

L'INGEGNERIA CIVILE

B

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

FISICA TECNICA

VENTILAZIONE DELLE GALLERIE DELLA FERROVIA TRANSANDINA (1).

La traversata della grande catena delle Ande sulla ferrovia interoceanica dell'America del Sud fra Buenos-Ayres e Valparaiso è fatta mediante una serie di gallerie, di differenti lunghezze, ad un binario solo, di m² 18.50 di sezione, con pendenze quasi costanti dell'80 0/100.

Nei rapporti con il regime di ventilazione che sarà per instabilirsi, quando la ferrovia (sistema Abt a dentiera), ora in costruzione, sia in esercizio, regime che qui ci proponiamo di studiare, fra tutte le gallerie due soltanto hanno importanza, in causa della loro lunghezza: quella della Cumbra, che attraversa il vertice della catena principale, situata quindi a cavaliere dei due versanti, e quella della Calavera che viene immediatamente dopo sul versante Chileno, ed orientate l'una e l'altra quasi esattamente secondo la linea nord-est.

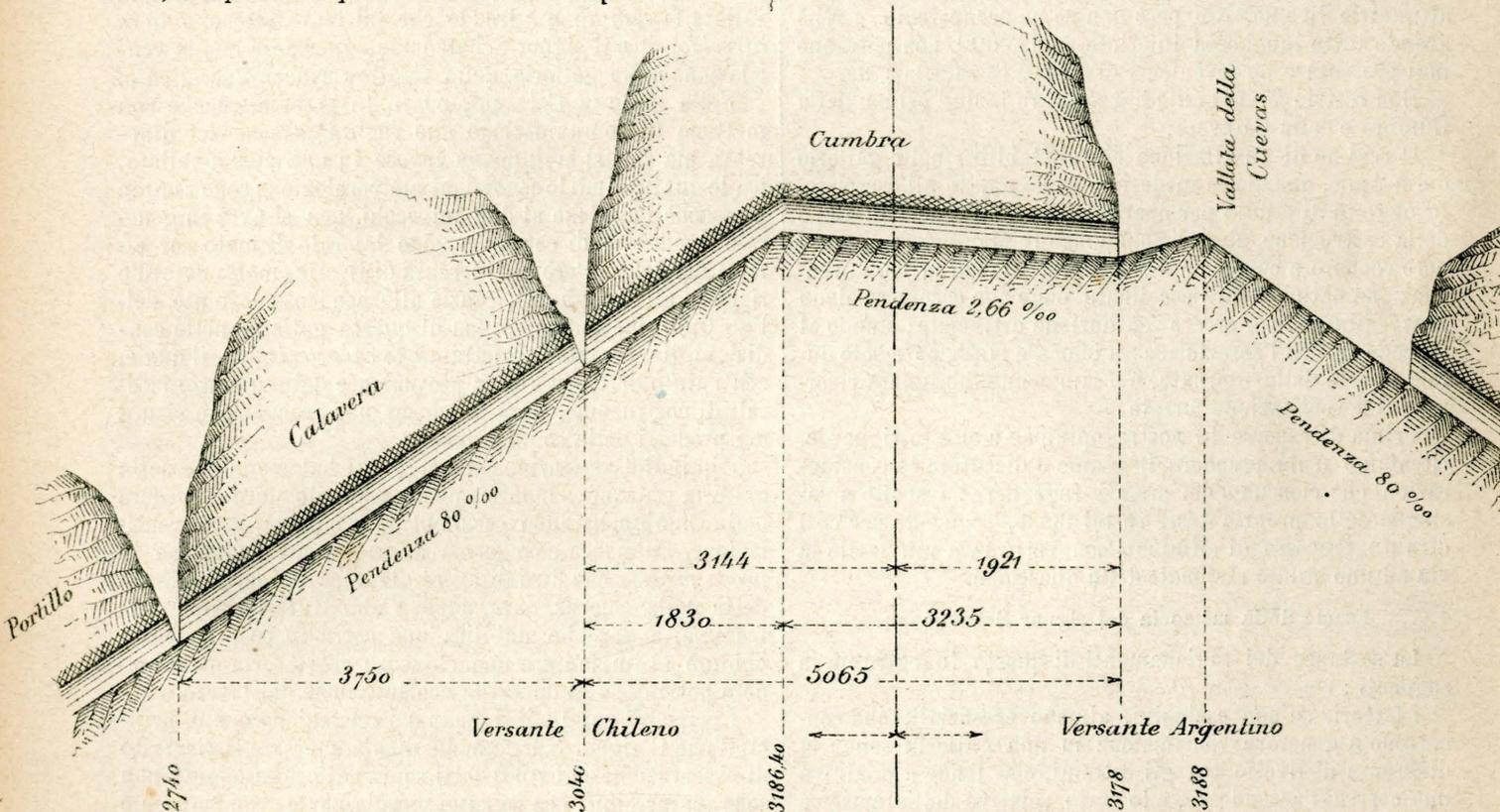


Fig. 34.

(1) La Società *Clark and Comp.* di Londra, costruttrice della ferrovia Buenos-Ayres-Valparaiso, si trovò ad essere fortemente preoccupata circa il regime di aerazione che sarà per instabilirsi nelle molte gallerie, ora in via di perforazione, con cui si farà la traversata della catena delle Ande. La preoccupazione era assai giustificata dalla circostanza che le gallerie, di cui alcune assai lunghe, avranno sezione assai ristretta e pendenza fortissima da superarsi col sistema Abt.

La Società interpellò in proposito i suoi ingegneri in capo, dirigenti le costruzioni a Los Andes nel Chili e a Mendoza nell'Argentina: e ne ebbe pareri contraddittori, asserendo il primo che l'aerazione naturale dei tunnels sarà di per sè sola eccellente sempre, concludendo invece il secondo che la medesima riuscirà insufficiente così da rendere necessario un impianto di ventilazione artificiale.

Nel dubbio in cui veniva così a trovarsi, la Società, avuta cognizione della memoria sulla *Ventilazione delle grandi gallerie*, letta al Congresso ferroviario di Parigi nel settembre 1889, e pubblicata nel volume XV (anno 1889, pag. 154, 170 e 189) di questo giornale, si rivolse all'ing. Candellero, autore della medesima, e lo pregò di fare e trasmetterle uno studio per il caso concreto delle gallerie delle Ande.

Questo parere, il quale torna ad onore del nostro egregio collega, siamo ben lieti di poter qui pubblicare, e ringraziamo anzi l'ing. Candellero di avercelo favorito, richiamando sul medesimo l'attenzione di tutti gli ingegneri cui spetta di occuparsi del problema di ventilazione delle gallerie, perchè è problema della cui soluzione non dovrebbe mai dilazionarsi lo studio, mentre è d'uopo tenerlo presente fin da quando si discutono i tracciati da preferirsi.

La prima, di m. 5065 circa di lunghezza, parte dal versante Argentino alla quota di m. 3178 sul livello del mare e sale con uno sviluppo di m. 3235 fino a raggiungere il suo culmine alla quota 3186,40 con una pendenza media di 2,66 0/100, e ridiscende quindi sul lato Chileno con l'80 0/100 su una lunghezza di m. 1830, fino a raggiungere il suo imbocco sud-ovest alla quota 3040.

La seconda, camminando sempre nella stessa direzione e quasi in linea retta, dalla stessa quota 3040, con una pendenza unica dell'80 0/100 e sviluppo di m. 3750, discende al livello di m. 2740 sul mare.

La prima riunisce la vallata Argentina della Cuevas, da cui si diparte quasi normalmente, colla vallata del Juncalillo sul versante opposto, nella quale viene a riuscire quasi parallelamente al corso del torrente stesso; la seconda invece si sviluppa intieramente sul versante Chileno e discende parallelamente al corso del Juncalillo.

Data l'orientazione sopraindicata per le due gallerie, ciascuna viene ad avere lo sbocco più elevato esposto al nord-est, quindi in condizioni di soleggiamento, migliori di quelle dello sbocco opposto più depresso.

Le altre gallerie sui due versanti hanno orientazioni ed altimetrie diverse. Noi però non ce ne occuperemo, perchè avendo tutte lunghezza inferiore a m. 2000, non potranno mai presentare inconvenienti gravi per la ventilazione.

E ci restringeremo quindi a studiare le due prime, della Cumbra e della Calavera.

Il regime di ventilazione che si stabilirà nelle gallerie delle Ande, quando le medesime siano aperte all'esercizio, fu oggetto di studio per opera dei due Ingegneri in Capo della costruzione, signori Schatzmann e Mantegazza, i quali però vennero a conclusioni opposte. Stando al primo la ventilazione naturale sarà eccellente, onde non occorrerà alcun provvedimento per creare ventilazione artificiale; stando al secondo invece l'aerazione sarà buona e sufficiente solo durante parte della giornata, nel rimanente bisognerà ricorrere alla ventilazione forzata.

Prima di esporre la nostra opinione a questo riguardo, riteniamo utile prendere in esame e discutere le considerazioni che ciascuno dei prefati Ingegneri ha svolto a sostegno della propria tesi. In tal modo, seguendo per così dire un processo di eliminazione, verrà resa più facile la via ad uno studio razionale della questione.

Esame della memoria del signor Schatzmann.

La sostanza dei ragionamenti di questo Ingegnere è la seguente:

I fattori, se non esclusivi, almeno essenziali, che concorrono a generare ventilazione in una galleria sono: la differenza di livello tra gli estremi, che tende a produrre una corrente ascendente, e lo stato relativo dell'atmosfera agli estremi stessi, cioè i venti, le piogge periodiche, le perturbazioni meteorologiche, il così detto tempo pesante, ecc.

Là dove lo stato dell'atmosfera ha regime pressochè identico ai due imbocchi, come avviene in generale per le gallerie che non attraversano una catena di montagna propriamente detta, ma che sono contenute in una stessa vallata, parallelamente alla quale si sviluppano, la differenza di livello fra gli sbocchi, quando ha valore notevole rispetto alla lunghezza, genera quasi sempre di per sè sola una corrente ascendente bastevole a dare una buona ventilazione.

Invece nelle gallerie che passano da un versante all'altro di una catena di montagna, che cioè mettono in comunicazione due regimi atmosferici differenti, il tiraggio naturale dovuto alla differenza di livello, può essere favorito od osteggiato dalla differenza dei regimi atmosferici: e quindi

la galleria potrà essere bene areata o non a seconda del modo di esplicarsi di questa differenza di regimi. Così se l'estremo più elevato della galleria riesce in una vallata percorsa da una corrente costante di vento, per effetto di comunicazione laterale del movimento, si produrrà aspirazione che concorrerà insieme alla differenza di livello a creare l'aerazione naturale ascendente; se invece è l'estremo più depresso quello che riesce nella vallata percorsa da vento succederà il fenomeno inverso, cioè si creerà una aspirazione che combatterà la corrente naturale dovuta al dislivello, e quindi ne può riescire una condizione di cose dannosa.

Applicando questi principii alle gallerie delle Ande il signor Schatzmann viene alle seguenti conclusioni:

Nella galleria della Cumbra, che mette in comunicazione i due versanti, e per la quale la differenza di livello fra gli estremi (m. 138) non è relativamente molto grande rispetto alla lunghezza, e dove quindi la corrente naturale in salita non sarebbe di per sè sola molto attiva, la corrente stessa viene fortemente aiutata dalla chiamata che su di essa esercita il vento che domina quasi costantemente allo sbocco più elevato sul versante Argentino nella vallata della Cuevas. Si aggiunga la circostanza che in questa vallata fa sempre più freddo che sul lato Chileno, e *no es atrevido*, dice il signor Schatzmann, affermare che la ventilazione nella galleria della Cumbra riuscirà eccellente.

Nella galleria Calavera, ed in tutte le altre che non mettono in comunicazione due regimi atmosferici differenti, ma che si sviluppano invece in una stessa vallata, per le quali quindi le condizioni meteorologiche sono sempre pressochè identiche ai due imbocchi, non si avrà in generale il sussidio di comunicazione laterale di moto per effetto dei venti. Però la differenza di livello, molto notevole rispetto alla lunghezza, grazie alla pendenza costante dell'80 0/100, metterà ciascuna di queste gallerie nelle condizioni di un camino perfettamente *caratterizzato*, il quale, con l'aiuto dell'aria fresca proveniente dalle gallerie laterali di costruzione, darà luogo ad una evacuazione sicura dei prodotti della combustione.

E quindi è convinzione del signor Schatzmann che nella galleria Calavera, identicamente a quanto deve succedere nella Cumbra, saranno eccellenti le condizioni della ventilazione. Ed invoca a conferma di questa sua deduzione la *prova pratica* che dice di avere già raccolto nella galleria detta della Cuevas, dove, appena abbattuto l'ultimo diaframma, si sarebbe stabilita una corrente così forte che obbligo ad impiantare una chiusura provvisoria onde rendere possibile agli operai la continuazione del lavoro.

I principii sui quali si fonda questo ragionamento, principii che il signor Schatzmann dichiara essere il risultato di osservazioni e di studi fatti sopra gallerie esistenti, non sono ammissibili che in assai piccola parte e con parecchie restrizioni e riserve.

Prima di tutto bisogna osservare che, quando si faccia astrazione dal regime barometrico dell'atmosfera esterna alla galleria, regime che, come vedremo a suo luogo, si può dire il dominatore assoluto della ventilazione, bisogna osservare, dico, che la differenza di livello fra gli sbocchi di una galleria è bensì condizione indispensabile, ma non è per sè sufficiente, a generare movimento d'aria. Movimento d'aria si produrrà soltanto quando a questa prima circostanza di dislivello fra gli sbocchi si aggiunga la coesistenza di una differenza tra la temperatura media della colonna d'aria interna e quella dell'atmosfera esterna alla galleria. E allora il movimento sarà in salita o in discesa a seconda che la temperatura media interna sarà superiore od inferiore a quella esterna.

Per ora non sappiamo nulla di positivo circa il regime

che verrà a fissarsi nelle temperature medie interne alle gallerie delle Ande. È però probabile che avvenga là a un dipresso ciò che si è verificato nelle grandi gallerie del Frejus, del Gottardo, dell'Arlberg, tenuto il debito conto della notevole differenza di lunghezza, che cioè la temperatura della roccia interna, e quindi dell'aria a contatto, che deve ora essere assai elevata, si abbassi sino ad un limite infimo, sul quale finirà per mantenersi facendo soltanto leggere oscillazioni in più od in meno a seconda delle variazioni della temperatura media esterna.

Giudicando da quanto è avvenuto in quelle grandi gallerie in Europa, parmi che non mi scosterò molto dal vero ritenendo che, fra due o tre anni, quando siasi stabilito il naturale equilibrio termico nelle rocce traforate, si avrà una temperatura quasi costante di 12 a 14 gradi centigradi verso il centro della galleria Cumbra, ed un po' meno nella Calavera; e questa temperatura a partire dal centro e camminando verso gli estremi, andrà diminuendo o crescendo fino a confondersi con quella esterna che sarà variabile secondo le stagioni.

Con ciò avverrà che in inverno la temperatura media esterna sarà certo inferiore e in estate potrà diventare superiore a quella media interna. Quindi in inverno ventilazione in ascesa dal versante Chileno al versante Argentino per la Cumbra; nelle altre stagioni molta incertezza, e qualche volta corrente rovesciata in discesa in estate.

Come si vede quindi, anche a non tener conto del regime barometrico, siamo molto lontani da quella corrente costante in salita che il signor Schatzmann afferma doversi produrre teoricamente per il solo fatto della differenza di altitudine degli imbocchi.

Ma ciò non è tutto. Come ho già detto, e come mi riservo di dimostrare più avanti, le perturbazioni barometriche dell'atmosfera esterna, anche molto piccole, purché non sincrone, come spessissimo succede ai due imbocchi delle lunghe gallerie, esercitano sulla ventilazione interna una influenza incomparabilmente superiore a quella esercitata dalle differenze di temperatura e di livello, e tale da aiutare, annullare od anche rovesciare quell'aerazione spontanea che le circostanze altimetriche e termiche sono in grado di generare. E siccome le perturbazioni stesse sono continue, massimamente sulle montagne, e d'altra parte non sono regolate da nessuna legge che sia conosciuta, almeno per ora, così chi voglia essere coscienzioso è obbligato a concludere che nelle lunghe gallerie non è possibile fare nessun assegnamento sulla costanza della ventilazione naturale, la quale quindi potrà essere indifferentemente attiva o debole, diretta in un senso o nell'altro, o anche essere nulla, il che costituisce naturalmente il peggiore stato di cose.

Quindi io sono obbligato a dichiarare che non divido l'ottimismo del signor Schatzmann, circa il regime di aerazione naturale che si stabilirà nelle gallerie delle Ande.

Questo regime potrà, in certe circostanze, essere buonissimo; ma è certo che sarà anche pessimo in altre e tale che la Compagnia che eserciterà la linea, quando il peso ed il numero dei treni giornalieri abbia assunto una certa importanza, sarà obbligata a diminuire l'intensità dell'esercizio od anche a sospenderlo temporariamente in certe circostanze, se non si avranno i mezzi per creare in quelle circostanze una ventilazione artificiale che sostituisca quella naturale mancante.

Ma di ciò dirò più diffusamente in appresso. Intanto premei stabilire che non mi smuove da questa opinione neanche la *prova pratica* che il signor Schatzmann dichiara di avere già raccolto nella galleria della Cuevas. Se è vero che in quella galleria si abbia costantemente una potente

corrente, ciò è certamente dovuto ad una singolare concomitanza di circostanze specialissime, eccezionali, che non conoscendo non sono in grado di giudicare, ma che non rappresenta certamente una condizione di cose che si possa ripetere facilmente altrove: oppure è dovuto unicamente al fatto che presentemente la roccia del tunnel ha ancora una temperatura elevata, forse assai superiore a quella esterna, in modo che il tiraggio del camino costituito dalla galleria si mantiene potente; ma questo stato di cose cesserà, o diminuirà almeno d'importanza, quando, come avverrà fra qualche anno, sia intervenuto quell'inevitabile raffreddamento che fu di quasi 20 gradi centigradi al Frejus e di 15 al Gottardo.

Non posso abbandonar la relazione del signor Schatzmann senza rilevare un'altra osservazione che ritengo inesatta quando non sia corretta con opportune restrizioni. Egli dice: « A mio parere non havvi motivo perchè la ventilazione abbia ad esser meno buona nei tunnel della Cumbra a forte pendenza, che negli altri tunnel ».

L'osservazione è giusta, se i tunnel che si paragonano, benché dotati di differente pendenza unitaria, abbiano però la stessa differenza di livello fra gli sbocchi. Allora è evidente che, a parità di regime barometrico nell'aria esterna ed a parità di differenza nelle temperature, la ventilazione sarà più attiva nella galleria che ha la rampa più sentita, perchè in questa, essendo minore la lunghezza, sarà minore altresì la perdita di carico, per effetto dell'attrito dell'aria contro le pareti.

Ma se per contro i tunnel sono di pari lunghezza, stante la differenza di pendenza, avverrà che la galleria che ha la salita più rapida, avrà altresì maggiore differenza di livello fra gli sbocchi, e quindi in questa dovrassi avere un più attivo tiraggio, il che parrebbe dar luogo ad una migliore condizione di aerazione. Invece non è così. In due gallerie di pari lunghezza se diciamo h ed h_1 le rispettive differenze di livello fra gli estremi, i due tiraggi staranno fra di loro come \sqrt{h} a $\sqrt{h_1}$. Per contro le quantità di combustibile bruciato dalla locomotiva, cioè i volumi di gas irrespirabili prodotti, e per conseguenza la quantità di aria pura che è necessario chiamare dall'esterno per saturare questi gaz e rendere l'atmosfera respirabile, sono proporzionali alle prime potenze di h ed h_1 . In altri termini, col crescere di h , cresce bensì il tiraggio, ma l'accrescimento di questo è notevolmente più lento che non quello dei prodotti della combustione. Si capisce dunque che, malgrado la maggiore attività della ventilazione, le condizioni di respirabilità dell'aria andranno peggiorando.

Una prova di evidenza palmare di questo fenomeno trova chi osservi ciò che avviene nelle gallerie del Frejus e del Gottardo.

La differenza di livello fra gli estremi, di pochi metri al Gottardo, è di m. 150 circa al Frejus; oltre a ciò in quest'ultima galleria la temperatura massima e media interna è sempre più elevata, mentre la lunghezza è di quasi 2 Chm. minore che al Gottardo. Questo complesso di circostanze porterebbe a concludere che al Frejus si dovrebbe avere corrente d'aria più attiva, e quindi una aerazione migliore. Succede invece che, mentre la corrente è in realtà quasi sempre più forte al Frejus, le condizioni poi di respirabilità dell'aria sono in generale assai meno buone. Ciò si spiega facilmente appena si pensi a ciò che abbiamo detto sopra, al fatto cioè che al Gottardo, dove la galleria è quasi orizzontale, è relativamente assai piccolo il volume dei gas generati dalla combustione, e basta quindi una ventilazione anche debolissima per mantenere l'aria in condizioni di sufficiente purezza, mentre al Frejus è incomparabilmente maggiore il volume di aria che bi-

sogna chiamare dall'esterno per saturare l'enorme massa di fumo e mantenere l'atmosfera in condizioni di respirabilità.

Per le esposte considerazioni adunque hassi a ritenere inesatta, perchè posta in forma troppo assoluta, l'asserzione del signor Schatzmann, che non vi sia ragione perchè la ventilazione nei tunnel a forti rampe abbia ad essere peggiore che in quelli a debole pendenza.

Esame della memoria del signor Mantegazza.

Mentre dalla relazione del signor Schatzmann, apparisce che la vallata della Cuevas è percorsa da un vento quasi costante che avrebbe per effetto di generare una corrente in salita nella galleria della Cumbra, dal rapporto del signor Mantegazza risulterebbe che altro vento quasi costante dominerebbe, almeno durante la giornata, sul versante opposto, nelle vallate del Juncal e del Juncalillo, il quale vento, corrispondendo naturalmente quasi sempre ad una depressione barometrica, avrà per effetto a sua volta di produrre una chiamata verso il lato Chileno, cioè in discesa nelle due gallerie della Cumbra e della Calavera.

Questa concomitanza di fenomeni metereologici analoghi, cioè questa coesistenza di venti sui versanti opposti, che è d'altronde cosa abbastanza naturale nelle grandi catene di montagne, distruggerà molto probabilmente gran parte dei vantaggi che, nei rapporti con la ventilazione, era lecito a ciascuno dei due Ingegneri di ripromettersi dietro la considerazione unilaterale del problema, cioè prendendo per base l'esistenza di uno solo dei due venti dominanti.

D'altronde, anche quando questa concomitanza non esistesse, quando cioè i due venti non fossero sincroni, oppure quando, pur esistendo il sincronismo, le azioni dei due venti non assumessero la forma di reciproco atteggiamento, non è ancora detto che il vento spirante in una vallata possa sempre produrre aspirazione sulla colonna d'aria della galleria verso la vallata stessa. Basterebbe ad esempio che all'altro sbocco del tunnel si producesse, per effetto di una delle tante perturbazioni metereologiche, che sono frequentissime nelle montagne, una depressione barometrica uguale o superiore a quella che misura la chiamata del vento: è certo allora che la corrente nella galleria o cesserebbe od anche si roveschierebbe.

Per queste considerazioni è avviso nostro che sull'azione dei venti, tanto più nel caso speciale che consideriamo, non si possa fare molto assegnamento, perchè troppo numerosi e multiforini sono gli altri fattori che possono sovrapporvisi. Avverrà certamente che in alcune circostanze l'opera dei venti sarà benefica; ma non è meno certo che in altre avverrà il contrario. E se le circostanze favorevoli abbiano per numero a prevalere sulle altre, niuno è che possa dire in modo sicuro.

Per queste ragioni quindi, ed essenzialmente per il fatto dell'enorme quantità di gas irrespirabili che saranno prodotti dalla locomotiva nelle gallerie con pendenza dell'80 per mille, quantità che vedremo di calcolare più avanti, io mi sento, con più forte attrazione che non il signor Mantegazza, indotto a ritenere, che sarà indispensabile che la Società esercente la linea abbia a sua disposizione mezzi efficaci e spediti per creare una ventilazione artificiale, quando, come avverrà forse spesso, quella naturale mancherà o sarà insufficiente.

Ma, se vado d'accordo col signor Mantegazza su questa conclusione, non posso però ammettere uno dei principali argomenti in forza di cui egli arriva a tale conclusione. Egli confutando il suo collega, nega che, nella galleria della Cumbra, la tratta in salita sul versante Chileno,

possa funzionare come un camino, perchè, egli obietta, a ciò si oppone la breve tratta orizzontale e la successiva contropendenza, le quali obbligheranno il fumo a star sospeso nella parte più elevata.

Ora ciò non è assolutamente. Nella galleria della Cumbra, come in qualsiasi altra galleria, il regime di ventilazione, a parità di differenza di livello fra gli sbocchi estremi, è indipendente, quasi in modo assoluto, dall'andamento altimetrico della galleria stessa.

In altri termini se il profilo della Cumbra, in luogo di essere quello che è indicato in ABCD nella figura (V. fig. 35), fosse un altro qualsiasi, esempio AED con livelletta unica, AFD, AGD, ecc., le condizioni di ventilazione sarebbero sempre le stesse con grandissima approssimazione.

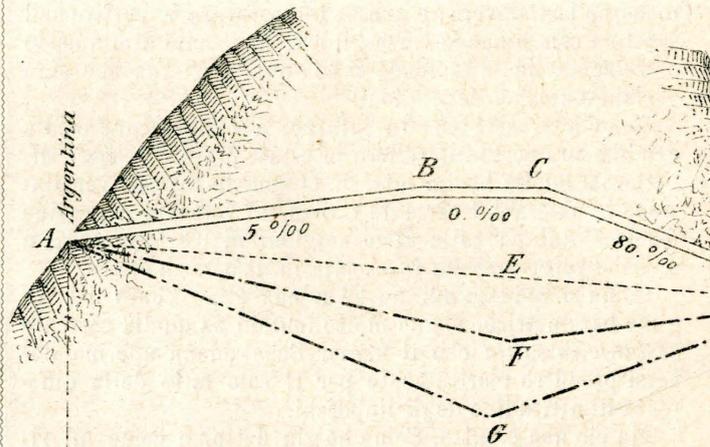


Fig. 35.

Dico con grandissima approssimazione soltanto e non identiche in modo assoluto, perchè le differenze di sviluppo fra i diversi profili avrebbero per effetto di accrescere o diminuire nei diversi casi l'altezza di carico consumata per attrito, il che porterebbe variazione nella velocità di traslazione della colonna d'aria. Ma siccome queste differenze sono, evidentemente, nei casi possibili della pratica, di un ordine di grandezza trascurabile, segue che, tenuti fermi i punti estremi A e D della galleria, il regime di ventilazione, il quale è funzione unicamente del dislivello, delle differenze di temperatura e del regime atmosferico esterno, si manterrebbe invariato qualunque fosse il percorso altimetrico intermedio della galleria.

Quindi non è vero che nella tratta orizzontale BC e nella contropendenza AB prenda a stazionare una specie di *tappo* di fumo che impedisca alla colonna d'aria della tratta CD di salire. Perchè ciò potesse succedere bisognerebbe distruggere tutti i principii fondamentali della statica e della meccanica dei fluidi.

Avverrà invece che la colonna d'aria nella galleria della Cumbra si muoverà con velocità più o meno grande, o in una direzione o nell'altra, in dipendenza del regime atmosferico esterno e del regime termico esterno ed interno, e anche qualche volta, e forse non rara, si arresterà. Ma questo arresto, cioè questo valore zero per la velocità della colonna d'aria non sarà altro che la naturale e necessaria conseguenza di uno speciale valore che avrà assunto il rapporto fra i regimi barometrici dei due versanti in relazione al rapporto fra le temperature.

Chi esprima con l'analisi la velocità di traslazione di una colonna d'aria in una lunga galleria, troverà, come vedremo, una formula in cui i fattori dominanti sono le pres-

sioni barometriche agli estremi: queste pressioni sono quantità variabili entro limiti abbastanza estesi e tali che, qualunque siano i valori degli altri coefficienti della funzione, il valore della velocità può essere positivo o negativo od anche nullo.

Per queste ragioni adunque, per correggere cioè gli effetti di tale instabilità della corrente naturale, e non per le considerazioni sviluppate dal signor Mantegazza, sarà necessario fare un impianto con cui si possa creare una ventilazione artificiale.

Ma perchè questa necessità risulti inoppugnabile in modo assoluto è necessario che ci studiamo di formarci una idea esatta del fenomeno della ventilazione naturale in una galleria, è necessario cioè determinare, con un processo razionale di analisi, e applicando i teoremi della dinamica dei gas, la

Equazione del movimento della colonna d'aria.

Sarà soltanto collo studiare questa equazione che riusciremo a dedurre conclusioni realmente inconfutabili sopra una questione circa la quale non hannosi ancora, in generale, per parte di alcuni ingegneri, idee ben nette e precise.

Una galleria, qualunque sia il suo andamento planimetrico ed altimetrico, è un lungo tubo a sezione costante, aperto soltanto alle estremità, per mezzo delle quali comunica con l'atmosfera in cui è immerso. La colonna d'aria che è contenuta nel tubo è libera di muoversi, osteggiata soltanto dalla resistenza passiva di attrito, sotto l'azione del peso proprio, delle pressioni atmosferiche che dall'esterno si esercitano sulle sezioni estreme, e della differenza, che in generale esisterà sempre nei casi ordinari della pratica, ma che sarà quasi sempre piccola, fra le temperature medie dell'atmosfera esterna e dell'aria interna.

Se si rappresenti con:

- u la velocità di regime della colonna d'aria;
- g l'accelerazione dovuta alla gravità;
- v il volume specifico dell'aria del tunnel, cioè il volume di un chilogramma di quest'aria;
- p_1 e p_2 le pressioni atmosferiche agli estremi riferite al mq.;
- H la differenza di livello fra le sezioni estreme;
- L la lunghezza della galleria;
- D il così detto *diametro medio* della sezione trasversale, che vale $D = 4 \frac{s}{p}$; dove s e p sono l'area ed il perimetro della sezione stessa;

k il coefficiente d'attrito dell'aria contro le pareti.

Applicando il teorema dell'*energia cinetica*, il quale stabilisce che la somma algebrica dei lavori, che si sviluppano durante uno spostamento infinitesimo della colonna d'aria, è eguale alla metà della variazione subita dalla forza viva, si trova che l'equazione del movimento è la seguente:

$$\frac{u^2}{2g} \left(1 + k \frac{L}{D} \right) = v(p_1 - p_2) - H \quad (1)$$

In questa formula, p_1 e p_2 , pressioni barometriche agli estremi, sono quantità che, anche riferite allo stesso piano di livello, variano col tempo, in modo si può dire continuo, per effetto delle perturbazioni meteorologiche, senza obbedire ad alcuna legge che sia conosciuta. Se supponessimo per un momento che i valori di p_1 e p_2 si mantenessero sempre invariati ed eguali a quelli che competerebbero alle

altitudini dei due estremi della galleria, la differenza $p_1 - p_2$ sarebbe esattamente il peso di una colonna d'aria di un metro di base e di H metri di altezza, cioè il peso di H metri cubi d'aria esterna, che potrebbe essere rappresentato con $\frac{H}{v_0}$, se v_0 è il volume di un Cg. d'aria esterna.

Ma a noi importa, nel caso speciale nostro, lasciare alla formula tutta la sua generalità: quindi $p_1 - p_2$ anzichè con $\frac{H}{v_0}$ rappresenteremo con $\frac{h}{v_0}$, cioè con il peso di una colonna di aria esterna di altezza indeterminata h .

E allora se rappresentiamo con θ e T le temperature *assolute* medie dell'aria interna ed esterna alla galleria, siccome abbiamo:

$$\frac{v}{v_0} = \frac{\theta}{T},$$

sarà:

$$v(p_1 - p_2) = h \frac{\theta}{T},$$

e quindi, sostituendo nell'equazione del movimento:

$$u = \sqrt{2g \frac{h \frac{\theta}{T} - H}{1 + k \frac{L}{D}}} \quad (a)$$

Questa formula ci insegna che in una galleria qualunque, per la quale hanno valori fissi invariabili H , L , D , k , la velocità di regime u avrà sempre un valore reale, positivo, negativo o nullo, in dipendenza unicamente dei valori di h , θ , T .

Osservo subito che la quantità sotto al radicale non sarà mai < 0 , e quindi u sarà sempre reale, perchè se si tratta di movimento in ascesa, H deve essere considerato come negativo, come abbiamo fatto noi nella deduzione della formula; se invece si tratta di movimento in discesa, H deve ritenersi affetto dal segno $+$.

Si avrà dunque corrente in salita o in discesa tanto più attiva quanto più sarà grande il valore assoluto di:

$$h \frac{\theta}{T} - H \quad \text{o} \quad h \frac{\theta}{T} + H.$$

Non si avrà corrente, sarà cioè $u = 0$, quando $h \frac{\theta}{T}$ sia eguale ad H in valore assoluto.

Ora i casi che a noi importa studiare sono quelli di ventilazione insufficiente o nulla, quelli cioè in cui u è prossimo, positivamente o negativamente, a zero, oppure eguale a zero: perchè sono questi i casi in cui bisogna provvedere con una ventilazione artificiale che aiuti o sostituisca quella naturale insufficiente o mancante.

Questi casi avverranno adunque quando il valore h sia prossimo od eguale a $\frac{T}{\theta} H$. Ora anche nelle circostanze in

cui il regime termico sia il più favorevole per la ventilazione naturale, cioè quando si ha la massima differenza fra le temperature medie esterna ed interna alla galleria, questa differenza non andrà mai oltre ai 20 gradi centigradi (che è la massima che si ha al Frejus nelle ore invernali le più fredde), cioè si avrà a un dipresso:

$$T = 273 - 20, \quad \text{e} \quad \theta = 273 + \frac{1}{2} (-20 + 20) = 273,$$

onde:

$$\frac{T}{\theta} = \frac{255}{273} = 0.934.$$

(1) Vedi: Memoria sulla *Ventilazione delle grandi gallerie* presentata al Congresso internazionale delle Ferrovie, tenuto nel 1889 a Parigi, pubblicata nel *Bulletin du Congrès*, vol. III, N. 7; juillet, 1889, 2^{me} fascicule.

Basterà quindi che h , il quale nelle condizioni normali di regime barometrico deve essere eguale ad H , discenda di valore fino a $0.934 H$, cioè decresca del 6.60% perchè la corrente naturale della galleria sia completamente annullata.

Ciò posto, consideriamo i casi speciali nostri: nella galleria della Cumbra, dove si ha $H = 138$, basterebbe che h scendesse fino a $0,934 \times 138 = 129$, cioè diminuisse di 9 m. perchè si abbia arresto della massima fra le possibili correnti termiche. Ma metri 9 di aria alle altitudini della

Cumbra (m. 3040 — m. 3186) rispondono a $\frac{9}{15.5} = \text{mm. } 0.6$

di mercurio. Basterà dunque uno squilibrio barometrico misurato da $\frac{6}{10}$ di mm. nella colonna torricelliana, perchè ogni ventilazione venga a cessare. Facendo lo stesso calcolo per la galleria Calavera, dove $H = 300$ metri, si ricava che basterebbe uno squilibrio di mm. 1.30 per produrre lo stesso fatto.

E si noti che nell'un caso e nell'altro abbiamo supposto per $\frac{T}{\theta}$ un rapporto eccezionalmente favorevole, cosa che nelle Ande non si verificherà mai, visto che là le gallerie sono assai meno lunghe che quella del Frejus, e che per conseguenza la temperatura media interna sarà sempre assai più prossima a quella esterna.

Ora chi è pratico di regimi barometrici di montagna sa che le oscillazioni che naturalmente succedono da un giorno all'altro ed anche da un'ora all'altra sono in genere notevolmente superiori ad uno e più millimetri di mercurio, sa che tali oscillazioni si producono indifferentemente in un senso e nell'altro, e che non sono soggette a nessuna legge conosciuta.

Naturalmente bisogna non dimenticare che gli squilibri barometrici, di cui intendiamo parlare, e che hanno tanta influenza sulla ventilazione naturale delle gallerie, sono quelli che hanno per effetto di diminuire o di accrescere l'altezza h della nostra formula, cioè quelli che valgono a variare la differenza fra le indicazioni che il barometro dà nello stesso istante ai due estremi. In altri termini sono quegli squilibri che non sono sincroni, oppure, essendo sincroni, non hanno la stessa intensità o lo stesso segno ai due imbocchi della galleria considerata. Quindi si capisce subito che i medesimi hanno importanza soltanto per le lunghe gallerie (e massimamente per quelle che attraversano una vera catena di montagne, e che uniscono quindi due regimi climatologici distinti), perchè in queste soltanto è cosa possibile che un turbamento barometrico, producentesi per una causa qualunque ad un estremo, non si comunichi tosto all'altro estremo.

Se invece si tratti di perturbazioni sincrone e di eguale intensità e senso, come sono quelle che si verificano agli estremi delle gallerie corte, ed in certi casi specialissimi anche per quelle molto lunghe, l'altezza h non subisce variazioni e quindi nulla viene alterato nell'aerazione.

Ma nelle gallerie molto lunghe, che sono le sole che a noi importa considerare, perchè nelle altre la questione della ventilazione non avrà importanza, un turbamento barometrico impiega sempre un tempo più o meno lungo, per effetto della distanza, degli ostacoli interposti e di altre cause, a portarsi da un estremo all'altro. Si può quindi concludere che lo stato di squilibrio è permanente e che per conseguenza l'aerazione delle grandi gallerie è permanentemente nella più assoluta balia delle alternative atmosferiche, che, intense o deboli, non cessano mai di manifestarsi.

Posti questi principii, che ci sono somministrati dagli insegnamenti infallibili della dinamica dei fluidi, questa sola

conclusione è possibile, che nelle gallerie la corrente naturale sarà forte o debole, diretta in un senso o nell'altro, od anche nulla, in dipendenza di agenti, il cui regime si sottrae non solo al nostro dominio, ma altresì, per ora almeno, al nostro studio.

Per conseguenza in quei casi, che certamente non saranno rari, nei quali la corrente sarà debole o nulla, se la galleria che si studia sarà abbastanza lunga, e se avrà pendenze forti così da richiedere un consumo chilometrico di combustibile abbastanza abbondante, e se l'intensità dell'esercizio sia abbastanza grande, è certo che bisognerà ricorrere ad una ventilazione artificiale, se si vuole mantenere l'aria della galleria in condizioni tali di respirabilità che non ne abbiano a soffrire i viaggiatori ed il personale della linea.

Applicazione al caso delle due gallerie della Cumbra e della Calavera.

Passiamo dunque a studiare quali saranno le condizioni dell'atmosfera nelle due gallerie della Cumbra e della Calavera quando l'esercizio della linea sia fatto nelle condizioni normali, e vediamo quale ventilazione bisognerà creare perchè l'aria abbia sempre il *minimum* indispensabile di condizioni igieniche.

Prenderemo per base i dati comunicatici dal signor Clark, costruttore della linea; supporremo quindi che in sul principio i treni siano soltanto otto per giorno, 4 in andata e 4 in ritorno, quantunque dal rapporto del signor Mantegazza appaia che si è previsto per la linea una potenzialità di 20 treni nelle 24 ore: e riterremo che i treni, formati con 18 vagoni a 4 ruote, oppure con 10 *bagies*, pesino tonn. 240, con due locomotive per la salita, e tonnellate 195 con una sola locomotiva per la discesa.

Cominciamo a considerare la galleria della Cumbra e calcoliamo la quantità di carbone che si consuma e quindi il volume di acido carbonico che si produrrà in ogni traversata, e conseguentemente nell'intera giornata.

Il lavoro meccanico complessivo che ha a consumare per trasportare il peso di una tonnellata sopra un percorso di un Cm. di ferrovia e sopra una salita di metri a per mille, si compone di due parti:

1° Il lavoro necessario per la semplice dislocazione orizzontale;

2° Quello occorrente per il sollevamento verticale propriamente detto.

Ora se si ritenga che per trainare un treno ordinario completo su un binario orizzontale è necessario uno sforzo di Cg. 6 per ogni tonn. del peso effettivo del treno stesso, e che per ogni cavallo-ora effettivo (cavallo di 75 Cgm.) una locomotiva ordinaria, camminante con velocità non superiore a 30 Cm. all'ora, consuma Cg. 2 di litantrace inglese, avremo che il lavoro totale da svilupparsi per ogni tonnellata-chilometro sarà di chilogrammetri 1000 $(6 + a)$, e che per ogni Cgm. si avrà un consumo di combustibile,

espresso in Cg., dato da $\frac{2}{75 \times 3600}$.

E quindi il consumo per tutti i chilogrammetri, corrispondenti ad una tonn.-Cm. sarà:

$$A = 1000(6 + a) \frac{2}{75 \times 3600} = \frac{1}{135}(6 + a).$$

Per le discese, per le quali suolsi ritenere che il consumo di combustibile sia pari a quello che si ha sull'orizzontale, servirà la stessa formula, in cui si supponga $a = 0$.

Applicando questi dati alla galleria della Cumbra avremo il seguente consumo di carbone:

Nella salita 80 0|00

$$\frac{1}{135}(6 + 80) \times \text{Cm. } 1.830 \times \text{tonn. } 240 = \text{Cg. } 279.80$$

Nella discesa 2.66 0/100

$$\frac{1}{135} \times 6 \times \text{Cm. } 3.235 \times \text{tonn. } 240 = \text{Cg. } 34,50$$

Totale Cg. 314,30

per la corsa dal versante Chileno a quello Argentino.

Nella corsa inversa:

Nella salita 2.60 0/100

$$\frac{1}{135} (6+2.66) \times \text{Cm. } 3.235 \times \text{tonn. } 195 = \text{Cg. } 40,46$$

Nella discesa 80 0/100

$$\frac{1}{135} 6 \times \text{Cm. } 1.830 \times \text{tonn. } 195 = \text{ » } 15,86$$

Totale Cg. 56,32

Ossia un consumo medio per ogni traversata di:

$$\frac{1}{2} (314,30 + 56,32) = \text{Cg. } 185,31.$$

E quindi un consumo complessivo di:

$$8 \times 185,31 = \text{Cg. } 1482,48$$

per le otto corse previste nella giornata.

Ora un Cg. di litantrace inglese contiene Cg. 0,88 circa di carbonio puro, ed ogni Cg. di carbonio puro, bruciando, si converte in m³ 1.87 di acido carbonico a zero gradi, il quale volume diventa eguale a:

$$1.87 (1 + 0,00375 \times 10) = \text{m}^3 1.94$$

alla temperatura media della galleria supposta di 10°.

Onde il volume totale di acido carbonico che sarà versato nella galleria durante una intera giornata sarà di:

$$1482,50 \times 0,88 \times 1,94 = \text{m}^3 2531.$$

Tenuto conto ora che l'atmosfera diventa irrespirabile per l'uomo quando contiene acido carbonico nella proporzione di $\frac{20}{10000}$ del proprio volume, e che l'aria ordinaria ne con-

tiene già di per sè sempre $\frac{5}{10000}$, risulta che ogni m³ d'aria pura chiamata dall'esterno all'interno della galleria non potrà saturare più che un litro e 1/2 di acido carbonico.

E quindi per saturare, cioè per rendere innocuo alla respirazione, il cubo totale di m. 2531 di acido carbonico, bisognerà chiamare dall'esterno durante le 24 ore della giornata un volume di aria pura pari a:

$$\frac{2531}{0,0015} = \text{m}^3 1.690.000 \text{ circa.}$$

Premesso ora che questo volume deve essere ritenuto come un minimo, perchè dei prodotti della combustione, noi abbiamo considerato soltanto l'acido carbonico, mentre in realtà hannosi ancora, quantunque in proporzioni notevolissimamente minori, altri gas irrespirabili, come l'ossido di carbonio, veleno potentissimo, l'acido solforoso, ecc., resta a vedersi in qual modo converrà regolare, in rapporto al tempo, la chiamata del volume d'aria sopracalcolato.

Se gli otto transiti dei treni considerati fossero uniformemente distribuiti lungo le 24 ore, e se il consumo di combustibile fosse lo stesso per i treni in salita come per i treni in discesa, parrebbe soluzione abbastanza soddisfacente quella di fare la chiamata in modo uniforme rispetto al tempo, e allora, tenuto conto che la sezione della galleria è di m² 18,50, basterebbe che la galleria stessa, od in grazia del regime termico e barometrico naturale proprio o in forza di aspirazione artificiale, fosse in grado di imprimere alla colonna d'aria che la occupa una velocità

$$\text{media di } \frac{1690000 \text{ m}^3}{24 \text{ ore} \times 3600' \times 18,50} = \text{ml. } 1,06 \text{ al secondo.}$$

Ma questo che è il caso più favorevole non è quello che

noi dobbiamo considerare. Avverrà invece, per l'inuniforme distribuzione dei treni, che questa velocità, mentre sarà eccessiva nei periodi di minor frequenza di transiti, sarà poi assolutamente insufficiente negli altri.

E ritengo che a voler essere prudenti, e prudenti senza esagerazione, convenga stabilire che nelle ore di maggior traffico la velocità media della colonna d'aria nella galleria abbia ad essere non inferiore a metri 2.

Ora, sotto l'azione del regime termico della galleria, combinata con quella del regime barometrico dell'atmosfera esterna, si produrranno certamente circostanze in cui questa velocità, e anche velocità più grande, in una direzione o nell'altra, si avrà naturalmente. Ma, come abbiamo visto, si produrranno, con non minor sicurezza e frequenza, i periodi di deficienza, e anche quelli più pericolosi di stagnazione: e allora bisognerà per forza ricorrere alla aerazione artificiale. Il calcolo fatto ci servirà a stabilire la potenzialità dei mezzi di ventilazione da impiantarsi.

Intanto una cosa credo poter affermare, ed è che quando non intervenga l'azione degli squilibri barometrici, sul regime dei quali non possiamo dir nulla, quando cioè la differenza fra le indicazioni del barometro agli estremi si mantenga precisamente quella che è dovuta alla differenza di livello fra gli estremi stessi, il regime naturale termico della galleria, cioè la differenza fra le temperature medie esterna ed interna, non sarà mai in grado, di per sè sola, di generare la velocità sopra calcolata di m. 2.

Per provare ciò basterà che calcoliamo quale dovrebbe essere tale differenza perchè, per essa sola, si abbia tale velocità di m. 2.

Serve a tal uopo la formula (a), nella quale, per introdurre la condizione della normalità barometrica agli sbocchi, basterà supporre $h=H$, onde si avrà:

$$u = \sqrt{2gH \frac{\theta}{T} - 1} \cdot \frac{L}{1 + k \frac{L}{D}} \quad \dots \quad (b)$$

Per la galleria della Cumbra abbiamo $H=138$, $L=5065$, $D = \frac{4 \times 18,50}{16,28} = 4,54$.

Il coefficiente di attrito k , secondo le esperienze di Morin e di Weisbach, potendosi ritenere eguale a 0,03, e il valore di g alle Ande essendo di 9,80, se nella formula si mettono questi valori, e se facciamo $u=2$, ricaveremo:

$$\theta = 1,051 T.$$

E se ora supponiamo la temperatura esterna T uguale a 273 gradi della scala assoluta, temperatura corrispondente allo zero della scala centigrada, circostanza certo fra le più favorevoli per una buona ventilazione naturale, avremo che la temperatura media interna dovrà essere:

$$\theta = 1,051 \times 273 = 287.$$

Ossia dovrà essere $287 - 273 = 14$ gradi centigradi, la differenza fra le temperature medie interna ed esterna; e quindi la temperatura massima interna, verso il centro della galleria, dovrà essere almeno di gradi centigradi 28.

Ora si può affermare con sicurezza che ciò non si verificherà mai, quando, sopravvenuto l'inevitabile raffreddamento della roccia dopo l'apertura della galleria, si sia stabilito il regime normale di temperatura. Basti a quest'uopo il ricordare che al Frejus e al Gottardo, dove le gallerie sono molto più lunghe che nelle Ande, tale temperatura oscilla tra i limiti $+16$ e $+20$.

Per conseguenza possiamo con pari sicurezza concludere che il regime termico della Cumbra, quando operi da solo, non sarà mai in grado di generare quella corrente di m. 2

indispensabile per mantenere l'atmosfera della galleria in condizioni di sufficiente respirabilità.

E siccome, quando il regime termico venga ad essere osteggiato dal regime barometrico esterno, le condizioni di aerazione si troveranno spesso ancora peggiorate, consegue che non è più possibile mantenere dubbi circa la necessità assoluta della ventilazione artificiale.

Ripetendo per la galleria Calavera gli stessi calcoli, troveremo che il consumo medio di carbone per ogni traversata, con gli identici treni sopra considerati, sarà:

$$\text{In salita} \\ \frac{1}{135} (6 \times 80) \times \text{Cm. } 3,750 \times \text{tonn. } 240 = \text{Cg. } 573,36$$

$$\text{In discesa} \\ \frac{1}{135} \times 6 \quad \text{» } 3,750 \times \quad \text{» } 195 = \quad \text{» } 32,50$$

Ossia un consumo medio per ogni corsa di Cg. 302,90 e quindi un consumo complessivo di:

$$8 \times 302,90 = \text{Cg. } 2423,20$$

per le 8 corse della giornata. Il che corrisponde ad una produzione giornaliera di acido carbonico, pari a:

$$2423,20 \times 0,88 \times 1,94 = \text{m}^3 4136,89 \text{ a } 10^\circ$$

Per saturare questo volume di gas irrespirabili occorrerà una chiamata di aria pura dall'esterno pari a:

$$\frac{4136,89}{0,015} = \text{m}^3 2758000 \text{ circa.}$$

Onde, se bastasse che questa chiamata fosse fatta in modo uniforme durante le 24 ore della giornata, sarebbe sufficiente imprimere alla colonna d'aria una velocità pari a:

$$\frac{2758000 \text{ m}^3}{24 \text{ ore} \times 3600'' \times 18^{\text{mq}} \cdot 50} = \text{ml. } 1,73 \text{ al } 1''$$

Però in forza di ragionamento analogo a quello fatto per la galleria Cumbra, hessi a ritenere che, nelle ore in cui il traffico sarà più intenso, tale velocità media dovrà essere cresciuta fino a m. 3.

Questa velocità adunque, insieme a quella di m. 2 per la Cumbra, ci servirà di base per fissare la potenzialità dei mezzi artificiali di ventilazione.

Intanto anche qui possiamo affermare che, malgrado la notevole maggior differenza di livello fra gli sbocchi, il regime termico della galleria, anche il più favorevole, quando operi da solo, non sarà mai capace di imprimere la velocità di m. 3 alla colonna d'aria della galleria.

Difatti se nella formula (b) poniamo:

$$u = 3, \quad H = 300, \quad D = 4,54, \quad L = 3750 \\ k = 0,03, \quad g = 9,80$$

ricaveremo: $\theta = 1,0837 \times T$

e per $T = 273$, sarà: $\theta = 296$.

Onde la temperatura media interna dovrebbe essere eguale a 23 centigradi, e la massima 46.

Il che costituisce una impossibilità ancora maggiore di quella analoga trovata per la Cumbra.

Da quanto abbiamo esposto si deduce che le condizioni di inquinamento e quindi di irrespirabilità dell'aria saranno più gravi ancora nella galleria Calavera che non nella Cumbra: e la cosa è del resto evidente se appena si pensi che nella prima si ha una pendenza unica costante di 80 0/100 su tutta la lunghezza, mentre nell'altra la pendenza stessa è limitata ad una tratta molto più breve.

Bisogna però non dimenticare che quella prima galleria è assai meno lunga dell'altra: onde, a parità di altre circostanze, i pericoli di malori e di asfissie saranno anche minori, perchè sarà sempre più breve la perma-

nenza tanto dei viaggiatori e del personale dei treni quanto degli agenti della linea nell'ambiente infetto.

Comunque non può essere revocato in dubbio per nessuna delle due gallerie la necessità di un apposito

Impianto di ventilazione artificiale.

Quale sarà dunque la miglior soluzione che si potrà dare a questo problema nelle gallerie delle Ande?

Chi scrive questo rapporto non conosce le condizioni topografiche della località, non sa se e dove ed a qual prezzo si potrà avere forza motrice. Quindi non è in grado di studiare un progetto concreto: e si limiterà per conseguenza ad esporre alcune idee, che gli Ingegneri dirigenti la costruzione della linea vedranno se e come siano attuabili.

Se il massiccio della montagna al di sopra delle gallerie fosse limitato a poche centinaia di metri, la migliore e la più naturale soluzione sarebbe evidentemente quella di scavare dei grandi pozzi verticali, di sezione sufficiente, da fissarsi in punti convenientemente scelti seguendo i criteri razionali indicati dall'aerodinamica. Dico punti convenientemente scelti, perchè una ubicazione irrazionale data ai pozzi potrebbe non solo renderli inutili, ma dannosi. Quando adunque tale impianto fosse possibile, allora i pozzi dovrebbero funzionare sempre per virtù del tiraggio naturale proprio, senza spese di esercizio, escluse quelle leggerissime di manutenzione ordinaria.

Ma il profilo della montagna sul piano verticale dei nostri tunnel pare escluda la possibilità di scavare quei pozzi. D'altronde, le nevi quasi perpetue che debbono dominare in quelle altitudini, fra 3 e 4 mila metri sul livello del mare, metterebbero troppo spesso i pozzi stessi in condizioni di inservibilità od almeno ne osteggerebbero molto il funzionamento.

Quindi ritengo sia da abbandonarsi questa idea.

Ritengo del pari sia da escludersi subito quell'altra idea di costruire un grande camino in prossimità della bocca più elevata della galleria, nel quale (previa chiusura con porte dell'estremo considerato della galleria) si attivi un tiraggio forzato mediante apposito focolare.

Questo provvedimento, a parte l'inconveniente di dover intermittenemente chiudere la galleria, sarebbe certamente efficace. Ma non ho bisogno di fare dei calcoli numerici per provare, ciò che è noto a qualsiasi ingegnere, che la spesa in solo combustibile, per estrarre con questo procedimento un metro cubo d'aria dalla galleria, riuscirebbe senza paragone maggiore di quella occorrente per ottenere lo stesso scopo con un ventilatore meccanico anche se comandato da una macchina a vapore.

Quindi sarà necessità e convenienza ricorrere ai ventilatori meccanici, e fra essi sono da scegliersi quelli aspiranti.

La circostanza sopra indicata della eccessiva altezza del massiccio di montagna incumbente alla galleria rende impossibile mettere il ventilatore nella sua sede naturale, che sarebbe quella stessa da assegnarsi ai pozzi di aerazione. Perciò il ventilatore dovrà essere stabilito ad una delle bocche, preferibilmente a quella (che in generale sarà la più elevata) verso la quale si riconoscerà essere più frequente lo scarico naturale del fumo. E allora sono due i modi di far operare il ventilatore sulla massa d'aria della galleria:

1° Quello più razionale e più efficace, che fu adottato in Inghilterra nei tunnel sotto alla Mersey, tra Liverpool e Birkenead, e sotto alla Severn tra Bristol e Aberdare, e in America sotto all'Hudson, consistente nello applicare il ventilatore all'estremità di un condotto di grandi dimensioni, una vera galleria secondaria, scavato

parallelamente alla galleria principale e collegato, per mezzo di bocche di presa opportunamente distribuite, colla galleria principale stessa. Con questa disposizione l'aria infetta viene estratta per mezzo delle bocche sopradette e l'aria pura entra nella galleria principale per ambedue le estremità.

Ma questo sistema, che importa una spesa d'impianto ragguardevolissima e che perciò è, dal punto di vista economico, indicato soltanto per le gallerie di grandissimo traffico (100 treni al giorno e oltre), come quelle sopracitate, non sarebbe consigliabile nel caso delle gallerie delle Ande, dove il movimento rimarrà sempre ridotto in proporzioni molto più modeste, e dove in luogo di una aerazione perfettissima potrà bastare che l'aria sia mantenuta in condizioni non nocive.

2° Altro modo di far funzionare il ventilatore installato ad un estremo della galleria, senza ricorrere alla costruzione di speciali condotti di estrazione, sarebbe quello di applicare l'occhio del meccanismo direttamente nel rivestimento del tunnel. Ma allora, durante il funzionamento, sarà indispensabile chiudere la bocca della galleria stessa, presso la quale il meccanismo è stabilito, lasciando che l'altra bocca sola funzioni per l'introduzione dell'aria pura.

Ma io non credo sia cosa pratica e soprattutto sia compatibile con la sicurezza assoluta dell'esercizio la disposizione di tenere una delle bocche della galleria permanentemente chiusa con apposito serramento, sbarrante il binario, da aprirsi soltanto per dare passaggio ai treni.

È principio sul quale io credo non si possa in modo alcuno transigere quello che la *linea deve essere costantemente libera*, tanto più quando si tratti di linee a fortissime pendenze. L'attuazione di questa idea del ventilatore con porte fu un momento studiata nel 1881 per la galleria del Frejus quando, non essendo ancora aperto il Gottardo, il traffico nel Frejus era diventato intenso così, che la necessità di una ventilazione artificiale completa, da sostituirsi a quella parziale ed imperfetta che si faceva allora, si impose in modo imperioso. Ma fu unanime l'avviso dei tecnici non potersi ammettere, per ragioni di sicurezza, tale soluzione; e si presero ad escogitare altri mezzi, quando l'apertura del Gottardo devì parte notevole del movimento e rimosse, per allora almeno, il bisogno di provvedimenti speciali, di cui la necessità assoluta non si è ancora ripresentata neppure adesso.

Quindi la soluzione delle porte io ammetterei soltanto quando non fosse possibile trovarne altra, e quando si potesse, il che credo assai difficile, organizzare un servizio di apertura e di chiusura tale che desse sufficiente garanzia di sicurezza.

Invece parmi che altra disposizione potrebbe essere adottata, quando non vi si oppongano le circostanze locali e speciali esigenze di servizio, che non conoscendo non posso apprezzare, disposizione che risolverebbe bene il problema mediante un impianto unico per le gallerie della Cumbra e della Calavera. La soluzione sarebbe la seguente:

Si considerino le due gallerie come una galleria unica, riunendone le estremità adiacenti per mezzo di una galleria artificiale, di cui il rivestimento, o le pareti, siano in parte rimovibili in modo da prestarsi a formare parecchi grandi sfiatatoi, aventi area complessiva uguale almeno alla somma delle due bocche. Poi si impianti il ventilatore in modo che il suo occhio si apra nella galleria artificiale stessa.

Quando la ventilazione naturale delle due gallerie è di per sè sufficiente a mantenerne l'atmosfera interna in condizioni di igienicità, gli sfiatatoi della galleria artificiale saranno tenuti aperti ed il ventilatore in riposo, tutto allora funzionerà come se la galleria artificiale non esistesse.

Quando invece la ventilazione naturale diventerà insufficiente, si chiudano gli sfiatatoi e si metta in moto il ventilatore. Avremo così una grande galleria munita di ventilatori in posizione convenientissima, nella posizione cioè che corrisponde approssimativamente al così detto centro naturale dei tiraggi. E allora per avere una ventilazione sufficiente non si avrà che a studiare convenientemente le dimensioni ed il regime dell'apparecchio. Fissando per il ventilatore una portata di m³ 100 per minuto secondo, si riuscirà largamente a generare le velocità medie di m. 2,00 e 3,00, che abbiamo visto essere rispettivamente necessarie per tenere in buone condizioni di respirabilità le atmosfere di quelle due gallerie.

Come apparisce dal rapporto del signor Mantegazza pare intenzione del costruttore di impiantare all'incontro di queste due gallerie una specie di stazione per dar cambio ai treni. Questa condizione di cose creerà certo una difficoltà per l'impianto della galleria artificiale, la quale dovrà così avere sezione notevolmente maggiore di quella delle due gallerie da unire.

La difficoltà però risolvendosi in una questione di aumento di spesa, aumento che in ogni caso deve potersi mantenere in limiti abbastanza ristretti, è di quelle che si possono facilmente superare.

Quanto al tipo di ventilatore che converrà scegliere come meglio indicato per il caso nostro, e per quel che riguarda le dimensioni del meccanismo e il regime di funzionamento che sarà il caso di assegnargli, sono questioni di meccanica abbastanza semplici che saranno da risolversi quando sia accolta l'idea di massima che abbiamo proposta sopra e quando si conoscano i particolari topografici della località e le condizioni in cui si potrà avere la forza motrice idraulica, a vapore, od elettrica.

Torino, 12 dicembre 1890.

C. CANDELLERO.

ARCHITETTURA E COSTRUZIONI CIVILI

LA CHIESA PARROCCHIALE PER IL R. PARCO PRESSO TORINO

(V. le Tav. I, II e III)

La chiesa parrocchiale di San Gaetano fu costrutta al Regio Parco per iniziativa dell'arcivescovo di Torino, il cardinale Gaetano Alimonda, e per pubblica sottoscrizione, a cui si univa il concorso del Municipio di Torino.

La necessità di accoppiare alle relative ristrettezze finanziarie il maggior possibile decoro, fece prescegliere per la sua esecuzione lo stile lombardo, come quello che più che dalla profusione delle ornamentazioni e dalla ricchezza del materiale impiegato, trae la bellezza sua dall'armonia delle proporzioni e dalla semplice ma ponderata composizione dei partiti a colore.

Già l'egregio conte Mella aveva splendidamente iniziato questo ritorno a forme ingiustamente poste in oblio, come quelle che forse meglio di ogni altre convengono ad edifici religiosi. E siccome in tale genere di lavori può riuscire opera meno perfetta e di gusto probabilmente meno caratteristico, credettero, gli autori dell'edificio, essere migliore partito quello di ricordare in esso e forme, e sagome, e ornati, e dipinti, esistenti in altri antichi monumenti dell'epoca medesima, benchè disseminati in vari luoghi. Nondimeno le mutate condizioni dei tempi e le attuali esigenze della liturgia non permettevano un ritorno assoluto agli antichi modelli, in specie per quanto riguarda gli altari ed il mobiglio chiesastico, onde si resero necessarie varie concessioni le quali

ad ogni modo non sono tali da nuocere al carattere generale ed all'armonia dell'insieme.

La pianta della chiesa è a tre navate con absidi semicircolari, la sua maggiore lunghezza è di m. 54, di m. 22 la larghezza, la navata centrale è doppia in larghezza delle navate laterali.

Il campanile posto sull'abside della navata sinistra, raggiunge l'altezza di m. 40. Sotto la chiesa, per speciali convenienze, fu praticata una cripta per tutta la sua ampiezza.

I materiali impiegati nella costruzione furono, per natura, dimensioni e collocamento in opera, prescelti fra quelli più usati in simili costruzioni di stile lombardo. Per il basamento e le scale in facciata venne adottata la pietra delle cave di San Giorio (Susa), di pietra di Saltrio delle cave dei Bagni, sono le colonne, le cornici, i frontoni, le parastre, i pinacoli, la croce di culmine ed il pluteo della loggia in facciata; per le rimanenti parti decorative in pietra, tanto nella facciata come per le finestre nei fianchi s'impiegò il tufo di Rosignano, il quale venne poi spalmato a due riprese con una soluzione di silicato di potassa. Per tutto quanto riflette lo studio della decorazione ornamentale in genere sia esterna come interna, si cercò di imitare la fecondissima fantasia degli artisti dell'epoca e così, ad esempio, si eseguirono con variato disegno i 300 e più capitelli.

L'importo complessivo della costruzione e decorazione della chiesa col relativo mobiglio chiesastico, nonchè dei fabbricati annessi, ascese alla somma di L. 400,000.

Il progetto fu compilato in collaborazione dall'ingegnere Lorenzo Rivetti e dal marchese Fernando Scarampi di Villanova. La costruzione affidata agli esimii impresari cavalieri Musso e Copperi fu da essi con somma lode eseguita, e cominciata nell'agosto 1887 poteva, per la loro solerzia, essere condotta a termine nel luglio 1889.

All'egregio pittore signor Giuseppe Rollini, che già nelle decorazioni del Castello medioevale aveva in unione al cavaliere Vacca conseguita la generale approvazione, vennero affidati i dipinti sia interni che esterni, che egli conduceva a termine dietro documenti, appositamente raccolti, per la massima parte a Ravenna ed a Roma. Il signor Arboletti eseguì i lavori di scultura ed intaglio nei tufi di Rosignano ed allo scalpello dello scultore Casimiro Debiaggi è dovuto l'altorilievo collocato nel timpano sopra la porta principale.

G. S.

IDRAULICA PRATICA

STUDIO DI UNA POMPA ROTATIVA.

Non vi è dubbio che tra i molteplici tipi di pompe che continuamente vengono presentati dai costruttori, ve ne siano dei buoni, dei mediocri e dei cattivi.

Lasciando da parte questi ultimi, i quali possono essere riconosciuti a primo aspetto anche da persone puramente pratiche, sempre resta a sciogliersi la questione molto delicata relativamente al merito intrinseco di quei tipi i quali apparentemente sembrano tutti egualmente soddisfacenti e che solo una minuziosa ed accurata analisi può consciamente classificare.

Uno dei mezzi migliori per giudicare della bontà di una pompa è quello di applicare alla medesima il metodo grafico dovuto al barone Greindl. Questo metodo consiste nel rendere visibili all'occhio i fenomeni principali che si compiono durante una evoluzione completa del meccanismo, e ciò per mezzo di due diagrammi, l'uno dei quali viene denominato diagramma della portata, l'altro diagramma del lavoro.

Come dice il Poillon nel suo *Trattato sulle pompe*, quando per una pompa qualunque si è in possesso di questi diagrammi, tutte le circostanze importanti del suo funzionamento sono conosciute, mentre senza di questi diagrammi è

assai difficile vederli chiaro e non trascurare qualche elemento importante.

Avendo avuto occasione di acquistare una pompa rotativa della Ditta Alessandro Calzoni (Bologna) Tipo P T, Marca O, ho voluto fare sulla medesima un piccolo studio applicando il predetto metodo dei diagrammi.

La fig. 36 rappresenta, nel rapporto di 1 : 2, una sezione della pompa fatta con un piano normale all'asse di rotazione.

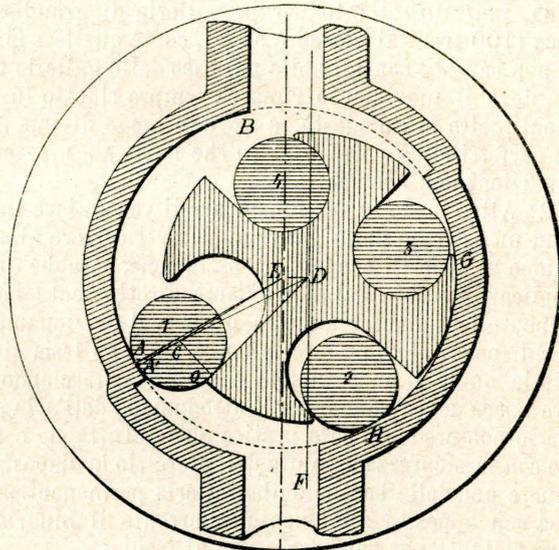


Fig. 36.

La pompa risulta di un corpo cilindrico fisso, nell'interno del quale (in posizione eccentrica) gira un cilindro che noi chiameremo embolo. In questo embolo sono praticati quattro incavi dentro i quali si muovono quattro cilindretti.

La parte della macchina in cui ha luogo l'azione elevatrice è limitata ad un tratto dell'arco AB.

Il cilindretto che percorre quest'arco funziona a guisa di stantuffo mentre gli altri tre restano inattivi.

Siccome dopo un quarto di giro dell'embolo il cilindretto (2) viene ad occupare il posto del cilindretto (1), basta solamente esaminare ciò che si passa durante un quarto dell'intera rivoluzione.

Indichiamo con D l'asse geometrico di rotazione, con A' ed O le generatrici di contatto del cilindretto attivo col corpo di pompa e coll'embolo, e con C l'asse del cilindretto. Indichiamo inoltre con A il punto in cui il raggio DC incontra il corpo di pompa.

Noi possiamo considerare il moto effettivo dell'asse del cilindretto ossia del punto C come risultante di un movimento di rotazione attorno l'asse D e di un movimento di traslazione secondo il raggio CD. Per il moto rotatorio il cilindretto si diporta precisamente come una paletta CA, la quale si muove tra i due circoli D ed E conservando sempre la direzione radiale CD. Per il moto secondo il raggio, il quale del resto è molto piccolo stante il piccolo valore dell'eccentricità, il cilindretto può essere assimilato ad una specie di stantuffo moventesi nella direzione del raggio in contatto col proprio corpo di pompa secondo le generatrici A' ed O.

Dicasi:

- θ l'angolo ADE,
- b la larghezza della pompa,
- R il raggio del corpo di pompa,
- R_0 il raggio dell'embolo,
- r la distanza AD,
- e la eccentricità ED,
- ω la velocità angolare.

$$\text{Si ha in generale } \omega = \frac{d\theta}{dt}$$

La portata nel tempuscolo dt sarà quindi:

$$dq = \frac{b}{2} r^2 d\theta - \frac{b}{2} R_0^2 d\theta - k b dr$$

dove k è una grandezza dipendente dalla posizione e dal diametro del cilindretto. Noi per semplicità la riterremo costante, e ciò può ammettersi facilmente, sia perchè in realtà, tra i valori estremi di θ , k varia di pochissimo, sia perchè il termine che contiene la k è molto piccolo in confronto agli altri.

La portata unitaria risulta:

$$(1) \quad q = \frac{dq}{dt} = \omega \frac{dq}{d\theta} = \frac{b\omega}{2} \left[r^2 - R_0^2 - 2k \frac{dr}{d\theta} \right]$$

Cerchiamo ora l'espressione di r in funzione dell'angolo θ e delle quantità costanti R ed e .

Dal triangolo $E D A$ abbiamo:

$$R^2 = e^2 + r^2 - 2er \cos EDA = e^2 + r^2 - 2er \sin \theta$$

$$r = e \sin \theta + \sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta}$$

Differenziando questa equazione si ottiene:

$$(2) \quad \frac{dr}{d\theta} = \left(1 + \frac{e \sin \theta}{\sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta}} \right) e \cos \theta.$$

Sostituendo nella (1) si ha:

$$q = \frac{b\omega}{2} \left[\left(e \sin \theta + \sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta} \right)^2 - R_0^2 - 2k e \cos \theta \left(1 + \frac{e \sin \theta}{\sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta}} \right) \right]$$

Detta A la sezione del tubo di condotta, v la velocità che ha l'acqua nel medesimo, si ha:

$$v = \frac{q}{A}.$$

Se j è l'accelerazione corrispondente alla velocità, v sarà:

$$j = \frac{dv}{dt} = \omega \frac{dv}{d\theta} = \frac{\omega}{A} \frac{dq}{d\theta}.$$

Differenziando la (1) si ottiene:

$$\frac{dq}{d\theta} = \frac{b\omega}{2} \left[2r \frac{dr}{d\theta} - 2k \frac{d^2r}{d\theta^2} \right]$$

$$= b\omega \left(r \frac{dr}{d\theta} - k \frac{d^2r}{d\theta^2} \right).$$

Dalla (2) si ha:

$$\frac{d^2r}{d\theta^2} = e \left[-\sin \theta + \frac{e R^2 (2 \cos^2 \theta - 1) - e^3 \cos^4 \theta}{(R^2 - e^2 \cos^2 \theta) \sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta}} \right]$$

Sostituendo, si ottiene per l'accelerazione:

$$j = \frac{b\omega^2}{A} \left[\left(e \sin \theta + \sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta} \right) \left(1 + \frac{e \sin \theta}{\sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta}} \right) e \cos \theta - k e \left(-\sin \theta + \frac{e R^2 (2 \cos^2 \theta - 1) - e^3 \cos^4 \theta}{(R^2 - e^2 \cos^2 \theta) \sqrt{R^2 - e^2 \cos^2 \theta}} \right) \right]$$

Se diciamo: F la forza corrispondente all'accelerazione j , ed m la massa dell'acqua contenuta nel tubo, abbiamo:

$$F = mj \quad \text{ed} \quad m = \frac{\varpi A l}{g}.$$

In quest'ultima espressione ϖ rappresenta il peso specifico del liquido da sollevarsi; g il noto valore della gravità, ed l la lunghezza del tubo.

Detta ϖh_j la pressione unitaria corrispondente alla forza F , si ha:

$$\varpi h_j = \frac{F}{A} \quad \text{da cui} \quad h_j = \frac{l}{g} j.$$

Determinazione della pressione sull'organo motore. — Se diciamo ϖy questa pressione, h l'altezza totale di sollevamento, v la velocità di efflusso, abbiamo evidentemente:

$$y = h + h_j + \frac{v^2}{2g}.$$

Calcolo del lavoro della pressione. — Per ottenere in ciascun istante il lavoro della pressione, bisogna moltiplicarla per la superficie sulla quale essa agisce, e moltiplicare il prodotto così ottenuto per il cammino percorso durante l'unità di tempo dalla parte media di questa superficie. Ora il prodotto dei due ultimi fattori rappresenta la portata al secondo nell'istante che si considera. È sufficiente dunque per avere a ciascun istante il lavoro della pressione di fare in ciascuna posizione il prodotto della pressione per la portata.

Dicendo L il lavoro, ed y la pressione, si ha:

$$L = \varpi y q.$$

Sia n il numero dei giri fatti dalla macchina nell'unità di tempo. Tenendo conto delle notazioni antecedenti abbiamo:

$$\omega = 2\pi n.$$

Se riteniamo $n = 1$, sarà: $\varpi = 6.28$.

Nella pompa, di cui ci stiamo occupando, si ha inoltre:

$$b = 0.080$$

$$R = 0.045$$

$$R_0 = 0.038$$

$$e = 0.007$$

$$A = 0.000415$$

$$k = 0.012.$$

Stante la piccolezza dell'eccentricità e , le formole su riferite possono essere notevolmente semplificate ed essere ridotte alle seguenti:

$$(3) \quad q = b\omega \left(e R \sin \theta - k e \cos \theta + \frac{R^2 - R_0^2}{2} \right)$$

$$(4) \quad h_j = \frac{l b \omega^2 e}{g A} \left(R \cos \theta + k \sin \theta \right).$$

Supporremo inoltre che l'altezza totale di sollevamento sia $h = 8^m$, con una lunghezza di condotta $l = 16^m$.

Prendiamo sull'arco AB , percorso dal cilindretto nel suo periodo attivo, 7 parti corrispondenti ciascuna ad un'ampiezza d'angolo di 15° e troviamo per ogni valore dell'angolo θ i corrispondenti valori delle quantità q , h_j , v e y .

Così operando e ritenendo $\varpi = 1000$ otteniamo la tabella seguente:

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
θ	53° 30'	68° 30'	83° 30'	98° 30'	113° 30'	128° 30'	143° 30'	158° 30'
q	0.24814	0.27782	0.29850	0.30880	0.30802	0.29618	0.27410	0.2433
h_j	3.16320	2.40020	1.47792	0.45328	-0.60256	-1.61792	-2.52240	-3.25472
$\frac{v^2}{2g}$	0.01836	0.02284	0.02736	0.02824	0.02808	0.02596	0.02220	0.01752
y	11.18153	10.42508	9.50528	8.48152	7.42552	6.40803	5.49980	4.76280
L	2.780	2.896	2.837	2.619	2.287	1.898	1.507	1.159

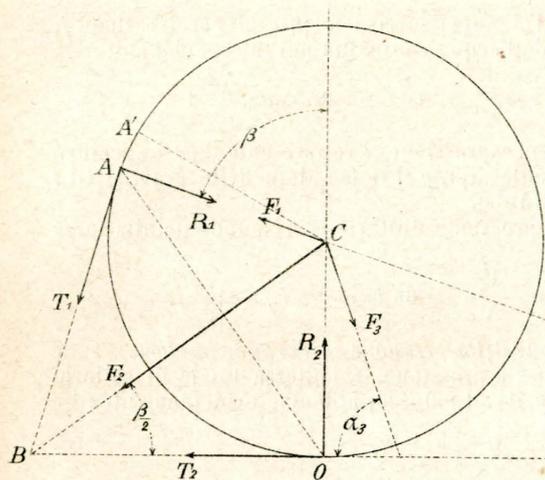


Fig. 37.

Determinazione del lavoro consumato dagli attriti. — L'attrito principale si ha nello strisciamento che ha luogo tra il cilindretto attivo ed il corpo di pompa, ovvero tra lo stesso cilindretto e la superficie piana dell'embolo.

Non sappiamo a priori se lo strisciamento ha luogo nel punto A (fig. 37) ed il rotolamento nel punto O o viceversa.

Supponiamo che lo strisciamento abbia luogo nel punto A.

Considerando le diverse forze che agiscono sul cilindretto, troviamo che esse sono:

1° Una forza centrifuga F_1 , diretta nel senso del raggio D C. Se diciamo p il peso del cilindretto, ω la velocità angolare, r' il raggio C D, si ha:

$$F_1 = \frac{p}{g} \omega^2 r'$$

2° Una forza F_2 uguale alla risultante delle pressioni che agiscono sul cilindretto. Questa forza è data dalla pressione unitaria ϖy moltiplicata per l'area di azione $OA' \cdot b$.

Ora dobbiamo osservare che il punto di contatto A' in tutte le diverse posizioni che assume il cilindretto, di poco si allontana dal punto A deviandone ora a destra ora a sinistra, di modo che in via di approssimazione potremo ritenere che detto punto cade costantemente in A.

Oltre a ciò nel triangolo C O D il lato C O rimane costante, gli altri due variano leggermente; ne segue che approssimativamente si potrà ritenere detto triangolo di forma invariabile ed assegnare agli angoli del medesimo i valori corrispondenti alla posizione media. In conseguenza di ciò potremo esprimere la predetta forza nel modo seguente:

$$F_2 = 2 \varpi b a \cos \frac{\beta}{2} y$$

dove a rappresenta il raggio del cilindretto.

3° Una forza F_3 uguale al peso del cilindretto immerso nell'acqua.

4° Una forza R_1 data dalla reazione che il corpo di pompa esercita sul cilindretto.

5° Una forza T_1 che si sviluppa per lo strisciamento lungo la generatrice del punto A. Fra queste due ultime forze, ammesso che lo strisciamento avvenga nel punto A e dicendo f il coefficiente d'attrito, si ha la relazione:

$$T_1 = f R_1.$$

6° Una forza R_2 data dalla reazione che l'embolo esercita sul cilindretto.

7° Una forza T_2 corrispondente alla predetta forza R_2 .

Prendendo i momenti di tutte le forze relativamente al punto C si trova immediatamente:

$$T_1 = T_2.$$

Proiettando tutte le forze sulla retta O B e sulla retta O C si hanno le relazioni:

$$(5) \quad (F_1 - R_1) \sin \beta - F_3 \cos \alpha_3 + F_2 \cos \frac{\beta}{2} + T_1 \cos \beta + T_2 = 0$$

$$(6) \quad (F_1 - R_1) \cos \beta - T_1 \sin \beta - F_2 \sin \frac{\beta}{2} + R_2 - F_3 \sin \alpha_3 = 0.$$

Tenendo conto della $T_1 = f R_1$, abbiamo dalla (5):

$$R_1 = \frac{F_1 \sin \beta + F_2 \cos \frac{\beta}{2} - F_3 \cos \alpha_3}{\sin \beta - f(1 + \cos \beta)} = \frac{M}{\sin \beta - f(1 + \cos \beta)}$$

dove M rappresenta la somma algebrica delle forze F_1, F_2, F_3 secondo la O B.

Si ha quindi:

$$T_1 = \frac{f M}{\sin \beta - f(1 + \cos \beta)}$$

Dalla (6) otteniamo:

$$R_2 = N + \frac{M(\cos \beta + f \sin \beta)}{\sin \beta - f(1 + \cos \beta)}$$

nella quale:

$$N = -F_1 \cos \beta + F_2 \sin \frac{\beta}{2} + F_3 \sin \alpha_3$$

rappresenta la somma algebrica delle componenti delle predette forze secondo la direzione C O.

Nel nostro caso ritenendosi:

$$f = 0.15.$$

Ed essendo il valore di:

$$\beta = 71^\circ.30'$$

si ha:

$$T_1 = 0.1998 M$$

$$R_2 = N + 0.6124 M.$$

Abbiamo inoltre:

$$\sin \alpha_3 = \sin(\theta - \alpha_1); \quad \cos \alpha_3 = -\cos(\theta - \alpha_1)$$

$$\alpha_1 = 18^\circ.30'.$$

Lavoro dell'attrito. — Ammesso che lo strisciamento abbia luogo lungo la superficie interna del corpo di pompa, il lavoro corrispondente nell'unità di tempo sarà:

$$L_a = T_1 \omega r.$$

Calcolando i valori numerici delle diverse quantità corrispondenti a ciascun valore dell'angolo θ , si ha la tabella seguente, nella quale:

$$L_m = L + L_a.$$

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
F ₁	0.04328	0.04428	0.04480	0.04472	0.04420	0.04312	0.04164	0.03984
F ₂	17.420	16.240	14.810	13.220	11.570	9.985	8.570	7.422
F ₃	0.2787	0.2787	0.2787	0.2787	0.2787	0.2787	0.2787	0.2787
M	14.4107	13.4029	12.1824	10.8232	9.4106	8.0509	6.8367	5.8479
N	10.3398	9.7005	8.9046	7.9954	7.0376	6.0959	5.2353	4.5152
T ₁	2.880	2.677	2.434	2.162	1.888	1.609	1.366	1.168
R ₂	19.1598	17.9025	16.3596	14.6184	12.7976	11.0239	9.4203	8.0952
T ₁ /R ₂	0.1503	0.1496	0.1488	0.1479	0.1469	0.1460	0.1450	0.1443
L _a	0.9155	0.8663	0.7942	0.7050	0.6072	0.5100	0.4218	0.3991
L _m	3.6955	3.7623	3.6012	3.3240	2.8942	2.4080	1.9288	1.5081

Nell'antipenultima linea di questa Tabella sono stati riportati i valori del rapporto $\frac{T_1}{R_2}$.

Perchè lo strisciamento abbia luogo di preferenza nel punto A secondo l'ipotesi, piuttosto che nel punto O, deve verificarsi per qualsiasi valore dell'angolo θ la condizione:

$$\frac{T_1}{R_2} < f$$

ossia:

$$\frac{T_1}{R_2} < 0.15.$$

Il valore del rapporto $\frac{T_1}{R_2}$ per la posizione iniziale del cilindretto può ritenersi, come vedrassi in seguito, eguale a:

$$\frac{0.1503 + 0.1496}{2} = 0.14995.$$

Essendo dunque per tutti i valori di θ soddisfatta la predetta condizione, regge l'ipotesi da noi arbitrariamente ammessa che cioè lo strisciamento abbia luogo nel punto A ed il rotolamento nel punto O.

Per rappresentare graficamente i valori della portata q e quelli di L L_a L_m sono stati costruiti (fig. 38 e 39) i dia-

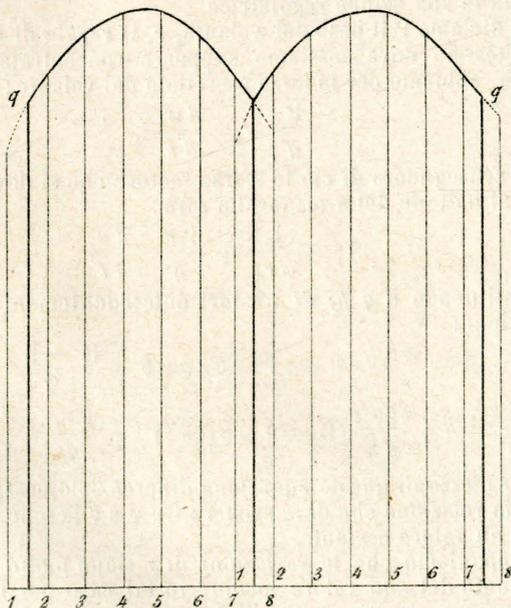


Fig. 38.

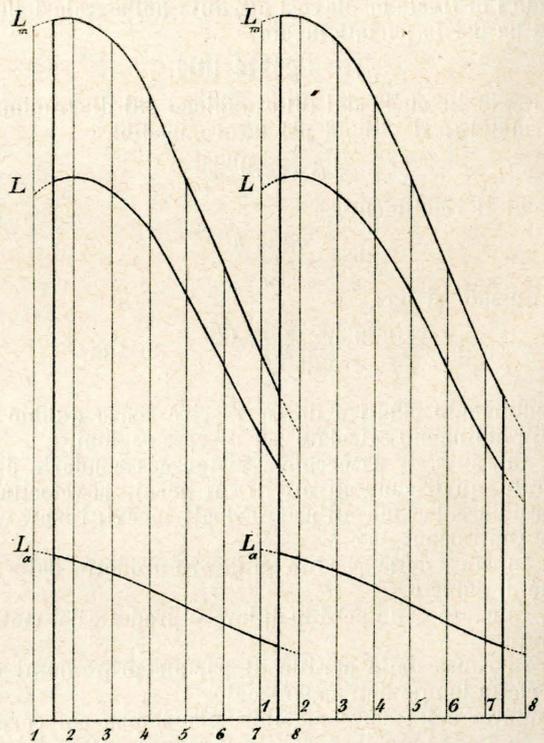


Fig. 39.

grammi corrispondenti, scegliendo per la portata una scala tale che ogni millimetro rappresenta $\frac{1}{250}$ di litro, e per il lavoro una scala tale che ogni millimetro rappresenta $\frac{1}{25}$ di chilogrammetro.

Per mezzo di questi diagrammi si vede nettamente come ciascun cilindretto comincia a funzionare per un angolo:

$$\theta = 53^\circ 30' + \frac{15^\circ}{2} = 61^\circ, \text{ e cessa quando il cilindretto successivo giunge alla posizione iniziale ossia per un angolo: } \theta = 61^\circ + 90^\circ = 151^\circ.$$

La portata è minima al principio della corsa, raggiunge il massimo circa alla metà della stessa e quindi ridiscende al valore iniziale.

Quanto al lavoro, esso presenta un massimo a circa $\frac{1}{10}$ dal principio della corsa, e due minimi l'uno al principio l'altro

alla fine. L'ultimo minimo è minore del minimo iniziale. Da ciò segue che ogni volta che un cilindretto entra in azione, il lavoro passa bruscamente da un valore minore ad un valore maggiore.

Essendo stato supposto uniforme il movimento di rotazione, il diagramma del lavoro ci rappresenta (scegliendo una scala conveniente) il diagramma dello sforzo resistente al bottone della manovella. Segue quindi che anche questo sforzo non è costante, ma subisce delle variazioni brusche in corrispondenza all'istante in cui ciascun cilindretto entra in azione.

Si comprende immediatamente che in causa di questa variazione di resistenza è impossibile ottenere un movimento uniforme della manovella malgrado l'azione regolatrice del volante.

Quanto al lavoro consumato dall'attrito esso varia sempre nello stesso senso passando dal valore massimo corrispondente al principio della corsa al valore minimo corrispondente alla fine.

Rendimento della pompa. — Calcolando Parea del diagramma delle portate, dividendo la medesima per la base e leggendo l'ordinata media così ottenuta nella scala delle portate, si ha per la portata media:

$$q_m = 0.29244 \text{ litri.}$$

Operando in modo del tutto analogo sul diagramma del lavoro motore, si ottiene pel lavoro medio:

$$L_m = 2.9794.$$

Da cui il rendimento:

$$R = \frac{q_m \times h}{L_m}.$$

Sostituendo si ha:

$$R = \frac{0.29244 \times 8^m \cdot 00}{2.9794} = 0.785.$$

Il rendimento effettivo dovrà riuscire senza dubbio inferiore al rendimento calcolato per diverse ragioni.

1. In causa di parecchie resistenze secondarie da noi trascurate, quali sono gli attriti sui perni, la velocità che deve prendere l'acqua all'uscire dagli incavi, i moti vorticosi, le contrazioni, ecc.

2. In causa delle perdite di lavoro prodotte dalla irregolarità di efflusso.

3. In causa delle perdite di lavoro prodotte dal moto dei cilindretti.

4. In causa delle perdite di portata provenienti dalla non perfetta tenuta dell'apparecchio.

Il contatto della parte mobile della pompa col corpo di pompa ha luogo lungo le generatrici rappresentate dai punti A' H G, dei quali il punto G è fisso mentre gli altri sono mobili (vedi fig. 36).

Quanto al punto A' osserviamo che il contatto lungo una generatrice non è in generale una condizione troppo favorevole per una buona tenuta. Siccome però il cilindretto è mobile e la pressione del liquido lo applica automaticamente contro il proprio punto d'appoggio, questa disposizione riesce molto pratica ed atta a mantenere una sufficiente tenuta.

Quanto agli altri punti H e G è facile dimostrare che se la tenuta ha luogo in uno di essi, non può aver luogo nell'altro.

Difatti durante il movimento di rotazione, allontanandosi il punto H dal punto G, il volume dell'acqua compreso fra detti punti deve aumentare, il che non può aver luogo altrimenti che pel passaggio dell'acqua in uno di questi punti. E siccome questo passaggio non può avvenire in generale nel punto G, ne segue che esso deve aver luogo nel punto H, il quale per questa ragione non forma tenuta e non contribuisce per nulla al buon funzionamento dell'apparecchio.

Relativamente alla tenuta nel punto G osserviamo che non solo il contatto a strofinio dolce ha luogo soltanto lungo una generatrice, ma questo contatto non è nemmeno continuo per tutte le posizioni della parte mobile.

Sembra quindi che mentre queste disposizioni possono convenire per piccole elevazioni, debbano riuscire difettose

nel caso in cui si tratti di elevare il liquido ad altezze notevoli.

Determinazione dello sforzo medio al bottone della manovella. — Detto F lo sforzo medio, r_0 il raggio della manovella, ed essendo ω la velocità angolare ed L_m il lavoro motore medio, si ha:

$$F = \frac{L_m}{\omega r_0}.$$

Essendo $L_m = 2.9794$; $\omega = 6.283$; $r_0 = 0.145$, sostituendo, si ottiene lo sforzo:

$$F = \frac{2.9794}{6.283 \times 0.145} = 3^{\text{kg}}.123$$

mentre la velocità lineare del bottone della manovella è di 0,91.

Ora lo sforzo che un uomo può esercitare su di una manovella a lavoro continuo con una velocità di 0,75 — 0,90 è di 8 kg — 10kg.

Si vede quindi che l'altezza di sollevamento di 8^m da noi fissata nell'esempio numerico è al disotto del limite superiore corrispondente alle dimensioni della pompa.

Accordo coi risultati sperimentali. — Prima di finire questo studio interessa conoscere come le conseguenze desunte dall'applicazione del metodo dei diagrammi, si accordino coi risultati dell'esperienza diretta.

Anzi tutto dobbiamo osservare che l'ipotesi da noi ammessa che la velocità angolare ω fosse costante non può realizzarsi in causa della variazione della forza resistente.

In generale un aumento nella forza resistente produce una diminuzione di velocità mentre al contrario una diminuzione nella forza resistente produce un aumento di velocità. Per accostarsi quindi più che sia possibile alla realtà fa d'uopo supporre che la velocità sia funzione del tempo.

Ora la formola (1) che ci dà la portata q nel caso in cui ω sia costante, ci dà egualmente la portata nel caso in cui ω sia variabile con la condizione che per ω si intenda la velocità all'istante che si considera. Egualmente dicasi delle quantità j ed h_j .

Trascurando gli attriti e la velocità di efflusso, si ha per il lavoro:

$$L = \omega q (h + h_j).$$

E per lo sforzo resistente al bottone della manovella:

$$F = \frac{L}{\omega r_0}.$$

Finchè la velocità di rotazione è costante, il volante non ha alcuna azione. Quando però la velocità varia, il volante esercita la sua azione regolatrice.

Se diciamo P il peso del volante, r_1 il raggio di un anello infinitesimo dove possiamo supporre concentrata tutta la massa, abbiamo per la forza esercitata dal volante:

$$\frac{P}{g} r_1 \frac{d\omega}{dt}.$$

In conseguenza di ciò lo sforzo motore che si dovrà applicare al bottone della manovella sarà:

$$S = \frac{L}{\omega r_0} + \frac{P r_1}{g} \frac{d\omega}{dt}.$$

Sostituendo a q h_j dt i valori antecedentemente trovati, si ottiene:

$$S = \frac{\omega b}{r_0} \left(e R \sin \theta - k e \cos \theta + \frac{R^2 - R_0^2}{2} \right) \times \left[h + \frac{l b \omega^2 e}{g A} (R \cos \theta + k \sin \theta) \right] + \frac{P r_1}{g} \omega \frac{d\omega}{dt}.$$

Per mezzo di questa equazione differenziale possiamo trovare la relazione che deve esistere tra ω e θ perchè la S conservi un valore costante.

Supponiamo che le variazioni di ω siano molto piccole a confronto del suo valore medio; in tal caso possiamo eseguire approssimativamente l'integrazione ponendo:

$$\frac{l b \omega_m^2 e}{g A} = B$$

nella quale ω_m ha un valore medio costante. Porremo inoltre per semplicità:

$$\frac{R^2 - R_0^2}{2} = C.$$

Dall'equazione antecedente otteniamo:

$$\frac{g S r_0}{P r_1} - \frac{\omega g b}{P r_0 r_1} \left(e R \sin \theta - k e \cos \theta + C \right) \left(h + B(R \cos \theta + k \sin \theta) \right) = \omega \frac{d \omega}{d \theta}.$$

Sviluppando questa equazione si ottiene:

$$a_1 d \theta - a_2 \sin \theta d \theta - a_3 \cos \theta d \theta - a_4 \sin \theta \cos \theta d \theta - a_5 \sin^2 \theta d \theta = \omega d \omega$$

dove:

$$a_1 = \frac{\omega g b}{P r_0 r_1} \left(\frac{S r_0}{\omega b} - h C + 2 B R k e \right)$$

$$a_2 = \frac{\omega g b}{P r_0 r_1} (h e R + B C k)$$

$$a_3 = \frac{\omega g b}{P r_0 r_1} (B C R - h k e)$$

$$a_4 = \frac{\omega g b}{P r_0 r_1} (R - k) B e$$

$$a_5 = \frac{\omega g b}{P r_0 r_1} 2 B R k e.$$

Integrando, si ha:

$$(2 a_1 - a_5) \theta + 2 a_2 \cos \theta - 2 a_3 \sin \theta - a_4 \sin^2 \theta + a_5 \sin \theta \cos \theta = \omega^2 + \text{cost.}$$

Indicando con z la funzione di θ rappresentata dal primo membro di questa equazione, si ha:

$$z = \omega^2 + \text{cost.}$$

Determinando la costante con la condizione che per $\theta = \theta_0$ si abbia $z = z_0$ si ottiene:

$$(7) \quad \omega = \sqrt{\omega_0^2 + z - z_0}$$

Sostituendo i dati numerici corrispondenti al nostro caso ed osservando che il peso P del volante, lo sforzo S al bottone della manovella e la velocità media ω_m possono rispettivamente ritenersi:

$$P = 5 \text{ kg}, \quad S = 2 \text{ kg}, 6, \quad \omega = 6^m. 28,$$

si ha pel valore di z :

$$z = 0.6620 \cdot \theta + 39.42 \cos \theta - 6.466 \sin \theta - 7.982 \sin^2 \theta + 4.583 \sin \theta \cos \theta.$$

Se si ritiene la velocità iniziale $\omega_0 = 6,30$ e si calcolano i valori di z e di ω corrispondenti ai diversi valori dell'angolo θ , ossia alle diverse posizioni del cilindretto attivo, si ha la Tabella seguente:

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
θ	53° 30'	68° 30'	83° 30'	98° 30'	113° 30'	128° 30'	143° 30'	158° 30'
z	50,696	48,387	45,955	44,501	45,092	48,339	54,439	63,315
ω	6,30	6,11	5,91	5,79	5,84	6,11	6,59	7,23

La fig. 40, la quale ci rappresenta graficamente la relazione esistente tra ω e θ , ci fa vedere come una leggera e graduale variazione nel valore di ω sia sufficiente per mantenere costante lo sforzo motore al bottone della manovella.

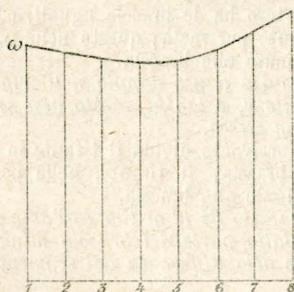


Fig. 40.

Il movimento a mano che può impartirsi alla macchina non corrisponde nè al caso di una velocità angolare perfettamente costante, nè a quello di uno sforzo costante al bottone della manovella. Non vi è dubbio però per ciò che si è veduto che tanto le variazioni della velocità, quanto quelle dello sforzo motore debbano riuscire talmente piccole da non potersi apprezzare se non con apparecchi molto sensibili.

Quanto alla portata l'ipotesi della velocità angolare variabile secondo la relazione espressa dalla (7) fa sì che il divario fra la portata massima e la portata minima sia minore che nel caso della velocità costante.

La variazione nella velocità di efflusso può essere constatata munendo la pompa di un tubo sufficientemente lungo, il cui orificio di efflusso sia disposto in modo da produrre un getto orizzontale. La curva parabolica della vena fluente in luogo di serbare una posizione costante si alza e si abbassa periodicamente, dimostrando così la variazione della velocità iniziale con la quale le molecole abbandonano l'orificio di efflusso. Le variazioni nell'intensità dello sforzo motore al bottone della manovella sono appena avvertibili.

In seguito a queste ultime considerazioni dobbiamo concludere che le irregolarità nella marcia della pompa sono in realtà meno notevoli di quelle che risultano dal nostro studio fondato sull'ipotesi di una velocità di rotazione perfettamente costante.

Pur tuttavia non si può negare che le variazioni che si verificano nella portata e nell'intensità della forza resistente debbano dar luogo a perdite di lavoro, le quali saranno tanto maggiori quanto più grande sarà la velocità di rotazione.

Tutto ciò che si è detto riguarda il valore intrinseco della pompa.

Ma limitandoci allo scopo speciale a cui il costruttore l'ha destinata, che è quello del travaso dei vini, dobbiamo osservare che, trattandosi di un sollevamento a piccola altezza e di un lavoro che oltre ad essere intermittente è d'ordinario molto inferiore a quello che un uomo può somministrare, le questioni che riguardano il rendimento e la regolarità di efflusso perdono alquanto della loro importanza.

Castelplanio (Marche), 3 dicembre 1890.

Ing. CARLO FOSSA-MANCINI.

NOTIZIE

Modo di ottenere colla fotografia i tipi di razza o di famiglia. — Col moltiplicarsi continuo dei tanti apparecchi da fotografia, ridotti persino allo stato di giocattolo da 10 lire, di spillo da cravatta, ecc., non v'è scolaro, impiegato, professionista, ecc., che non vanti dei capolavori fotografici.

Ciò per fortuna non nuoce alla vera arte, mentre la fotografia che è arte e scienza meravigliosa ad un tempo, continua a progredire per opera di quanti la coltivano con vero amore di scienziati e di artisti.

Fra le molte, interessanti applicazioni della fotografia, una forse non molto conosciuta è quella ideata parecchi anni or sono da Mr. Galton della Società Reale di Londra e messa di recente in pratica da un francese, il sig. Batut. Trattasi di determinare il tipo di una razza o di una famiglia, riunendo sopra una sola prova fotografica i tratti comuni dei singoli individui. Chiunque ha osservato che in una stessa famiglia, malgrado le diversità delle fisionomie dei vari membri, esiste sempre un certo tipo generale, un qualcosa di comune a tutti, quello infine che chiamiamo « aria di famiglia ».

Ecco come si procede praticamente per ottenere questo tipo generale.

Si eseguisce da prima il ritratto ad ogni persona componente la famiglia, facendo posare i soggetti un dopo l'altro sempre nella stessa posizione perfettamente di faccia all'obbiettivo in modo da ottenere tutte le prove della stessa misura. Le inuguaglianze di statura, potranno essere corrette, coll'alzare od abbassare il piano del seggio di posa, per il che si adopera uno sgabello a vite da pianoforte.

Lo sviluppo della negativa deve essere curato in modo da ottenerle tutte della stessa intensità e piuttosto un poco più deboli che d'ordinario, onde non abbiano a scomparire certi piccoli dettagli delle fisionomie, le quali, è inutile avvertire, non dovranno essere menomamente ritocate.

Anco nella tiratura delle positive è necessario ottenere per tutte la stessa intensità di colore e possibilmente una tonalità fredda. A tal uopo è da raccomandarsi la platinotipia, che rende il ritratto fotografico una vera, finissima incisione.

Avuti i ritratti, per ricavarne il « tipo » si prende una delle prove e con un ago molto fino, si forano gli occhi della figura esattamente nel punto visivo. Poi si adatta la prova stessa su di una piccola lastra di vetro smerigliato che serve di calibro e mediante il lapis si segnano su questa due punti neri corrispondenti ai due fori. Questi due punti servono a fissare successivamente tutte le altre prove, facendoli combinarsi per trasparenza cogli occhi di ciascuna figura. Infine le prove ritagliate con esattezza tutte uguali si collocano sopra un quadro speciale il quale dovrà scorrere davanti all'obbiettivo in guisa che ogni figura vi rimanga dinanzi esattamente lo stesso tempo.

Dato che con una determinata intensità di luce la durata della prova venga stabilita di 60 secondi, se le prove fisse sul quadro trasversale saranno p. es. 6, ognuna dovrà rimanere davanti la lastra sensibile per lo spazio di 10 secondi. Avviene allora che i tratti accidentali che modificano il tipo delle figure non possono rimanere impressi sulla negativa, mentre vi rimangono quelli comuni caratteristici, che si sovrappongono diverse volte al passaggio delle figure stesse.

È il tipo che si ottiene, ha sempre una strana rassomiglianza con qualcuno dei modelli che han servito a produrlo, ma rassomiglianza vaga, impersonale, vera « aria di famiglia ». Spesso questo tipo viene di una regolarità e di una bellezza incomparabile, bellezza e regolarità che non si riscontra in alcuno di quelli che han servito a produrlo. Altre volte invece, per quanto alcuni modelli abbiano a prima vista dei visetti leggiadri, si ottiene un vero tipo di selvaggio.

Nel seguire le esperienze del signor Batut che ha determinati i tipi maschili e femminili separatamente per poi riunirli, onde ottenere il « tipo di famiglia » si sarebbero anche ottenute prove originalissime, figure di donne addirittura celestiali, che offrono anco uno speciale interesse artistico.

(Giornale delle Arti e delle Industrie).

BIBLIOGRAFIA

I.

Macchine motrici e operatrici a fluido, dell'ing. EGIDIO GARUFFA, professore presso la Società d'Incoraggiamento, libero docente nel R. Istituto tecnico superiore di Milano. — Parte prima. Un volume in-8° di 420 pagine, con 400 figure nel testo. — U. Hoepli, Milano, 1891. — Prezzo L. 9.

Il libro che presentiamo ai lettori merita tutta l'attenzione degli Ingegneri meccanici, i quali ammireranno come noi, il coraggio nel giovane suo Autore, per avere intrapreso un lavoro di grande mole, e di averlo abilmente condensato in un grosso volume.

Basta dare un'occhiata al titolo dei capitoli: *Macchine in generale — Unità di misura ed apparecchi di misura del lavoro — Motori animati e meccanismi relativi — Motori a vento — Motori idraulici, ruote, turbine e macchine a colonna d'acqua — Motrici termiche in generale — Generatori del vapore — Macchine a vapore mono-cilindriche*; — per comprendere come tutto

ciò non possa a meno di attrarre a sé i professionisti, i quali oramai sono obbligati a limitare i loro studi sui manuali.

È per verità nel libro del sig. Garuffa vi ha assai più di quanto si possa trovare in un manuale; ma il libro non è riuscito scervo da certi difetti, i quali attestano più la fretta con cui esso appare compilato, che non la mancanza di cognizioni esatte nell'Autore. Qua e colà saltano agli occhi alcune inesattezze, e per spiegarci, senza troppo dilungarci, ne indichiamo due sole, una nelle prime pagine e l'altra nelle ultime del libro.

Leggiamo adunque a pag. 19 che il chilogrammetro è il lavoro meccanico sviluppato da un chilogrammo che cade verticalmente nel vuoto (?) per l'altezza di un metro.

E vediamo a pag. 375-6 i lavori perduti nelle macchine termiche per causa delle pareti (ossia causati dal raffreddamento al condensatore, e dal calore disperso all'esterno), rappresentati dall'equivalente meccanico di quelle stesse quantità di calore, mentre non ne possono essere che una frazione.

Siamo certi che queste ed altre simili mende saranno per cura dell'Autore fatte sparire in una seconda edizione, ed allora il libro potrà pure essere di vera utilità nell'insegnamento.

L'indice della seconda parte, che leggiamo sulla copertina, è molto promettente, e siamo certi che il giovane Autore non mancherà in essa alla fama che le sue precedenti pubblicazioni gli hanno acquistato.

G. S.

II.

Alcune proprietà della curva di Watt. — *Memoria dell'ingegnere FRANCESCO MASI.* — Bologna 1890. — Op in-8° di pag. 21 con una tavola litografica. — Prezzo L. 1,50.

È un interessante studio analitico della curva descritta da un punto della biella, o tirante, nel noto conduttore rettilineo approssimato di Watt.

L'Autore ricava dapprima l'equazione di questa curva, riferendola ad un sistema di assi coordinati, avente per origine il punto descrivente nella posizione in cui le due braccia del quadrilatero sono parallele, l'asse delle x parallelo e l'asse delle y perpendicolare alle braccia. Dall'equazione, che è di 6° grado, desume poscia le proprietà della curva rappresentata, esaminando successivamente i 6 casi seguenti, in ciascuno dei quali riassume brevemente i risultati ottenuti dall'Autore.

I. Il punto descrivente è comunque disposto sul tirante; questo nella posizione iniziale del quadrilatero in cui le braccia sono parallele, è inclinato alle braccia.

La curva ha nell'origine contatto di 1° ordine coll'asse delle y , senza flesso e senza punto doppio.

II. Il punto descrivente divide il tirante in parti direttamente proporzionali alle braccia; il tirante nella posizione iniziale del quadrilatero è inclinato alle braccia.

La curva ha punto doppio nell'origine e contatto di 1° ordine coll'asse delle y .

III. Il punto descrivente divide il tirante in parti inversamente proporzionali alle braccia; il tirante nella posizione iniziale del quadrilatero, è inclinato alle braccia.

La curva ha flesso senza punto doppio nell'origine, e contatto di 2° ordine coll'asse delle y .

IV. Il quadrilatero ha le braccia uguali, ed il punto descrivente divide il tirante per metà; questo nella posizione iniziale del quadrilatero, è inclinato alle braccia.

La curva ha flesso e punto doppio nell'origine, contatto di 2° ordine coll'asse delle y , e taglia questo asse in due punti equidistanti dall'origine stessa.

V. Il punto descrivente divide il tirante in parti inversamente proporzionali alle braccia; il tirante, nella posizione iniziale del quadrilatero, è normale alle braccia.

La curva ha contatto di 3° ordine coll'asse delle y , e su questo un punto doppio dalla parte del braccio minore ed a distanza dall'origine uguale alla differenza dei segmenti in cui è diviso il tirante.

VI. Il quadrilatero ha le braccia uguali, ed il punto descrivente divide il tirante per metà; questo, nella posizione iniziale del quadrilatero, è normale alle braccia.

La curva ha flesso e punto doppio nell'origine, e contatto di 4° ordine coll'asse delle y .

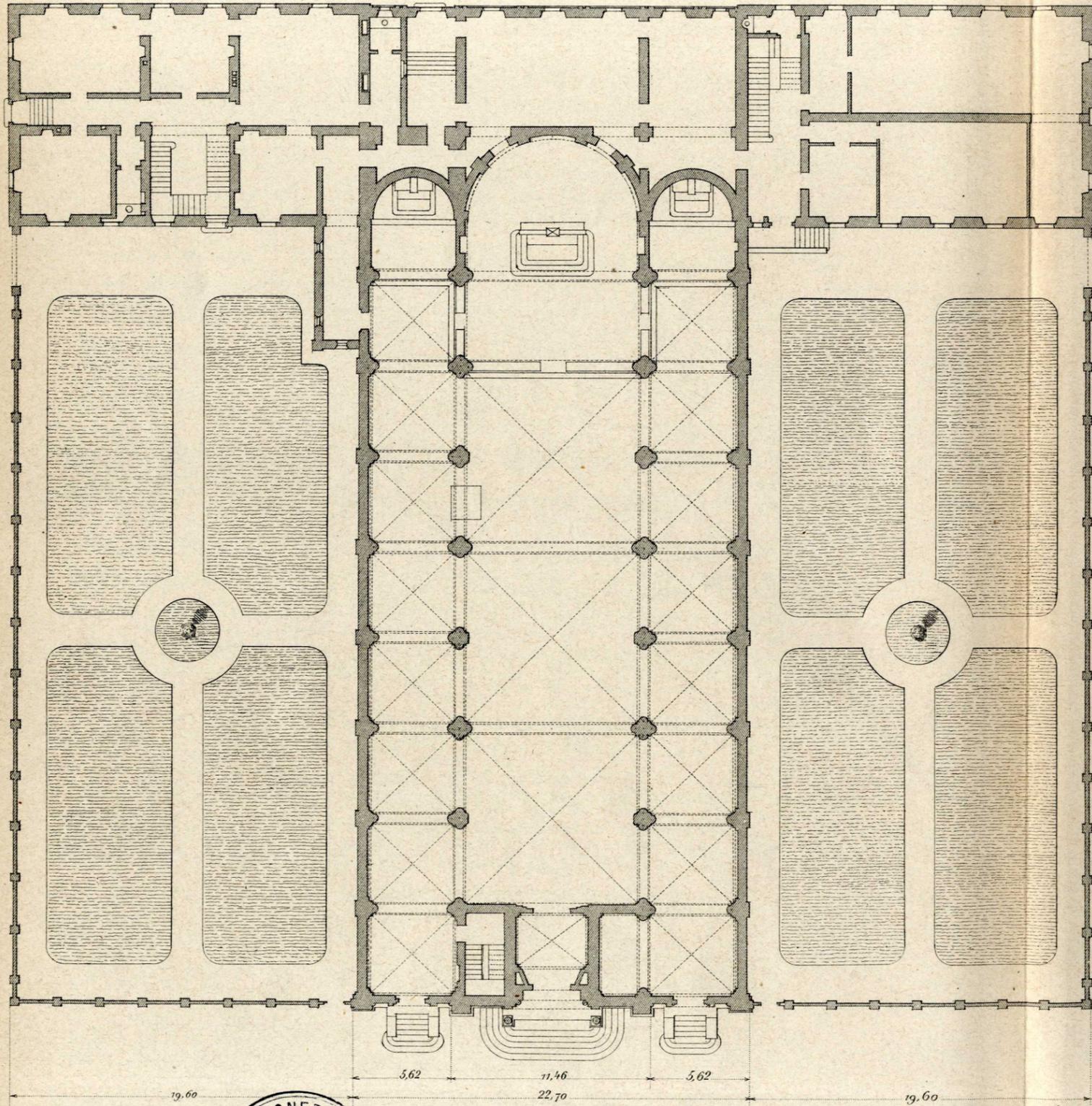
A conferma dei risultati dedotti dall'equazione della curva di Watt, l'Autore dà le linee da lui ottenute nei diversi casi, mediante un quadrilatero articolato a lati variabili.

Conclude infine osservando che la disposizione comunemente applicata è quella che corrisponde al IV caso, in cui il contatto della curva di Watt colla normale alle braccia è del 2° ordine. Tale disposizione è sufficiente per i bisogni ordinari della pratica, e presenta il vantaggio di avere tre punti abbastanza lontani fra di loro posti esattamente in linea retta, e quindi una corsa di una certa estensione. Però la disposizione da preferirsi, quando il movimento rettilineo richiesto non debba avere grande estensione, ma che si esiga la massima approssimazione, è quella del caso VI.

G. PASTORE.

Planimetria della Chiesa e degli annessi locali

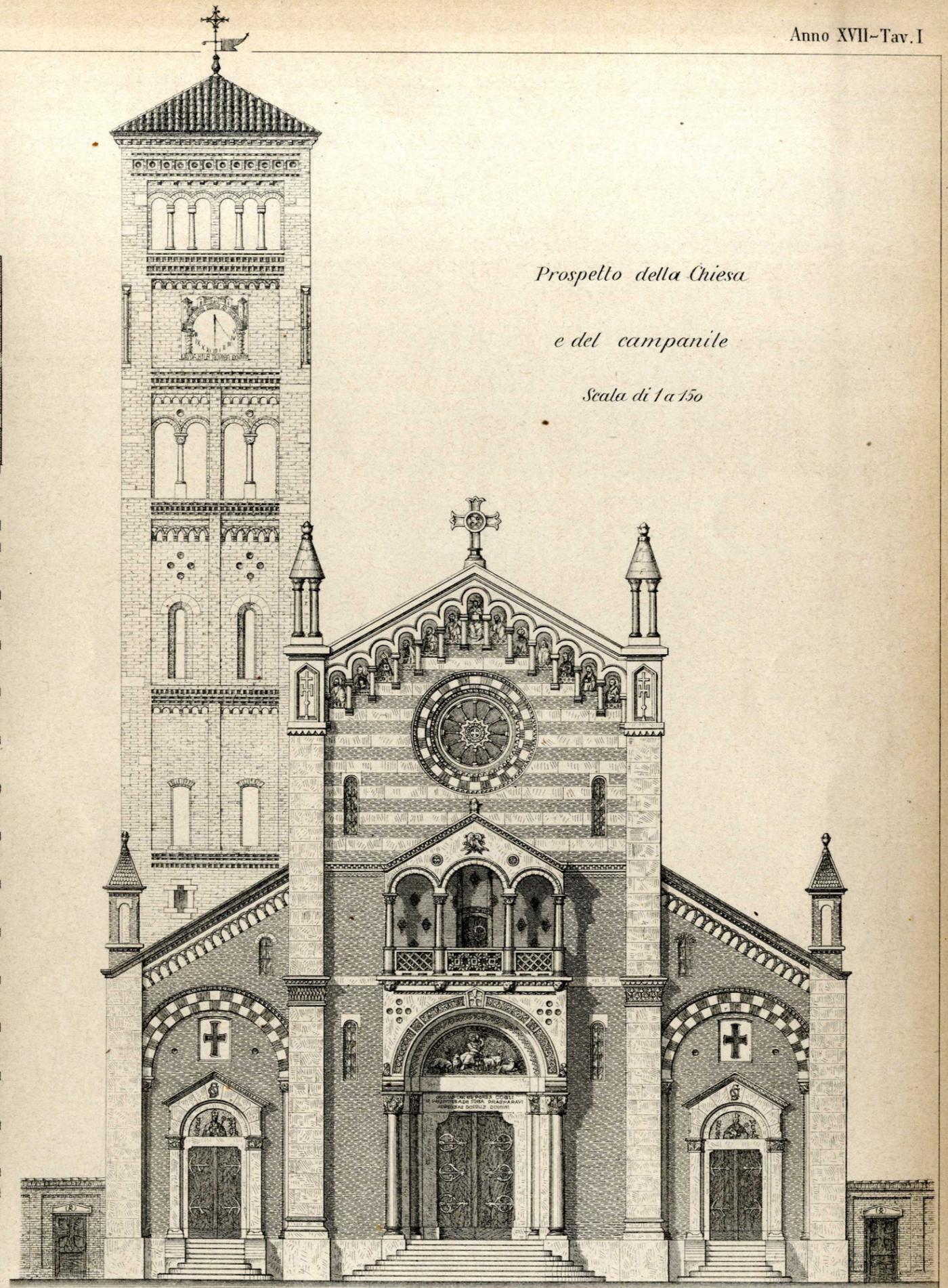
Scala di 1 a 300



Prospetto della Chiesa

e del campanile

Scala di 1 a 150



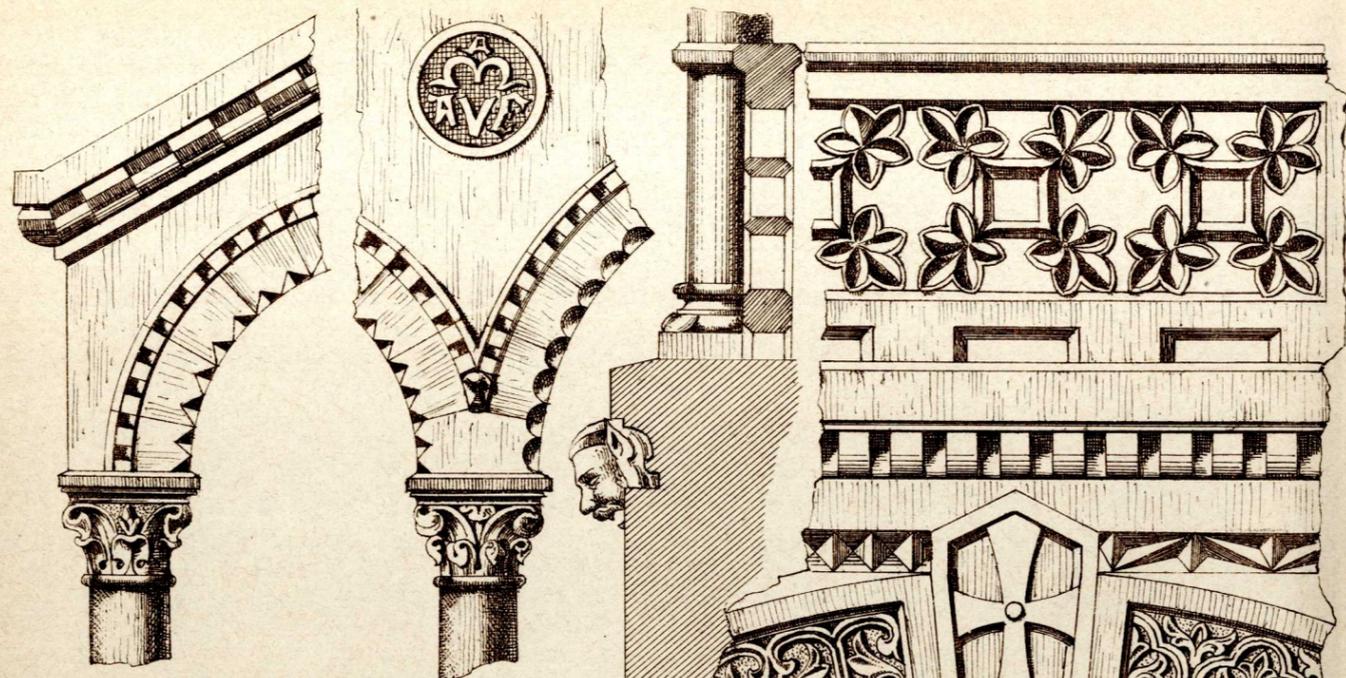


Fig. 1. — Frontone della galleria sopra la porta.

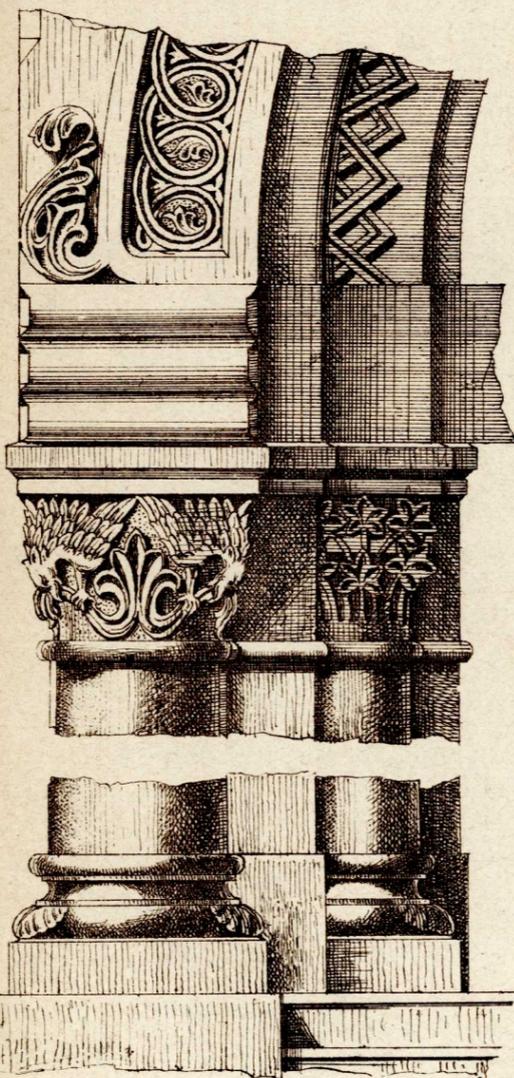


Fig. 2. — Colonne ed arco della porta maggiore.

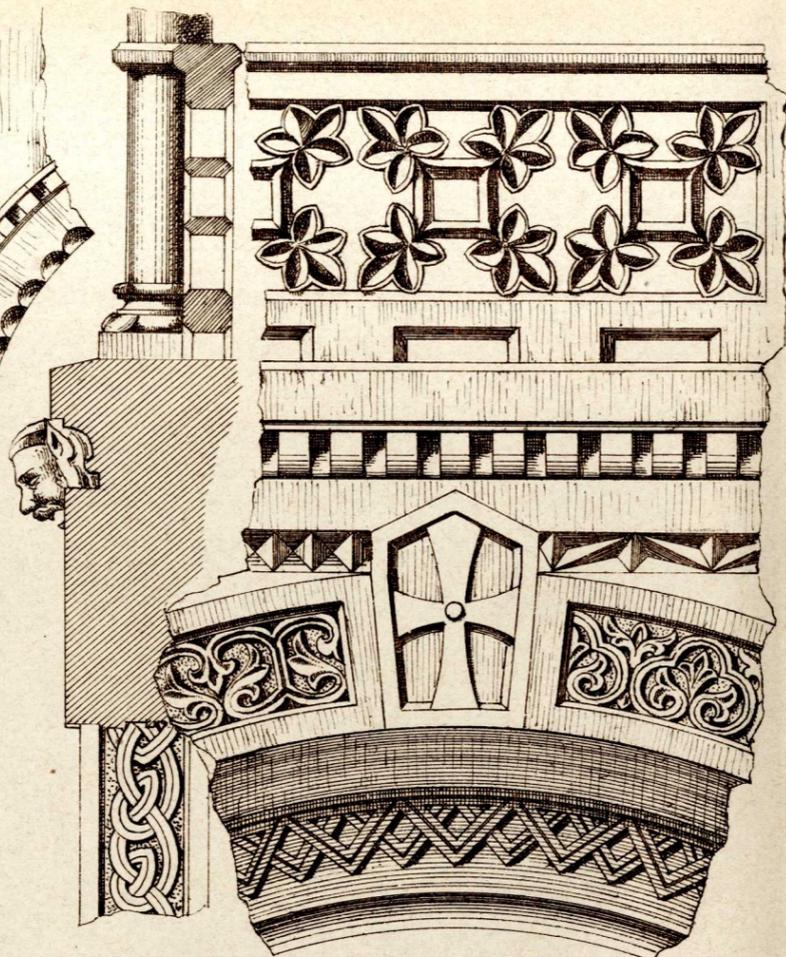


Fig. 3. — Chiave dell'arco e balaustrata della galleria.

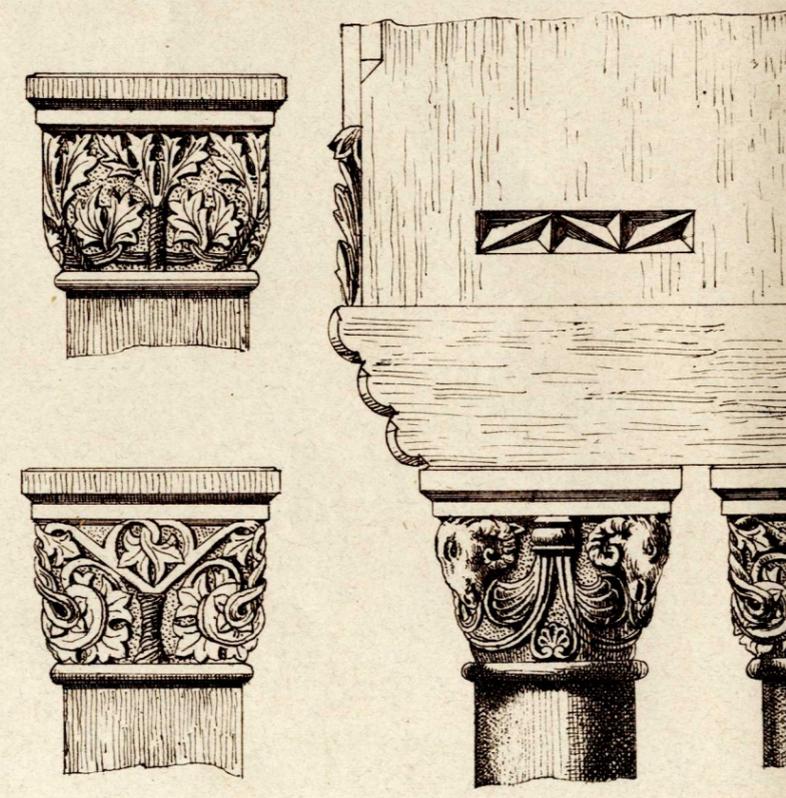


Fig. 4 e 5. — Capitelli di lesene.

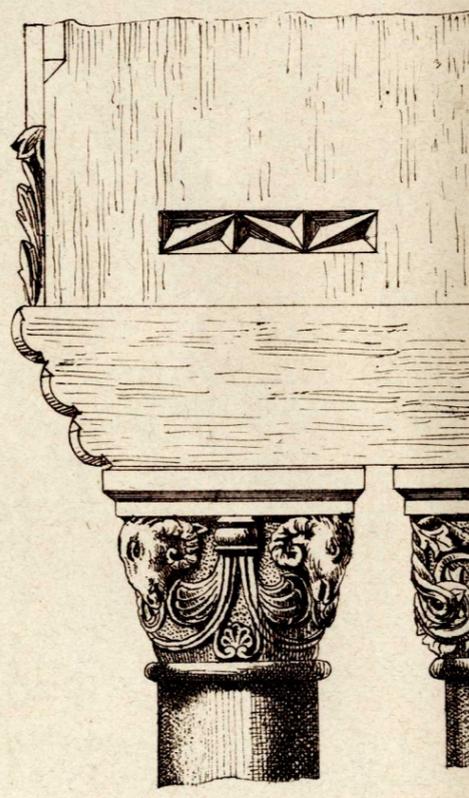


Fig. 6. — Fianco dell'arco.

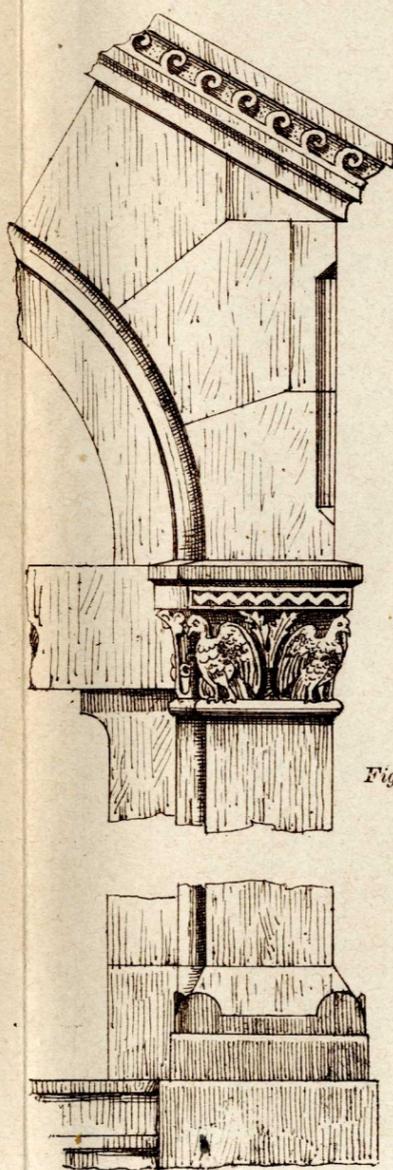


Fig. 7 e 8. — Capitelli dei pilastri maggiori.

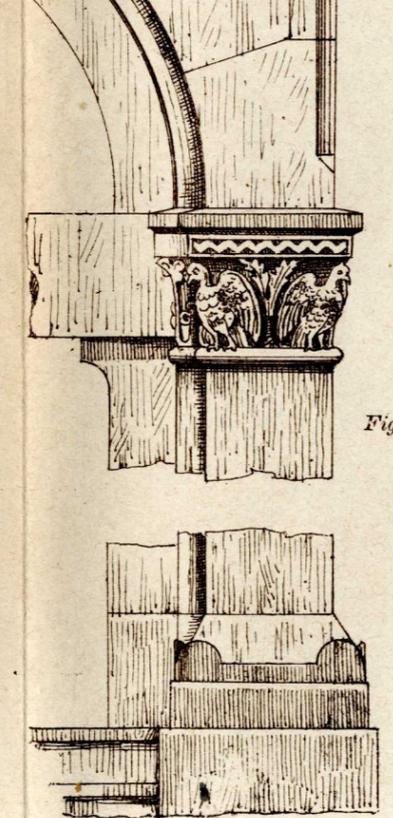


Fig. 9, 10 e 11. — Arco laterale e suoi capitelli.

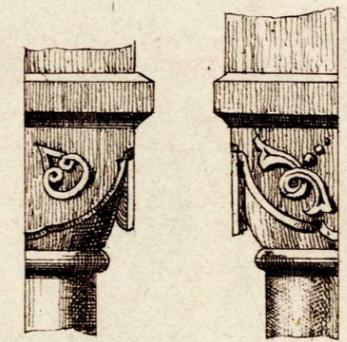


Fig. 12. — Decorazione delle porte laterali.



Fig. 13. — Altro capitello delle porte laterali.

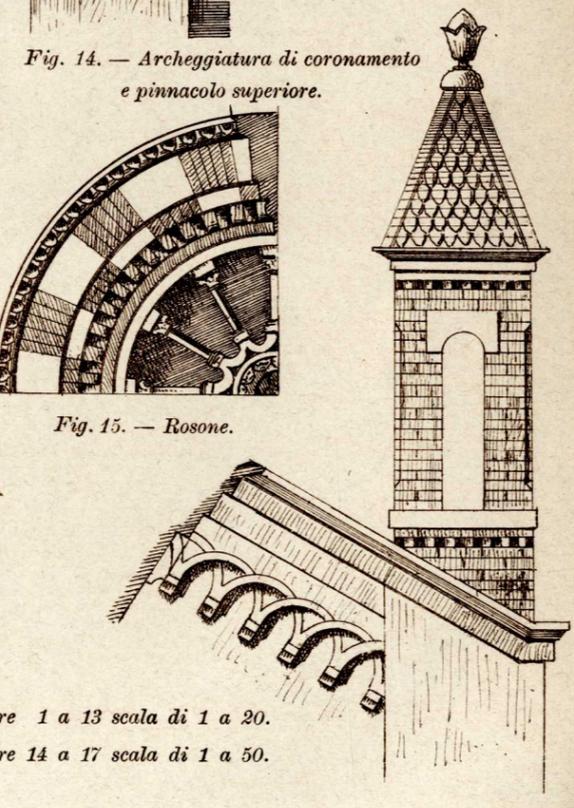
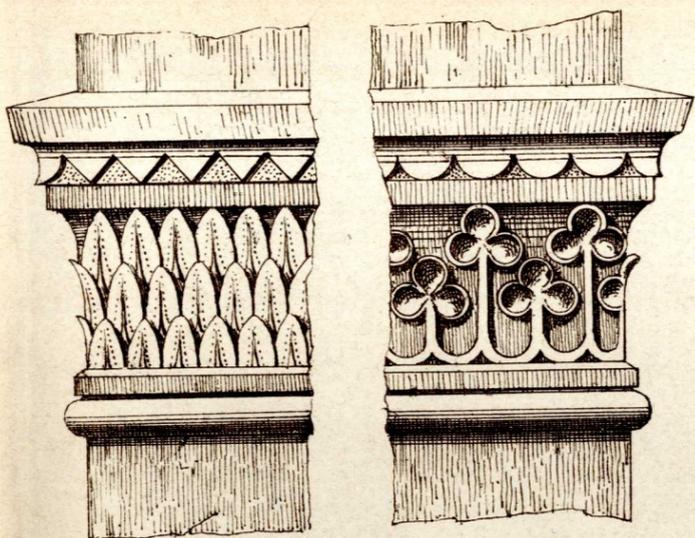


Fig. 14. — Arceggiatura di coronamento e pinnacolo superiore.

Fig. 15. — Rosone.

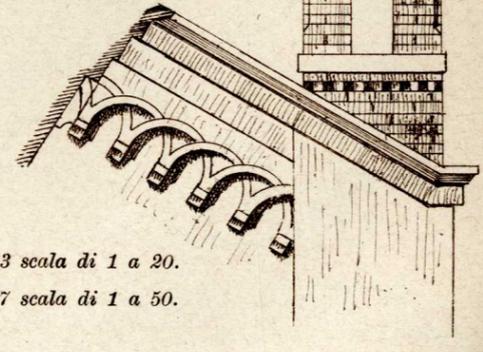
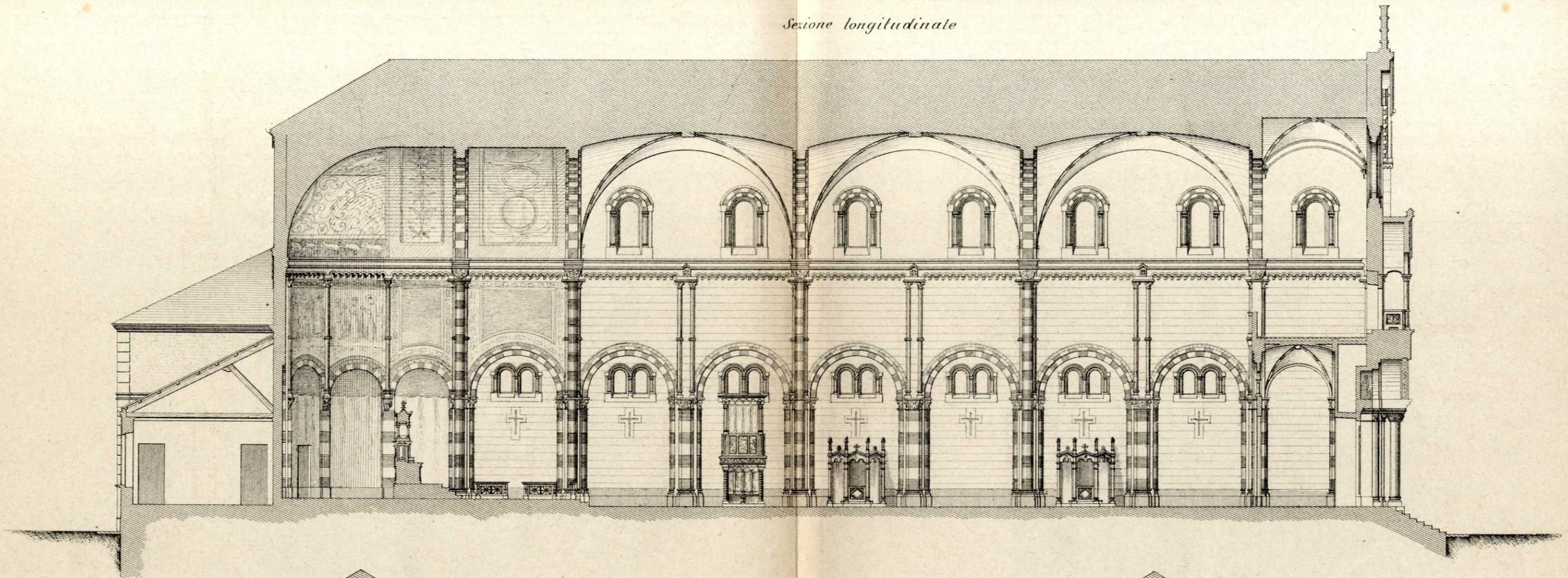


Fig. 16. — Croce di colmo.

Per le figure 1 a 13 scala di 1 a 20.
Per le figure 14 a 17 scala di 1 a 50.

Fig. 17. — Pinnacolo inferiore e cornice.

Sezione longitudinale



Sezioni trasversali verso l'altar maggiore e verso l'ingresso

Scala di 1 a 200

