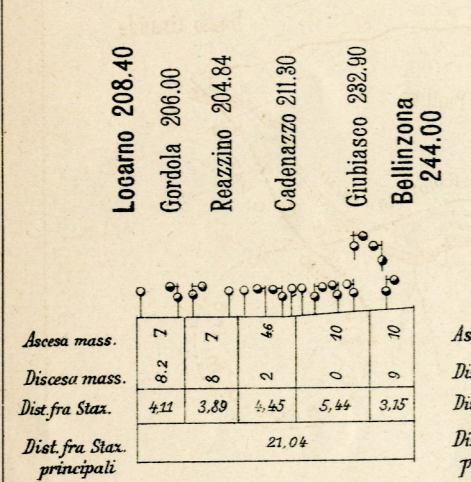


Fig. 3. — Profilo longitudinale del tronco Luino-Bellinzona.

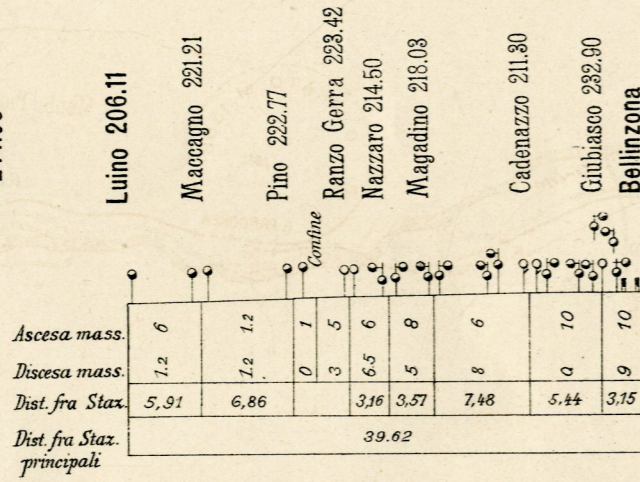


Fig. 5. — Gallerie elicoidali nella Biaschina.

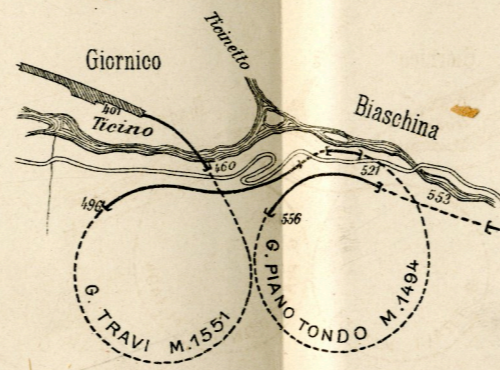


Fig. 6. — Gallerie elicoidali di Dazio Grande.

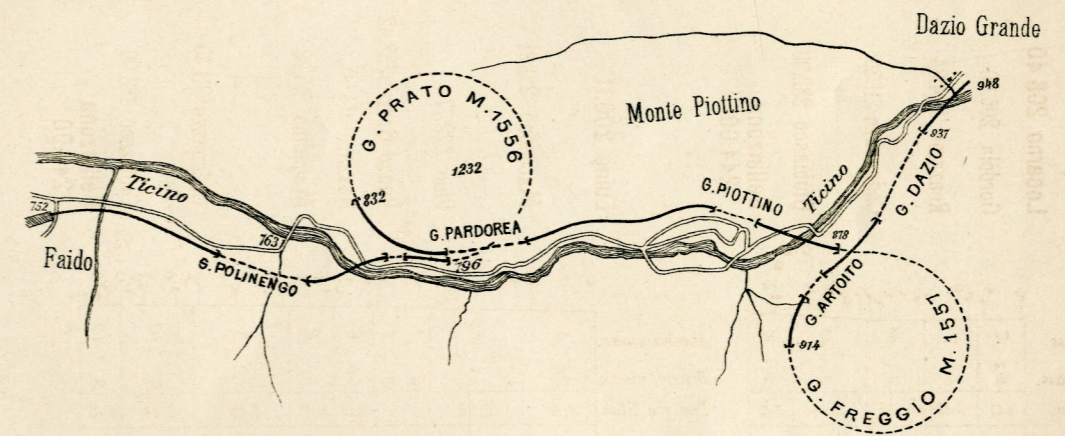


Fig. 7. — Gallerie elicoidali presso Wasen.

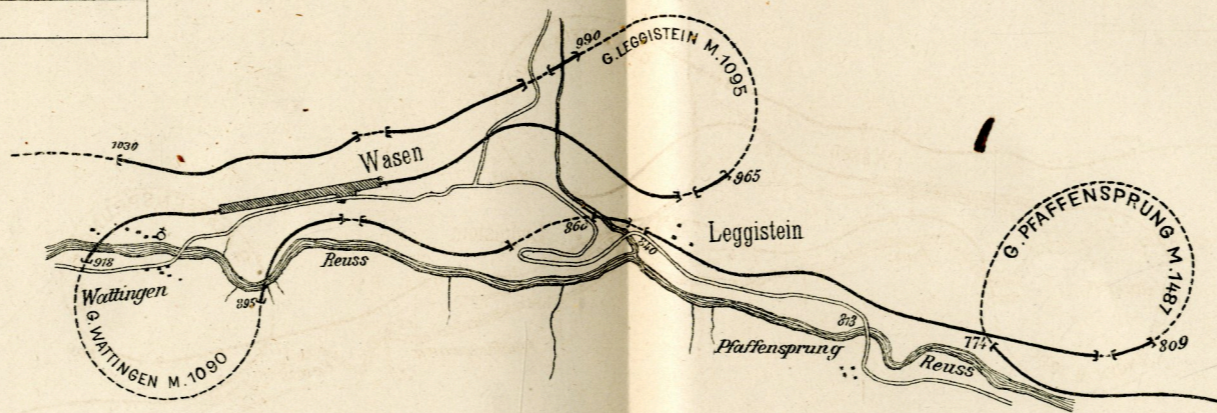
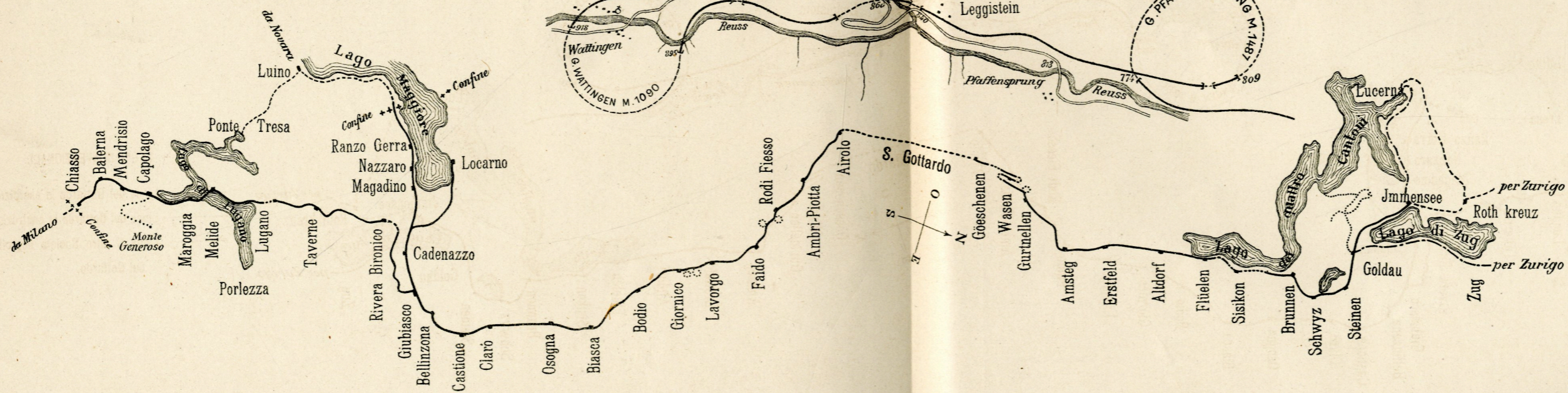


Fig. 4. — Piano generale della ferrovia del Gottardo. Scala di 1 : 500 000.



SEGNI CONVENZIONALI.

- Linee del Gottardo in esercizio.
- - - Linee del Gottardo in costruzione.
- - - Linee di altre Società esercitate dal Gottardo.

Fig. 1. — Locomotiva serie A<sup>2</sup>.

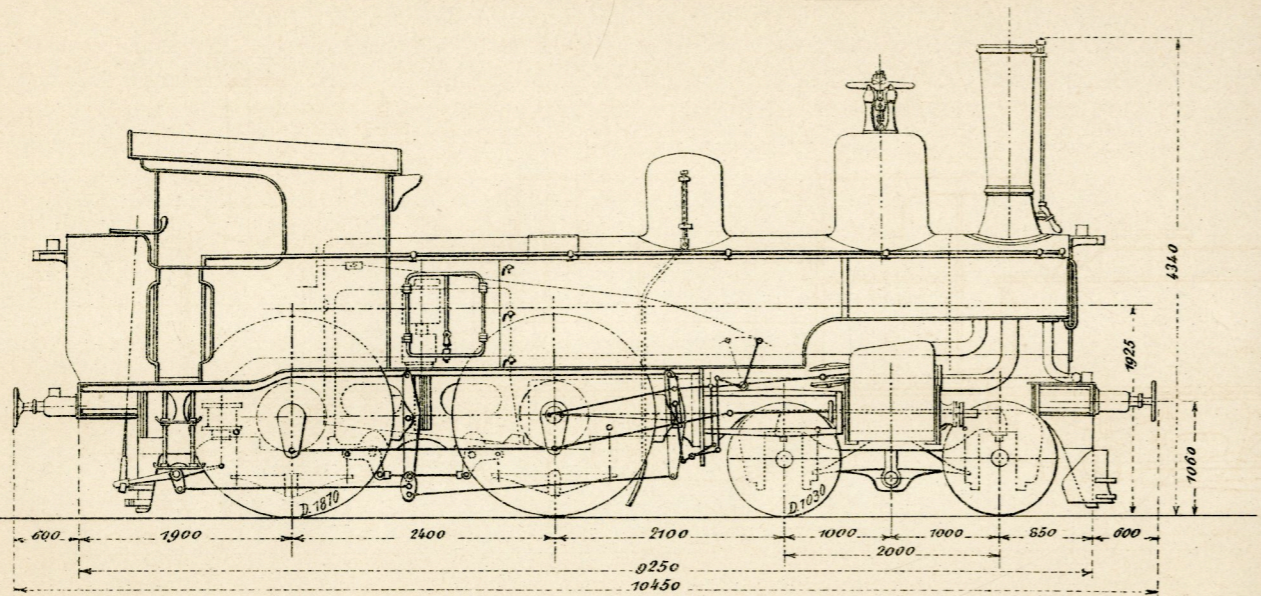


Fig. 2. — Locomotiva serie C<sup>3</sup> T.

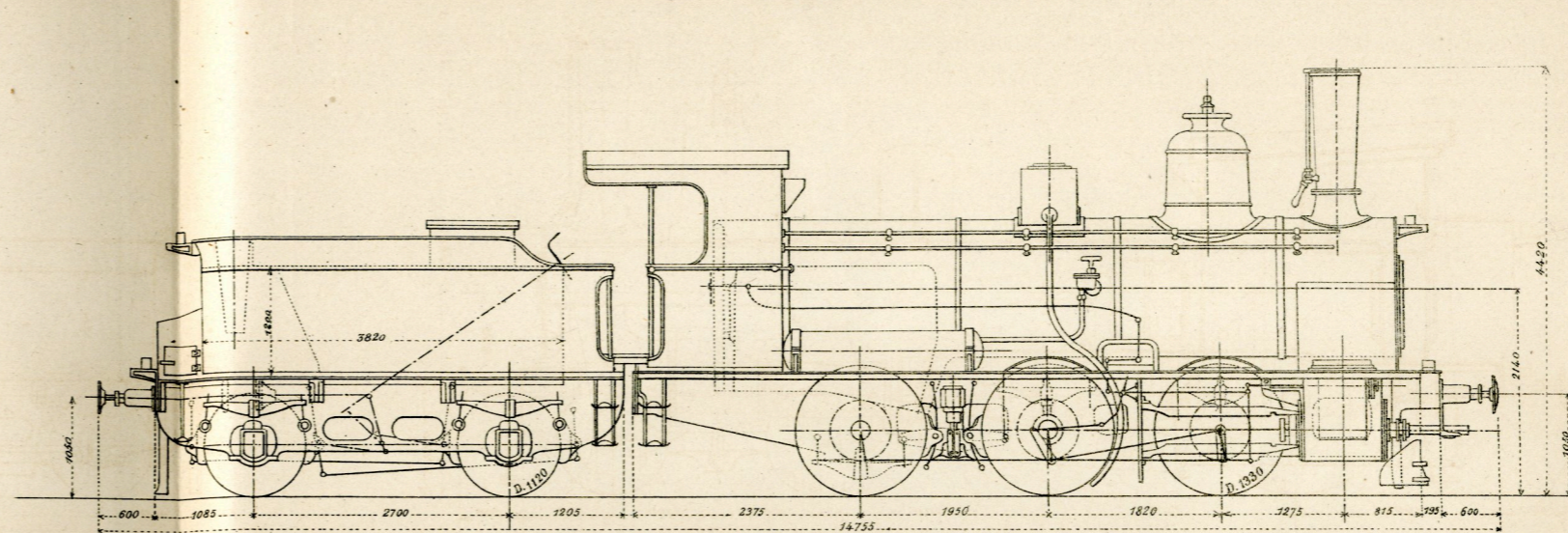


Fig. 3. — Locomotiva serie B<sup>3</sup>.

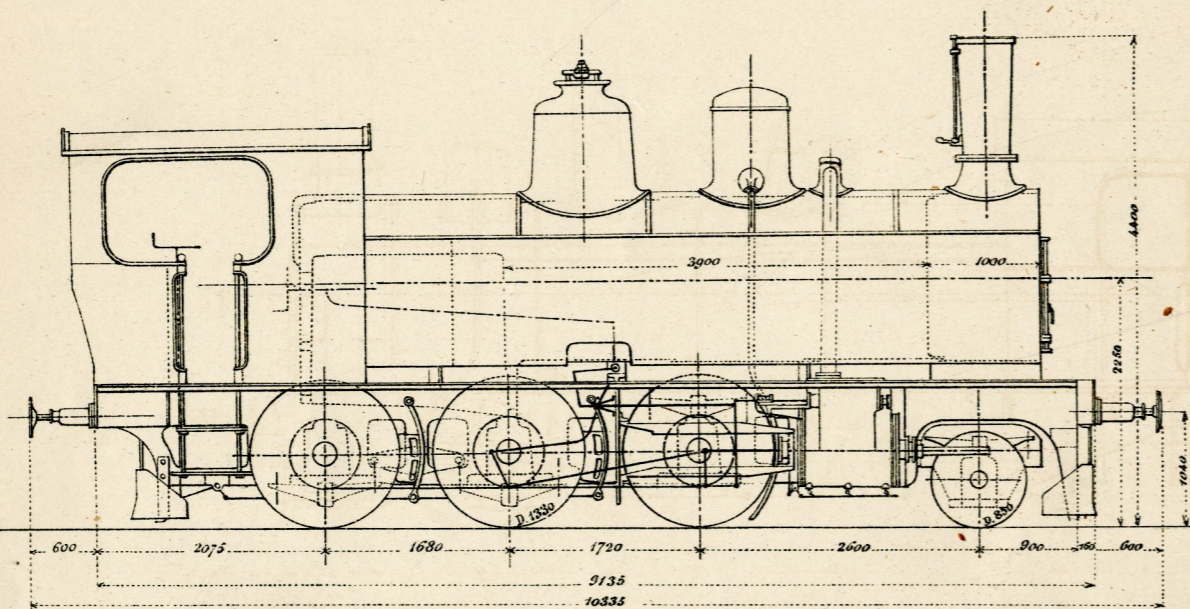


Fig. 4. — Locomotiva serie D<sup>4</sup> T.

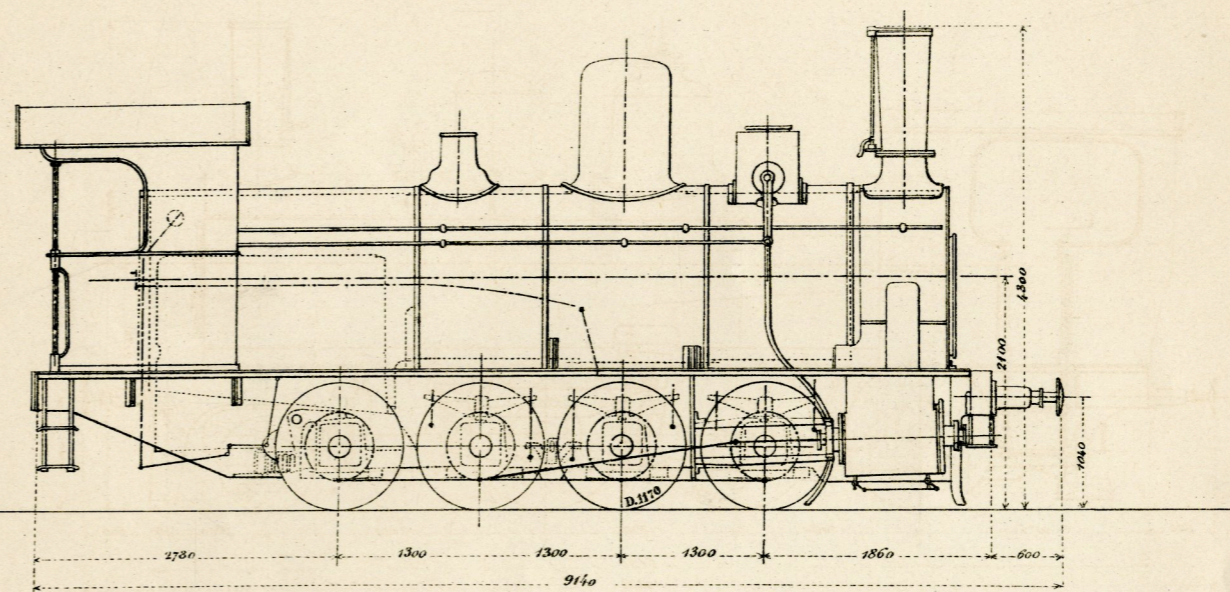


Fig. 5. — Locomotiva serie D<sup>6</sup> (Duplex-Compound).

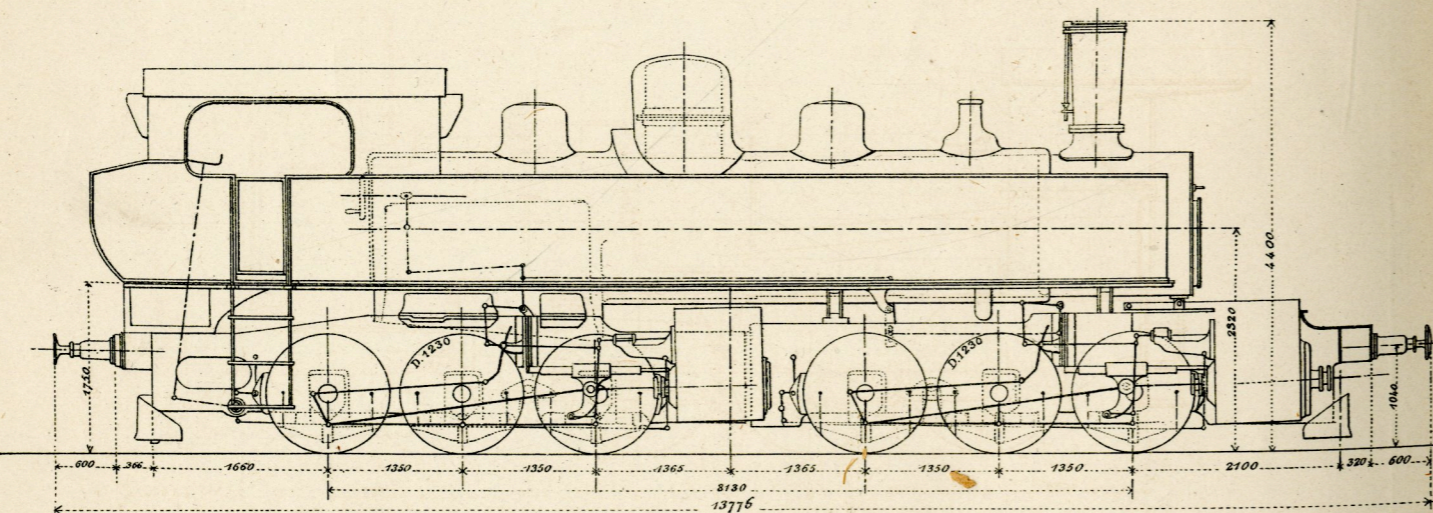


Fig. 6. — Locomotiva serie A<sup>3</sup> T (Compound).

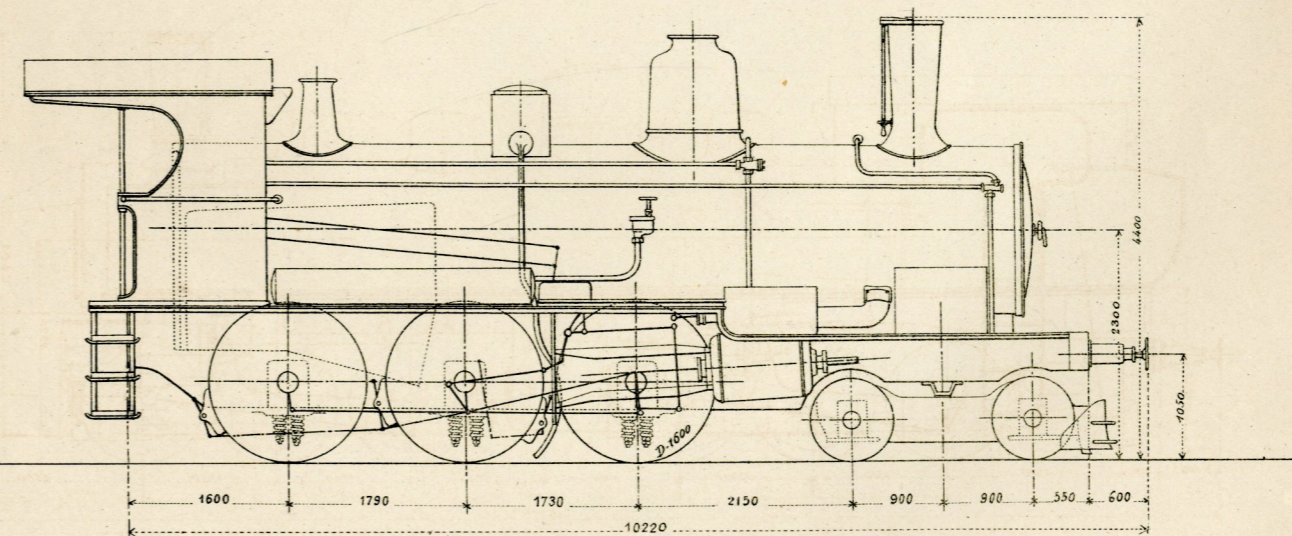


Fig. 1 e 2. — Vettura di I<sup>a</sup> classe, sistema Gottardbahn

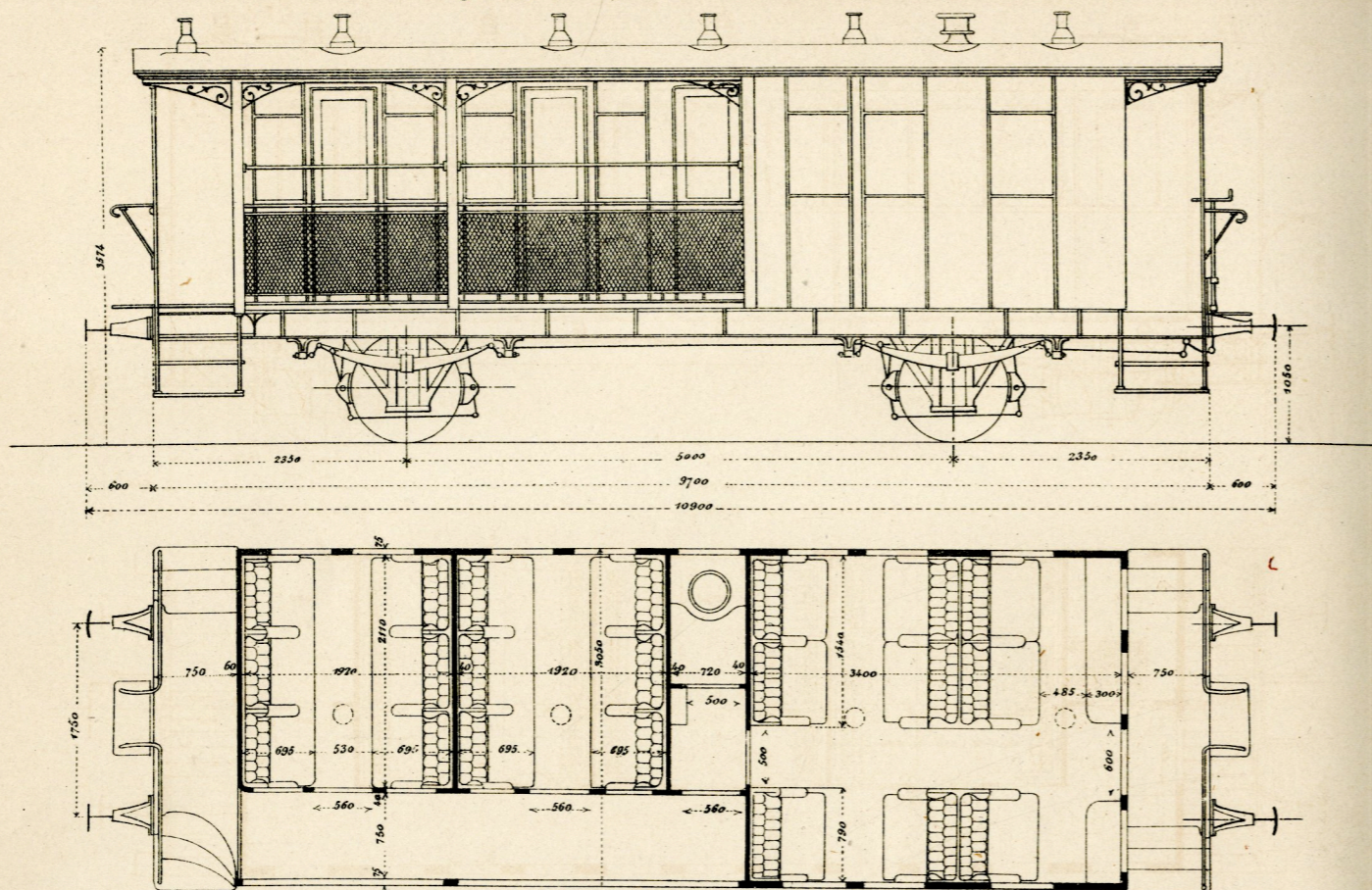


Fig. 3 e 4. — Vettura di I<sup>a</sup> classe per treni notturni

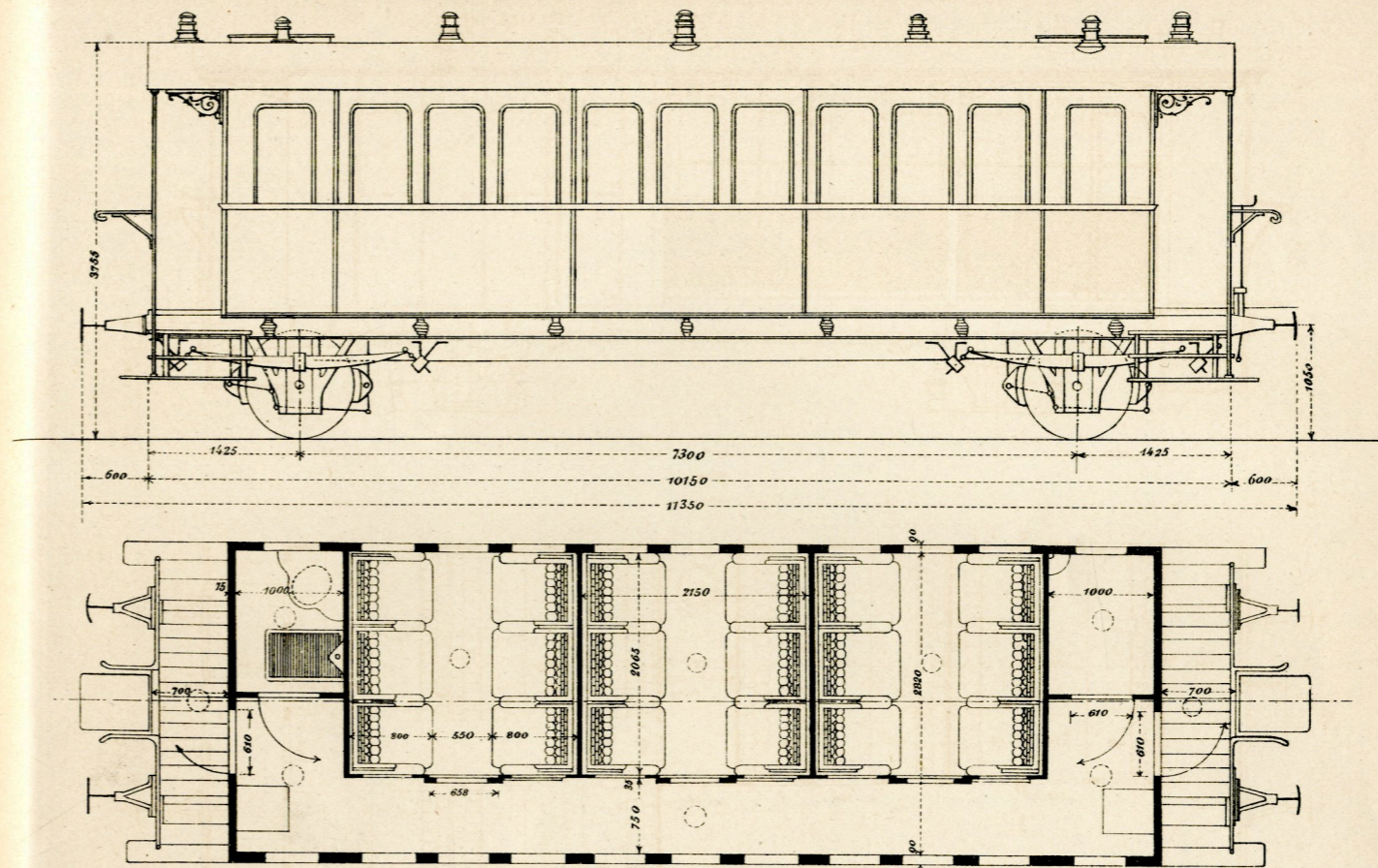
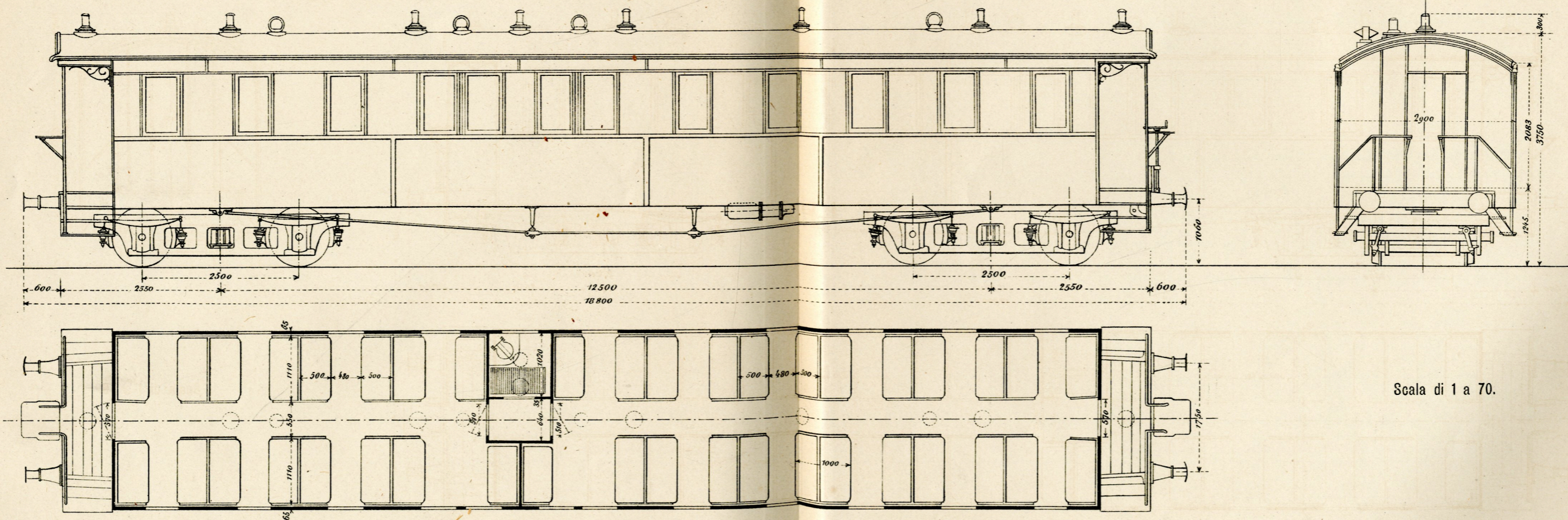


Fig. 5, 6 e 7. — Vettura di III<sup>a</sup> classe



Scala di 1 a 70.

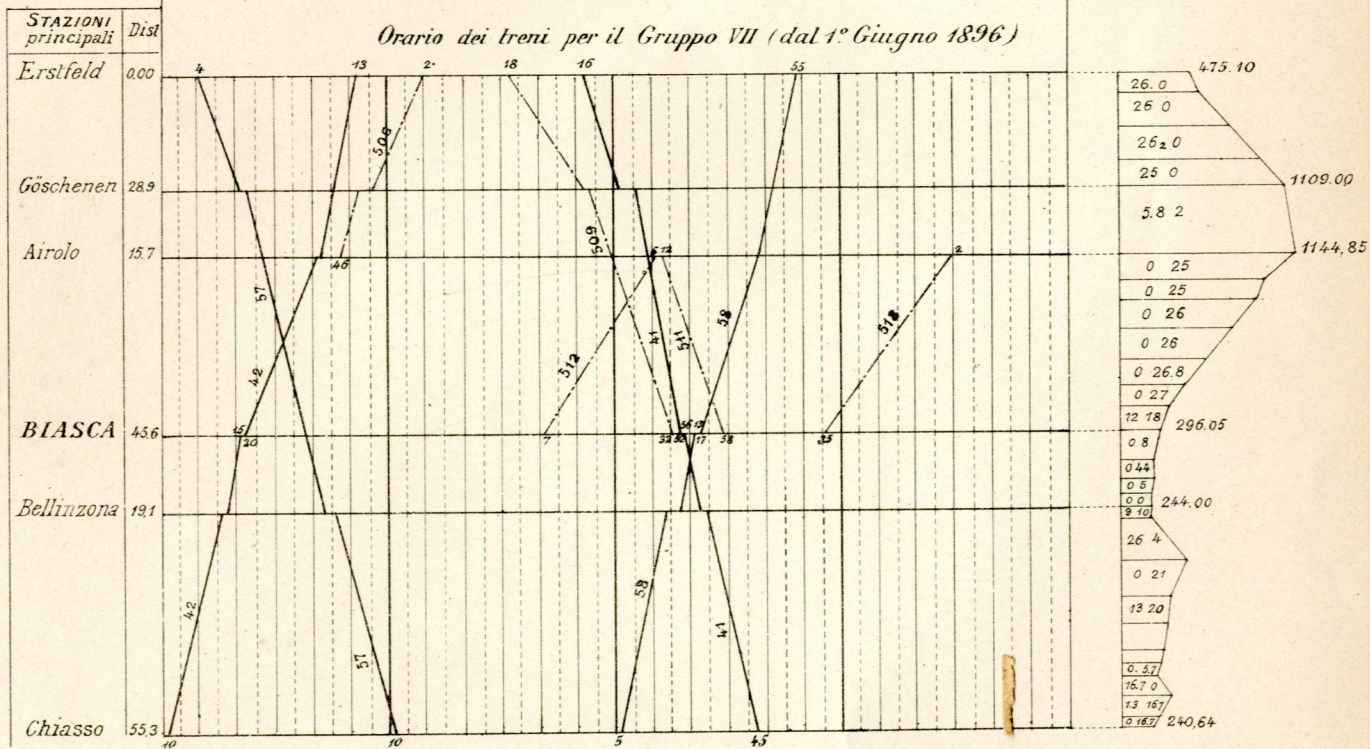
Turno di servizio del personale di macchina

	ORE																								Percorso in Km.	Ore Lavoro	Riposo		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			24	Ore	tra i servizi
I e II Settimana	1																									90.2	3 <sup>h</sup> 13'	7 <sup>h</sup> 8'	1 e 2
	2	Erst <sup>34</sup>		57										Ch <sup>45</sup>	58											23.9	8 <sup>h</sup> 38'	23 <sup>h</sup> 56'	2 e 1
III Sett	Dom	Riposo																											
	Lun																									45.6	4 <sup>h</sup> 17'	6 <sup>h</sup> 34'	3 e 4
	Merc																									134.8	8 <sup>h</sup> 30'	27 <sup>h</sup> 43'	4 e 3
	Ven																									74.4	2 <sup>h</sup> 23'	7 <sup>h</sup> 35'	5 e 6
	Mart																									254.8	8 <sup>h</sup> 53'	23 <sup>h</sup> 56'	6 e 5
IV e V Settimana	6																								91.2				
	7																								45.6	4 <sup>h</sup> 17'	6 <sup>h</sup> 34'	3 e 4	
VI Sett	Dom	Riposo																											
	Lun																								134.8	8 <sup>h</sup> 30'	27 <sup>h</sup> 13'	4 e 3	
	Mart																								7 <sup>a</sup>	3 <sup>h</sup> 0'	1 <sup>h</sup>	7 <sup>a</sup> e 7	
	Giov																								10 <sup>h</sup> 0'	14 <sup>h</sup>			
VII Sett	Merc																								7 <sup>b</sup>	7 <sup>h</sup>	31 <sup>h</sup> 13'	7 <sup>b</sup> e 4	
	Ven																												
	Sab																												

Turno di servizio delle locomotive

Loc Serie	Turno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Percorso
C <sup>3</sup> T	Quotidiano	Erst		57																						329.2
C <sup>3</sup> T	id	Ch		42																						329.2
D <sup>4</sup> T	Lunedì																								136.8	
	Martedì e Venerdì																								180.4	
D <sup>4</sup> T	Sabato																								732.8	

Orario dei treni per il Gruppo VII (dal 1° Giugno 1896)





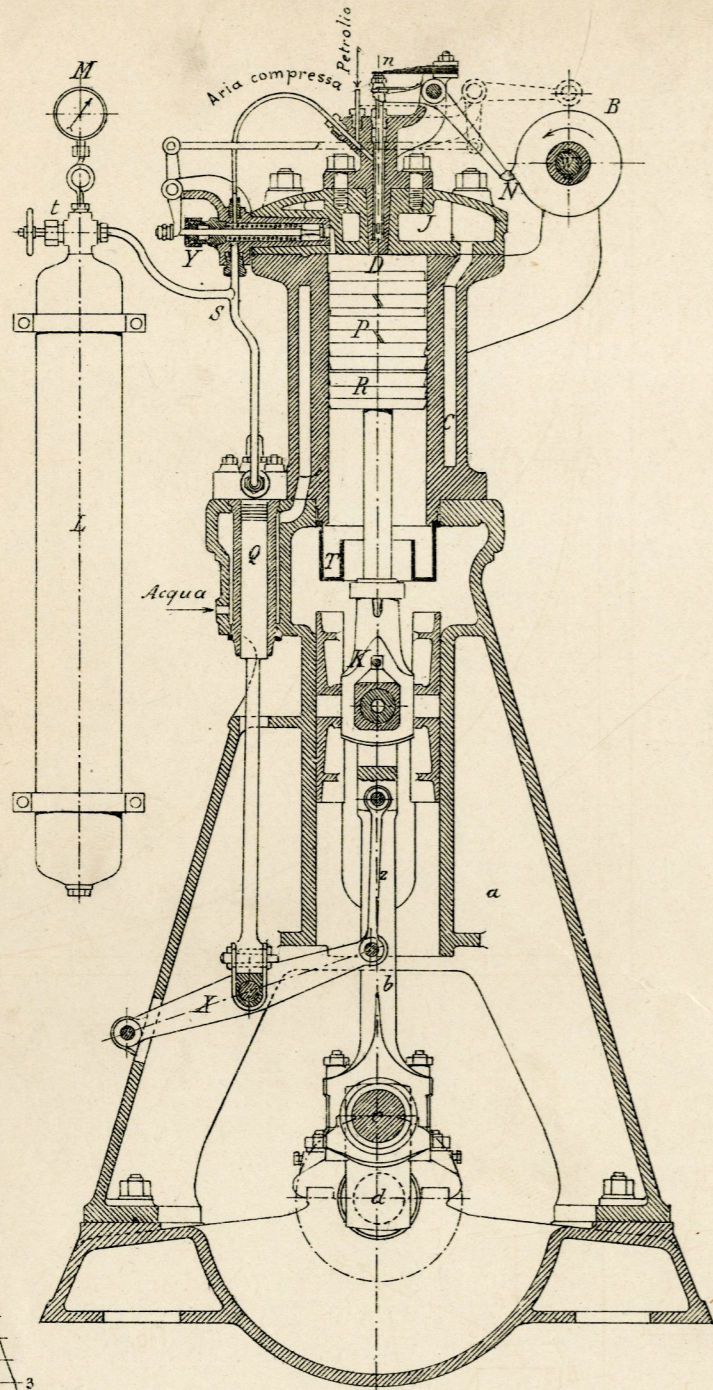


Fig. 1.

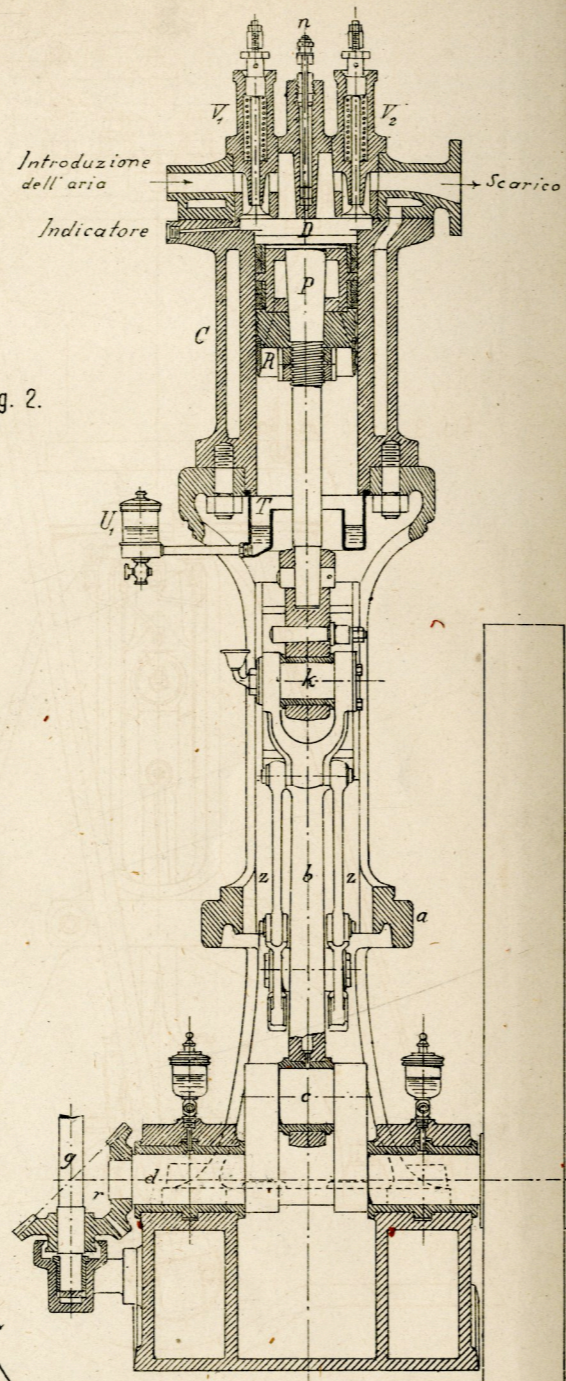


Fig. 2.

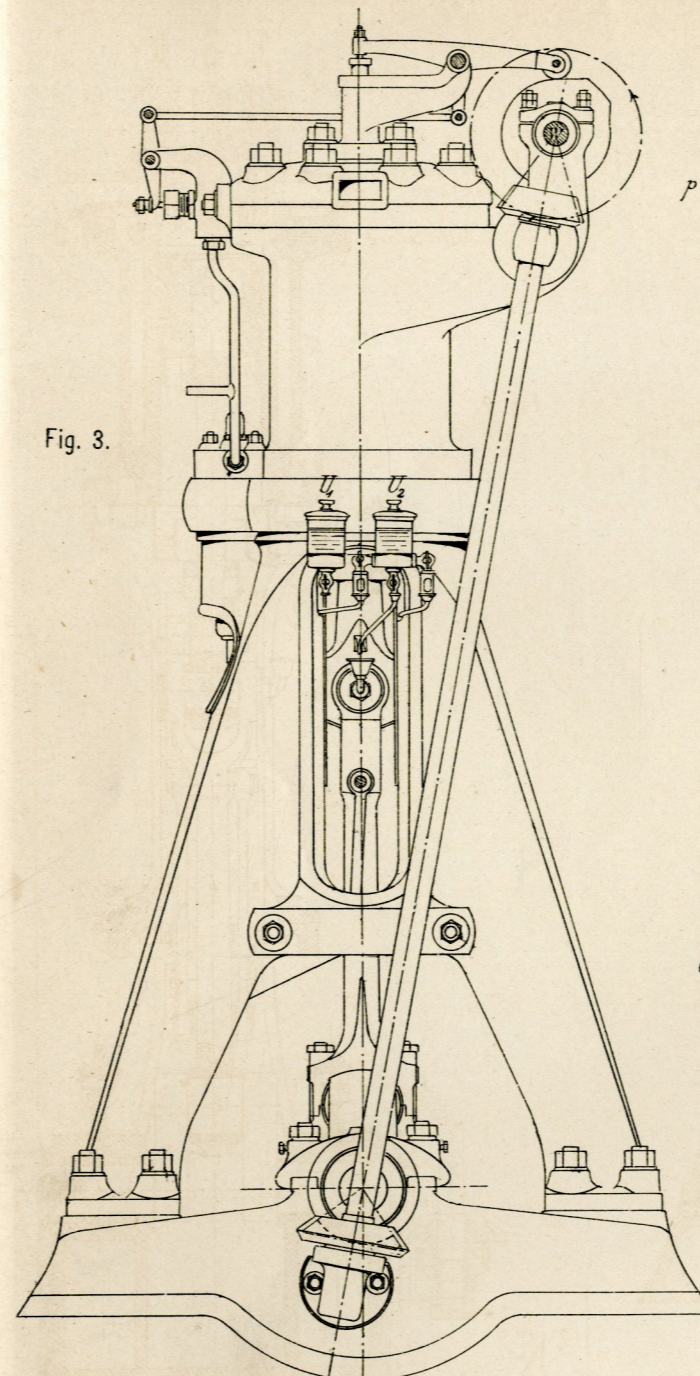


Fig. 3.

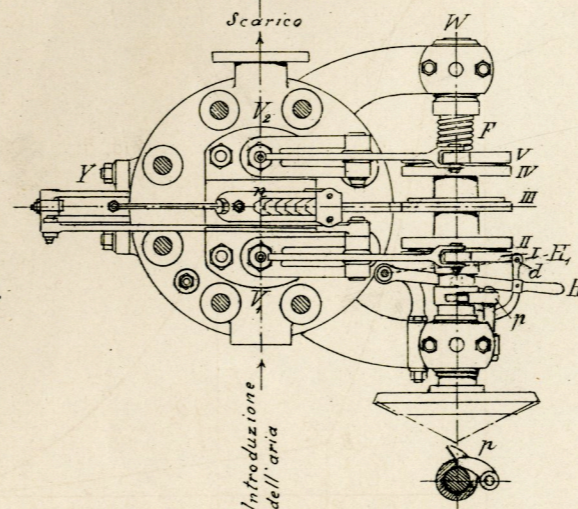


Fig. 4.

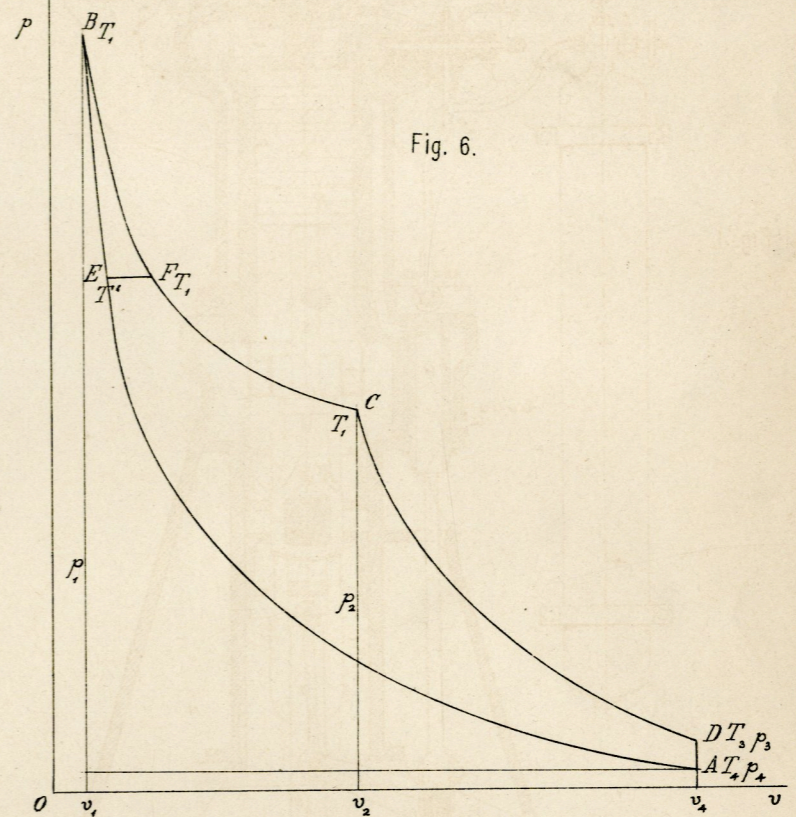


Fig. 6.

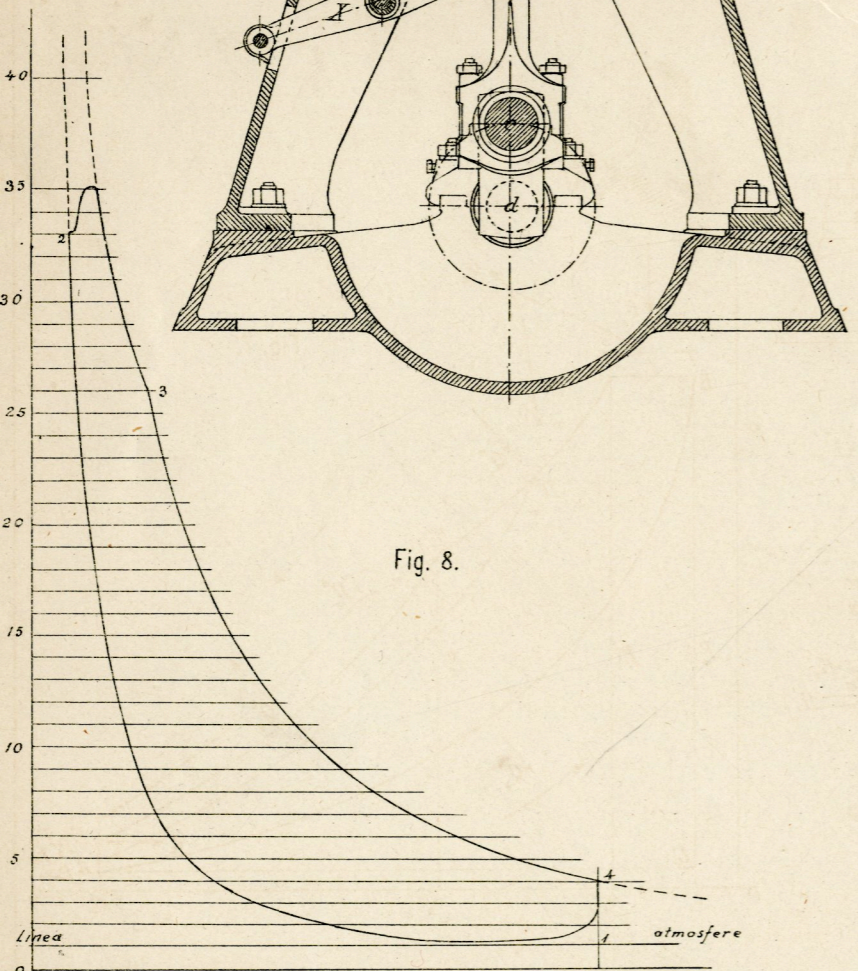


Fig. 8.

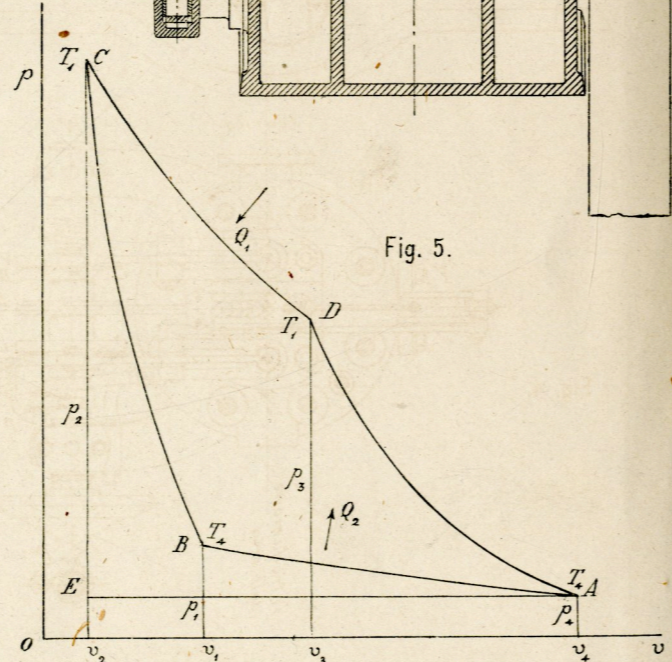


Fig. 5.

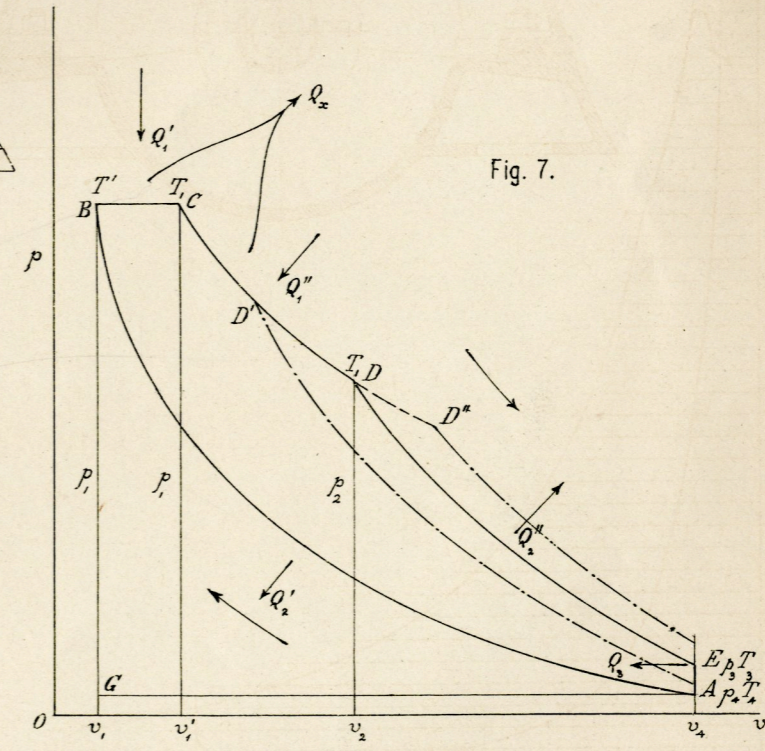


Fig. 7.