

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Giornale di tutte le opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

MECCANICA APPLICATA

IL NUOVO MOTORE A SCOPPIO DI OTTO

per l'Ingegnere ANGELO BOTTIGLIA.

(Veggasi la tavola VII).

Motori a scoppio in generale. — Fra le prime macchine motrici a scoppio che furono ideate con forma pratica, devonsi annoverare quella di Lenoir, costruita dal Marinoni di Parigi circa verso il 1859; in essa la miscela di gas-luce ed aria, introdotta per metà della corsa semplice dello stantuffo nel cilindro, veniva incendiata con una scintilla elettrica fornita da un apparecchio d'induzione di Rhumkorff; — allora bruscamente ed a volume costante la temperatura e la pressione del gas si accrescevano, il fluido si espandeva e spingeva lo stantuffo sino al termine della sua corsa; i prodotti della combustione venivano cacciati nell'atmosfera nella corsa retrograda. — La macchina era orizzontale, a doppio effetto, col cilindro circondato da una corrente di acqua fredda destinata a fare l'ufficio di refrigerante. — Per la disposizione, semplicità e solidità del meccanismo attirò subito questa motrice l'attenzione degli industriali, sicché Tresca eseguì su di essa accurate esperienze, i cui risultati (riportati negli *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, a pag. 849 e seguenti del tomo I) condussero alle seguenti conclusioni:

1° Soventi, e massime quando la velocità era grande, la miscela non esplodeva;

2° Il gas-luce consumato per cavallo a vapore all'ora superava i tre metri cubi;

3° L'andamento del motore era irregolare, con un consumo d'acqua considerevole.

Al primo di questi inconvenienti riparò Hugon nel 1866 sostituendo all'infiammatore elettrico di Lenoir quello a fiamma di gas-luce, e dando alla macchina ed agli apparecchi della distribuzione una disposizione differente; ma anche su questo motore le esperienze di Tresca (*Annales du Conservatoire, etc.*, a pag. 69 e seguenti del tomo VI) diedero risultati poco soddisfacenti; e mentre si riconobbe che lo scoppio della miscela avveniva più regolarmente, si trovò ancora un consumo di gas per cavallo a vapore all'ora di circa metri cubi 2,450. — Il motore Hugon quindi portava una spesa assai riguardevole e che nell'interesse della piccola industria si doveva dai costruttori cercare di diminuire.

Si fu allora che i signori Otto e Langen, di Vienna, ritornando al concetto delle macchine a scoppio ideate parecchi anni prima dagli italiani Barsanti e Matteucci, costruirono i loro motori atmosferici, nei quali lo stantuffo lanciato violentemente in alto dall'esplosione avvenuta nel cilindro, ridiscende trasmettendo all'albero del volante una parte del lavoro dovuto alla gravità ed al peso proprio dello stantuffo. — Questi motori, all'epoca dell'Esposizione Mondiale del 1867, diedero, nelle esperienze fatte dal già citato Tresca, risultati così superiori a tutte le altre motrici a scoppio, che questi dichiarò risolto dai signori Otto e Langen il problema economico riguardante questi motori, avendovi trovato un consumo di gas metà di quello che era nelle precedenti macchine. — Perfezionarono in seguito gli stessi costruttori il loro motore per modo, che all'Esposizione di Vienna del 1873 poterono presentare una motrice che con poco costo, in piccolo spazio e con facile maneggio non consumava che circa 1 metro

cubo di gas per cavallo a vapore all'ora; era questa in una parola la motrice più conveniente alla piccola industria. Se non che, queste macchine, per quanto convenientissime dal lato economico, presentano un difetto reso tanto più grave e sensibile da che esse, destinate alla piccola industria, devono installarsi nell'interno delle città e dei fabbricati; questo difetto è quello del gran rumore che fanno e del disturbo che recano agli abitanti dei dintorni. — Un altro difetto è quello della velocità difficilmente uniforme e dell'impossibilità di costruirle d'una potenza superiore ai 3 o 4 cavalli, richiedendosi allora dimensioni troppo eccessive e producendo un rumore affatto insopportabile.

In vista di ciò e convinti i costruttori dell'importanza di questi appunti, si diedero attorno a studiare un nuovo motore a scoppio il quale fosse altrettanto e forse più economico di quello atmosferico e non avesse gli inconvenienti sopra lamentati. — Il problema era arduo e difficile, imperocchè volendo eliminare il rumore si doveva abbandonare il motore nel quale il lavoro vien prodotto dalla forza di gravità e dalla pressione atmosferica e ritornare di necessità ai motori nei quali il lavoro utile è direttamente ottenuto dall'espansione che subiscono i prodotti dall'esplosione; ma ciò facendo si andava nuovamente incontro ad un maggior consumo di gas e quindi a rendere difettoso il motore sotto altro aspetto, che è quello dell'economia. — Infatti nelle macchine a scoppio ordinarie, e specialmente in quelle di Lenoir ed Hugon, a motivo della contrazione che soffre il fluido nella combinazione chimica del gas-luce coll'aria, la sua pressione rapidamente scende e diventa minore di quella esterna avanti il termine della corsa diretta dello stantuffo quando la temperatura cessa di essere elevatissima, ed allora nasce un lavoro resistente che è causa di un maggior consumo di gas. — Questa circostanza unitamente alla imperfezione colla quale si fa il miscuglio ed alla corrente d'acqua fredda che non permette alla temperatura d'esplosione di raggiungere quel limite che si suppone raggiunga, fa sì che le macchine a scoppio ordinarie finora costrutte presentavano sempre più consumo di gas a fronte di quelle atmosferiche, per le quali viene non solo utilizzata tutta l'espansione del gas ma eziandio la forza viva dello stantuffo acquistata nella sua salita.

Ciò non pertanto l'ingegnere Otto riconoscendo che la causa principale del gran consumo di gas nelle macchine a scoppio era l'abbassamento rapido della temperatura dei prodotti dell'esplosione e la non perfetta combustione della miscela, pensò di comporre un motore il quale non presentasse questi inconvenienti, e vi riescì ideando il suo motore orizzontale silenzioso a semplice effetto. — In esso il miscuglio di gas-luce ed aria aspirato nel cilindro non viene subito fatto esplodere, ma prima si rende più perfetto il miscuglio e se ne accrescono la temperatura e la pressione; allora la combustione riesce più completa, restano eziandio accresciute la temperatura e la pressione dell'esplosione, ed i gas possono così espandersi ricavando un lavoro sufficiente senza che per ciò la loro pressione discenda al disotto di quella esterna. — Che ciò avvenga è confermato dai diagrammi ricavati coll'indicatore, i quali sono così conformati che la curva non passa mai al disotto della linea atmosferica.

Come poi l'ingegnere Otto sia pervenuto a rendere più intimo il miscuglio e ad accrescerne la temperatura e la pressione prima che esploda, si vedrà in seguito dopo aver esa-

minato minutamente come sia composto e come funzioni il suo motore.

Descrizione del motore orizzontale a scoppio di Otto. — I. Consta l'insieme della macchina di una robusta intelaiatura di ghisa la quale porta di sbalzo il cilindro motore A (tav. VII, fig. 1, 2 e 3) e l'albero a gomito B poggiandosi sopra due sostegni venuti di getto coll'intelaiatura stessa; entro il cilindro scorre di moto alterno lo stantuffo che trasmette il moto circolare all'albero motore mercè un nerbo attaccato alla testa scorrevole C; — il cilindro è aperto ad un'estremità, quindi la macchina è a semplice effetto. Sull'albero motore trovansi calettati il volante V, la puleggia motrice P ed una ruota conica che comunica il moto circolare ad un'albero orizzontale D, parallelo all'asse del cilindro, destinato a porre in moto gli organi della distribuzione e che chiameremo perciò *albero della distribuzione*; le ruote coniche hanno rispettivamente 28 e 56 denti per guisa che l'albero della distribuzione farà due giri mentre quello motore ne fa uno solo. Con una manovella E calettata all'estremità dell'albero D e con un tirante F si dà moto alterno al cassetto o piastra traforata G, la quale regola a seconda delle sue posizioni l'introduzione della miscela di gas-luce ed aria nel cilindro motore, promuove lo scoppio, l'espansione e la scarica dei prodotti della combustione. — Porta inoltre questo albero della distribuzione due manicotti od eccentrici H ed I armati, il primo di una sporgenza s, ed il secondo di due risalti s' ed s''; — a contatto del manicotto H viene il braccio di una leva L che per l'altro estremo L' batte contro il gambo di una valvola conica che pel condotto M apre o chiude l'arrivo del gas nel cassetto; — a contatto del secondo eccentrico I preme l'estremo di un'altra leva N volta verso il basso ad angolo retto, avente per ufficio di aprire o chiudere la valvola di scarica dei prodotti dello scoppio. — Tanto l'una quanto l'altra di queste leve, in virtù di molle a spira, sono, nello stato normale della macchina, mantenute in posizioni tali da tener chiuse le valvole d'arrivo del gas e di scappamento; ma quando contro di esse vengono ad agire gli eccentrici H ed I, allora esse sollevano le valvole della loro sede, aprono gli orifici d'arrivo o di scarica e non ricadono a chiuderli se non quando cessa l'azione di dette sporgenze. — Indipendentemente dalla valvola d'arrivo mossa come si è indicato dalla leva L, havvi ancora un'altra valvola a chiave Q la quale viene aperta dal macchinista appena si vuol fare agire il motore, ed allora il gas-luce arrivando dal contactore col tubo R attraversa la luce di questa valvola per poscia attraversare quella aperta dalla leva L e così incamminarsi al cassetto che lo porta nel cilindro convenientemente mescolato coll'aria.

I prodotti dello scoppio nella corsa retrograda dello stantuffo vengono cacciati attraverso alla valvola di emissione e condotti dal tubo S dapprima in un recipiente ove si depositano i prodotti liquidi o che possono liquefarsi quando s'abbassa d'alquanto la temperatura, e poscia versati direttamente nell'atmosfera od in un camino. L'aria che deve produrre col gas-luce la miscela non viene dallo stantuffo richiamata direttamente dall'atmosfera, ma da una cassa cilindrica U, nella quale sono praticate una o più aperture circolari difese ordinariamente da tela metallica ed attraverso cui l'aria passa depositando quelle materie e pulviscoli che potrebbe tener sospesi e che introdotti nel cilindro sarebbero causa di guasti nella macchina.

Il cassetto scorre tra il fondo del cilindro ed un coperchio mobile Z (fig. 2 e 3) trattenuto contro da due molle a spira robustissime v; egli è attraverso questo coperchio che il gas passa prima di mescolarsi coll'aria. In questo stesso coperchio Z trovasi ancora praticata una cavità α (figure 40 e 41, nel testo) nella quale brucia costantemente una fiamma a gas alimentata da un tubo β che viene da terra, e munita di tubo cilindrico γ che fa da camino. La macchina è dotata di apparecchio regolatore a forza centrifuga il cui modo di funzionare è identico a quello dei regolatori stati applicati dagli stessi fabbricanti alle macchine atmosferiche. — Per formarsi un'idea di questo regolatore si consideri l'albero verticale $\omega\omega$ (tav. VII, fig. 1) ricevente il moto con ruote di

angolo dall'albero della distribuzione D; l'estremità inferiore di quest'albero porta due bracci orizzontali (a cui sono attaccate a snodo le sfere δ) racchiusi nella cavità di una specie di toro di rivoluzione $\varepsilon\varepsilon$ folle sull'albero $\omega\omega$. Crescendo la velocità della macchina oltre quella di regime, le sfere si alzano, sollevano il toro e questo con una leva ad angolo ϕ trasporta il manicotto H da destra verso sinistra; allora cessando di funzionare la sporgenza s, resta chiusa la valvola d'arrivo del gas, e la macchina privata del fluido motore si rallenta finchè ritorna alla sua velocità normale; quando ciò sia avvenuto, le sfere δ si saranno abbassate, la leva ϕ gravata dal peso del toro $\varepsilon\varepsilon$ ricondurrà di nuovo a sito il manicotto e questo col bocciuolo s farà di nuovo agire la valvola d'alimentazione. Intanto si scorge che con questo regolatore il consumo di gas sarà sempre in relazione al lavoro sviluppato ed utilizzato; infatti appena che questo lavoro, per esempio, diminuisce, la macchina tende ad accelerarsi, ma allora funziona il regolatore il quale ha per effetto di ridurre appunto la quantità di gas che si introduce nel cilindro. A completare la descrizione, devesi ancora notare che la lubrificazione del cassetto e del cilindro è fatta da una specie di ruota o noria contenuta in una scatola μ ed armata di due piccoli cucchiari; questi durante la rivoluzione della ruota vengono a pescare olio sul fondo di questa cassa μ ed a versarlo in due tubetti ν dei quali — uno porta la lubrificazione tra il cassetto ed il fondo del cilindro — l'altro tra lo stantuffo e la parete del cilindro stesso. — Il moto a questa ruota a cucchiari è trasmesso con balteo ρ dall'albero della distribuzione D. Finalmente osserverò che il cilindro è a doppia parete cioè è munito di un involucro nella cui intercapedine circola continuamente acqua che proviene col mezzo di un tubo τ (fig. 2) dal fondo di un tino o serbatoio d'acqua fredda e vi ritorna alla parte superiore di questo dal tubo τ' ; la lunghezza interna del cilindro è d'assai superiore alla corsa semplice dello stantuffo, cioè presenta verso il fondo dello specchio uno spazio così detto nocivo, eguale in lunghezza a più della metà della corsa stessa, continuamente ripieno dei prodotti dell'esplosione avvenuta nel colpo precedente.

Tutta la macchina riposa sopra un basamento in muratura di mattoni (fig. 1, 2, 3) sul quale viene fissata mediante apposite chiavarde; la forma, disposizione e dimensioni della macchina riportate nelle figure 1, 2, 3 e seguenti si riferiscono a quella che venne collocata nello stabilimento dell'Unione Tipografico-Editrice di Torino, via Carlo Alberto, 33, della forza effettiva di 4 cavalli a vapore.

II. Dalla descrizione suesposta della macchina Otto, scorgesi di leggieri che i congegni principali a cui devesi rivolgere specialmente l'attenzione onde rendersi conto della sua maniera di funzionare, sono:

- a) L'albero della distribuzione coi suoi accessori.
- b) Lo specchio sul fondo del cilindro ed il registro della distribuzione col suo coperchio.

Esaminiamo partitamente queste parti:

a) Per l'albero della distribuzione devesi osservare che i manicotti H ed I hanno le loro sporgenze s, s' ed s'' così disposte che supponendo lo stantuffo motore all'origine della sua corsa cioè nella posizione in cui venne rappresentata la macchina nelle figure 1, 2 e 3, questi bocciuoli si trovano nelle posizioni disegnate con linee piene nella fig. 4 alla scala di $1/2$ del vero; — la manovella invece che comanda la piastra della distribuzione è a 45 gradi in avanti coll'orizzontale, cioè ha in questo stesso istante la posizione rappresentata dal raggio che va alla divisione 1 (fig. 4). — Perciò indicando coi raggi I, II, III, ecc... VIII le successive posizioni che prende la manovella motrice (fig. 5), osservando che la rotazione deve essere quella indicata dalla freccia, ritenendo che il raggio I è quello della posizione della manovella corrispondente al punto morto in avanti, e ricordando infine che il rapporto della velocità dell'albero motore a quello della distribuzione è di 1 a 2, è facile vedere che le successive posizioni che prende la manovella del cassetto corrispondente a quelle assunte dalla manovella motrice saranno, sopra lo stesso piano, indicate dai raggi che vanno

ai punti 1, 2, 3... 8 (fig. 5); con questa rappresentazione sarà sempre possibile avere, per una determinata posizione dello stantuffo, quella del registro di distribuzione, così, per esempio, diremo che le posizioni estreme 2 e 6 del cassetto corrispondono alle posizioni II e VI della manovella motrice, cioè quando lo stantuffo è a metà corsa. Anzi avendo segnate queste posizioni della manovella del cassetto nella figura 4, potremo anche dedurre le posizioni che hanno i risalti s , s' ed s'' in relazione a date posizioni del cassetto e dello stantuffo; basterà a tal uopo riferire, per es., al raggio 1 la posizione di questi risalti e cercare dove va a collocarsi questo raggio in un determinato istante per sapere eziandio dove si troveranno le sporgenze s , s' ed s'' nello stesso istante, e così conoscere quand'è che esse agiscono sulle valvole d'arrivo e di scarica.

b) Nella figura 44 è rappresentata alla scala di 1/5 la piastra o cassetto della distribuzione G visto di fronte; nelle figure dal num. 45 al 50, diverse sezioni trasversali fatte in differenti punti del cassetto e del coperchio; nella figura 42 il piano dello specchio; nella figura 43 il coperchio visto dalla faccia interna; nelle figure 40 e 41 due sezioni orizzontali nell'insieme del cassetto, coperchio e specchio, delle quali, l'una fatta nell'istante in cui si fa l'alimentazione, l'altra fatta quando sta per succedere lo scoppio.

Il gas che deve fare il miscuglio arriva dal tubo π del coperchio Z (fig. 40, 41, 43 e 48) e per la luce rettangolare f entra nei quattro forellini f_1 praticati nel cassetto (fig. 40, 44 e 48); ivi il gas incontra e si mescola coll'aria che proviene dal recipiente U per mezzo del condotto a e delle luci b e c , e poscia per mezzo della luce e praticata nella piastra il miscuglio entra nel cilindro dal condotto d (figure 42 e 50); la figura 40 rappresenta appunto la posizione che ha la piastra nell'istante dell'alimentazione poichè in essa coincidendo i fori f_1 colla luce f del coperchio, le luci c ed e con quelle b e d , può formarsi il miscuglio ed entrare nel cilindro chiamatovi dall'aspirazione dello stantuffo. Nel coperchio trovasi ancora un condotto l (fig. 43 e 45) piegato ad angolo retto in h_1 , h_2 , continuamente ripieno di gas ed alimentato da apposito tubo che viene dal basso; questo condotto, per quasi tutta la corsa del cassetto, è in comunicazione con un altro h scolpito ed attraversante la piastra. Il canale h poi si divide in due: un ramo orizzontale si prolunga sino contro allo specchio (fig. 42, 46 e 47) ed ivi quando la piastra è all'estremità di sinistra della corsa coincide con un terzo condotto orizzontale k dello stesso diametro che mette capo nell'interno del cilindro; — l'altro ramo piega invece verso il basso e viene a riempire di gas una cavità esistente nel cassetto. — Questa cavità (fig. 46 e 47) ha verso il coperchio scolpite due luci rettangole g e g_1 , delle quali quella inferiore g_1 è continuamente in comunicazione coll'atmosfera, e l'aria esterna può arrivarvi dalla luce n , quella superiore g comunica sempre col fornello γ dove continuamente arde la fiamma β ; l'aria necessaria all'alimentazione di questa fiamma giunge dalla finestrella rettangolare m_1 (fig. 46).

Modo di funzionare del motore. — Venne già avvertito che il rapporto della velocità angolare dell'albero motore a quella dell'albero della distribuzione è di 1 a 2, quindi risulta manifesto che il periodo durante il quale si dovrà studiare l'azione della macchina sarà quello corrispondente a due rivoluzioni intere dell'albero motore, cioè a due colpi completi di stantuffo, imperocchè per essi si ha una sola corsa completa del cassetto o registro di distribuzione; — nel primo colpo completo di stantuffo si fa l'aspirazione della miscela gasosa e se ne aumenta la sua pressione e temperatura, nel secondo avviene lo scoppio, l'espansione e la scarica.

Consideriamo adunque il gomito dell'albero al suo punto morto avanti e quindi lo stantuffo all'origine della sua corsa, e supponiamo dal macchinista aperta la valvola del gas Q; allora in quest'istante la manovella motrice è rappresentata dal raggio V (fig. 5), quella del cassetto da 5 ed i bocciuoli o sporgenze dei manicotti H ed I avranno le posizioni disegnate in punteggiato (fig. 4). — Prima di procedere oltre è d'uopo avvertire che qui si considera lo stantuffo nell'istante in cui sta per incominciare il colpo d'aspirazione della mi-

scela; epperò in quest'istante la manovella del cassetto non può avere la posizione 1, ma quella 5 diametralmente opposta; la posizione 1 corrisponderebbe all'altro punto morto I del gomito dell'albero cioè quando lo stantuffo ha già dato un colpo completo e sta per incominciare quello successivo durante il quale avviene lo scoppio.

Ruotando l'albero nel verso indicato dalle frecce di 90 gradi, il suo gomito passerà in VI, la manovella della piastra in 6, e l'albero della distribuzione avendo girato di 45 gradi, il risalto s avrà sollevata ed aperta la valvola d'arrivo del gas; in questa posizione, che è quella indicata dalla fig. 40, i fori f_1 del cassetto coincideranno colla luce f del coperchio da cui arriva il gas, la luce c si troverà sovrapposta a quella b donde proviene l'aria, la luce e coprirà la d , ed allora aspirando lo stantuffo chiamerà nel cilindro il miscuglio esplosivo. — Continuando a girare l'albero, la piastra comincerà la sua corsa da sinistra verso destra, cesseranno di sovrapporsi le luci sovraccennate, e così si arresterà l'aspirazione; intanto la sporgenza s avendo abbandonato il gambo L della leva, torna a chiudersi la valvola d'alimentazione e la manovella motrice giungerà in VII, lo stantuffo al fondo della sua corsa semplice e la manovella della piastra in 7. Da quest'istante, i risalti dei manicotti H ed I non agendo sulle leve che comandano le valvole d'alimentazione e di scarica e le luci dello specchio essendo mascherate dalla piastra, lo stantuffo imprenderà la sua corsa retrograda durante la quale, cioè fino a che il gomito motore sia giunto in I e la manovella E in 1, comprimerà la miscela aspirata. — Sarà così avvenuto il primo colpo completo di stantuffo che si potrà chiamare colpo d'aspirazione o d'alimentazione perchè con esso non si fa altro che aspirare nel cilindro il fluido che deve esplodere nel colpo successivo. — Durante questo primo colpo poi il canale h (fig. 44 e 46) del registro, restando sempre sovrapposto al canale h_1 , continuamente ripieno di gas-luce, vorrà dire che la capacità $g_1 g_1$ del registro G sarà sempre ripiena di gas, che si mescolerà con aria quando questa capacità viene a passare davanti al canale $n n_1$ del coperchio (fig. 46); allora questo miscuglio brucierà per l'accensione trasmessagli attraverso alla luce m dalla fiamma che arde nel camino γ . — Questa combustione continuerà ancora quando, la piastra proseguendo la sua corsa da destra verso sinistra, la capacità $g_1 g_1$ avrà oltrepassate le luci m ed n del coperchio, e ciò perchè rimane ancora un poco di miscela di gas e d'aria da bruciare; resterà adunque nella capacità citata una massa gasosa in combustione, la quale produrrà l'accensione e lo scoppio di quella contenuta nel cilindro nel modo seguente:

Giunto lo stantuffo alla posizione di partenza, cioè il gomito dell'albero in I, esso imprenderà la corsa del colpo successivo e giungerà a metà della corsa diretta colla sua manovella motrice in II e la manovella del registro in 2; in quest'istante la luce i ed il canale h (fig. 40 e 46) coincidono colla luce d e col canale k (fig. 41 e 47), e siccome nella capacità $g_1 g_1$, e nel canale h , per quello che fu sopra spiegato trovasi una massa di gas che non ha terminato di bruciare, così questa attraverso alla suddetta luce d e canale k trasmetterà l'accensione entro il cilindro e ne promuoverà lo scoppio. — Lo stantuffo vien allora cacciato al fondo della sua corsa, la manovella motrice passerà in III e il cassetto avrà di nuovo mascherati i canali d e k .

Il lavoro motore sviluppato dalla dilatazione dei gas dell'esplosione e raccolto sull'albero, farà acquistare al volante tanta forza viva che questo costringerà lo stantuffo a compiere la sua corsa retrograda. — Intanto però tenendo dietro anche alle successive posizioni dei risalti s ed s' si vede che arrivato il gomito dell'albero in III e la manovella E in 3, la palmola s' comincerà ad agire sulla leva N ed aprirà la valvola di scarica, continuando a tenerla aperta per tutta la corsa retrograda dello stantuffo. — Le manovelle motrici e del cassetto adunque passeranno per le rispettive posizioni IV e 4 che sempre funziona la scarica e giungeranno alle posizioni di partenza V e 5 ed i risalti s , s' ed s'' avranno quelle indicate in linee punteggiate nella figura 5, cioè quelle posizioni che avevano quando abbiamo cominciato ad esaminare il gioco della macchina.

Da quest'istante ricominceranno lo stantuffo, la piastra, i risalti, ecc., a passare per le stesse fasi e compiere gli stessi uffici che ho cercato di spiegare e si ripeteranno periodicamente ogni due colpi completi di stantuffo, cioè ogni due giri dell'albero motore.

Terminerò col dire che il secondo risalto s'' del manico I, il cui ufficio non venne sopra rintracciato, serve ad aprire per breve durata e di poca quantità la valvola di scarica nella corsa retrograda dello stantuffo nel primo colpo di aspirazione. — Difatti nei primi giri della macchina, il volante non ha ancora acquistata forza viva sufficiente da poter con tutta facilità eseguire la compressione del miscuglio corrispondente alla corsa retrograda del primo colpo d'aspirazione, ed allora il macchinista facendo scorrere il manico I da destra verso sinistra porterà sulla leva N l'azione di tutti e due i risalti s' ed s'' e così si produrrà un po' di scarica della miscela aspirata durante questo periodo di compressione riducendo perciò la resistenza che incontra la macchina nei primi suoi istanti d'azione. — Appena la macchina avrà acquistata la velocità conveniente, si riconduce a posto il manico I; non funzionerà più il risalto s'' e non si perderà più nulla della miscela esplosiva.

Diagramma e teoria della macchina. — I. Rendersi conto del fenomeno termo-meccanico che si produce dall'istante in cui il fluido viene introdotto nel cilindro motore sino a quello in cui esso è completamente scacciato, e poter tradurre e rappresentare graficamente l'evoluzione termica che questo fluido compie durante una pulsazione completa della macchina (nel motore Otto la pulsazione è di due colpi completi di stantuffo) è la parte più interessante e più adatta per far conoscere la natura e bontà della macchina stessa. Ora se ci facciamo ad esaminare il motore orizzontale di Otto vediamo che il fluido nel compiere l'evoluzione nel cilindro non solo non ritorna più esattamente allo stato fisico di partenza, ma in esso, pel fatto della violenta combustione che avviene, si producono fenomeni poco determinati e talvolta così complessi, che il ciclo che volesse riprodurre graficamente mediante il solito metodo di ordinate ed ascisse i differenti stati pel quale passa il fluido dovrebbe necessariamente essere aperto ed invertibile e difficilmente si presterebbe ad essere trattato col calcolo. Converrà quindi contentarci di un diagramma teorico che si avvicini però il più possibile a quello ricavato coll'indicatore e rappresenti in modo meglio conforme al vero il fenomeno.

Questo diagramma servirà inoltre a rendere più evidente quello che già dissi parlando dei criteri che condussero l'ingegnere Otto alla costruzione del suo motore orizzontale a scoppio. Difatti risulterà che al pari dei motori Lenoir ed Hugon, il lavoro motore che si raccoglie sullo stantuffo è bensì dovuto alla dilatazione dei prodotti dell'esplosione che si fa nel cilindro, ma fra questi ed il motore Otto ha una differenza sensibile e capitale per rapporto ai differenti periodi dell'evoluzione fatta percorrere dal fluido; questa differenza sta in ciò, che nella motrice Otto utilizzando parte del calore ceduto alle pareti del cilindro e quello rimasto nei prodotti dell'esplosione non completamente discacciati, la temperatura e la pressione della miscela vengono a volume costante accresciute prima di esplodere.

Tutto ciò apparirà meglio dal diagramma che teoricamente si può considerare composto dei seguenti periodi:

1° Mentre sta per incominciare la corsa diretta del colpo che abbiamo chiamato d'aspirazione, lo spazio nocivo compreso tra la faccia dello stantuffo ed il fondo del cilindro trovasi ripieno dei prodotti gassosi rimasti dalla pulsazione precedente, i quali occupando un volume v_a con una pressione eguale a quella esterna potremo rappresentare col punto A (fig. 51). Intanto lo stantuffo imprende la sua corsa diretta e giunto a metà di questa avrà aspirato un volume di miscuglio di temperatura e pressione eguali a quelle esterne; chiamando quindi p_b la pressione esterna, $v_b - v_a$ il volume generato dallo stantuffo, τ_b la temperatura assoluta corrispondente, lo stato fisico del gas che si trova nel cilindro alla fine del periodo d'aspirazione sarà indicato dal punto

B e lo stantuffo avrà raccolto per parte del gas aspirato un lavoro positivo rappresentato dall'area $AB_p b v_a$.

2° Poscia lo stantuffo va sino al termine della sua corsa diretta, la miscela aspirata si dilata percorrendo una certa linea termica BC, che è lecito supporre a temperatura costante τ_b , perchè questa espansione si può ritenere fatta non a spese del calore proprio del gas ma in gran parte di quello ceduto dalle pareti del cilindro riscaldate dall'esplosione precedente ed in parte dal calore contenuto nei gas rimasti nel cilindro ed occupanti il volume v_a . Il gas giungerà così allo stato C (p_c, v_c, τ_b) e lo stantuffo avrà ricevuto un secondo lavoro positivo rappresentato dall'area $BC_v c v_b$.

3° Avviene la corsa retrograda ed allora la miscela (col concorso dell'acqua) avendo già spogliate le pareti del cilindro del loro calore, resterà compressa per tutta questa corsa, cioè sino al volume v_a non più a temperatura costante ma più prossimamente senza ricevere nè trasmettere calore, passerà cioè dallo stato C (p_c, v_c, τ_b) allo stato D (p_d, v_a, τ_d) percorrendo la linea adiabatica CD e questa volta sarà lo stantuffo che avrà esercitato sul fluido un lavoro negativo dato dall'area $CD_v a v_c$.

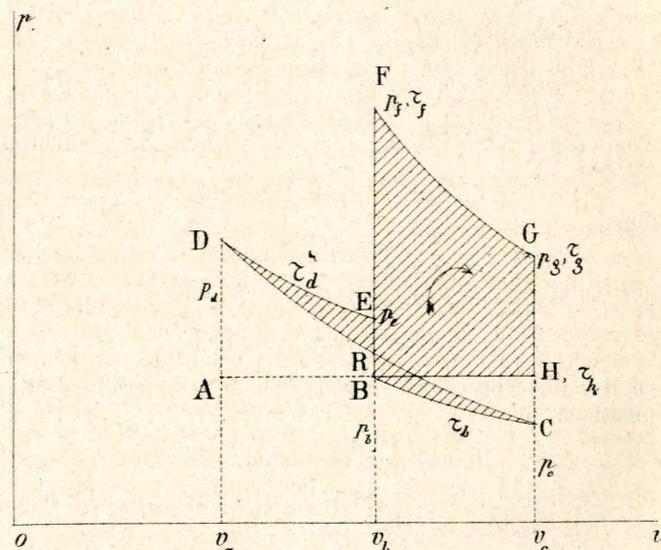


Fig. 51

4° Comincia il colpo successivo dello scoppio e il miscuglio lungo la linea isoterma DE, si dilata sino al volume v_b producendo sullo stantuffo un lavoro positivo $DE_v b v_a$. Dico isoterma la linea DE perchè quest'ipotesi è più prossima alla realtà, ricevendo il fluido il calore necessario, dalla condensazione parziale del vapor d'acqua certamente contenuto nei prodotti dello scoppio precedente rimasti nel cilindro. Al fine di questo periodo DE, il fluido motore ritornerà adunque ad occupare il volume v_b che occupava quando venne aspirato, ma la sua temperatura τ_d e la sua pressione p_e saranno accresciute a fronte di quelle d'introduzione p_b e τ_b ; ed ecco perchè si disse che il motore Otto ha per effetto di far esplodere la miscela portandola prima ad una temperatura e pressione superiori a quelle di aspirazione.

5° Giunto il fluido allo stato E (p_e, v_b, τ_d) avviene lo scoppio, ed allora i prodotti di questo acquistano rapidamente a volume costante v_b la temperatura τ_f e pressione p_f e passano allo stato F (p_f, v_b, τ_f).

6° Partendo da questo stato il gas si espande dal volume v_b al volume v_c percorrendo la linea che supporremo adiabatica FG e trasmettendo allo stantuffo un lavoro positivo raffigurato nell'area $FG_v c v_b$.

7° Si apre la valvola di scarica ed allora i gas dallo stato G (p_g, v_c, τ_g) rapidamente passeranno allo stato H (p_b, v_c, τ_h) lungo la linea a volume costante GH.

8° Finalmente lo stantuffo ritorna indietro, caccia pel tubo di scarica i prodotti della combustione e si ritorna allo stato rappresentato dal punto A dal quale siamo partiti; durante quest'ultimo periodo lo stantuffo soffre un lavoro resistente rappresentato dall'area $HA v_a v_c$.

La somma algebrica di tutti questi lavori, cioè positivi esercitati sullo stantuffo e negativi dallo stantuffo fatti sul fluido, darà il lavoro teorico effettivamente prodotto durante l'evoluzione e trasmesso all'albero motore; questa somma è manifestamente rappresentata dalla differenza delle due aree triangolari BCR, DER accresciuta dall'area quadrilatera BFGH.

Quanto al lavoro eseguito dalla pressione atmosferica esso sarà nullo durante un'intera pulsazione perchè composto di due parti eguali e di segno contrario.

II. Applichiamo a questo diagramma la teoria meccanica del calore, e consideriamo, come sempre si fa, una macchina nella quale per ogni pulsazione si consumi un chilogrammo di miscuglio-motore.

Dalle esperienze fatte sulle macchine a gas di Lenoir, Hugon, Otto e Langen (riportate negli *Annales du Conservatoire*, ecc., tomo VII, e negli *Atti del Reale Istituto Lombardo di Scienze, lettere ed arti*, anno 1862) risulta che per la combustione del gas-luce nel cilindro occorrono da 11 a 13 volumi d'aria per uno di gas-luce, quindi ritenendo un numero medio di 12, chiamando x il volume proporzionale di gas contenuto in 1 chilogrammo di miscuglio, e ricordando che 0,692 e 1,3 sono i pesi specifici del gas e dell'aria avremo

$$0,692x + 1,3 \times x \times 12 = 1 \text{ kg.}$$

donde

$$x = 0,0613$$

per cui il volume d'aria corrispondente sarà

$$12 \times 0,0613 = \text{m.c. } 0,7356$$

ed il volume specifico del miscuglio a zero gradi ed alla pressione normale

$$0,0613 + 0,7356 = \text{m.c. } 0,797$$

mentre invece alla pressione in atmosfera p_b ed alla temperatura assoluta τ_b vale

$$v_b - v_a = 0,797 \times \frac{\tau_b}{273 \times p_b}$$

Avuto il volume specifico del miscuglio per mezzo della equazione di elasticità

$$p_b (v_b - v_a) = R \tau_b \quad \dots (1)$$

si dedurrà il valore della costante R.

Ciò fatto chiamiamo c il calore specifico del miscuglio a pressione costante, γ il rapporto di questo calore specifico a quello a volume costante, A l'equivalente calorifico del lavoro, e poniamo

$$\frac{v_c}{v_b} = r \quad \frac{v_c}{v_a} = r_1 \quad \text{epperò} \quad \frac{v_c}{v_a} = r r_1$$

allora per l'isotermica BC avremo

$$p_c = p_b \frac{1}{r} \quad \dots (2)$$

ed il suo lavoro corrispondente $BC v_c v_b$ sarà dato da

$$R \cdot \tau_b \log. \text{ nat. } r \quad \dots (3)$$

per l'adiabatica CD.

$$p_d = p_c (r r_1)^\gamma \quad \dots (4)$$

$$\tau_d = \tau_b (r r_1)^{\gamma-1} \quad \dots (5)$$

ed il lavoro corrispondente $CD v_a v_c$ espresso da

$$\frac{c}{A \gamma} (\tau_d - \tau_b) \quad \dots (6)$$

per l'isotermica DE

$$p_e = p_d \frac{1}{r_1} \quad \dots (7)$$

ed il lavoro corrispondente $DE v_b v_a$ dato da

$$R \tau_d \log. \text{ nat. } r_1 \quad \dots (8)$$

Giunto il fluido nello stato E (p_e, v_b, τ_d) succede lo scoppio, quindi chiamando N il potere calorifico del gas-luce (a volume costante) e Q la quantità di calore necessaria al passaggio del fluido dallo stato E (p_e, v_b, τ_d) allo stato F (p_f, v_b, τ_f), supponendo che tutto il calore della combustione venga impiegato a produrre questo cambiamento di stato, avremo

$$Q = N x$$

Ma essendo EF una linea termica a volume costante si ha anche

$$Q = \frac{c}{\gamma} (\tau_f - \tau_d)$$

Perciò si dovrà avere

$$N x = \frac{c}{\gamma} (\tau_f - \tau_d)$$

da cui si ricavano per lo stato F corrispondente all'esplosione

$$\tau_f = \tau_d + \frac{N x \gamma}{c} \quad \dots (9)$$

$$p_f = p_e \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad \dots (10)$$

Dopo avviene l'espansione lungo l'adiabatica FG, giunti nello stato G ricaveremo

$$\tau_g = \frac{\tau_f}{r \gamma - 1} \quad \dots (11)$$

$$p_g = \frac{p_f}{r \gamma} \quad \dots (12)$$

e per il lavoro corrispondente raccolto dallo stantuffo $FG v_c v_b$ si ha

$$\frac{c}{A \gamma} (\tau_f - \tau_g) \quad \dots (13)$$

Infine per il vertice H del diagramma osservando che la linea GH è a volume costante si avrà

$$p_h = p_a = p_b \quad \dots (14)$$

$$\tau_h = \tau_g \frac{p_h}{p_g} \quad \dots (15)$$

Dallo stato H il fluido vien cacciato a pressione costante lungo la linea HBA e si ritornerà così al punto di partenza A.

Le equazioni (1) (2) . . . (15) somministrano le coordinate dei vertici del diagramma purchè siano noti i rapporti r ed r_1 , ed allora l'evoluzione del chilogrammo di miscuglio sarà completamente definita.

Il lavoro raccolto invece sullo stantuffo motore durante l'intera evoluzione sarà dato dalla somma algebrica dei lavori espressi nelle (3) (6) (8) (13) a cui si dovrà ancora aggiungere col segno meno il lavoro di scarica computato però solo sino al punto B (perchè da B in A il lavoro corrispondente è compensato da quello eguale e disegno contrario che si produce sull'aspirazione) $R \tau_h (1 - \frac{1}{r})$; chiamando L questo lavoro avremo

$$L = R \left(\tau_b \log. \text{ nat. } r + \tau_d \log. \text{ nat. } r_1 \right) + \frac{c}{A \gamma} (\tau_f - \tau_g + \tau_b - \tau_d) - R \tau_h \left(1 - \frac{1}{r} \right) \quad \dots (16)$$

Pressione media. — Denominasi pressione media quella che agendo durante una corsa semplice sulla faccia dello stantuffo produce lo stesso lavoro che si ricava dal fluido durante tutta la sua evoluzione, quindi essendo $v_c - v_a$ il volume generato dallo stantuffo durante questa corsa semplice si avrà per valore della pressione media in chilogrammi per metro quadrato

$$p_m = \frac{L}{v_c - v_a} \quad \dots (17)$$

Diametro del cilindro. — Chiamando d questo diametro, l la corsa semplice ed n il numero dei colpi completi (andata e ritorno dello stantuffo), osservando che l'evoluzione si fa durante due giri del volante, avremo

$$\frac{1}{2} \pi \frac{d^2}{4} l \times p_m \times \frac{n}{60} = \frac{75 \cdot F}{\epsilon} \quad \dots (18)$$

nella quale F ed ϵ indicano rispettivamente la forza della macchina in cavalli a vapore ed il coefficiente di rendimento o l'effetto utile del meccanismo.

Consumo di gaz per cavallo a vapore all'ora. — Denotando con C questo consumo in metri cubi, avremo manifestamente

$$C = \frac{x \times 75 \times 3600}{\epsilon \times L} \quad \dots (19)$$

III. Passiamo ad applicare la teoria sovra esposta al calcolo del motore Otto sopra descritto.

Ritenendo le denominazioni già poste ed assumendo

$$p_b = 1^{\text{atm.}} = 10333 \text{ chg. per mq.}$$

$$\tau_b = 283^\circ$$

$$N = 6500 \text{ calorie}$$

$$\gamma = 1,41$$

$$c = 0,24$$

$$A = \frac{1}{425}$$

ed osservando inoltre che per questo motore sono

$$\frac{v_c}{v_b} = r = 1,37$$

$$r r_1 = 2,192$$

$$\frac{v_b}{v_a} = r_1 = 1,60$$

Si ricava pel volume specifico del miscuglio

$$v_b - v_a = 0,797 \frac{283}{273 \times 4} = 0^{\text{mc.}}, 826$$

è quindi dalla (1) si avrà

$$R = \frac{10333 \times 826}{283} = 30,159$$

dalle equazioni poi (2), (4), (5), (7), si ottiene

$$p_c = \text{atm. } 0,73$$

$$p_a = \text{atm. } 2,208$$

$$\tau_a = 390^\circ$$

$$p_e = \text{atm. } 1,38$$

Se si ammette dietro le accurate esperienze di Tresca fatte nel 1867, che $\frac{1}{17}$ del calore Q svolto nella esplosione vada perduto per irradiazione, trasmissione, ecc., dalle (9) e (10), si ha

$$\tau_f = 390^\circ + 2203 = 2593$$

$$p_f = \text{atm. } 9,10$$

dalle (11), (12), (14), (15)

$$\tau_g = 2278^\circ$$

$$p_g = \text{atm. } 5,82$$

$$p_h = 1 \text{ atm.}$$

$$\tau_h = 391^\circ$$

Sostituendo questi valori nella equazione (16) si ricava per il lavoro prodotto da 1 chilogramma di miscuglio

$$L = 8215,30 + 15046,70 - 3183,90 = 20077 \text{ chilogrammetri}$$

e quindi dalla (19) assumendo $\epsilon = 0,80$ si deduce per il consumo di gaz per cavallo a vapore all'ora

$$C = \text{mc. } 1,030$$

Risultato questo che, come vedremo, venne confermato direttamente dall'esperienza.

Intanto fermando la nostra attenzione sopra i valori di $\tau_a = 390^\circ$, $p_e = \text{atm. } 1,38$, si vede essere verificato quello che fin da principio si volle subito far rilevare, che cioè uno dei pregi maggiori del motore Otto si è quello di far esplodere il miscuglio ad una temperatura τ_a ed ad una pressione p_e superiori d'assai all'esterna, per cui si può fare l'espansione senza pericolo di discendere al disotto della pressione atmosferica.

Osservando però il valore di $p_g = \text{atm. } 5,82$ potrebbe taluno credere che si possa ancora protrarre d'assai l'espansione e così ritrarre un maggior lavoro utile; farò osservare che questa pressione è puramente teorica e nell'ipotesi che la dilatazione avvenga secondo la legge adiabatica, cosa che non avviene realmente, imperocchè a motivo del raffreddamento prodotto dalla corrente d'acqua che circola attorno alle pareti del cilindro, una parte del vapore acqueo, che necessariamente si forma nella combustione si condensa, avvengono delle contrazioni ed allora la pressione discende più rapidamente che non per legge adiabatica, per guisa che volendo protrarre l'espansione si andrebbe a rischio di giungere ad una pressione p_g minore di quella atmosferica.

IV. Appena giunsero in Torino, nel novembre 1877, i primi motori orizzontali Otto furono eseguite esperienze di collaudo, in unione al sottoscritto, dai signori ingegneri cav. Sacheri e Spreafico, sulla macchina di 4 cavalli posta nella tipografia della società l'Unione Tipografico-Editrice Torinese, applicandovi l'oramai noto freno a circolazione d'acqua sistema Thiabaut e Calzone, ed i risultati furono soddisfacenti. Altri esperimenti furono in seguito fatti sopra altri motori dello stesso tipo acquistati da diversi industriali di Torino; fra questi riferiamo quelli istituiti il 17 marzo 1878 sul motore di 4 cavalli di proprietà dei signori fratelli Andreone di Torino, via Gallinari, N. 7, e destinati a far conoscere la forza della macchina. I risultati principali sono i seguenti:

Durata di ciascun esperimento in secondi	Giri del volante al primo	Peso equilibrante il freno in chilog.	Lavoro in cavalli a vapore	OSSERVAZIONI
61	157.5	20.00	3.74	Esperimentatori: Ing. Elia e Spreafico. Braccio del freno m. 0,85 agente sopra una stadera.
58	165.5	21.00	4.12	
60	160	22.00	4.18	
60	160	23.00	4.37	
59	162.5	24.00	4.63	
60	160	25.00	4.75	
30	160	26.00	4.94	

Quanto al consumo di gaz, si dovette negli esperimenti fatti sul motore acquistato dall'Unione Tipografico-Editrice Torinese usare il contatore applicato dalla Società del gaz-luce e si riscontrò un consumo pressochè eguale a quello delle macchine atmosferiche a gaz della stessa casa Langen e Wolf. — Però il signor Wolf assicura che esperienze accuratissime eseguite nella sua officina a Colonia portarono ad un consumo anche inferiore ad 1 metro cubo, e che egual risultato darebbero le macchine collocate in Torino qualora su queste si facessero esperienze con un contatore esattamente tarato e si impiegasse un buon gaz-luce. — Ed a tal riguardo credo conveniente riportare ancora gli esperimenti che sotto la direzione del

comm. Cavallero, prof. di macchine termodinamiche e ferrovie alla R^a Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri di Torino, si istituirono, col concorso del sottoscritto, nella tipografia dello Stabilimento Artistico-Letterario, via Massena, 10, collo scopo di far conoscere agli allievi ingegneri, non solo in modo particolareggiato questo interessante motore, ma eziandio la maniera colla quale devono essere condotte le esperienze. — Questi esperimenti si cominciarono col giorno di domenica, 28 aprile 1878, e si ripeterono per tutte le domeniche successive del mese di maggio; i risultati seguenti ottenuti il 28 aprile, furono diretti a determinare non tanto la forza di cui è capace la macchina ma il consumo di gaz nelle condizioni normali in cui essa viene impiegata nell'industria.

Numero d'ordine di ciascuna osservazione	Numero letto sul contatore dei giri del volante	Numero di litri letti sul contatore del gas	Pressione manometrica del gas in millimetri d'acqua	Peso equilibrante il freno in chilogrammi	Ora in cui venne fatta ciascuna osservazione	OSSERVAZIONI
1	4117	3090	20	12,40	3.25	Braccio del freno m.1.00.
2	5615	3540	20	12,40	3.35	
3	7311	4095	20	12,40	3.45	
4	9876	5030	20	12,40	4.00	
5	12259	5885	20	12,90	4.15	
6	14493	6715	19.5	13,40	4.30	
7	17037	7695	20	13,90	4.46	
8	19424	8615	19.5	13,90	5.00	
9	21015	9230	19	13,90	5.10	
10	22605	9850	18	13,90	5.20	

Da questo quadro si deduce facilmente quest'altro relativo alla forza della macchina ed al consumo di gas.

Numero d'ordine	Giri del volante al primo	Peso equilibrante il freno in chg.	Forza della macchina in cavalli a vapore	Consumo di gas per cavallo a vapore all'ora in litri	OSSERVAZIONI
1	149.8	12.40	2.59	1042	
2	169.6	12.40	2.93	1136	
3	171.0	12.40	2.96	1263	
4	158.8	12.90	2.86	1195	
5	149.0	13.40	2.78	1194	
6	159.0	13.90	3.08	1193	
7	170.5	13.90	3.30	1194	
8	159.10	13.90	3.09	1194	
9	159.0	13.90	3.08	1207	

Di questi motori la casa Langen e Wolf ne costruisce sino della forza di 8 cavalli effettivi, cosa che era impossibile ottenere coi motori atmosferici; intanto è soddisfacente il constatare che questi costruttori sono riesciti col nuovo loro motore ad avere un consumo di gas per cavallo a vapore all'ora inferiore a quello che richiedono i motori atmosferici, senza però averne gli inconvenienti e con tutti i vantaggi di una macchina a vapore orizzontale silenziosa.

Anzi si può asserire che questo genere di motore non solo sarà di utile grandissimo per la piccola industria ma sarà quello che dovrà risolvere il problema della trazione meccanica dei tramway, imperocchè, a motivo del lavoro relativamente piccolo di trazione che si richiede, il motore Otto è quello che meglio accoppia all'economia eziandio i vantaggi immensi di non recare quei danni e presentare quegli inconvenienti che si riscontrano sempre nella trazione fatta (massime nell'interno delle città) con qualunque altra specie di motrice.

Ing. A. BOTTIGLIA.

CALCOLO GRAFICO

TRASFORMAZIONE DELLE AREE CIRCOLARI.

« 1. — Come abbiamo promesso in un cenno bibliografico » del fascicolo precedente, pubblichiamo in questo e nel » prossimo fascicolo alcuni problemi relativi alla trasforma- » zione ed al calcolo grafico delle aree contornate da archi » di circolo; codesti problemi fanno seguito a quelli relativi » alla trasformazione delle superficie di contorno rettilineo, » pubblicati in questo stesso periodico (vol. I, 1875, pag. 52-54) » col titolo: *Calcolo grafico dei movimenti di terra* ».

2. *Sviluppo degli archi circolari su di una linea retta.*
1° *Metodo.* — Per determinare graficamente l'area di una figura terminata da un arco circolare, occorre innanzitutto di saper fare lo sviluppo dell'arco.

Due metodi pratici si conoscono per sviluppare con sufficiente approssimazione un arco di circolo sopra una linea retta. Il più semplice e più spedito è quello di portare una apertura di compasso, tale da potersi senza error sensibile assumere indifferentemente come corda o come arco, un sufficiente numero di volte tanto sull'arco che sulla retta, e poi aggiungere il piccolo tratto che resta. È facile vedere che si otterrà per tal guisa una precisione maggiore di quella che si avrebbe operando con una lunghezza risultante dalla divisione dell'arco in un certo numero di parti uguali, e si risparmia inoltre il tempo da impiegarsi in tentativi per cercare quella precisa lunghezza.

Potrebbe a prima vista credere più conveniente di scegliere il tratto di corda arbitrario, il più breve graficamente possibile, per accostarsi sempre più alla vera lunghezza dell'arco. Ma succede invece, che ripetendo una piccolissima corda un maggior numero di volte si ottiene una precisione ancor minore di quella che si otterrebbe operando con una maggior differenza fra la corda e l'arco. È siccome per i bisogni ordinarii sarà più che sufficiente avere lo sviluppo dell'arco con un errore non superiore ad un decimo di millimetro, si potrà facilmente conoscere quale lunghezza debba avere un arco s , perchè inscrivendo la sua corda un certo numero di volte in un arco S del quale si vuole lo sviluppo, l'errore che si commette non abbia da superare quel limite. Ed infatti, se r è il raggio, la corda dell'arco s sarà espressa da:

$$2r \operatorname{sen} \frac{s}{2r}$$

quindi l'errore nella determinazione di S sarà:

$$\epsilon = \frac{S}{s} \left(s - 2r \operatorname{sen} \frac{s}{2r} \right)$$

Ora, avendosi

$$\operatorname{sen} \frac{s}{2r} = \frac{s}{2r} - \frac{1}{2.3} \left(\frac{s}{2r} \right)^3 + \frac{1}{2.3.4.5} \left(\frac{s}{2r} \right)^5 \dots$$

e limitandosi ai due primi termini per la piccolezza di $\frac{s}{2r}$, si troverà sostituendo:

$$\epsilon = \frac{S s^3}{s 24r^2} = \frac{s^2 S}{24r^2}$$

donde si ricaverà il valore limite:

$$s = r \sqrt{\frac{24 \epsilon}{S}}$$

e facendo $\epsilon = \frac{1}{100}$, o più comodamente $= \frac{1}{96}$ di centimetro, si ha:

$$s = \frac{r}{2\sqrt{S}}$$

dove s , S ed r debbono essere espressi in centimetri. Non conviene di prendere s minore del valore limite dato dalla formola ora trovata. E così, se si avesse da sviluppare una

semicirconferenza di 3 centimetri di raggio, basterebbe portare come corda una lunghezza di mezzo centimetro.

3. — Un altro metodo pratico e spedito per lo sviluppo degli archi è il seguente:

Essendo dato l'arco di cerchio AB (fig. 52) col suo centro in C, seguisi il quarto di circonferenza AD innalzando in C la perpendicolare al raggio AC; poi, fattosi centro in A con apertura di compasso eguale alla corda AD, s'intersechi in E il prolungamento del raggio AC. Colla stessa apertura di compasso, ma col centro in E si descriva la parte indefinita di circonferenza AFG, che riuscirà per costruzione tangente in A all'arco di cerchio dato.

Può talvolta accadere di dover tracciar un dato angolo, e di essere casualmente sprovvisti di un rapportatore grafico. La costruzione anzidetta può benissimo convenire.

5. — Il metodo ora esposto, sebbene non sia (e questo da sè s'intende) matematicamente rigoroso, tuttavia presenta un certo grado di esattezza sufficiente, e la facilità necessaria per essere adoperato con sicurezza nelle arti industriali. Nè desso deve dirsi unicamente dovuto al caso; poichè avrebbe come base di partenza il principio, che per ogni punto trovantesi su di un quarto di circonferenza è possibile tracciare un altro arco di cerchio, di raggio a trovarsi, e la cui corda risulterebbe, a rigor di calcolo, eguale allo sviluppo dell'arco dato. E l'esperienza avrebbe poi provata

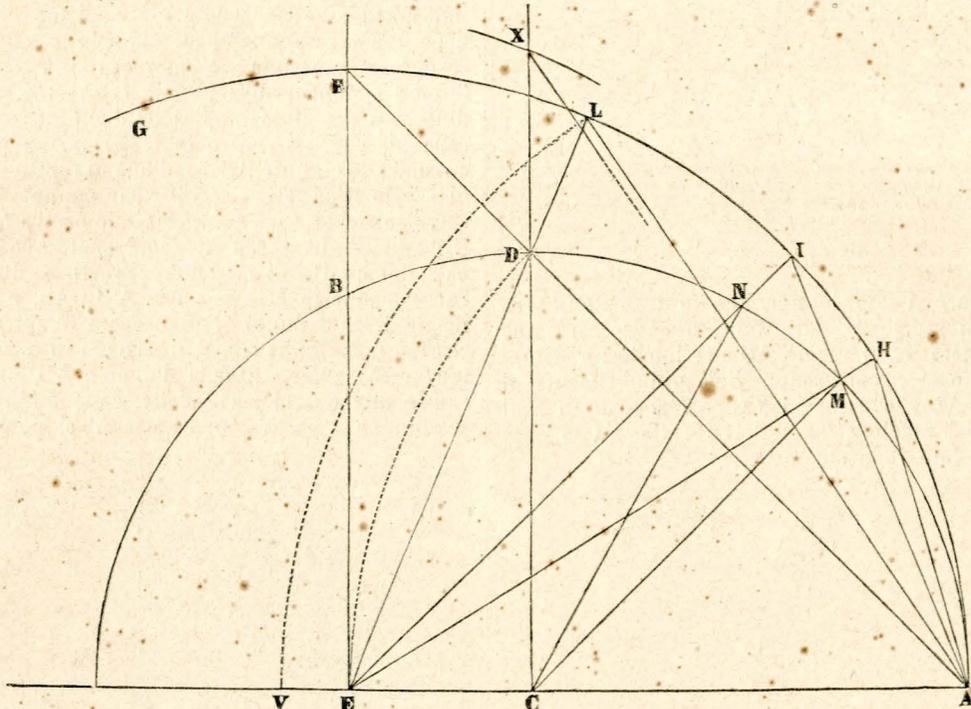


Fig. 52.

Suppongasi ora di dover segnare sulla circonferenza data di raggio AC gli archi di cerchio che sviluppati riescirebbero di lunghezza rispettivamente eguali a rette date a, b, c . Sulla circonferenza AFG a partire dal punto A si segneranno con successive aperture di compasso le corde $AH=a, AI=b, AL=c$. Poi dalle estremità H, I, L si condurranno i raggi al centro E, i quali raggi intersecheranno la circonferenza data nei punti M, N, D, e gli archi AM, AN, AD così determinati avranno sensibilmente la lunghezza delle corde corrispondenti AH, AI ed AL, ossia delle rette date a, b, c .

Conviene però evitare l'operazione per archi di cerchio che oltrepassino il quarto della circonferenza, poichè al di là di quel limite il grado di approssimazione diminuisce molto rapidamente.

Se, *inversamente*, si volesse ottenere lo sviluppo in linea retta di diversi archi dati, per es. di $45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ si prolungheranno fino all'incontro della circonferenza ausiliaria AF le rette che uniscono il centro E colle estremità degli archi dati AM, AN, AD; e questi raggi indicherebbero sulla circonferenza ausiliaria gli archi AH, AI, AL, le cui corde seguirebbero le lunghezze cercate.

4. — *Corollario.* Qualora il raggio dato AC avesse tale lunghezza che lo sviluppo dell'intera circonferenza con esso descritta fosse eguale a 360 millim., come nella nostra figura approssimativamente avviene, ciascun millimetro di lunghezza corrisponderebbe ad un grado; ed allora si avrebbe:

- Corda AH di 45 millimetri = arco AM di 45°
- » AI di 60 » » AN 60°
- » AL di 90 » » AD 90°
- » AF di 144,5 » » AB $144^\circ 30'$

la possibilità di trovare un arco ausiliario unico, o medio che dir si voglia, il quale soddisfacendo rigorosamente alla condizione per un sol punto del cerchio dato, pure può ritenersi con sufficiente approssimazione come arco ausiliario per tutti gli altri punti del quadrante. Fra tutte le linee poi direttamente ottenibili dal cerchio con mezzi grafici, fu verificato potersi prendere come raggio del cerchio ausiliario il lato del quadrato inscritto al cerchio dato, essendo la linea che più di tutte le altre si avvicina alla soluzione rigorosa. Ecco difatti i valori approssimati delle corde dell'arco ausiliario così trovate, e gli sviluppi parimente calcolati degli archi del cerchio dato che vi corrispondono.

Gradi dell'arco	Lunghezza dell'arco di raggio 1 metro	Lunghezza della corda ausiliaria	Differenza calcolata fra le due lunghezze
30°	0,5235987	0,523525	-0,000073
45°	0,7853981	0,7853332	-0,0000649
60°	1,0471975	1,046936	-0,000261
72°	1,2566370	1,2564928	-0,000144
$77^\circ 37' 08'', 4$	1,3547062	1,3547062	nulla
80°	1,3962634	1,3963489	+0,0000855
90°	1,5707963	1,5713898	+0,0005935

Vedesi intanto da questo quadro che l'arco di 70° è più grande, e quello di 80° è più piccolo della corda ausiliaria corrispondente; per cui esiste effettivamente fra i due archi un punto della circonferenza per il quale la differenza deve essere nulla. Esso corrisponderebbe all'arco di $77^\circ 37' 8'' \frac{4}{10}$, e si può graficamente trovare (fig. 53). Basta per ciò di tracciare sulla retta AE presa come diametro la mezza cir-

conferenza ARE; unire il punto E col punto R dato dall'incontro del raggio a 90° della circonferenza data con quella ora tracciata; e prolungare la ER fino all'incontro della circonferenza data in S e della circonferenza ausiliaria in T; l'arco cercato AS sarà pure trovato mediante la intersezione in R della retta AB colla circonferenza ARE.

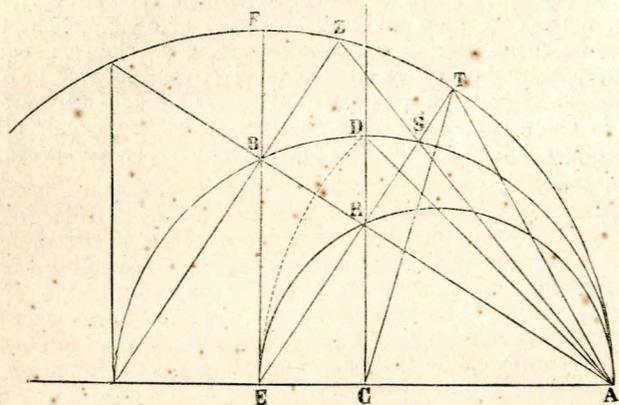


FIG. 53.

6. — Per trovare il lato del quadrato equivalente in area al circolo dato di raggio AC (fig. 52), basta trovare una media proporzionale fra il raggio AC e la lunghezza sviluppata $2\overline{AL}$ della mezza circonferenza. Sul prolungamento di AC portisi $AV=AL$ e con raggio $VX=AV$ si tagli in X il prolungamento del raggio a 90°, CD. La retta AX ci darà la lunghezza del lato richiesto.

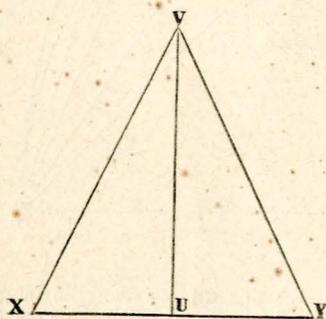


FIG. 54.

Dalla fig. 53 avremmo un'altra soluzione ancor più semplice; ché la corda AS sarebbe il lato di un quadrato la cui diagonale differirebbe dal lato cercato per un eccesso di soli millim. 0,158, ove il circolo dato avesse il raggio di 1 metro; e per avere quel lato basta di prolungare AS fino in Z all'incontro della circonferenza ausiliaria.

Avremmo $AZ=\sqrt{\pi}$ con un eccesso di millim. 0,1724 sul vero valore ove il circolo dato avesse il raggio di 1 metro.

Con questo metodo è possibile avere graficamente, e con sufficiente approssimazione, diverse altre lunghezze, che potrebbe occorrere di dover cercare. Così sulla fig. 53:

La retta AR ci dà l'esatto valore della quarta radice di 2;

La retta ER ci dà l'esatto valore della corda che sottende l'ottava parte della circonferenza di raggio AC, ossia il lato dell'ottagono regolare;

La retta CT ci dà con molta approssimazione il diametro della sfera equivalente in volume al cubo di lato AC; esso ne differirebbe in meno di 0,00074;

La retta EN (fig. 52) ci dà con molta approssimazione il lato di un cubo doppio in volume del cubo di lato AC; esso ne differirebbe in meno di 0,00064.

7. — Per avere con maggiore approssimazione la lunghezza sviluppata del quarto di circonferenza, e conseguentemente quella della circonferenza intiera, e la quadratura del circolo, basterebbe sommare (fig. 53) la lunghezza della corda ausiliaria AT, che è la lunghezza esatta dell'arco AS, colla lunghezza della corda corrispondente all'arco comple-

mentare SD; e così troverebbesi approssimata a meno di un centomillesimo del raggio.

Vuolsi in generale ritenere che le differenze per archi minori di AS rimangono al di sotto di un minuto, e sono circa di $\frac{1}{3000}$ del raggio.

Ben vedesi intanto come questo metodo grafico sia praticamente applicabile alla divisione in qualsivoglia numero di parti uguali del circolo, alla determinazione degli archi e degli angoli, e tanto con divisione sessagesimale che centesimale. Esso potrebbe eziandio servire alla determinazione del perimetro dell'ellisse.

8. — *Applicazione del metodo esposto allo sviluppo di una superficie conica.* — Vogliasi segnare in piano la superficie convessa generata dalla rotazione del lato VX (fig. 54) intorno all'asse verticale UV. Sappiamo che quella superficie sarà un settore di circolo con raggio VX; e basterà segnare perciò sulla circonferenza di raggio VX la circonferenza sviluppata che ha per raggio UX, ovvero ancora la differenza fra gli sviluppi delle due intiere circonferenze ora cennate. Facciasi centro in C (fig. 55) per segnare le due circonferenze concentriche, l'una di raggio AC=UX, e l'altra di raggio A'C=VX. Cerchisi per ognuna l'arco ausiliario corrispondente AL ed A'H facendo centro rispettivamente in E ed in E'. La corda AL rappresenterà la lunghezza sviluppata del quarto di circonferenza AD. Se dunque portasi sull'arco ausiliario A'H la corda A'H=AL, e poi conducesi il raggio E'H, il punto M d'incontro di questo raggio colla circonferenza di raggio A'C segnerà su questa l'arco A'M di lunghezza eguale a quella dell'arco AD, ossia di lunghezza eguale alla quarta parte della circonferenza di raggio AC. Se dunque a partire, p. es., da A' si porterà quattro volte

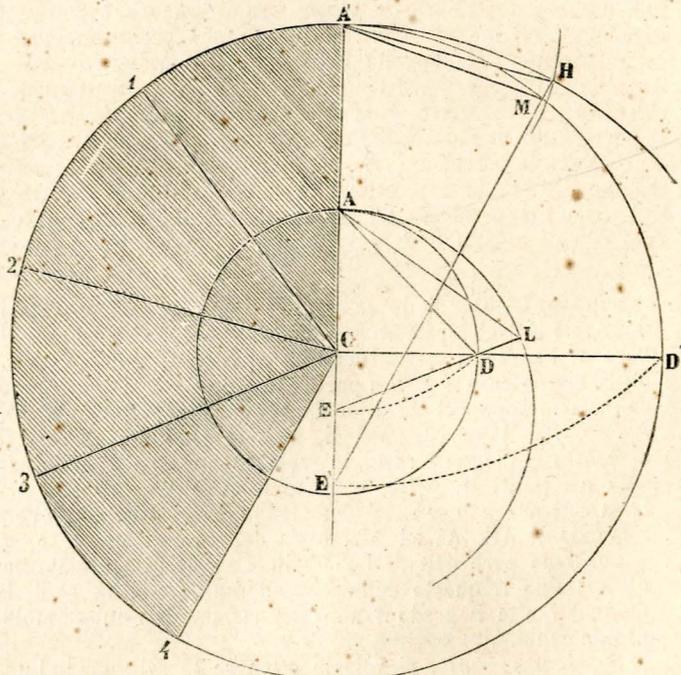


FIG. 55.

la lunghezza A'M, si avrà nel settore A'C4 la superficie sviluppata del cono dato.

Ancor qui, se si volesse maggiore precisione, si potrebbe lavorare come nella fig. 53, facendo la misura del quadrante colla somma dell'arco AS e di quello complementare.

9. — *Determinazione grafica dell'area del settore e del segmento circolare con applicazioni diverse.* 1° Metodo. —

Per trasformare una figura contornata in tutto od in parte da archi di circolo, si parte dalla proprietà che un settore circolare è equivalente ad un triangolo avente il vertice nel centro del settore e per base una porzione di tangente eguale in lunghezza all'arco. Essendo dato il settore MNO (fig. 56), converrà condurre per un'estremità M la tangente indefinita MT; poi a partire dall'altro estremo N si porterà

La figura riesce di poco più semplice se avendo riguardo alla simmetria della superficie proposta si opera soltanto sulla metà di essa (fig. 60), cioè sull'area arcuata 5 6 2 n. Si hanno i due triangoli 6 1 7 e 5 3 4 equivalenti rispetti-

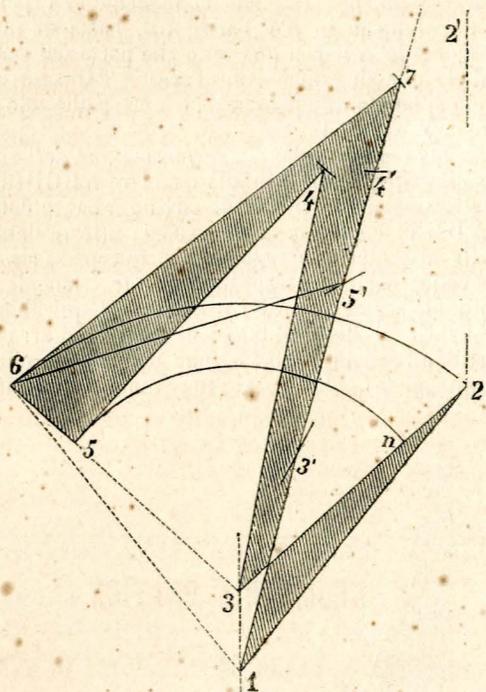


FIG. 59. — Trasformazioni dell'area compresa fra due archi circolari eccentrici e due raggi. (Veggansi pure le fig. 60 e 64).

vamente ai settori 6 3 2 e 5 3 4, ed il poligono intrecciato 1 2 3 4 5 6 7 si riduce al triangolo equivalente 5' 6' 7'. Questa seconda costruzione ha sulla prima il vantaggio di occupare meno spazio, donde la possibilità di eseguirla in iscala sufficientemente grande.

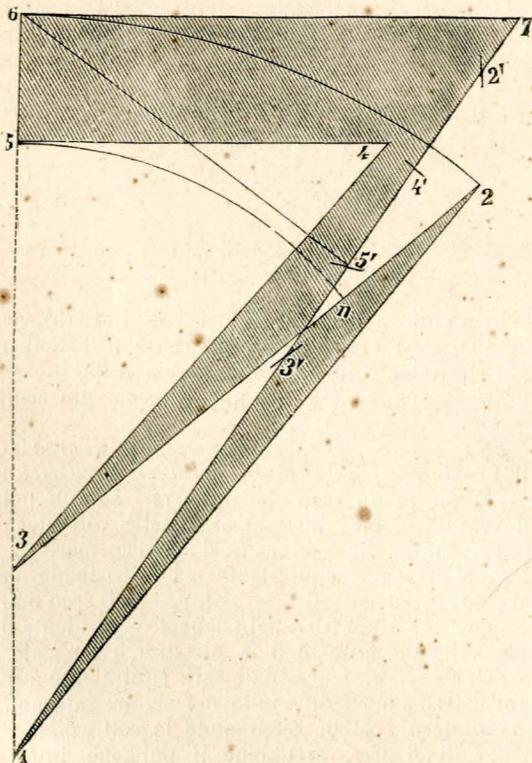


FIG. 60. — Lo stesso problema della figura precedente. (Veggansi pure le fig. 72 e 73).

Le suesposte costruzioni furono qui riprodotte unicamente perchè servano di confronto con quelle più semplici e più spedite che ora andiamo ad esporre.

13. — 2° Metodo. — Se cercasi la causa di complicazione nelle costruzioni surriferite, si scorderà provenire da ciò, che il triangolo equivalente al settore circolare (fig. 56) non ha di comune col settore che un solo raggio; abbiasi adunque cura di trasformarlo fin da principio in altro triangolo equivalente, ma che abbia di comune col settore l'angolo al centro, e tutte le costruzioni si semplificheranno di molto.

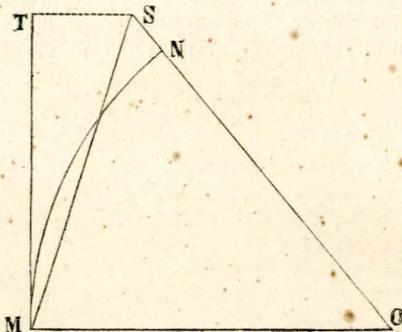


FIG. 61. — Trasformazione dell'area di un settore circolare. 2° Metodo.

Per avere l'area del settore OMN (fig. 61) trovisi lo sviluppo dell'arco MN sulla tangente MT, e per il punto T conducasi una perpendicolare ad MT sino ad incontrare in S il prolungamento del raggio ON; è chiaro che il triangolo OMS al pari del triangolo OMT sarà equivalente al settore OMN.

14. — Prima applicazione. Trasformazione dell'area di un segmento circolare. — La maggior convenienza di così trasformare l'area del settore si fa subito palese anche solo trasformando l'area di un segmento ABC (fig. 62). Ove infatti sviluppisi l'arco ABC in AT, ed elevata in T la perpendicolare TS, all'incontro del prolungamento del raggio OC, si conduca la AS, il triangolo AOS sarà equivalente al settore, ed il triangolo ACS al segmento dato. Per

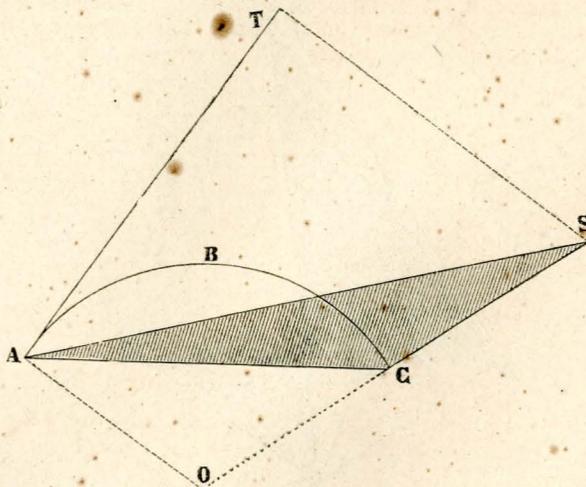


FIG. 62. — Trasformazione dell'area di un segmento circolare. (Veggasi pure la fig. 57).

tal modo si ricade immediatamente su di una figura triangolare, anzichè su di un quadrangolo intrecciato (fig. 57), ed il triangolo risultante avrebbe inoltre per base la base del segmento, ciò che semplifica assai le riduzioni grafiche delle aree composte, siccome risulta dalle applicazioni che seguono.

15. — Seconda applicazione. Trasformazione dell'area di una lunula circolare. — Lo stesso problema già risolto colla figura 58, trovasi risolto colla figura 63 in modo più semplice, applicando il metodo ora esposto per la trasforma-

zione dell'area dei segmenti. Ove infatti si operi sulla sola metà ABD della lunula, stante la simmetria della figura, si potrà l'area data immaginare composta dal triangolo ABD ove a questo aggiungasi il segmento di base AB e tolga il segmento di base AD. L'area triangolare ABD rimane al posto com'è; le aree dei due segmenti si risol-

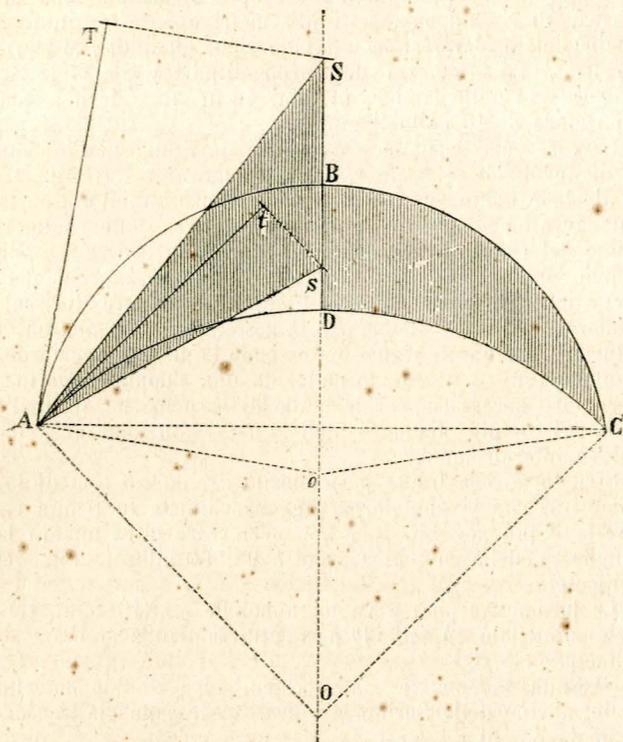


Fig. 63. — Trasformazione dell'area di una lunula circolare. (Veggasi pure la fig. 58).

vono colla regola ora data nei due triangoli ABS e ADS, i quali trovansi per tal modo ai fianchi del primo, e l'addizione e sottrazione grafica, come già accadde per il caso del segmento, si compie da se stessa. Il triangolo SAs è equivalente alla mezza lunula ABD. Per avere quel triangolo basta quindi condurre le due tangenti AT ed At ri-

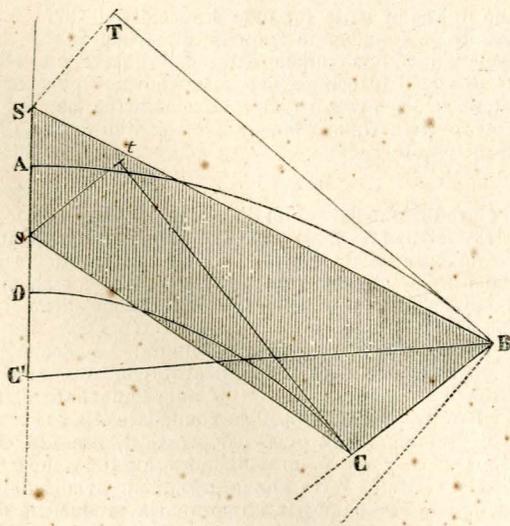


Fig. 64. — Trasformazione dell'area compresa fra due archi circolari e due raggi. — 2° Metodo. (Veggasi le fig. 59 e 60).

spettivamente uguali in lunghezza allo sviluppo degli archi AB e AD; poi da T e da t condurre le due perpendicolari TS e ts alle dette tangenti sino all'incontro del prolungamento del raggio OD. Così si arriva subito ad un'area triangolare

definitiva, mentre il metodo seguito sulla fig. 58 conduce ad un'area due volte intrecciata.

16. — *Terza applicazione. Trasformazione di un'area compresa fra due archi eccentrici e due raggi.* — Lo stesso problema già risolto coll'aiuto delle figure 59 e 60, troverà una soluzione più semplice e spedita applicando il secondo metodo per la trasformazione dell'area di un segmento. Ed infatti l'area dell'arco di volta ABCD (fig. 64) si può immaginare composta dal quadrilatero ABCD coll'addizione del segmento di base AB e colla sottrazione del segmento di base CD. Le aree dei due segmenti si risolvono colla regola data nei due triangoli BAS e CDS; e questi trovandosi sui fianchi del quadrilatero ABCD, non farà d'uopo di alcuna operazione per l'addizione del primo e la sottrazione del secondo. Il quadrilatero SBCS è equivalente all'area arcuata ABCD. Per avere questo quadrilatero si conducono le due tangenti BT e Ct rispettivamente eguali in lunghezza allo sviluppo degli archi BA e CD; poi da T e da t si innalzano le due perpendicolari TS e ts alle dette tangenti sino all'incontro della direzione del lato AD. Così si arriva immediatamente al quadrilatero BSsC che si risolve tosto nel triangolo equivalente BSc; questa costruzione rimane raccolta in poco spazio e non dà luogo a figure frastagliate ed irregolari, quali sono quelle somministrate dalle figure 59 e 60.

G. S.

GEOMETRIA PRATICA

SULLA ESATTEZZA DELLE MISURAZIONI DI LUNGHEZZE COI DIVERSI STRUMENTI IN USO.

Onorevole signor Direttore,

Leoben, 22 maggio 1878.

In appendice alla mia traduzione dell'opuscolo del professore Lorber, *Sull'esattezza delle misurazioni di lunghezze*, pubblicata nel decorso anno nel molto pregiato di lei periodico, mi permetto inviarle alcuni nuovi risultati che nelle pratiche misurazioni hanno certamente la loro importanza.

Le 5970 misurazioni contemplate nel suaccennato lavoro, dimostrarono come il medio errore di una misurazione aumenti in ragione della radice quadrata della lunghezza misurata, e diedero per l'error medio m di una misurazione i seguenti valori:

Per misurazioni con aste metriche lungo cordicella ben tesa	$m=0.000535 \sqrt{L}$
» » con aste metriche senza cordicella tesa	$m=0.000927 \sqrt{L}$
» » colla catena	$m=0.000300 \sqrt{L}$
» » col nastro d'acciaio	$m= 0.00216 \sqrt{L}$
» » col compasso agrimensorio	$m= 0.00212 \sqrt{L}$

ma questi risultati, come è noto, valgono soltanto per misurazioni su terreno buono e favorevole.

Nell'autunno scorso si fecero sul Rennfeld in Stiria alcune misurazioni di boschi, ed il prof. Lorber sottopose 413 misurazioni doppie (quindi 826 semplici) fatte in tale occasione sopra terreno assai sfavorevole ad un esame e ad un calcolo e trovò anche per queste esser valevole l'ipotesi basata sulla teoria, quella cioè secondo la quale i valori degli errori medii aumentano non già in ragione della lunghezza L ma in ragione di \sqrt{L} . Queste misurazioni tolte dalla pratica e fatte su terreno sfavorevole condussero ai seguenti valori di m :

Per misurazioni con aste metriche lungo cordicella tesa	$m=0.000535 \sqrt{L}$
» » con aste metriche senza cordicella	$m= 0.0041 \sqrt{L}$

Per misurazioni colla catena	$m = 0.0130 \sqrt{L}$
» » col nastro d'acciaio	$m = 0.0095 \sqrt{L}$
» » col compasso agrimensorio	$m = 0.0095 \sqrt{L}$
Per terreno medio s'ottengono quindi i valori seguenti:	
Per misurazioni con aste metriche lungo cordicella tesa	$m = 0.0005 \sqrt{L}$
» » con aste metriche senza cordicella	$m = 0.0025 \sqrt{L}$
» » colla catena	$m = 0.008 \sqrt{L}$
» » col nastro d'acciaio	$m = 0.006 \sqrt{L}$
» » col compasso agrimensorio	$m = 0.006 \sqrt{L}$

Per gli *errori regolari*, le misurazioni del Rennfeld diedero i seguenti risultati:

Per misurazioni con 2 aste da 4^m senza cordicella

$$r = 0.00009 L \quad \text{cioè} \quad 0.009 \%$$

Per misurazioni con nastro d'acciaio

$$r = 0.00032 L \quad \text{cioè} \quad 0.032 \%$$

Per misurazioni col compasso agrimensorio

$$r = 0.00079 L \quad \text{cioè} \quad 0.079 \%$$

I quali errori sono sempre da sottrarre dai risultati delle misurazioni.

Queste notizie valgono a completare il suaccennato lavoro *Sull'esattezza delle misurazioni*.

Colla massima stima e considerazione ho l'onore di rafferarmi

Di lei, signor Direttore

Devot.mo Servitore
Ing. G. N. IVANCICH.

Ciò che vi ha di notevole in codesta locomotiva sono i cilindri per il grande loro diametro di 0^m,500; è il maggior diametro che si sia fin qui praticato per locomotive da viaggiatori. La corsa degli stantuffi è di 0^m,650.

La caldaia è di un diametro ordinario (1^m,238 diam. interno); ma è molto lunga. I soli tubi hanno la lunghezza di 4^m,930; sono in numero di 164, e presentano una superficie di riscaldamento di 117 metri quadrati; unita a quella del focolare, si ha una superficie totale di 126 metri quadrati. La lunghezza del corpo cilindrico è di 4^m,825; la spessorezza delle lamiere di mm. 14,5; fu calcolata per un timbro di 10 chilogrammi.

La cassa del focolare è a sezione quadrata, arrotondata negli angoli, e col cielo rinforzato da tiranti verticali. La graticola è inclinata; il cenerario è chiuso, munito di porte sul davanti e di dietro; a proteggere l'asse delle ruote, il fondo del cenerario è costituito intorno a codest'asse da doppio fondo di lamiere separate da uno spazio che permette la circolazione dell'aria fredda, per evitare il riscaldamento dell'asse. Anche per le scatole dell'olio non ha vi a temere per questo riguardo, essendo le medesime esterne. L'intelaiatura è perciò formata da una doppia lungarina, resa pure necessaria per le molle di sospensione, le quali, stante il piccolo diametro delle ruote non potevansi disporre inferiormente.

Si nota ancora fra le particolarità di codesto tipo di locomotiva, che la piattaforma del macchinista fu tenuta ristretta il più possibile per non accrescere oltre misura la lunghezza della macchina, che è 9^m,560 all'estremità dei paracolpi.

La locomotiva pesa a vuoto tonnellate 40,840 ed in servizio tonnellate 44,840. Il peso utilizzato in aderenza è di tonnellate 25,220.

Sessanta locomotive state costruite su di tale modello nelle officine della Società a Parigi, si trovano già in esercizio da più di sei mesi.

Gli studi furono eseguiti sotto la direzione del signor Venger, ingegnere del materiale e trazione. Le presenti notizie furono pubblicate nelle *Annales du Génie Civil* dall'ingegnere Luchard, unitamente ai disegni e ad un quadro di tutte le dimensioni.

MATERIALE FERROVIARIO

LE NUOVE LOCOMOTIVE A GRANDE VELOCITÀ DELLA FERROVIA DI LIONE.

Alcuni anni sono volendosi citare i migliori tipi di locomotive a grande velocità parlavasi senz'altro delle macchine Crampton e della loro velocità di 90 chilometri l'ora. Ora le macchine Crampton hanno fatto il loro tempo; esse sono troppo deboli per il peso sempre in aumento dei treni celeri; mancano di aderenza all'atto di partire.

La Società Parigi-Lione non le adopera più, tranne che in qualche tronco di lieve importanza, di deboli pendenze, di traffico moderato.

La ferrovia del Nord se ne serve solo per i treni più leggeri, avendovi da sei anni sostituite locomotive a due assi accoppiati, cilindri interni e ruote del diam. di m. 2,10.

La Società dell'Est sta pure costruendo nelle sue officine locomotive speciali per i treni espressi da Parigi ad Avricourt e Belfort.

La locomotiva a grande velocità della ferrovia di Lione, contrariamente a quanto generalmente si pratica in Inghilterra e nel Belgio, è a cilindri esterni.

Il tenere i cilindri il più possibilmente avvicinati al mezzo delle locomotive è senza dubbio una disposizione favorevole alla regolarità della marcia, ed il serpeggiamento vi è notevolmente diminuito. Pare tuttavia che anche coi cilindri esterni la stabilità sia più che sufficiente per la sicurezza, e d'altronde si evitano le ripiegature a gomito dell'asse motore, si può abbassare la macchina ed il suo centro di gravità.

La locomotiva a grande velocità della ferrovia di Lione è su otto ruote, quattro delle quali, del diametro di m. 2,10 come quelle di Crampton, sono accoppiate, e le altre quattro, del diametro di m. 1,30, due davanti e due di dietro, sono semplicemente portanti. L'asse posteriore è sotto il focolare.

NOTIZIE

Consumo di regoli sulle ferrovie francesi nel 1877. — Nell'anno passato le Compagnie francesi di strade ferrate hanno fatto provvista di 48,888 tonnellate di regoli di ferro, e di 136,549 tonnellate di regoli d'acciaio. Tali cifre indicano pure la maggiore preferenza per i regoli d'acciaio; e infatti anche nel 1876 erano state provviste 57,936 tonnellate di regoli di ferro e 130,681 tonnellate di regoli d'acciaio.

Prezzo e produzione dei regoli d'acciaio. — La maggior parte delle Società ferroviarie americane avevano fatto i loro contratti per la somministrazione dei regoli d'acciaio occorrenti nel primo semestre del 1878, al prezzo medio di 40 dollari, ossia di 200 franchi la tonnellata; e così con una diminuzione di 25 franchi la tonnellata sull'anno passato.

Ma tal prezzo seguì sempre a diminuire. La Società delle Ferrovie Romane concluse un contratto con una officina di Meddlesbrough in Inghilterra per 9 mila tonnellate di regoli d'acciaio al prezzo di lire 162,50 la tonnellata. La società John Cockerill di Seraing aveva offerto il prezzo di lire 178,50.

In Europa si continua in grandissima scala la produzione dei regoli d'acciaio. Eransi fatte già le grandi meraviglie del laminatoio Krupp ad Essen, per la straordinaria produzione di 340 tonnellate di regoli in 24 ore di cui erasi dimostrato capace. E difatti nello scorso novembre, in occasione della visita fatta dall'imperatore di Germania alle officine Krupp erasi disposta a mo' di trofeo codesta colossale massa d'acciaio che rappresentava il massimo peso di regoli d'acciaio che si fosse potuto produrre in un giorno.

Ma già le grandi acciaierie di Seraing hanno ora superato quelle di Essen. Il 6 febbraio di quest'anno si arrivò alla produzione di 365 tonnellate di regoli d'acciaio in un giorno, e ciò che è più degno di nota si è che lo sforzo si gigantescò d'un

giorno si poté sostenere per una settimana intiera. In sei giorni si sono così passate al laminatoio nientemeno che 2054 tonnellate di regoli.

Abbiamo adunque un laminatoio che può dare da solo da 80 a 100 mila tonnellate di regoli d'acciaio all'anno. Il giornale di Liegi che diede questa notizia pose la domanda se l'officina di Se-raing troverà di che alimentare il suo minotauro!

BIBLIOGRAFIA

I.

Il sistema di fognatura pneumatica applicato alla bonifica della città di Napoli. Considerazioni e proposte del marchese GENNARO PEPE, ingegnere del Genio Civile.

1. — Nell'adunanza generale tenutasi il 5 febbraio 1877 dal Collegio degli Ingegneri ed Architetti di Napoli, il socio marchese G. Pepe, ing. del Genio Civile, movendo dal fatto che l'Amministrazione Comunale di Napoli aveva invitato il capitano dell'esercito olandese, prof. Liernur, a studiare l'applicazione per la città di Napoli di un metodo di fognatura pneumatica di sua invenzione, presentò un'elaborata memoria atta a dimostrare la poca convenienza di applicare alla bonifica della città di Napoli il sistema Liernur, tuttoché siasi riconosciuto ottimo in altri casi; e vi sostituì alcune proposte le quali meglio rispondono alle condizioni topografiche del paese.

La questione è di grave importanza, essendoché vi sono egualmente impegnati i più grandi interessi dell'agricoltura e della pubblica igiene, trattandosi di restituire alla terra nel modo il più direttamente a noi proficuo quella massa enorme di materie organiche che costituisce d'altra parte un letale ingombro per la città, e dovendosi pensare a non compromettere la salute pubblica; epperò niuno si meraviglierà se ci soffermiamo alquanto sull'argomento.

2. — Quanto grande sia il valore agricolo delle umane deiezioni, è cosa a tutti nota. Basterebbe consultare l'opera *De l'engrais humain*, pubblicata a Parigi nel 1865 da Maxime Paulet, e meglio ancora la dottissima opera inglese di Corfield: *A digest of facts relative to the treatment and utilisation of sewage* per vedere il valore annuo del materiale delle fogne ascendere a 24 milioni di lire per Londra, a 13 milioni di lire per la sola città di Parigi, e via dicendo. Or bene, per trattare codesti materiali e ridurli ad uno stato tale che senza essere depauperati del loro valore fertilizzante, non nociano alla salubrità dell'aria, non si conoscono finora che due metodi accettabili, e sono: 1° la riduzione del materiale di fogna in polvere; 2° la irrigazione diretta delle terre colle acque naturali delle cloache. Questi due metodi sono stati ugualmente sperimentati in Francia e in Inghilterra da Commissioni Governative, da Accademie e da Società industriali, ed abbiamo già una ricchissima raccolta di dotte ed utili pubblicazioni al riguardo. L'ingegnere Pepe segnala fra queste alla attenzione del Collegio degli Ingegneri di Napoli le due memorie del Ronna, l'una pubblicata nella *Revue Universelle des mines* (1865), quando a Parigi si incominciava a sperimentare l'irrigazione della pianura di Gennevilliers colle acque di fogna, e l'altra, che è un vero trattato in questa materia, dal titolo *Egouts et irrigation*, pubblicato nel *Compte rendu de la Société des Ingénieurs civils* nel 1872. Studiando questo libro, dice il Pepe, non si può non cavarne coll'autore il convincimento che il miglior metodo per disinfettare e utilizzare le acque di fogna sia (almeno per ora) il secondo dei due sopra cennati, ossia la irrigazione diretta colle acque naturali delle cloache.

« E per vero, prosegue il nostro A., il metodo di riduzione a *poudrette* consiste essenzialmente in due operazioni distinte: ottenere per mezzo di processi chimici il precipitato di tutte le materie tenute in sospensione e soluzione nell'acqua, e mischiare queste materie precipitate con buona terra per quindi metterle in vendita. Ora dei processi chimici sperimentati, quello che pare abbia dato più accettabili risultati, è il processo detto ABC, che è fondato sull'uso simultaneo del solfato d'allumina, dell'argilla e del carbone di torba; seguendo questo processo, che è il più soddisfacente, si ottiene in precipitato solo il 33 per 100 delle materie organiche in soluzione; il rimanente 67 per 100 resta ad infettare quelle acque. Di qui la ragione per la quale tutte le numerose Compagnie industriali fondate in Inghilterra per questi trattamenti delle acque di fogna sieno andate a finire nel fallimento, e per riguardo all'igiene non siasi ottenuto alcun rilevante miglioramento ».

L'opinione del Ronna, che cioè il miglior metodo di riduzione del materiale di fogna sia quello di approfittare del potere depurante del terreno vegetale, irrigando le terre con le acque di cloaca, è oramai divisa dal Freycinet, dal Fossangrives,

dal Durand-Claye, dal Philipps, dal Balzagette, dal Mille, e da quanti altri eletti ingegneri hanno profondamente studiato codesta questione. E chi desiderasse leggere un esame ed uno studio accurato di tutte le questioni che a tale metodo si riferiscono, non ha che a consultare l'opera: *Assainissement de la Seine, épuration et utilisation des eaux d'égout. — Rapport de la Commission d'enquête de la Seine sur l'avant-projet d'un canal d'irrigation de Clichy à la forêt de Saint-Germain.* — Paris, 1876.

Fra le tante altre cose troverà pure indicato il metodo del dottor Frankland per determinare il potere depurante di un qualsiasi terreno, il quale metodo, stato applicato ai pozzi di irrigazione colle acque di fogna fatti in grande scala nel 1870 in Inghilterra dal signor Bailey-Denton, a Merthyr-Tydfil fu verificato eccellente.

La stessa Commissione si occupò pure del perturbamento che potrebbe arrecare all'igiene delle campagne questo metodo di irrigazione, e dopo molte considerazioni conchiude coll'assicurare, che quando al sistema di irrigazione venisse unito un sistema di drenaggio tale da non permettere che le acque rimanessero stagnanti nel sottosuolo, le irrigazioni non sono insalubri quand'anche si praticassero in forti dosi.

E l'istesso è il parere del chiarissimo ispettore francese signor Mille, il quale ha studiato fra noi a Milano questo sistema di irrigazione, e non ha esitato a dichiararlo eminentemente vantaggioso all'agricoltura, e scevro di qualsiasi inconveniente.

3. — Ma il sistema di Carlo Liernur, capitano olandese, è sistema ideato per uno scopo del tutto diverso. Il suo autore ha dovuto crearselo per il caso affatto speciale della città d'Amsterdam, la città più importante dei Paesi Bassi. Tagliata in tutti i sensi da canali navigabili che mettono capo al fiume Amstel o al mare, suddivisa in novanta isole con suolo completamente paludoso fino alla profondità di 15 metri, diventava impossibile la scarica naturale delle materie di rifiuto per mezzo di qualunque canale sotterraneo. Di qui lo studio del professore Liernur, il quale incomincia dall'obligare mediante il vuoto tutti i materiali luridi delle abitazioni ad accumularsi in un gran recipiente, e poi successivamente dai recipienti, e nello stesso modo, coll'opportuno movimento delle valvole, in un serbatoio centrale, di dove il materiale può essere facilmente caricato in appositi bottacci in modo del tutto inodorifero, evitando ogni contatto coll'aria esterna, oppure per mezzo di apposito apparecchio pure ideato dal signor Liernur si potrà ridurre a *poudrette* il materiale accumulato.

Fu nel Congresso medico di Dresda, nel 1868, che il professore Zehfus annunciò il nuovo sistema Liernur, e fu in base al voto importantissimo di quel Congresso che se ne fece applicazione in Amsterdam ad otto gruppi di abitazioni sopra una superficie di 74500 metri quadrati pel servizio di non oltre a 4000 abitanti. In seguito lo stesso sistema è stato applicato al fognamento delle Caserme di Praga e di Brünn, di una zona della città di Leyden e di Olmütz e in ultimo ad alcuni casotti di ritirata nel parco dell'Esposizione Mondiale di Vienna (1873).

E duopo confessare che in tutti questi saggi di applicazione i risultati furono dichiarati sempre soddisfacenti; ma intanto sta pure il fatto che tali applicazioni non sarebbero uscite mai dai limiti dell'esperimento, neppure ad Amsterdam, dove le condizioni topografiche eccezionali della città avrebbero dovuto consigliarne la estensione a tutto l'abitato. Né pare che codesto sistema siasi preso anche solo in considerazione a Parigi dove Governo e Municipio e cittadini pongono pur tanto impegno nel trovare la soluzione pratica e generale dell'arduo problema; a Londra, dove il capitale è sempre compagno di qualsiasi idea che accenni solo a qualche speculazione, dove non una, ma più compagnie industriali si sono lanciate a capo fitto nello impegno di utilizzare i materiali immondi; e né manco a Berlino, città tutta quanta in pianura sulle due rive del fiume Sprea, dove nel 1874 si adottò per la fognatura della città il sistema inglese di conduttura ad irrigazione consigliato dall'ing. Hobrecht, e sotto la direzione di questi, fin dal novembre 1875 la canalizzazione generale funzionava già nel quartiere nobile, nella Friederichstadt.

Non seguiremo l'autore in tutti i suoi ragionamenti, perché l'indole di un cenno bibliografico ce lo vieta, ma ci troviamo pur sempre con lui, quand'egli conchiude che il sistema pneumatico Liernur presenta ancora tali dubbi di buona riuscita nelle applicazioni *in vasta scala*, da non potersi anche in tesi generale consigliare prima che questi dubbi non siano praticamente dissipati con esperimenti egualmente estesi. E quanto a proporlo per la bonifica di Napoli, pare anche a noi che la giacitura topografica di codesta città, la quale ci è perfettamente nota, rispetto alle pendenze delle sue vie non mostri punto la necessità di dover ricorrere a mezzi così energici e costosi per ottenere la pronta scarica delle materie di rifiuto.

4. — Se non che l'onorevole Pepe non si propose soltanto un lavoro di demolizione, e ci prova, un po' brevemente ma a sufficienza, nella terza parte del suo lavoro, esistere un sistema più conforme all'altimetria della città ed il quale presenta i vantaggi del sistema pneumatico senza dividerne i difetti meccanici. Le fogne di Parigi sono tacciate di aver poca pendenza, perchè essa varia da 0^m50 a 0^m30 per chilometro; quelle di Londra si ritengono di soddisfacente pendenza quando questa può arrivare a 1^m80 per chilometro; ed il Corfield, il quale nell'opera citata ci diede uno studio accuratissimo delle fogne dei vari paesi e specialmente di quelle di Londra, correato da una critica giustissima e severa sulla prova che esse fogne hanno dato particolarmente dal lato igienico, assegna come convenientissima al libero e perfetto scolo delle materie semiliquide delle cloache la pendenza del 3 per cento a quelle ramificazioni le quali mettono capo alle tubolature verticali dei cessi; mentre ai condotti delle strade dove le materie luride hanno avuto campo di sciogliersi quasi completamente, reputa sufficiente la pendenza del 4 al 5 per chilometro. Or bene, guardando all'altimetria della città di Napoli, risulta che nessuna quasi di quelle strade manca di tale pendenza minima del 4 al 5 per chilometro; che anzi per alcune di esse, e precisamente per quelle che mettono in comunicazione i diversi scaloni, in cui è divisa la parte di città in collina, codesta pendenza raggiungendo perfino il 9 per cento, non riuscirà difficile formare una serie di salti in tali condotti per aumentare così anche la pendenza sotterranea di quelli delle strade traversali.

Infine l'egregio nostro Autore non esita un istante a pronunciarsi per una completa separazione fra le acque delle strade, e le acque luride della economia domestica, adottando per le prime i condotti a grande sezione con libero sbocco nel mare, e convogliando le seconde con una rete ben disposta di tubi ad uno stabilimento centrale di manipolazione a pro' dell'agricoltura. E questa separazione costituisce, non solo a parer nostro, ma anche del Freycinet, del Corfield, del Fossangrives e di tanti altri autorevolissimi, quanto di meglio possa idearsi in fatto di canalizzazione sotterranea; talché il Fossangrives non esitò a dichiarare che se dovesse fondare una città igienica egli incomincierebbe dallo stabilire questa completa separazione.

Quanto al metodo da preferirsi per la utilizzazione, è evidente che la riduzione in *powdrette* sarebbe l'ottimo desiderabile, ma vi ha di mezzo la questione economica; epperò mentre giova sperare negli studi che continuamente si vanno facendo e nei progressi giornalieri della chimica una non lontana e soddisfacente soluzione, non rimane allo stato attuale della scienza che il metodo di irrigazione diretta, non vi è che seguire gli esempi di varie città dell'Inghilterra, e della pianura di Gennevilliers presso Parigi.

5. — All'egregio Ingegnere Pepe ci permettiamo soltanto di rivolgere un consiglio, essendochè in mezzo a tutto il buono della elaborata e coscienziosa sua proposta, troviamo un'idea non troppo bene definita, la quale accenna all'uso eventuale dell'aria compressa per le strade che trovandosi al basso della città avessero pendenza insufficiente. Se realmente avvi qualche limitata zona della città ove manchi addirittura il pendio, il sig. Pepe non abbia scrupoli eccessivi, e sottoscriva fin d'ora per quella parte o per quelle parti, limitate ed isolate, all'adozione del sistema pneumatico che in non grande scala ha dato sempre eccellenti risultati dal lato meccanico non meno che dal lato igienico, e che ci si presenta come il più razionale.

Nè meglio potremmo dar termine a questi cenni che unendoci all'Autore, per ricordare di bel nuovo il bel lavoro dell'Ingegnere Florio il quale ci ha dato la topografia di Napoli sotterranea, e di cui abbiamo con tanta soddisfazione parlato nel Vol. I (1875) di questo periodico a pag. 112.

II.

Studio di ferrovia transappenninica Genova-Milano attraverso le valli del Bisagno e della Staffora per Voghera e Pavia.

La provincia di Pavia nell'interesse generale de'suoi amministratori, e specialmente dei circondari di Voghera e di Bobbio per dare loro uno sfogo commerciale diretto verso Genova, ha fatto eseguire ultimamente uno studio di ferrovia per congiungere quest'ultima città con Milano, passando lungo le valli del Bisagno e della Staffora per Voghera e Pavia.

Lo studio venne commesso all'egregio ingegnere Soldati, il quale ne presentò il progetto correato da numerosi documenti in data del 3 marzo 1877.

Di questo voluminoso progetto il Consiglio Provinciale per maggiormente diffonderne l'idea, ed avvalorarne l'appoggio, ha fatto stampare in eleganti caratteri, la relazione del Presidente del Comitato Promotore come prefazione, la relazione dell'ingegnere

Soldati autore del progetto; la descrizione dell'andamento planimetrico ed altimetrico della strada; i dati ed i calcoli relativi all'esercizio; i diversi computi metrici dei lavori di esecuzione; ed il computo estimativo dei medesimi. Sono a corredo di questo libro, che abbiamo sotto gli occhi, due lunghissime tavole, cioè la corografia della località secondo la carta dello Stato Maggiore, ed il profilo epilogo dell'altimetria stradale; dalle quali ognuno può farsi un'idea dell'importanza di questa nuova comunicazione.

Non vi è dubbio, che la più breve comunicazione fra Genova e Milano, tirando sulla carta una linea retta, passa per Voghera e Pavia; che da Milano a Voghera la strada è bella e fatta e non vi sono correzioni a fare; ma da Voghera a Genova passando per Tortona e Novi, si descrive un arco verso ponente di chilometri 89; mentre passando da Voghera per la valle della Staffora, Varzi, Santa Margherita, e la valle Trebbia, Ponte-Organasco, Ottone e Montebruno, per riversarsi nella valle del Bisagno, e giungere a Genova, secondo il tracciato dell'ingegnere Soldati, si descrive un altro arco più risentito verso levante di chilometri 114; e quindi una maggiore lunghezza a danno di quest'ultimo progetto di chilometri venticinque.

Con ciò sarebbe provata soltanto la poca convenienza di una nuova strada tra Milano e Genova, finché quella attuale sotto la galleria dei Giovi non presenti inconvenienti di sicurezza; ovvero che il traffico avvenire non aumenti; ma tosto che l'uno o l'altro di questi bisogni si facesse sentire, si riconoscerà indubbiamente la necessità di questa nuova linea, non solo pei circondari di Voghera e Bobbio, ma altresì per l'intera linea Pavia e Milano; e ciò ancora senza fare caso del vantaggio strategico che apporterebbe allo Stato, in caso di guerra, la doppia comunicazione tra la valle del Po ed il litorale.

Quindi non possiamo a meno di encomiare il divisamento degli amministratori della provincia di Pavia di aver fatto eseguire tale studio, e di averne procurato colla stampa la diffusione, sperando che sarà dagli uomini ed autorità competenti preso nelle dovute considerazioni a beneficio di quelle località, e di tutto il regno d'Italia.

III.

La teoria delle Ombre e del Chiaro-Scuro, dell'ing. Domenico Tessari, prof. di applicazioni della Geometria descrittiva presso il R. Museo Industriale Italiano.

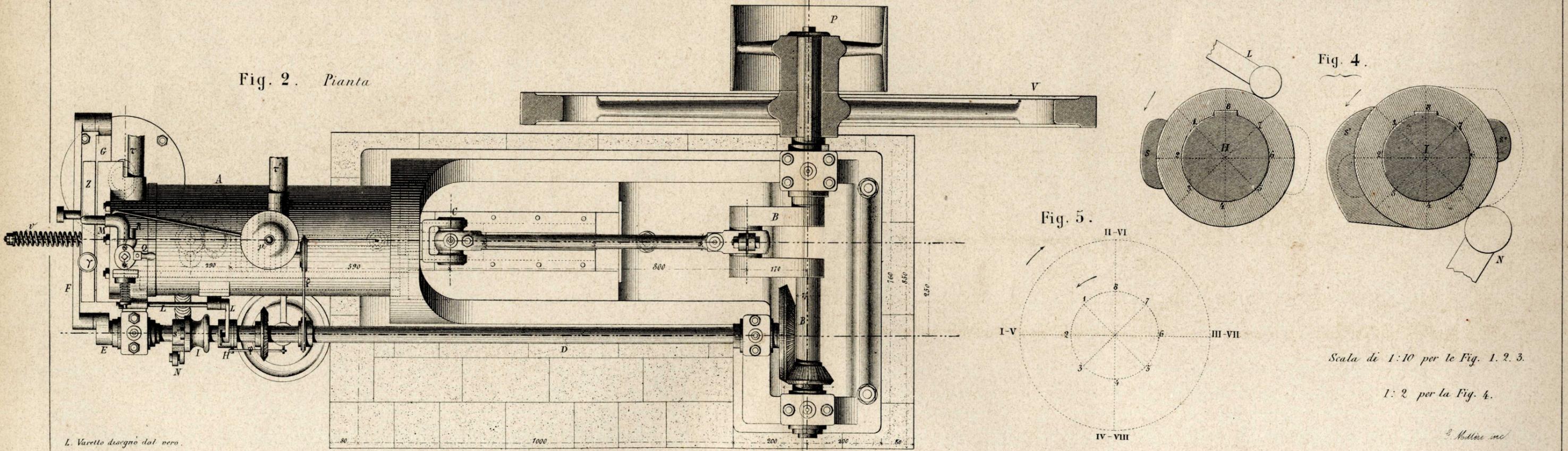
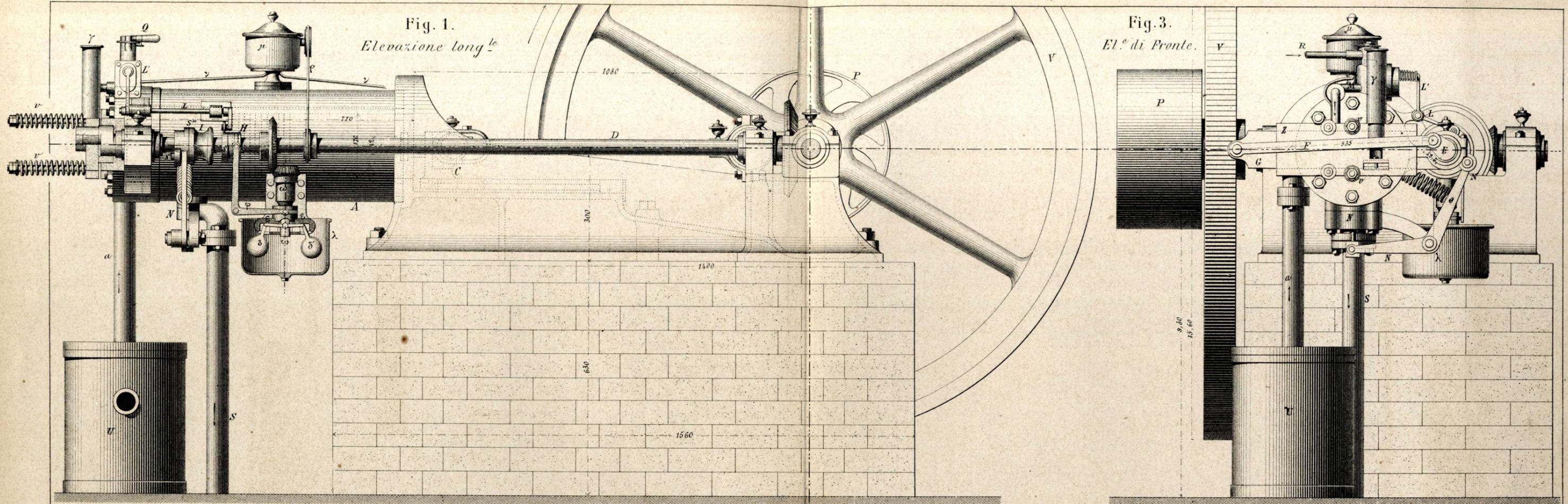
L'ingegnere Domenico Tessari, a cui non mancò la fortuna di arrivare prestamente all'apice della carriera dell'insegnamento superiore nel così detto Museo Industriale Italiano, si propose di bene adoperare il proprio ingegno, e l'attività non comune, nel pubblicare una serie di volumi sulle principali applicazioni della Geometria descrittiva. E incominciò dal trattare delle Ombre e del Chiaro-Scuro.

Nella prima parte testè pubblicata si occupa dello studio e della ricerca delle linee che intervengono nei contorni delle ombre, ossia delle *ombre lineari*; nella seconda parte che l'autore stesso ci dice di imminente pubblicazione, parlerà della varia intensità della illuminazione nei singoli elementi delle superficie degli oggetti, del modo di precisarla e del modo di ricercare gli elementi ugualmente illuminati, ossia in una parola di tutto ciò che costituisce la teoria della gradazione delle tinte.

Le 168 pagine di testo con 81 figure in 14 tavole, le quali compongono il 1° fascicolo, sono per noi più che sicuro indizio che l'opera ideata riuscirà grandemente proficua non solo agli allievi degli Istituti tecnici, delle Università e delle Scuole di Applicazione, ma ancora ai professionisti, ingegneri, architetti e disegnatori, i quali troveranno in buona scala, l'un dopo l'altro, risolti tutti i problemi pratici che potranno incontrare nel rivestire qualsiasi loro concetto. Che più? l'autore avendo pensato a tutti i casi, sovente gli acquerellisti troveranno comodo di prender occhio, forma e proporzioni dalle figure stesse del Tessari, senz'aver d'uopo di ripeterne le costruzioni.

Furono pure inviate ultimamente in dono alla Direzione le seguenti opere:

1. — Annali del R. Istituto Industriale e Professionale di Torino. Vol. 6°.
2. — Sopra una più conveniente utilizzazione della forza motrice del Bedale del Corso, dell'ing. Stefano Moschetti.
3. — Ministero dei Lavori Pubblici. Catalogo dei lavori monografici inviati all'Esposizione Universale di Parigi.
4. — Sopra alcuni notevoli geminati polisintetici di spinnello orientale. Memoria di G. Strüver.
5. — Manuale per la costruzione dei molini da grano dell'ing. Cesare Saldini. Milano, 1878.
6. — Piano regolatore per ampliazione di vie e riforma di quartieri nella parte antica di Torino, degli Ingegneri Petrino, Boella e Reyceud.



L. Varetto disegno dal vero.

Proprietà Artistico-Letteraria

MOTORE ORIZZONTALE A GAZ - LUCE DI OTTO

Scala di 1:10 per le Fig. 1. 2. 3.

1: 2 per la Fig. 4.

2. Nollero inc.