

# L'INGEGNERIA CIVILE

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE



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

### SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

**ESAME del Progetto di fognatura  
a canalizzazione separata della città di Torino  
redatto dall'Ufficio Tecnico Municipale.**

#### RELAZIONE DELLA COMMISSIONE

*nominata dal Presidente in esecuzione del voto dell'Assemblea  
del 17 febbraio 1891.*

Nel presentare il risultato dello studio affidatole, la Commissione deve esprimere il suo rincrescimento perchè tre dei Soci designati a farne parte non credettero di accettare l'incarico, privando i colleghi dell'illuminato loro aiuto (1).

Siccome però rimanevano in ufficio i due terzi dei Membri, parve che si dovesse egualmente procedere all'esaurimento del mandato.

Fin dalla prima riunione la Commissione riconobbe che non sarebbe stato completo uno studio basato solo sui documenti comunicati alla Società. Si sapeva infatti trattarsi, non d'un progetto di massima, ma di un progetto completo e studiato in tutti i particolari, e di cui l'incartamento comunicatoci non dava che lo scheletro. Perciò, accogliendo con grato animo l'offerta contenuta nella lettera che accompagnava il progetto, la Commissione decise di rivolgersi, per più complete informazioni, all'Ufficio Tecnico Municipale; al quale essa è in dovere di tributare vivi ringraziamenti per la squisita cortesia con cui le furono presentati e spiegati tutti i documenti che riguardano questo importante lavoro.

#### Origine e storia del progetto.

La prima Commissione, nominata nel 1880 dal Sindaco per studiare il problema della fognatura di Torino, presentò le sue conclusioni nel 1884, in una elaborata relazione del senatore Pacchiotti, accompagnata da un progetto di fognatura a canalizzazione mista studiato dall'ingegnere Boella; progetto che la Giunta rassegnava al Consiglio, proponendo la sollecita costruzione del collettore principale a sponda sinistra del Po. Su questa proposta, nel gennaio 1885, il Consiglio Comunale deliberava di passare all'ordine del giorno, ordinando nuovi studi ed esperimenti, e chiedendo che fosse sentito il parere dei Corpi scientifici cittadini.

La Giunta nominò una nuova Commissione, composta del conte Carlo Ceppi, cav. ingegnere Severino Casana, consiglieri comunali, e cav. ingegnere Velasco, capo dell'Ufficio Tecnico, con incarico di studiare sul luogo i principali sistemi di fognatura praticamente applicati nelle varie città d'Europa. La relazione di questa Commissione, stesa dall'ingegnere Casana e presentata il 20 novembre 1886, conchiudeva per l'adozione della canalizzazione a scolo naturale, ed affermava che, per le condizioni speciali di Torino, era conveniente la separazione delle acque meteoriche ed il loro scarico diretto nel Po e nella Dora.

Queste conclusioni vennero sanzionate dal voto 11 aprile 1888 dal Consiglio comunale, che deliberava la esecuzione della canalizzazione a sistema separato e prescriveva che, riservata la possibilità di utilizzare il liquame delle fogne per

(1) Sono i soci: ing. cav. Francesco Boella, ing. F. Corradini ed ing. Carlo Losio.

l'irrigazione agricola, si provvedesse per intanto alla sua epurazione; raccomandando la conservazione, nei limiti del possibile, dei canali esistenti.

Una Commissione composta di tutti i Consiglieri comunali ingegneri presenti in quel tempo in Torino, riunitasi il 17 aprile 1888, presa visione del progetto di massima già compilato dall'Ufficio Tecnico Municipale, confermando il principio della canalizzazione separata, tracciò le norme per la compilazione del progetto definitivo prescrivendo, fra altro, che tutti i canali fossero facilmente praticabili, e che tutta la rete potesse essere assoggettata a regolari lavature.

Egli è in base a queste norme direttive che fu compilato il progetto dell'Ufficio Tecnico Municipale, ed è con questi criteri che deve essere giudicato; nel farne però l'esposizione crediamo opportuno discutere in modo concreto anche se per avventura convenga di modificare in qualche parte questi concetti.

#### Esposizione del progetto.

Il progetto comprende, naturalmente, due distinte reti di canali, a cui si conservano i nomi, da lungo in uso in Torino, di *canali bianchi* e *canali neri*; destinati i primi a raccogliere esclusivamente le acque meteoriche per tradurle, nella parte maggiore, ai fiumi; costrutti gli altri per raccogliere tutte le altre acque di rifiuto di qualsiasi natura per portarle sempre ed esclusivamente ai campi d'irrigazione o di epurazione.

Il progetto fu esteso a tutta l'area compresa nella cinta daziaria (circa 1600 ettari) per ciò che riguarda i canali collettori ed i distributori delle acque di lavatura, e per le altre disposizioni generali; dei canali minori si progettò di costruire per intanto solo quelli occorrenti per le zone già fabbricate o prossime a fabbricarsi (circa 750 ettari). Tutti i 23 chilometri di canali neri ed i 92 chilometri di canali bianchi già esistenti, sarebbero conservati, salvo arretrarsi alcune correzioni rese urgenti dall'estendersi della fabbricazione.

#### Rete dei canali neri.

*Disposizione generale.* — Tutta l'area compresa nella cinta daziaria fu divisa in quattro zone con emissari distinti, a seconda del livello.

La zona più alta, segnata sui disegni dell'Ufficio Tecnico colla lettera *B*, è limitata ad Ovest e a Sud dalla cinta daziaria, ad Est dalla ferrovia di Genova e dalla via XX settembre, a Nord dal Corso Regina Margherita; l'emissario esce per via al Ponte Mosca.

La zona *A* si stende fra la precedente ed il Po, è limitata a Nord dal Corso S. Maurizio e si protende lungo il lato Nord della precedente con una stretta striscia fronteggiante il Corso Regina Margherita; il suo emissario per via Bava si dirige alla barriera di Vanchiglia.

La zona *C*, la più bassa, comprende il rimanente della città a sinistra del Po, e cioè le aree laterali alla Dora; l'emissario costeggia la sponda sinistra del Po.

La zona *D* comprende tutta la parte oltre Po; il suo emissario segue la via di Casale.

Ogni zona è suddivisa in più sezioni indipendenti, ciascuna fornita di tutte le disposizioni occorrenti perchè il servizio ordinario e la lavatura d'una sezione si possano fare indipendentemente dalle altre. Anzi, ogni sezione costituisce come un sistema completo, non destinato ad ulteriore estensione; a misura dell'ingrandirsi della città, si aggiungeranno nuove zone e nuove sezioni; ma quelle già costrutte continueranno

a funzionare nelle condizioni primitive, così da non aver mai bisogno di rimaneggiamenti.

Un canale adacquatore generale segue ad Ovest ed a Sud la linea della cinta daziaria; per esso le acque del canale di Torino, e quelle altre che in seguito si avessero disponibili, vengono distribuite ai canali adacquatori secondari che circondano a monte tutte le sezioni, e che sono per la maggior parte costituiti dai collettori delle sezioni superiori.

La Commissione approva completamente queste disposizioni. Si vedrà, a proposito della utilizzazione del liquame, quanto sia utile la divisione in zone. La suddivisione in sezioni facilita la graduale costruzione delle varie parti della rete, rende più comodo il servizio di manutenzione e limita l'estensione del danno in caso di riparazioni.

**Disposizione delle fogne elementari.** — La condizione imposta di poter lavare tutti i canali con una dotazione limitata d'acqua, e la configurazione della nostra città, condussero l'Ufficio Tecnico ad adottare per le fogne elementari la disposizione validamente propugnata dal relatore della Commissione Municipale del 1886, ingegnere Casana; disposizione non molto comune, ma che, applicata su vasta scala nella fognatura di Bruxelles, vi fa ottima prova. In questo sistema, dal canale adacquatore, che circonda a monte ciascuna sezione, all'incontro d'ogni via si diparte una fogna, la quale, percorsa la lunghezza del primo isolato, risvolta nella via trasversale, e continua a risvoltare ad ogni crocicchio, alternativamente a destra ed a sinistra, finché cade nel collettore della sezione. Così a ciascun crocicchio convergono per due vie fra di loro normali due fogne che tosto si riallontanano risvoltando in modo che l'una vada via per il prolungamento di quella strada per la quale l'altra è venuta. Nella nostra città, in cui generalmente nelle vie perpendicolari al fiume la pendenza è eccessiva ed in quelle trasversali è scarsa, s'ottiene così il vantaggio che i canali assumono, naturalmente, una pendenza intermedia e più uniforme, più favorevole al buon funzionamento.

Inoltre in questo sistema, il numero degli imbocchi a cui si deve distribuire l'acqua di lavatura, per una data sezione è ridotta al minimo, ed equivale al più al numero delle vie. Nel sistema ordinario, in cui su ognuna delle fogne secondarie occupanti le vie di una data direzione, si impiantano tante fogne terziarie quante sono le vie trasversali, il numero dei canali da lavare è invece eguale al numero dei crocicchi della sezione; cioè è di gran lunga maggiore. Certo la lunghezza complessiva di tutte le fogne rimane, ad un dipresso, invariata ed eguale alla lunghezza totale di tutte le strade della città; ma questa stessa lunghezza ripartita in minor numero di canali obbliga a dividere l'acqua in minor numero d'imbocchi, sicché ogni canale può avere maggiore quantità d'acqua, o maggior durata, o maggior frequenza di lavature, se si fa un turno orario. Quindi una stessa fornitura d'acqua produce un maggior effetto, o può bastare una fornitura minore.

Ora la quantità d'acqua di cui può disporre Torino, non è abbondante. Si pensa ad accrescerla; ma sono tanti gli usi dell'acqua in una grande città, che sarà sempre un bene non doverne gettare troppa nella lavatura delle fogne; e sarà pur sempre vantaggioso di poter tenere senza inconvenienti la diluizione delle materie di fogna nei limiti più adatti per il loro impiego agricolo.

E quali inconvenienti presenta il tracciato a risvolti? La Commissione crede che non ve ne sia alcuno; poichè non è necessario confutare in una riunione di persone tecniche la obiezione sollevata da qualche incompetente; che cioè nei risvolti possa la corrente rallentarsi e dar luogo a depositi. Evidentemente è questione d'un raccordo in curva abbastanza dolce. Non è poi nemmeno il caso di parlare dell'allegata difficoltà di costruzione di quei canali in curva; difficoltà che non esiste. Del resto, si potrebbe domandare agli oppositori quale differenza vi sia fra questi *risvolti* ed i *raccordi* delle fogne di vario ordine, necessari in qualunque altro sistema.

Posto il principio che tutta la rete sia sistematicamente lavata, principio che la vostra Commissione approva, il tracciato scelto dall'Ufficio d'Arte non solo è commendevolissimo,

ma è il solo veramente buono e merita di essere in massima adottato. Si potrà tutt'al più, nei punti dove qualche irregolarità nella distribuzione delle vie lo consigli, introdurre qualche breve ramo di fogna non collegato coi canali adacquatori; ciò in sostituzione di certi sdoppiamenti dei canali secondari, progettati dall'Ufficio d'Arte. Se poi la esperienza ne dimostrasse la necessità, quelle poche diramazioni si potrebbero fornire di apparecchi lavatori a cacciata automatica, del genere, per esempio, di quelli che si stanno impiantando a Milano.

**Quantità d'acqua da scolare.** — La portata ordinaria dei canali neri deve corrispondere all'incirca alla quantità d'acqua potabile consumata nelle case. Col tempo si spera d'ottenere la distribuzione di duecento litri per abitante ad ogni ventiquattro ore; ma per ora se ne è molto lontani. Quest'acqua non si scarica in modo continuo; anzi s'usa calcolare che una metà si smaltisca in sole sei ore. Tenuto conto che la densità della popolazione nella parte più centrale della città sia di 450 persone per ettaro, si trova che la portata media sarebbe di circa un litro per ettaro e per 1" quando ci fosse dato d'ottenere i 200 litri a testa d'acqua potabile.

A questa portata si devono aggiungere le acque di lavatura, la cui quantità complessiva varia fra 150 e 750 litri al 1", con una portata ordinaria di circa 400 litri, e che l'Ufficio Tecnico propone di distribuire in ragione di 40 litri al 1" per ogni fogna e per la durata di qualche minuto. Per ora queste acque di lavatura si hanno quasi soltanto di notte, cioè quando è minima la quantità delle acque domestiche.

Su questi dati furono calcolate (1) le sezioni degli emissari e dei collettori principali delle varie zone; per i collettori delle singole sezioni, e più ancora per le fogne elementari, l'obbligo imposto di dar passaggio agli operai, conduce a sezioni strabocchevolmente più grandi dello stretto necessario; sicché la sezione si fece costante.

Ci riserviamo di discutere più avanti della convenienza di modificare questa disposizione.

**Particolari di costruzione e d'esercizio.** — Tutte le fogne sono in muratura di calcestruzzo con intonaco liscio in cemento, a sezione ovoidale, senza banchine, nè alcun altro ingombro che possa promuovere i depositi. L'altezza è di metri 1,50 per i collettori e di m. 1,45 per le fogne elementari; in queste la larghezza all'imposta è di m. 0,70 ed il raggio della cunetta di soli cinque centimetri; con che anche per le portate minime si ottengono velocità discrete. Nei collettori la larghezza all'imposta varia da 0,80 a 1,10 ed il raggio della cunetta da 0,15 a 0,40. La pendenza dei collettori non è mai minore dell'1,20‰; per i canali secondari varia fra il 3 e

(1) L'Ufficio Tecnico in questi calcoli adottò come la più semplice la formula di Tadini:

$$V = m \sqrt{pR}$$

in cui:  $V$  è la velocità media,  $p$  è la pendenza,  $R$  è il raggio medio ed  $m$  è un coefficiente che, sull'esempio di lavori analoghi inglesi, fu assunto eguale a 50. Si trovò chi ne fece all'Ufficio un grave appunto, proclamando la superiorità della formula di Darcy e Bazin, come se tali quisquiglie teoriche avessero qualche importanza in una applicazione pratica, le cui condizioni non corrispondono certamente a quelle delle esperienze che servirono a ricavare quelle formole entrambe empiriche; a tacere del fatto che la quantità d'acqua da smaltire non può calcolarsi che con approssimazione molto larga. Ad ogni modo, ecco un piccolo parallelo dei valori della velocità corrispondenti a diversi valori di  $R$  ed alla pendenza dell'1,50‰ (valore medio di quella dei collettori neri principali) calcolati separatamente colla formula di Tadini e con quella di Darcy e Bazin coi coefficienti delle pareti mediocrementemente lisce, i soli che si possano ragionevolmente adottare per canali percorsi da liquidi viscosi e non esenti da depositi.

Raggio medio R	Velocità secondo le formole di	
	Tadini	Darcy e Bazin
0,05	0,43	0,41
0,10	0,61	0,68
0,15	0,75	0,90
0,20	0,86	1,08
0,25	0,97	1,24

Come si vede, i risultati della formula adottata dall'Ufficio Tecnico stanno dal lato della prudenza, ma le differenze sono piccole di fronte alla indeterminazione dei dati del problema.

l'8<sup>00</sup>/<sub>10</sub>. Il limite superiore s'adottò, come nella fognatura di Napoli, perchè con pendenze troppo forti per le portate minime l'altezza viva della sezione diverrebbe troppo piccola.

La profondità delle fogne sotto il piano stradale non è mai inferiore a tre metri, cosicchè riesce comoda l'immissione dalle case; ed è sempre maggiore di quella degli attuali canali neri, nei punti dove li si incontra, in modo da facilitarne il raccordamento.

Pel servizio delle lavature, le fogne secondarie sono munite all'imbocco, dove si staccano dal collettore-adacquatore, di una saracinesca curva che si accorda colla forma delle pareti di quello; e nell'adacquatore, ad ogni nove imbocchi circa, si trova una valvola a farfalla che permette di far rigurgitare l'acqua nel tronco a monte, mentre si aprono le saracinesche delle fogne che hanno origine in quel tronco.

Tutta la rete è visitabile mediante pozzetti, di cui quelli per le fogne secondarie sono disposti sui crocicchi delle vie ad ogni due isolati, e comunicano colle due curve di raccordo di due fogne vicine.

*Emissari ed impiego del liquame.* — Come è detto, ogni zona ha il suo speciale emissario. Questa disposizione, che fu criticata, è invece dalla Commissione vivamente encomiata per il vantaggio che ha di estendere il beneficio dell'irrigazione feconda ad un territorio molto più ampio che non con un solo emissario, il quale dovrebbe di necessità corrispondere per livello all'incirca al più basso dei quattro; basta notare che l'emissario B è di quasi 10 metri più alto dell'emissario C. Questa considerazione è importante; non che si incontri difficoltà a trovare una estensione di terreni sufficiente allo smaltimento del liquame, poichè basterebbe prolungare l'emissario unico per dar soddisfazione ad ogni richiesta. Ma è interesse di Torino che la zona beneficata sia ampia e non troppo lontana, onde ritorni maggiormente alla città il profitto del miglioramento ed aumento della produzione.

In questo ordine d'idee la Commissione crede anzi che meriterebbe di essere studiata la costruzione di un quinto emissario a monte degli altri, in continuazione del collettore che costeggia ad ovest la ferrovia di Milano e che ora pel corso Regina Margherita viene a versarsi nell'emissario di via al ponte Mosca, con una perdita di livello di più metri. Con ciò si staccerebbe dalla zona B la parte a monte della ferrovia per farne una quinta zona; la regione irrigabile ne verrebbe notevolmente aumentata.

Gli emissari furono studiati completamente per la parte più vicina alla città; per l'ulteriore protendimento si terrà conto delle richieste degli agricoltori; ma tutto è previsto per poter versare il liquame nei canali privati onde distribuirlo insieme alle ordinarie irrigazioni. Questo modo d'impiego, che a Torino è concesso per la fortunata circostanza di poter disporre di un vasto territorio già irriguo, sembra alla Commissione di gran lunga preferibile a tutti i sistemi altrove praticati per impiegare il liquido delle fogne. Checchè se ne dica, tutte le coltivazioni speciali a base di liquido cloacale, tutti i metodi di irrigazione intensiva e forzata, finora dal lato economico diedero dei risultati che nemmeno possono paragonarsi con quelli ottenuti dall'irrigazione feconda estensiva, quale da tanto tempo si pratica qui da noi in Vanchiglia, ed a Milano colla Vettabbia.

È sempre cosa difficile e costosa sconvolgere l'agricoltura di tutta una regione a beneficio di un nuovo progetto; specie trattandosi di una regione, il cui sistema d'agricoltura irrigua è così pregievole; è assai meglio non abbandonare senza necessità quello che l'esperienza dimostrò ottimo. Il liquame dei canali neri avrà certo una viva richiesta per parte degli agricoltori; basta osservare che i prati di Vanchiglia, attualmente irrigati dai canali neri di Torino, raggiungono un prezzo d'affitto (circa L. 700 all'ettaro) cinque volte superiore a quello del resto del territorio.

Ma per ottenere questi risultati, è indispensabile non imporre ai coltivatori delle condizioni non compatibili colle esigenze e colle abitudini della pratica; non si deve, come in altri progetti fu proposto, imporre l'obbligo di riversare sempre sul terreno il liquame delle fogne, con l'aggravante

che la quantità cresca proprio in ragione inversa del bisogno. Bisogna permettere che gli agricoltori prendano l'irrigazione solo nei tempi e nelle proporzioni che la pratica loro suggerisce. Quindi è degna di calda approvazione la deliberazione 11 aprile 1888 del Consiglio Comunale, la quale prescrive che: riservata la possibilità dell'irrigazione agricola, si provvedesse alla epurazione per filtrazione.

L'Ufficio Tecnico provvide a questo bisogno colla proposta d'acquisto di alcune zone di terreno presso il torrente Stura, di cui alcune, le meglio esposte, si destineranno ad applicazioni sperimentali di coltura intensiva; altre, costituite di terreni bassi eminentemente permeabili, con appositi spianamenti, e se occorre, con drenaggi si ridurranno a campi di epurazione per filtrazione senza coltivazione. Così l'Amministrazione sarà in grado di utilizzare nel primo periodo transitorio tutto il liquame prodotto, ed anche in seguito avrà sempre il mezzo di *smaltirlo*; onde potrà offrire agli agricoltori le condizioni più favorevoli per l'impiego, e fare ad essi i patti invece di subirli.

Noi non ci facciamo l'illusione che così si possa ottenere una notevole immediata risorsa pecuniaria; benchè il canone che ora si ritrae dai prati di Vanchiglia possa renderne non ingiustificata la speranza. Molto probabilmente, la massima parte del notevole valore, come concime, dell'efflusso dei canali di Torino, si risolverà in profitto degli agricoltori e non in introito diretto dell'erario comunale. Ma non è chi non veda quanto interessi ad una grande città la prosperità dei territori finitimi. Per noi tutto il problema dell'impiego del liquame è risolto, se, salvi rigorosamente tutti gli interessi igienici, questa massa di materia fertilizzante esce dalla città in condizioni tali che ne sia pratica l'utilizzazione.

La Commissione afferma che nel sistema proposto dall'Ufficio Tecnico questo scopo si ottiene in modo perfetto.

#### Rete dei canali bianchi.

*Disposizioni generali.* — È evidente che questa rete deve essere tracciata con criteri affatto diversi da quelli della rete nera. Lo sbocco diretto nei fiumi, e la portata che occasionalmente può diventare enorme, conducono a tracciare i canali principali secondo il loro maggior pendio, moltiplicandone il numero. Pure, ritenendo che tutti questi canali debbano essere periodicamente lavati, si può ammettere che il turno delle lavature sia più lungo che pei canali neri; quindi si presenta naturale il tracciato ramificato col quale si riduce ad un minimo il percorso da ciascuna delle bocchette stradali allo sbocco nel fiume.

In Torino, la massima parte dell'area fabbricata ha già la sua rete di canali per lo scolo delle piogge; e sono oltre a 90 chilometri! Onde il progetto municipale, salvo alcuni ritocchi alla parte esistente, contempla solo le aree non ancora servite, cioè l'estremo sud, l'estremo ovest ed i terreni laterali alla Dora al nord. Queste aree sono divise in più bacini, ognuno formante una striscia perpendicolare al fiume in cui si scarica, e percorso nell'asse da un canale principale, su cui si innestano come rami le fogne secondarie e terziarie. Alcuni dei canali principali sboccano direttamente al fiume; altri, vuoi per diminuire il numero degli attraversamenti delle ferrovie, vuoi per evitare certe aree, si riuniscono prima per gruppi ad un comune emissario sboccante nel fiume.

*Particolari di costruzione.* — I canali sarebbero tutti in muratura con intonaco in cemento.

I maggiori avrebbero sezione circolare con un diametro massimo di m. 2,20; i minori sarebbero ovoidi. La piccola profondità che rende facili le riparazioni, condusse l'Ufficio a studiare per le diramazioni ultime una sezione di soli m. 0,90 di altezza per 0,60 di larghezza; cioè ancora visitabile in caso di necessità. La pendenza varia fra il 5 ed il 15 per mille.

Questi canali sarebbero ventilati dalle bocchette stradali, e potrebbero essere tutti lavati metodicamente colle acque della Pellerina, le quali potrebbero poi essere immesse in tutti i canali principali in quantità sufficiente pel servizio di sgombrò delle nevi.

*Quantità d'acqua da scolare.* — Le massime piogge ricorrono a Torino raggiungono, per brevi durate, l'intensità fino di un millimetro al minuto; ma questa violenza è rara. Però le piogge superiori a due millimetri all'ora ricorrono in media una trentina di volte all'anno; le giornate piovose sono in circa novanta all'anno. Per avere la quantità d'acqua ricevuta dalle fogne, si usa supporre che se ne perda un terzo per evaporazione e per assorbimento. In realtà, delle piogge minori si disperde la quasi totalità, e poche colature giungono ai canali; invece delle piogge più intense, poco può essere evaporato od assorbito; ma la breve durata fa sì che il disuguale periodo di tempo impiegato per giungere dalle varie bocche agli emissari, alleggerisca il lavoro di questi. L'esperienza dei canali già costruiti dimostra che il limite superiore dell'acqua da smaltire corrisponde appunto ai due terzi di un millimetro d'altezza per minuto, ossia 110 litri per ettaro e per 1".

Su queste basi vennero calcolate le sezioni dei canali, e si può essere certi che bastino per ogni occorrenza.

*Comunicazione coi canali neri.* — Nelle piogge meno abbondanti e specialmente nei primi istanti dopo un periodo di siccità, la poca quantità di acqua che perviene ai canali bianchi, nel lavare la superficie dei tetti, dei cortili, delle vie e dei canali stessi, raccoglie una certa quantità di detriti e di materie organiche. Perciò si studiò di non scaricarla nei fiumi, e di versarla invece nei canali neri. Il modo proposto dall'Ufficio Tecnico è molto semplice e pratico.

Là dove i canali principali bianchi, presso alla loro foce, sovrapassano ai collettori neri, nel fondo dei primi è aperto uno stretto spacco, accompagnato da un piccolo salto, in modo che il labbro superiore dell'apertura sia alquanto più elevato che il labbro a valle. Finché la quantità d'acqua convogliata nel canale bianco è piccola, l'acqua cola per suo peso in quello spacco, il quale, attraverso ad un sifone e ad un pozzetto a sabbia, la scarica nel canale nero. Quando la portata cresce, crescendo del pari la velocità, la vena liquida è lanciata al di là dello spacco, il quale non riceve più che poco o punto acqua; ma intanto la superficie dei tetti e del suolo, e la rete stessa dei canali si sono spogliate delle immondizie, e le quantità successive di pioggia possono scaricarsi al fiume senza inconvenienti.

Questa ingegnosa e semplicissima disposizione risolve completamente il problema; e sarà sempre facile, regolando opportunamente la larghezza dell'apertura, di togliere al fiume l'acqua delle piogge minori fino al giusto limite prescritto dall'igiene e suggerito dall'esperienza. Non occorre aggiungere che per mezzo di opportune paratoie si getteranno nei canali neri anche le acque della periodica lavatura dei canali bianchi.

Con questo non hanno più ragione d'essere gli scrupoli di quegli oppositori che hanno paura di versare nei fiumi le acque di pioggia.

#### Importo della spesa.

Il preventivo, in base ai calcoli dell'Ufficio d'Arte, ammonta a L. 10,400,000.

La Commissione cercò di formarsi un criterio dell'attendibilità di questa cifra, e dall'esame fatto si dovette convincere dell'esattezza e prudenza dei calcoli, dai quali è ricavata. Le analisi minutissime del costo unitario dei vari tipi di canali furono di tanto aumentate con quote per imprevidi, per scavi in puddinga, per puntellature e spese straordinarie, e per costo dei pozzetti ed altri accessori, da trovarsi quasi raddoppiate. Cosicché, anche tenendo conto delle condizioni speciali in cui deve eseguirsi un lavoro di questo genere, si può asserire che quella somma è sufficiente per la completa esecuzione del progetto.

*Riparto della spesa.* — Perché l'opera si possa compiere esclusivamente colle risorse ordinarie del bilancio, l'Ufficio Tecnico studiò la ripartizione del lavoro in molti esercizi, distinti in tre successivi periodi.

Nel primo periodo si eseguirebbero i lavori urgentissimi dell'estensione dei canali bianchi ai nuovi quartieri, dove

ora, grazie alle discussioni sollevate sul sistema della fognatura, non si è provveduto nemmeno allo scarico delle acque piovane; e si libererebbe definitivamente il Po dalle acque cloacali colla costruzione del collettore principale della zona B nel tratto a valle della via Mazzini, del relativo emissario fin presso la Stura, e colla costruzione parziale del campo di epurazione; al quale quel collettore porterebbe il liquame che ora versano tutto l'anno nel Po i canali neri di via Mazzini, via Pescatori e via della Zecca, e quello che vi si versa per il canale nero di via Po in inverno, cioè quando non si irrigano i prati di Vanchiglia. La spesa sarebbe di L. 1,420,000.

Nel secondo periodo, con una spesa di L. 1,200,000, si costruirebbero tutti i collettori ed adacquatori ed altre disposizioni generali della rete nera, e si completerebbero i campi di epurazione.

Col terzo periodo si entrerebbe nella fase definitiva e normale della costruzione progressiva della doppia rete di canali, mediante uno stanziamento annuo in bilancio che l'Ufficio calcola in sei o settecentomila lire.

Questo metodo di riparto, reso possibile in questo solo sistema per il fatto che esso conserva quasi senza modificazione ed usufruisce tutte le opere già esistenti, concederebbe di affrontare il grandioso problema della fognatura anche nelle eventuali condizioni dell'erario municipale. Se anche imperiose necessità finanziarie imponessero di sospendere temporaneamente l'opera dopo l'esecuzione dei lavori del 1° periodo, si sarebbe pur sempre ottenuto un vantaggio grandissimo e permanente.

Esaurita l'esposizione del progetto, quale esso fu compilato secondo le prescrizioni delle Commissioni municipali, crediamo di dover presentare la seguente proposta di variante, utile, a nostro avviso, sia dal lato igienico sia da quello economico.

#### Modificazione proposta.

Seguendo le norme impostegli, l'Ufficio Tecnico progettò tutti i canali di tal sezione da essere comodamente praticabili dagli operai. La Commissione crede che ciò non sia necessario, e che si possa invece fare un largo uso di fogne tubolari, seguendo l'esempio di molte città, e specialmente di Berlino; crede insomma che la rete non abbia bisogno di essere tutta *praticabile*, purché sia tutta *ispezionabile*.

Se si prende in esame la portata massima di una delle fogne nere elementari, si trova che la più lunga ha uno sviluppo di 1500 metri e serve un'area di sette od otto ettari. Onde la sua portata, calcolata in base alla massima densità della popolazione e per una dotazione di 200 litri d'acqua a testa, non raggiunge i 40 litri al secondo. Anche aggiungendo le acque di lavatura, non arriverebbe a 50 litri al 1". Invece colla pendenza minima del 3 ‰ la portata delle fogne del tipo IV raggiunge quasi gli 800 litri. Sembra miglior partito sostituirvi un semplice tubo, per esempio, del diametro di m. 0,35, o meglio con una sezione ovoidale alta m. 0,40 e larga m. 0,30; un simile tubo colla pendenza del 3 ‰ raggiunge già la portata di 75 litri al 1", più che sufficiente; sicché questa sezione basta per tutta la rete delle prime fogne elementari. Non si consiglia l'adozione di sezioni molto inferiori, per evitare fin l'ombra di un timore di ostruzioni; benché sia noto che queste in un tubo si distruggono automaticamente per la carica d'acqua che producono a monte (1).

Il vantaggio igienico sarebbe considerevole per la diminuzione della superficie da lavare; si potrebbe diminuire la cifra di 40 litri al 1" fissata dall'Ufficio per la quantità di acqua di lavatura, da distribuire ad ogni fogna elementare; cioè lavarne un maggior numero contemporaneamente, abbreviando il turno della lavatura. Inoltre il piccolo volume

(1) È sperabile che per aver proposto l'uso di sezioni tubolari non saremo subito dichiarati discepoli di Waring. Il sistema Waring non è il solo in cui si usino tubi, ed è caratterizzato da molte altre disposizioni, di cui noi non parliamo nemmeno.

Se poi vi sarà ancora qualcuno che ci accusi di proporre tubi di 10 e di 15 centimetri di diametro, non sarà difficile giudicare della sua buona fede.

d'aria racchiuso non potrebbe stagnare e sarebbe trascinato nel senso della corrente, colla quale è in immediato contatto. Sarebbe anche assai diminuito il pericolo di trapelamenti.

Per poter ispezionare ed occorrendo ripulire, col metodo di una spazzola attaccata a due funicelle, simili tubi, basta dividerli in tronchi rettilinei di non troppa lunghezza, mediante pozzetti d'osservazione. Nel tracciato a risvolti ciò si può ottenere mediante camere d'ispezione disposte in tutti i crocicchi delle vie, in modo da contenere ambe le curve di raccordo delle due fogne che ivi si accostano. In questo modo il servizio d'ispezione, ed occorrendo di sgombrò, si farebbe stando all'asciutto in camere ben ventilate; cioè sarebbe di gran lunga più comodo che il lavoro nell'interno di gallerie strette e basse, percorse da liquidi immondi.

Tenuto conto del costo di tutti gli accessori, quali pozzetti, saracinesche e simili, applicando gli stessi dati e gli stessi metodi di calcolo dell'Ufficio d'Arte, si trova che il tubo delle dimensioni proposte, anche ricorrendo ai materiali più costosi, quali le migliori qualità di grès, dato in opera costerebbe mediamente lire 40 al metro, invece delle lire 55, costo medio del metro di fogna del tipo più piccolo (tipo IV). Il risparmio effettivo sarebbe di lire 15 al metro; e per oltre a cento chilometri di sviluppo si diminuirebbe il preventivo dell'opera di *un milione e mezzo*, riducendolo a meno di *nove milioni*.

Analogamente la Commissione propone che nella rete dei canali bianchi si impieghino tubi per tutte le diramazioni minori. Qui per la poca profondità gli inconvenienti sono ancora meno temibili, mentre proporzionalmente maggiore riesce l'economia.

#### Vantaggi del progetto.

A questo punto abbiamo il diritto di chiedere che cosa resti delle obiezioni sollevate contro il sistema della canalizzazione separata. È chiaro che questo sistema, quando se ne faccia un'applicazione così bene studiata come è quella proposta dall'Ufficio Tecnico, non contravviene punto al principio essenziale di una buona fognatura; al principio cioè che tutte le materie di rifiuto, ivi comprese le lavature dei tetti e del suolo, debbono essere allontanate nel modo più pronto che sia possibile e completamente epurate. Non solo la canalizzazione separata non ripugna a questo principio, ma permette anzi di applicarlo in modo più completo, più sincero, più pratico, più economico e più adatto alle condizioni della nostra città che non col sistema della canalizzazione mista.

Per ciò che è della rapidità dell'allontanamento delle materie immonde, è troppo chiaro che, finchè si resta al di sopra del limite al quale comincia il pericolo di ostruzioni, è utile la diminuzione delle sezioni consentite dal sistema separato. Perciò non abbiamo esitato a proporre che siano impiegate le fogne tubolari.

Ma è soprattutto dal lato della completa epurazione di tutti i rifiuti e del perfetto e definitivo risanamento dei fiumi che il progetto municipale supera di gran lunga tutti i progetti presentati, e principalmente quelli a canalizzazione mista. Come si è visto, in questo progetto quella parte delle piogge che trascina le impurità della superficie dei tetti e del suolo, viene riversata nei collettori neri e condotta ai campi d'epurazione, ed una disposizione semplicissima permette di regolare con precisione, in base ai risultati dell'esperienza, la porzione così eliminata, cosicchè si può essere certi che le acque versate nei fiumi saranno realmente pulite e paragonabili a quelle che in certi paesi si raccolgono nelle cisterne per uso di bevanda.

Invece nella canalizzazione mista quella parte delle acque piovane che di necessità e per confessione dei fautori stessi del sistema si deve riversare nei fiumi, non può giungervi se non mista a materie impure. Che ciò succeda più o meno soventi (e sarà molto più frequente il caso di quel che confessino i sostenitori della canalizzazione mista), certo la cosa è contraria ai principii sostenuti dagli igienisti.

Nè ci persuade l'allegazione che tali materie pericolose raggiungerebbero il fiume a valle della città e che sarebbero molto diluite. Noi vogliamo che il fiume sia depurato radi-

calmente, e non ci basta regalare agli altri quella infezione, che con tanta spesa cerchiamo di allontanare dalle nostre case. Ed alla diluzione preferiamo la purezza, la quale col progetto municipale si ottiene in modo abbastanza perfetto, perchè si possa senza inconvenienti versare la maggior parte delle acque piovane nel tronco stesso di fiume che scorre tra le nostre mura.

Gli oppositori della canalizzazione separata credono poi di trovare un argomento in loro favore ed inoppugnabile, nello stato invero poco soddisfacente di taluni degli attuali canali bianchi di Torino. Ma è notorio che questo inconveniente deriva dagli abusi attuali, e principalmente dalla immissione clandestina in quei canali di materie cloacali; abusi che di necessità si vanno facendo sempre più frequenti col crescere dell'uso dell'acqua potabile nelle case, che rende sempre più onerosa per i proprietari la manutenzione delle fosse fisse impermeabili. È chiaro che questi abusi cesseranno quando, colla generalizzazione dei canali neri, non vi sia più interesse a commetterli. Già fin d'ora è migliore lo stato dei canali bianchi nelle vie regolarmente provviste di canale nero.

Non basta poi raccogliere le materie di rifiuto; bisogna smaltirle. I sostenitori della canalizzazione mista dicono che questa è una cosa secondaria; ma sono in errore. Si può a rigore dire meno importante l'utilizzazione economica delle materie fertilizzanti; ma lo smaltimento è importante quanto la raccolta. Sono due parti inseparabili di un unico problema. E da questo lato è troppo manifesta la superiorità del progetto municipale di canalizzazione separata. Certo, finchè non piove, sotto questo aspetto la canalizzazione mista e quella separata ad un dipresso si equivalgono. Ma quando piove il caso è diverso. Nel progetto municipale al sopravvenire di piogge leggiere, finchè i terreni si prestano facilmente alla continuazione dell'irrigazione, cresce d'alquanto la quantità d'acqua fornita, crescendo in pari tempo la quantità delle materie utili convogliate; quando la pioggia aumenta e l'acqua dei canali bianchi perde ogni valore, questa prende un'altra via ed ai campi giungono solo più le materie fertilizzanti nel maggior stato di concentrazione, sicchè è facile trovarne l'impiego.

Invece nella canalizzazione mista al crescere delle piogge cresce la portata fino ad un limite molto elevato; e quando, entrati in funzione gli sfioratori, la portata non cresce più, va diminuendo la concentrazione del liquame, finchè resta senza valore; ed intanto una certa quantità di materie immonde si scarica nel fiume.

Nel primo caso si hanno le migliori condizioni per la *utilizzazione*; nel secondo, con minor utile e maggior difficoltà, non si ottiene completamente la semplice *epurazione*. La scelta non può essere dubbia.

Ben è vero che s'è trovato fra gli oppositori chi calcolò che *nella corso di un anno* l'acqua delle piogge non rappresenterebbe che un terzo del volume totale convogliato dalle fogne. Si risponde che non c'interessa la media fra i giorni asciutti e quelli piovosi, e che in questi lo scarico delle piogge può per breve tempo superare più di cento volte il volume del liquame utile.

Un altro vantaggio, già ripetutamente dimostrato, del sistema separato è che questo sistema è il solo che consenta la conservazione del metodo attuale di sgombrò delle nevi. Per quanto si voglia cavillare sulla temperatura delle acque di fogna, è certo che la neve non trova nelle fogne l'enorme quantità di calorie necessarie a sciogliersi, salvo che in minima parte, e che deve assolutamente essere convogliata allo stato di voluminosi ammassi solidi; ciò che non è possibile se non in canali a forte pendio sboccanti direttamente al fiume. Senza cercare altrove i dati di fatto, l'esperienza acquistata nella nostra città, dove le nevicate sono talvolta molto abbondanti, lo dimostra luminosamente; basta il più leggero ostacolo, la più piccola svolta perchè la neve si arresti, si ammassi ed ostruisca i canali. In qualunque sistema di fognatura unica, gli emissari sono lunghi e poco inclinati, intercettati da griglie e sifoni; non si raggiungono senza svolte; sboccano sui campi, dove i massi di neve non potrebbero spandersi; sicchè quei canali saranno sempre incapaci di questo servizio.

Alle precedenti considerazioni che possono servire anche fuori di Torino, altre dobbiamo aggiungerne più specialmente opportune per la nostra città.

Il concetto della rapida circolazione delle materie, in modo che non si abbia mai un ristagno nemmeno in uno dei canali interni delle case, è una assoluta necessità per la canalizzazione mista. Le fogne uniche, ventilate dalla strada, non possono senza gravissimo sconcio ricevere materie in cui sia già iniziata la fermentazione. D'onde impossibilità assoluta di raccordare con una fognatura a canale unico l'attuale rete dei canali neri, che non risponde a quel principio; tutto dovrebbe essere rifatto prima di por mano ai nuovi collettori. Non basta; in tutta la città, quasi senza eccezione, gli impianti privati degli acquai e delle latrine sono lontani dal rispondere per costruzione e per dotazione d'acqua alle esigenze di quel sistema; sarebbe impossibile servirsi della fognatura senza un immediato e quasi completo rinnovamento di tutta la canalizzazione privata. Questo rinnovamento, oltre a rappresentare una spesa enorme, offrirebbe delle difficoltà gravissime; basta ricordare l'uso quasi generale delle latrine esterne sui balconi, dove l'impiego di apparecchi idraulici è quasi impossibile per via del gelo. Si pensi quale fastidiosa ingerenza dell'autorità sarebbe necessaria per vincere tutte le resistenze interessate e per modificare d'un subito le abitudini della popolazione. Si potrebbe temere di ottenere il risultato ottenuto già dalla canalizzazione mista in molte città, e per esempio a Parigi, dove le fogne ricevono soprattutto l'acqua piovana e le fosse fisse si conservano quasi senza diminuzione.

Invece il sistema della canalizzazione separata, mentre offre il mezzo più perfetto per realizzare la rapida circolazione, è anche quello in cui la rigorosa ed immediata applicazione di quel principio è meno necessaria. Siccome si parte dall'idea che le materie ricevute nei canali neri si debbano considerare come pericolose, e siccome per conseguenza i canali neri sono accuratamente isolati così dall'aria come dal suolo della città e rilegati ai canali privati mediante sifoni intercettatori, non c'è danno a che essi, almeno in modo transitorio, ricevano e lo scarico degli imperfetti canali neri attuali e quelli di canne private non ancora sistemate.

Certo anche i sostenitori del sistema separato desiderano l'introduzione negli impianti privati degli apparecchi e metodi più perfetti, ma credono che la trasformazione si debba compiere gradatamente, nella misura del possibile, senza eccessive coercizioni, seguendo la legge del libero progresso.

Infine la canalizzazione mista respinge per necessità tutti gli apparecchi diluitori o simili; la canalizzazione separata potrebbe ammetterli.

L'applicazione di questi apparecchi non costituirà probabilmente mai una soluzione generale, ma in certi casi rendono importanti servizi; e non si può asserire che non si troveranno col tempo disposizioni anche più perfette e più utili. Sembra quindi che sia bene non chiudere definitivamente la strada alla loro introduzione.

Per ciò che è del costo di costruzione, al progetto in esame ne fu contrapposto un altro con un preventivo in apparenza leggermente inferiore. Fu già dimostrato quanto i due computi siano lontani dall'essere comparabili (1). Le gravi correzioni in aumento che si dovrebbero fare al costo di quel progetto e la importante economia accompagnata da vantaggi tecnici che più sopra abbiamo proposta come miglioramento del progetto municipale, cambiano in enorme vantaggio per questo l'apparente leggera superiorità del progetto rivale. Che se a questo vantaggio si aggiunge l'altro, esso pure da conteggiarsi per i soli interessi a milioni, della possibilità di ritardare il rifacimento di tutti i canali attuali

(1) Ad esempio, nel preventivo del progetto Bechmann i canali tipo E sono calcolati in L. 55 al metro lineare, e si afferma che sono equivalenti al tipo II del progetto municipale. Invece, sia per lo scavo, sia pel rivestimento, essi superano sensibilmente il tipo I, il quale, secondo il computo dell'Ufficio Tecnico, costerebbe cogli accessori almeno L. 90 al metro. Sono L. 35 di differenza per metro lineare; e siccome lo sviluppo totale di quei canali è di 100 chilometri, per questo solo articolo sono *tre milioni e mezzo* da aggiungere al preventivo Bechmann.

e degli impianti interni delle case, si vedrà che i due progetti non sono da questo lato nemmeno da mettere a confronto. Ed è, a nostro avviso, importante il vantaggio che il progetto municipale offre di permettere meglio d'ogni altro il riparto della spesa in parecchi successivi periodi, per esempio, secondo il piano ottimamente studiato dall'Ufficio Tecnico, e la possibilità che per conseguenza si ha di dare subito soddisfazione con una somma modesta almeno ai più urgenti bisogni, nel caso che manchino assolutamente i mezzi di compiere sollecitamente il lavoro.

Ben sappiamo che v'è chi crede che in questo genere di opere la spesa non sia elemento importante. La salute, dicono, è il primo dei beni e l'opera dev'essere tramandata alla posterità. In principio non dissentiamo; però bisognerebbe almeno che la spesa non eccedesse i mezzi disponibili; anche la posterità ci tributerà maggior riconoscenza per l'eredità di un'opera utile ed eseguita, benchè modesta, che per il lascito di un progetto grandioso ma inesequibile.

Ma soprattutto neghiamo recisamente che lo sciupio di milioni della canalizzazione mista conduca ad un risultato più perfetto, e crediamo che il progetto dell'Ufficio Tecnico municipale sia ad un tempo il più economico ed il migliore di quelli già presentati per la fognatura della città di Torino.

#### CONCLUSIONE.

Esaurito con quanta maggior diligenza le fu possibile il mandato conferitole, la Commissione crede di dover riassumere il suo giudizio nelle seguenti dichiarazioni che essa propone all'approvazione della Società:

1° Nelle condizioni speciali della Città di Torino è da preferirsi sotto i rapporti igienici, tecnici ed economici il sistema di fognatura a canalizzazione separata; scaricando nei fiumi la maggior parte delle acque meteoriche e destinando le acque luride alla irrigazione agricola.

2° Il progetto di fognatura a canalizzazione separata della Città di Torino compilato dall'Ufficio Tecnico municipale risponde nelle sue parti essenziali a tutte le esigenze igieniche, tecniche ed economiche del problema e merita di essere in massima approvato.

3° Le disposizioni del detto progetto per ciò che riguarda la rete nera e la sua distribuzione in zone e sezioni, il metodo di lavatura ed il tracciato dei canali principali, soddisfano in massima alle esigenze delle condizioni locali e sono da approvare.

4° È da approvare in genere il tracciato a risvolti dei canali neri secondari per il duplice scopo di ottenere la perfetta lavatura di tutta la rete con moderato volume d'acqua e di distribuire convenientemente le pendenze dei canali stessi.

5° È da approvare come rispondente alle esigenze agricole ed economiche, e contemporaneamente alle regole igieniche, il proposto modo di impiego del liquame per la irrigazione agricola estensiva, sussidiata da convenienti disposizioni per l'epurazione semplice per filtrazione del liquame che in certi tempi sopravanzasse alla irrigazione.

6° Merita di essere presa in considerazione la proposta di sostituire per la rete nera secondaria e per le minori diramazioni della rete bianca le condutture tubolari di diametro non inferiore a 0<sup>m</sup>,30, invece delle fogne a grande sezione, perchè con tale sostituzione si ottiene un più perfetto funzionamento, un notevole vantaggio dal lato igienico, una più facile manutenzione ed una economia di costruzione non inferiore ad un milione e mezzo.

7° La rete dei canali bianchi quale è progettata risponde a tutte le esigenze del servizio, compreso lo sgombrò delle nevi, che non potrebbe essere effettuato col sistema della canalizzazione mista; e la disposizione proposta per riversare nei canali neri le prime acque di pioggia e quelle di lavatura dei canali bianchi, allontana ogni pericolo di inquinamento dei fiumi e costituisce un notevole perfezionamento di fronte a tutti i sistemi proposti.

8° Si riconosce che il preventivo del progetto dell'Ufficio Tecnico è compilato in modo accurato e prudente, ed è quindi degno di completa fiducia; onde si può asserire che

il costo totale dell'opera, tenuto conto delle economie sopra indicate, riuscirà sensibilmente inferiore ai *nove milioni*, e molto minore quindi del costo reale della fognatura a canalizzazione mista. Nello stesso tempo il sistema separato permette di ridurre senza inconvenienti ad un minimo la spesa immediata imposta ai privati, spesa che colla canalizzazione mista dovrebbe necessariamente salire a parecchi milioni.

9° Il riparto dei lavori e della spesa in molti esercizi ed in tre periodi successivi, secondo il piano studiato dall'Ufficio Tecnico, attenua le difficoltà finanziarie; ed è da far voti che il Consiglio Comunale, approvato in massima il progetto, se le circostanze attuali non permettono il sollecito compimento dell'opera, deliberi almeno l'immediato inizio dei lavori del primo periodo, coi quali, mediante la spesa di L. 1,420,000, si soddisfa ai bisogni più urgenti del definitivo risanamento dei fiumi e del compimento della rete bianca.

\*

Per tutte le considerazioni sovraesposte la Commissione sottoscritta, riconosciuto l'alto valore del Progetto esaminato, propone un voto di plauso alla Commissione municipale del 1886 che ne fissò i capisaldi, al Consiglio Comunale che ne accolse la proposta ed all'Ufficio Tecnico che con tanto amore ne studiò lo svolgimento.

Torino, 25 aprile 1891.

*La Commissione*

- Ing. G. FETTERAPPA
- Ing. G. SACHERI.
- Ing. G. TONTA.
- Ing. M. VICARJ.
- Ing. G. SALVADORI.
- Ing. C. FRANCESSETTI, *relatore.*

CINEMATICA APPLICATA

LA LEGGE DI ROBERTS

SUL QUADRILATERO ARTICOLATO.

*Nota dell'Ing. GIUSEPPE PASTORE (1).*

L'illustre professore S. Roberts, nella Memoria: *On threebar motion in plane space* (2), dimostrò che la curva descritta da un punto invariabilmente congiunto colla biella di un quadrilatero articolato piano può essere descritta con tre quadrilateri articolati diversi.

La dimostrazione che il Roberts dà di questo teorema è essenzialmente analitica. Il Burmester, nel suo recente *Lehrbuch der Kinematik* (3), dimostra il teorema in modo geometrico, partendo dalla teoria del pantografo obliquo di Sylvester. Nella presente Memoria mi sono proposto di darne una dimostrazione diretta, che mi pare abbastanza semplice, e che spero sarà trovata opportuna; ne studio in seguito parecchie conseguenze ed applicazioni. In questa dimostrazione considero alcuni sistemi articolati speciali, poco studiati fin qui, in cui, oltre al membro fisso propriamente detto, vi ha un punto dei membri mobili che rimane fisso; meccanismi che, per brevità di locuzione, chiamo *meccanismi ad un punto fisso*.

I.

1. Si consideri un quadrilatero articolato A B N M (fig. 54), avente per lato fisso A B, e sia P un punto invariabilmente congiunto col tirante o biella MN. Nel movimento del sistema questo punto descrive una certa linea *l*, in generale di sesto ordine, perfettamente determinata quando sono determinati

(1) Dagli *Atti della R. Accademia delle Scienze* di Torino, volume XXVI.

(2) *Proceedings of the London mathematical Society*, vol. VII, 1875, pag. 14. Vedasi pure nello stesso volume dei *Proceedings*, a pag. 136, la Memoria di CAYLEY, *On three-bar motion*.

(3) L. BURMESTER, *Lehrbuch der Kinematik*. — Leipzig, 1888, vol. I, pag. 294.

il quadrilatero articolato A B N M, ed il triangolo invariabile M N P.

Si costruiscano poscia i due parallelogrammi A M P M', B N P M'', e sopra i lati M' P, P M'' dei medesimi i triangoli M' P N', P M'' N'', simili al triangolo dato M N P, e disposti rispetto ai lati M' P, P M'' come il triangolo M N P è disposto rispetto al lato M N; si costruisca infine il parallelogramma N' P N'' C.

La legge di Roberts stabilisce:

*In ciascuno dei tre quadrilateri articolati:*

$$\begin{aligned} & A B N M, \text{ col lato fisso } A B, \\ & A C N' M', \quad \text{»} \quad A C, \\ & B C N'' M'', \quad \text{»} \quad B C, \end{aligned}$$

*il punto P descrive la medesima curva l.*

2. La proposizione enunciata si può dimostrare in questo modo. Il movimento del quadrilatero articolato A B N M, fissato sul membro A B, non è *nè impedito, nè modificato*, aggiungendo al meccanismo i bracci A M', M' P, B M'', M'' P, che completano i due parallelogrammi A M P M', B N P M'', nè quelli che formano i triangoli invariabili M' P N', P M'' N'', nè infine gli altri due lati N' C, N'' C, che completano il parallelogramma N' P N'' C. L'intero sistema articolato a 10 membri che ne risulta, formato dai tre triangoli invariabili simili M N P, M' P N', P M'' N'', articolati fra di loro in P, dai sei bracci che vanno ai punti A, B, C, e dal lato fisso A B, ha un movimento perfettamente determinato, ed il punto P del medesimo descrive la stessa linea *l* che è descritta dal punto P del quadrilatero primitivo A B N M.

Or bene, io dico che *nel movimento di questo meccanismo complesso il punto C rimane fisso*. Dimostrato quanto ora asserisco, è manifesto che le parti A B N M, A C N' M', B C N'' M'' di tale meccanismo si muovono come tre quadrilateri articolati aventi rispettivamente per lato fisso A B, A C, B C, e che, per conseguenza, il punto P descrive la medesima curva *l*, sia considerato come appartenente a ciascuno di questi tre quadrilateri, sia considerato come facente parte del meccanismo risultante dal loro complesso.

Pongo per brevità:

$$\left\{ \begin{aligned} \overline{MN} = a, & \quad \overline{M'P} = \overline{AM} = a', & \quad \overline{M''P} = \overline{BN} = a'', \\ \overline{MP} = \overline{AM'} = b, & \quad \overline{M'N'} = b', & \quad \overline{PN''} = \overline{N'C} = b'', \\ \overline{NP} = \overline{BM''} = c, & \quad \overline{N'P} = \overline{CN''} = c', & \quad \overline{M''N''} = c'', \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} \sphericalangle P M N &= \sphericalangle N' M' P = \sphericalangle N'' P M'' = \alpha, \\ \sphericalangle M N P &= \sphericalangle N' P M' = \sphericalangle N'' M'' P = \beta, \\ \sphericalangle M P N &= \sphericalangle M' N' P = \sphericalangle P N'' M'' = \gamma. \end{aligned} \right.$$

Si prolunghino i lati A M', B M'' fino ad incontrarsi in X: siccome questi lati sono rispettivamente paralleli ad M P, N P, l'angolo A X B è uguale a  $\gamma$ , e quindi costante. Perciò nel movimento del sistema articolato complesso il punto di intersezione X si muove sopra di una circonferenza di circolo passante per i due centri fissi A e B.

Questa circonferenza di circolo contiene pure il punto C. Ed invero, segno le rette M' C, M'' C e considero i triangoli M' C N', M'' C N''. I loro angoli in N' e N'', indicati in figura con  $x$ , sono uguali fra di loro, giacchè, per costruzione, la figura N' P N'' C è un parallelogrammo. Inoltre nei triangoli invariabili simili M' P N', P M'' N'' si ha:

$$\frac{b'}{c'} = \frac{b''}{c''};$$

coscicchè nei triangoli considerati, M' C N', N'' C N'', i due lati adiacenti agli angoli uguali in N' ed N'' sono proporzionali. Questi due triangoli sono perciò simili, e quindi:

$$\frac{b'}{c'} = \frac{b''}{c''} = \frac{C M'}{C M''} \dots \dots (1)$$

$$\sphericalangle N' C M' = \sphericalangle C M'' N'' = e \dots \dots (2)$$

Considero ora l'altra coppia di triangoli  $A M' C$ ,  $B M'' C$ . Essi pure sono simili, perchè hanno gli angoli in  $M'$  ed  $M''$  uguali fra di loro ed i lati adiacenti a questi angoli proporzionali.

Infatti, l'angolo  $A M' C$  è esterno rispetto al triangolo  $M' O' C$ , essendo  $O'$  il punto d'incontro delle rette  $A M'$ ,  $C N'$ ; quindi:

$$\angle A M' C = \angle M' O' C + e.$$

Ora,  $\angle M' O' C = \angle M P N''$ , perchè i lati del secondo sono paralleli e diretti nello stesso senso rispetto a quelli del primo, cosicchè:

$$\angle M' O' C = \angle M P N'' = \gamma + \delta + \alpha,$$

indicando con  $\delta$  l'angolo variabile  $N P M'$ .

Ma  $\gamma + \alpha = 180^\circ - \beta$ , e perciò:

$$\angle M' O' C = 180^\circ - \beta + \delta,$$

ed

$$\angle A M' C = 180^\circ - \beta + \delta + e.$$

D'altra parte;

$$\begin{aligned} \angle B M'' C &= \angle B M' N'' + e = 360^\circ - (180 - \delta + \beta) + e = \\ &= 180^\circ - \beta + \delta + e; \end{aligned}$$

la quale dice appunto che:

$$\angle A M' C = \angle B M'' C.$$

Per la similitudine poi dei triangoli invariabili  $M N P$ ,  $M' P N'$ ,  $P M'' N''$ , si ha:

$$\frac{b}{c} = \frac{b'}{c'} = \frac{b''}{c''},$$

cosicchè dalla relazione (1) si ottiene:

$$\frac{b}{c} = \frac{C M'}{C M''}.$$

Rimane così stabilito che i triangoli  $A M' C$ ,  $B M'' C$  sono simili, e, per conseguenza, che:

$$\angle M' A C = \angle M'' B C = m \dots \dots (3)$$

$$\frac{b}{c} = \frac{C M'}{C M''} = \frac{A C}{B C} \dots \dots (4)$$

La relazione (3) fa vedere che nel movimento del meccanismo complesso considerato, quando il braccio  $A M'$  viene nella posizione  $A M_0$  sulla retta  $A C$ , il braccio  $B M''$  viene in  $B M_0''$  sulla retta  $B C$ , cosicchè il punto  $C$  è una delle posizioni prese dal punto  $X$  nel movimento del sistema. Questo punto  $C$  cade dunque sulla circonferenza fissa percorsa da  $X$ , e perciò nel triangolo  $A B C$  l'angolo  $A C B$  rimane costante ed uguale a  $\gamma$ .

La relazione (4) poi dice che in questo triangolo  $A B C$  i lati  $A C$ ,  $B C$ , adiacenti all'angolo  $\gamma$ , sono proporzionali ai lati  $b$ ,  $c$ , adiacenti all'angolo  $\gamma$  del triangolo invariabile  $M N P$ .

Dunque il triangolo  $A B C$  è simile al triangolo  $M N P$ . Esso inoltre ha il lato  $A B$  invariabile di lunghezza e di posizione; per conseguenza, come era da dimostrarsi, il suo vertice  $C$  rimane fisso (1).

II.

3. Poichè il triangolo  $A B C$  è simile al triangolo  $M N P$ , il punto  $C$  si può ottenere indipendentemente dalle costruzioni successive prima indicate: a togliere ogni ambiguità si noti ancora che questo triangolo  $A B C$  deve essere disposto rispetto

(1) Il ROBERTS, osservando che i tre punti  $A$ ,  $B$ ,  $C$  sono *fuochi singolari* della curva  $l$ , cioè intersezioni reali degli assintoti circolari, enuncia la legge in questione nei termini seguenti (Vedi la Memoria citata di Roberts, al capoverso 5):

*We conclude, then, that the locus in question can be described in three different ways, by similar traversing triangles moving with an angle on each of two circles about two singular foci as centres, and the angle moving on a circle, is equal to the angle subtended at its centre by the two remaining singular foci.*

al lato fisso  $A B$  come il triangolo  $M N P$  è disposto rispetto alla biella  $M N$ . Trovato il punto  $C$  rimane determinata la circonferenza di circolo  $A B C$ , sulla quale si trova il punto  $X$ , e contiene pure, come si dimostra facilmente, il punto  $Y$  intersezione dei lati  $A M$ ,  $C N''$ , ed il punto  $Z$  d'intersezione dei lati  $B N$ ,  $C N'$ : si hanno così varii mezzi di verificare la costruzione.

Su questa medesima circonferenza  $A B C$  cadono eziandio i tre nodi o punti doppi, che, in generale, può avere la curva  $l$  (1).

4. È manifesto, da quanto precede, che *i tre quadrilateri articolati*  $A B N M$ ,  $A C N' M'$ ,  $B C N'' M''$  capaci di generare la stessa linea  $l$ , hanno i lati proporzionali, benchè non disposti nello stesso ordine.

Dato perciò uno di questi quadrilateri, si possono ottenere gli altri due con una costruzione assai più semplice di quella indicata nella fig. 54.

Siano dati, ad esempio, i lati  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$  ed  $\overline{A B}$  del quadrilatero  $A B N M$ , e le distanze  $b$ ,  $c$  del punto  $P$  da  $M$  ed  $N$ . Allora per avere i lati  $b$ ,  $b'$ ,  $b''$  ed  $A C$  del quadrilatero  $A C N' M'$  basta costruire quattro segmenti che siano coi primi nel rapporto costante  $\frac{b}{a}$ ; e così per avere i lati  $c$ ,  $c'$ ,  $c''$  ed  $\overline{B C}$  del quadrilatero  $B C N'' M''$  quattro segmenti che siano coi primi nel rapporto  $\frac{c}{a}$ .

La costruzione si può fare in varii modi; però, affinchè non si abbia poi difficoltà nello stabilire quale dei segmenti ottenuti è la biella e quale il lato fisso, e per ottenere eziandio, sia in grandezza come in posizione relativa, i triangoli invariabili, conviene disporre la costruzione a questo modo.

Sopra una retta indefinita (fig. 55) si portino, l'uno di seguito all'altro, uno dei bracci,  $\overline{A M} = a'$ , la biella,  $\overline{M N} = a$ , l'altro braccio,  $\overline{N D} = a''$ , del quadrilatero dato  $A B N M$ , e sopra la biella  $M N$  si costruisca il triangolo invariabile  $M N P$ . Da  $A$  si conduca la retta  $A E$  parallela ad  $M P$ , e da  $D$  la retta  $D E$  parallela ad  $N P$ ; si prolunghino poscia i lati  $M P$ ,  $N P$ , fino ad incontrare in  $N'$ ,  $N''$  le parallele ora segnate, e dal punto  $P$  si conduca la parallela  $M' M''$  ad  $A D$ . Si porti infine sulla retta  $A D$ , a partire da  $A$ , un segmento  $A B$  uguale al lato fisso dato  $A B$  del primo quadrilatero, e da  $B$  si segni la parallela  $B C$  a  $D E$ . Allora, come è manifesto, gli elementi del quadrilatero  $A C N' M'$  sono:  $M' N'$  biella,  $M' N' P$  triangolo invariabile,  $A M'$  ed  $M' E$  bracci, ed  $A C$  lato fisso; e quelli del quadrilatero  $B C N'' M''$ :  $M'' N''$  biella,  $M'' N'' P$  triangolo invariabile,  $D M''$  ed  $E N''$  bracci, e  $B C$  lato fisso.

Se il triangolo invariabile  $M N P$  è isoscele, oppure equilatero, due o tutti tre i quadrilateri capaci di generare la curva  $l$  hanno i lati rispettivamente uguali, però disposti in modo diverso. Se  $M N P$  è equilatero, e di più i bracci  $A M$ ,  $B N$  sono uguali ai lati di questo triangolo, i tre quadrilateri sono identici fra di loro.

5. Qualsiasi movimento di una figura invariabile, nel proprio piano, si può ottenere facendo rotolare una certa linea (epiciclo), invariabilmente congiunta colla figura, sopra una cert'altra linea (deferente) fissa nel piano del movimento. Il deferente è il luogo geometrico dei centri istantanei di rotazione; l'epiciclo il luogo dei punti della figura mobile, che vengono successivamente a coincidere coi centri istantanei di rotazione.

Ora in ciascuno dei tre quadrilateri  $A B N M$ ,  $A C N' M'$ ,  $B C N'' M''$  (fig. 54) la linea  $l$  si può considerare come generata dal vertice  $P$  di un triangolo invariabile, di cui il lato opposto si muove coi suoi punti estremi sopra due circonferenze di circolo fisse. Perciò in ognuno dei tre sistemi il centro istantaneo di rotazione per il movimento della biella è il punto

(1) L. BURMESTER, op. cit., vol. I, pag. 296. Vedasi pure la Memoria citata di ROBERTS al capoverso 3.

Si danno però casi speciali in cui la linea  $l$  possiede uno o due altri punti doppi non situati sulla circonferenza  $A B C$ .

d'incontro dei due bracci: così, ad esempio, nel quadrilatero  $ABMM$  la biella, nell'istante in cui ha la posizione  $MN$ , ruota attorno al punto  $O$  intersezione di  $AM$  e  $BN$ . Per gli altri due quadrilateri gli attuali centri istantanei sono  $O'$  e  $O''$ .

Non vi ha quindi alcuna difficoltà a determinare la linea fissa e la linea rotolante corrispondenti a ciascuno di questi tre movimenti compiani: le tre coppie di linee sono rappresentate in parte, nella fig. 54, e distinte colle lettere  $f, r; f', r'; f'', r''$ ; le  $f$  corrispondono alle linee fisse, le  $r$  alle rotolanti. Nel rotolamento di uno qualunque degli epicicli  $r$  sul rispettivo deferente  $f$ , il punto  $P$ , supposto invariabilmente congiunto con  $r$ , descrive ancora la linea  $l$ .

In un istante qualsiasi del movimento, i punti di contatto di queste tre coppie di linee, cioè i tre centri istantanei di rotazione  $O, O', O''$ , ed il punto deferente  $P$  sono in linea retta. Ed invero, la normale alla traiettoria descritta da un punto qualunque di un sistema piano, mobile nel proprio piano, è data, in un istante qualsiasi del movimento, dalla congiungente il punto mobile col centro istantaneo di rotazione del sistema nell'istante considerato. Ora, per le attuali posizioni dei tre sistemi, i centri istantanei di rotazione sono  $O, O', O''$ , e poichè il punto  $P$ , supposto invariabilmente congiunto colla biella di uno qualunque dei tre quadrilateri articolati  $ABNM, ACN'M', BCN''M''$ , descrive sempre la medesima linea  $l$ , così le tre normali  $OP, O'P, O''P$ , devono cadere sopra di una medesima linea retta.

6. Nel dimostrare la legge di Roberts ho fatto vedere che i triangoli  $M'CN', M''CN''$  sono simili fra di loro. Or bene, se si segna la retta  $M'M''$ , il triangolo  $M'M''P$  che ne risulta, è simile ai due precedenti, perchè l'angolo  $M'PM''$  è uguale ad  $\alpha$ , ed i due lati  $a'$  ed  $a''$  adiacenti a questo angolo sono nello stesso rapporto dei lati  $b', b''$  ed  $c', c''$  adiacenti all'angolo  $\alpha$  dei triangoli  $M'CN', M''CN''$ .

Dalla similitudine dei tre triangoli  $M'CN', M''CN'', M'M''P$  si ricava la relazione:

$$a' : b' : c' = a'' : b'' : c'' = \overline{M'M''} : \overline{M'C} : \overline{M''C}$$

dalla quale si scorge che il triangolo variabile  $M'M''C$  si mantiene costantemente simile al triangolo invariabile  $MNP$ .

Ma il ragionamento si può estendere ad altri due gruppi di triangoli. Si considerino dapprima i tre triangoli  $AMN, AM'N', N'PN$ : essi sono simili fra di loro, perchè hanno un angolo uguale, indicato in figura con  $y$ , ed i lati adiacenti a questo angolo proporzionali. Dalla loro similitudine si deduce che anche il triangolo variabile  $AN'N''$  rimane simile al triangolo  $MNP$ .

La stessa cosa si conchiude per il triangolo variabile  $MBN''$ , considerando i tre triangoli  $BNM, BM'N'', MPN''$ , simili fra di loro, perchè hanno un angolo uguale,  $\alpha$ , ed i lati adiacenti a questo angolo proporzionali.

Riassumendo, nel meccanismo ad un punto fisso considerato abbiamo i seguenti quattro triangoli, che rimangono simili ai triangoli invariabili  $MNP, M'PN', PM''N''$ :

$$\begin{matrix} ABC, \\ M'M''C, & ANN', & MBN''. \end{matrix}$$

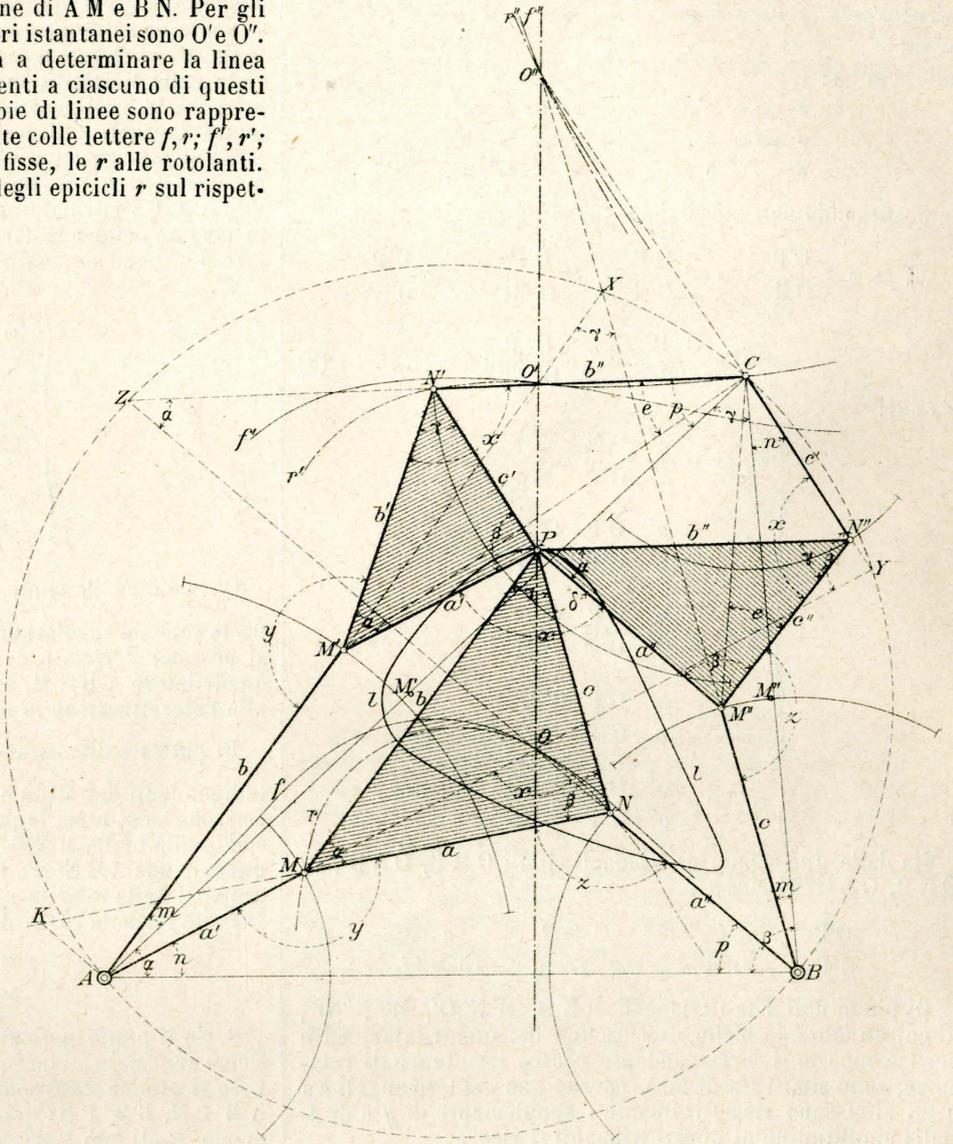


Fig. 54.

7. Nel meccanismo ad un punto fisso della fig. 54 siano:  $V$  la velocità del punto  $P$ ,

$v$  e  $v_1$ , le velocità dei punti  $M$  ed  $N$  della biella  $MN$ ,  
 $v'$  e  $v'_1$ , » »  $M'$  ed  $N'$  »  $M'N'$ ,  
 $v''$  e  $v''_1$ , » »  $M''$  ed  $N''$  »  $M''N''$ .

Poichè il triangolo invariabile  $MNP$  si muove coi suoi vertici  $M, N$  sulle circonferenze  $A$  e  $B$ , esso ruota istantaneamente attorno al punto d'incontro  $O$  dei due raggi  $AM, BN$ . Ma nello stesso istante i triangoli  $M'N'P, M''N''P$  ruotano rispettivamente attorno ai centri istantanei di rotazione  $O', O''$ , cosicchè si ha:

$$\frac{V}{OP} = \frac{v}{OM} = \frac{v_1}{ON}$$

$$\frac{V}{OP} = \frac{v'}{O'M'} = \frac{v'_1}{O'N'}$$

$$\frac{V}{O''P} = \frac{v''}{O''M''} = \frac{v''_1}{O''N''}$$

da cui si ottiene:

$$V = v \frac{OP}{OM} = v_1 \frac{OP}{ON} = v' \frac{OP}{O'M'} = v'_1 \frac{OP}{O'N'} = v'' \frac{OP}{O''M''} = v''_1 \frac{OP}{O''N''} \quad (5)$$

Ora si indichino con:

$\omega$  ed  $\omega_1$  le velocità regolari dei bracci A M e B N,  
 $\omega'$  ed  $\omega'_1$  » » » A M' e C N',  
 $\omega''$  ed  $\omega''_1$  » » » B M'' e C N'';  
 allora si ha:

$$\begin{aligned} v &= \omega a', & v_1 &= \omega_1 a'', \\ v' &= \omega' b, & v'_1 &= \omega'_1 b'', \\ v'' &= \omega'' c, & v''_1 &= \omega''_1 c'. \end{aligned}$$

Sostituendo nell'espressione (5) si ottiene:

$$\begin{aligned} V &= \omega a' \frac{OP}{OM} = \omega_1 a'' \frac{OP}{ON} = \omega' b \frac{OP}{OM'} = \omega'_1 b'' \frac{OP}{ON'} = \\ &= \omega'' c \frac{OP}{OM''} = \omega''_1 c' \frac{OP}{ON''}; \end{aligned} \quad \dots \dots (6)$$

da cui:

$$\left\{ \begin{aligned} \omega_1 &= \omega \frac{a'}{a''} \frac{ON}{OM}, \\ \omega' &= \omega \frac{a'}{b} \frac{OP}{O'P} \frac{OM'}{OM}, \\ \omega'_1 &= \omega \frac{a'}{b''} \frac{OP}{O'P} \frac{ON'}{OM}, \\ \omega'' &= \omega \frac{a'}{c} \frac{OP}{O''P} \frac{OM''}{OM}, \\ \omega''_1 &= \omega \frac{a'}{c'} \frac{OP}{O''P} \frac{ON''}{OM}. \end{aligned} \right.$$

Ma dalle due coppie di triangoli simili O M P, O A O', ed O N P, O B O'' si ricava:

$$\frac{OP}{O'P} = \frac{b}{OM'}, \quad \frac{OP}{O''P} = \frac{c}{OM''}.$$

Di più si noti che i triangoli M N O, M' N' O', M'' N'' O'', di cui un lato è la biella di ciascuno dei quadrilateri ed il vertice opposto il corrispondente centro istantaneo di rotazione, sono simili fra di loro, perchè uno dei loro angoli è  $x$  e gli altri sono rispettivamente i supplementi di  $y$  e di  $z$ . Dalla similitudine di questi triangoli si ricava:

$$\frac{O'N'}{OM'} = \frac{ON}{a}, \quad \frac{O''N''}{OM''} = \frac{OM}{a}.$$

Sostituendo nelle cinque formole precedenti, otteniamo:

$$\left\{ \begin{aligned} \omega_1 &= \omega \frac{a'}{a''} \frac{ON}{OM}, \\ \omega' &= \omega \frac{a'}{OM}, \\ \omega'_1 &= \omega \frac{a'}{a''} \frac{ON}{OM}, \\ \omega'' &= \omega \frac{a'}{OM}, \\ \omega''_1 &= \omega. \end{aligned} \right. \quad \dots \dots (7)$$

Da queste relazioni si deducono varie conseguenze:  
 1°.

$$\left\{ \begin{aligned} \omega &= \omega''_1 \\ \omega' &= \omega'' \\ \omega_1 &= \omega'_1 \end{aligned} \right. \quad \dots \dots (8)$$

Cioè: se si considerano due qualunque dei tre punti A, B, C, le sbarre girevoli attorno ad essi che non appartengono al quadrilatero articolato avente per centri fissi questi due punti, si muovono colla medesima velocità angolare.

Questa proprietà è confermata dalla proprietà geometrica vista nella dimostrazione della legge di Roberts. Poichè i due bracci A M', B M'', ad esempio, s'incontrano sempre in un punto X situato sulla circonferenza A B C, cioè fanno fra di loro l'angolo costante  $\gamma$ , è manifesto che essi ruotano attorno ai centri fissi A e B come i due A X, B X dell'angolo invariabile A X B i lati del quale passano costantemente per A e B: le loro velocità angolari  $\omega'$  ed  $\omega''$  sono perciò uguali fra di loro. Lo stesso si può dire per le altre due coppie di lati.  
 2°.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\omega}{\omega_1} &= \frac{OM}{ON} \frac{a''}{a'}, \\ \frac{\omega'}{\omega'_1} &= \frac{a''}{ON}, \\ \frac{\omega''}{\omega''_1} &= \frac{a'}{OM}. \end{aligned} \right. \quad \dots \dots (9)$$

Queste formole fanno vedere che i rapporti  $\frac{\omega'}{\omega'_1}$  ed  $\frac{\omega''}{\omega''_1}$  fra le velocità angolari nei due quadrilateri A C N' M', B C N'' M'' si possono determinare per mezzo degli elementi del solo quadrilatero A B N M, senza che sia necessario di procedere alla determinazione di quei due quadrilateri.

Di più esse dimostrano che i rapporti  $\frac{\omega'}{\omega'_1}$  ed  $\frac{\omega''}{\omega''_1}$  sono indipendenti dai lati  $b$  e  $c$  del triangolo invariabile M N P, cosicchè se si varia la posizione del punto generatore P rispetto alla biella MN del quadrilatero A B N M, gli altri due quadrilateri A C N' M', B C N'' M'' variano bensì di lati, ma i rapporti delle velocità angolari dei loro bracci non cambiano.

Dalle formole (9) si deduce ancora la relazione:

$$\frac{\omega}{\omega_1} = \frac{\omega'}{\omega'_1} : \frac{\omega''}{\omega''_1} \quad \dots \dots (10)$$

8. Se il punto descrivente P cade sulla biella, si ha il sistema articolato ad un punto fisso rappresentato nella fig. 56. Esso si ottiene costruendo dapprima i due parallelogrammi A M' P M, B M'' P N; determinando poscia sul lato M' P del primo, e sul lato P M'' del secondo, i punti N', N'', tali che:

$$\frac{M'N'}{N'P} = \frac{P N''}{N''M''} = \frac{M P}{P N};$$

e costruendo infine il parallelogrammo P N' C N''.

In questo caso il punto C cade sulla retta A B e ne determina i segmenti A B, C B, tali che:

$$\frac{AC}{CB} = \frac{MP}{PN};$$

nel movimento del sistema, tenuto fisso il lato A B, questo punto C rimane fisso.

I tre quadrilateri capaci di generare la medesima curva  $l$  sono allora:

- A B N M, col lato fisso A B,
- A C N' M', » A C,
- B C N'' M'', » B C.

Se nel primo il punto descrivente P cade sulla biella, come in figura, negli altri due questo punto cade sul prolungamento della biella. Ciò si deduce anche dal meccanismo generale della fig. 54, osservando che nel caso ora considerato si ha:  $\alpha = 0$ ,  $\beta = \pi$ ,  $\gamma = 0$ . Se invece nel primo quadrilatero il punto descrivente P cade sul prolungamento della biella, per esempio dalla parte di N, si ha  $\alpha = 0$ ,  $\beta = \pi$ ,  $\gamma = 0$ , e quindi nel quadrilatero A C N' M' il punto P cade sulla biella e nell'altro B C N'' M'' sul prolungamento della biella.

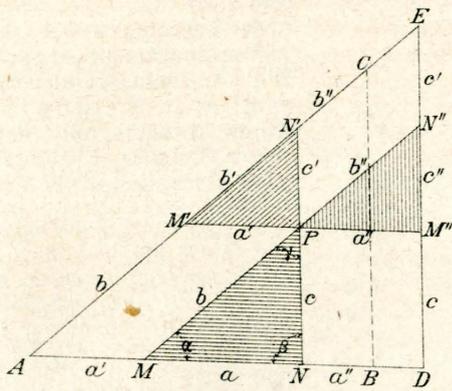


Fig. 55.

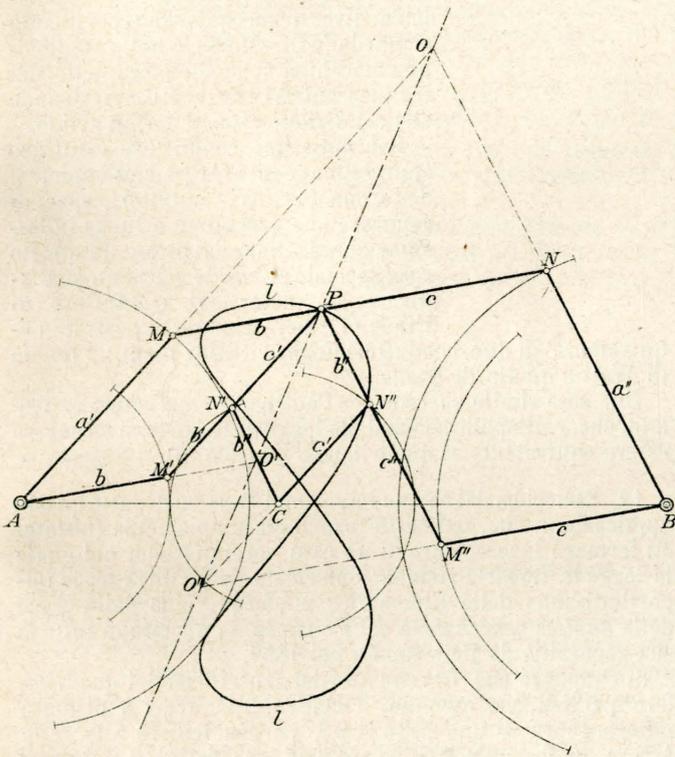


Fig. 56.

I quattro triangoli simili ai triangoli invariabili del meccanismo generale in questo caso si riducono a rette. Perciò nel meccanismo ad un punto fisso della fig. 56 abbiamo i seguenti gruppi di punti che rimangono in linea retta:

$$M' M'' C, \quad A B C, \quad A N N', \quad M B N'';$$

e fra i vari segmenti si ha la relazione:

$$\frac{MP}{PN} = \frac{M'N'}{N'P} = \frac{PN''}{N''M''} = \frac{AC}{CB} = \frac{M'C}{CM''} = \frac{AN'}{N'N} = \frac{MN''}{N'B}.$$

I tre quadrilateri  $ABNM$ ,  $ACN'M'$ ,  $BCN''M''$  hanno ancora i lati proporzionali, benchè non disposti nello stesso ordine. Dato uno di questi quadrilateri si possono perciò ottenere gli altri due con una costruzione derivata da quella della fig. 55. In questo caso però è forse più conveniente procedere senz'altro alla costruzione del meccanismo ad un punto fisso rappresentato nella fig. 56.

9. Si supponga che nel sistema articolato complesso della figura 54 non si fissi che uno dei vertici  $A, B, C$ , ad esempio il punto  $A$  (fig. 57). Allora, da quanto precede, comunque si deformi questo meccanismo attorno al punto  $A$ , il triangolo variabile  $ABC$  rimane sempre simile al triangolo invariabile  $MNP$ .

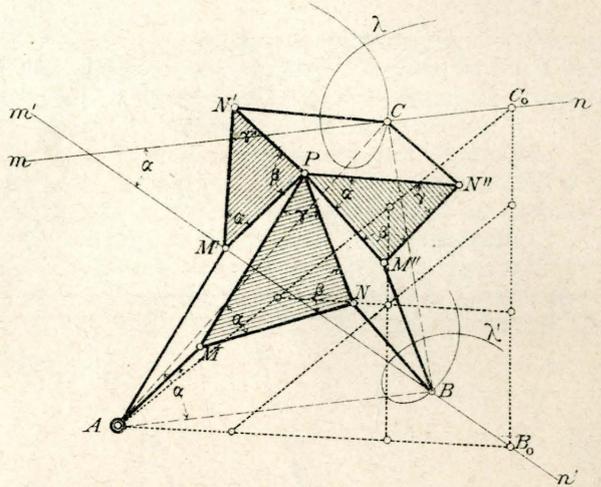


Fig. 57.

Si ottiene per conseguenza un pantografo: ad ogni movimento del punto  $C$  corrisponde un movimento simile del punto  $B$ . Se  $C$  percorre una certa linea  $\lambda$ ,  $B$  descrive una linea  $\lambda'$  simile a  $\lambda$ : il rapporto costante degli elementi omologhi di queste due linee simili è uguale ad  $AC:AB$ , cioè a  $b:a$ . Esse hanno per punto corrispondente comune il punto fisso  $A$ , e sono girate l'una rispetto all'altra dell'angolo  $\alpha$ . Perciò se la linea  $\lambda$  passa per  $A$ , anche  $\lambda'$  passa per questo punto. Se, in particolare,  $C$  è condotto lungo una retta  $mn$ ,  $B$  si muove lungo la retta  $m'n'$  inclinata dell'angolo  $\alpha$  alla prima. Il punto  $C$  non può allontanarsi dal punto fisso  $A$  di una lunghezza maggiore di  $AM' + M'N' + N'C$ : quando  $C$  raggiunge tale

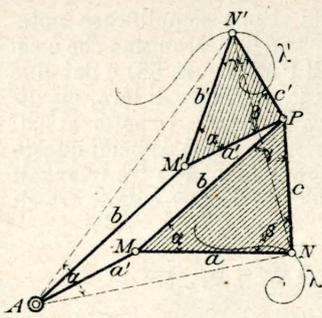


Fig. 58.

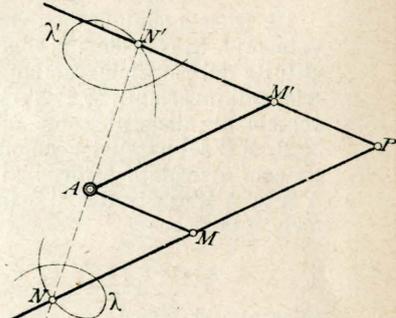


Fig. 59.

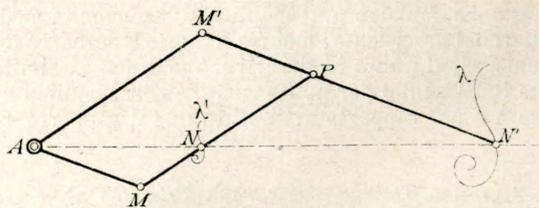


Fig. 60.

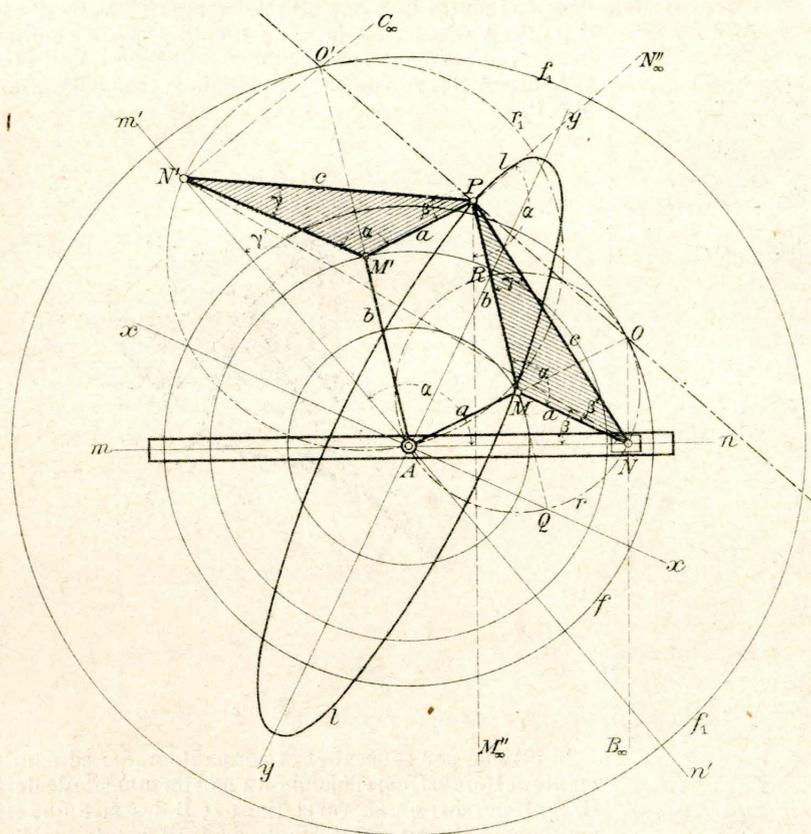


Fig. 61.

distanza i tre lati  $AM'$ ,  $M'N'$ ,  $N'C$  sono in linea retta, e si dispongono pure in linea retta i lati  $AM$ ,  $MN$ ,  $NB$  e  $BM'$ ,  $M''N''$ ,  $N''C$ : allora il meccanismo prende la forma di un triangolo  $A C_0 B_0$ .

Anche il sistema articolato della fig. 56 può dar luogo ad un pantografo; in questo caso però lo spostamento angolare delle due figure simili è di  $0^\circ$  o di  $180^\circ$ . Se il punto fisso è  $C$ , le due figure sono spostate di  $180^\circ$ ; se invece il punto fisso è  $A$  o  $B$ , lo spostamento angolare è nullo.

10. Questo pantografo generale si può semplificare notevolmente. Si consideri la sola parte del meccanismo che è costituita dal parallelogrammo  $AMP M'$  (figura 58) e dai due triangoli invariabili  $M'PN'$ ,  $MNP$ , simili fra di loro, ma diversamente disposti, come indica la figura, rispetto ai lati  $M'P$ ,  $MP$  del parallelogrammo. Comunque si deformi questo sistema articolato attorno al punto fisso  $A$ , i tre triangoli  $AMN$ ,  $AM'N'$ ,  $N'PN$  si mantengono sempre simili tra di loro, e tali che:

$$a : b : c = a' : b' : c' = \overline{AN} : \overline{AN'} : \overline{NN'}$$

come quando questo sistema appartiene al meccanismo complesso della fig. 54. Il triangolo variabile  $ANN'$  si mantiene perciò sempre simile ai triangoli invariabili  $MNP$ ,  $M'PN'$ ; cosicchè se si fissa uno dei vertici  $A$ ,  $N$ ,  $N'$ , ad esempio il vertice  $A$  del parallelogrammo, si ottiene un altro pantografo, e, precisamente, il pantografo obliquo proposto da Sylvester (1).

Con questo meccanismo più semplice si ottengono i medesimi risultati del precedente; mentre il punto  $N$  percorre una linea  $\lambda$  qualsiasi, il punto  $N'$  descrive una linea  $\lambda'$  simile; queste due linee hanno per punto comune corrispondente il punto fisso  $A$  e per rapporto di similitudine il rapporto co-

stante  $a : b$  od  $a' : b'$ . Esse inoltre sono girate l'una rispetto all'altra dell'angolo  $\alpha$ .

Se il punto  $N$  è sul lato  $MP$  o sui suoi prolungamenti, il punto  $N'$  cade su  $M'P$  o sui suoi prolungamenti, ed i tre punti  $A$ ,  $N$ ,  $N'$  cadono in linea retta. Allora il pantografo obliquo di Sylvester si riduce al pantografo comune, come è manifesto dalle figure 59 e 60.

11. Qualsiasi quadrilatero articolato che riceva applicazione o quale strumento per tracciar curve, o quale conduttore rettilineo approssimato, od in qualsiasi altro modo per la traiettoria descritta da un punto della sua biella, può essere sostituito da due altri quadrilateri, che si determinano colla legge testè dimostrata. In generale questi due nuovi meccanismi hanno disposizione e dimensioni diverse da quelle del meccanismo da cui derivano; cosicchè, dato questo, noi possediamo tre quadrilateri diversi, ma equivalenti per quanto riguarda le traiettorie, e nello studio di una macchina si applicherà quello dei tre meccanismi che meglio corrisponde alle condizioni speciali dell'impianto.

Dal notissimo conduttore rettilineo approssimato di Watt, ad esempio, si deducono due altri conduttori capaci di generare la stessa curva a lunga inflessione che si ottiene dal primo. In questo caso speciale si ricade sopra un meccanismo già noto: sul conduttore di Evans (1); però rimane dimostrata l'e-

quivalenza di due conduttori prima ritenuti distinti: quello di Watt e quello di Evans.

Una cosa simile succede per l'antiparallelogrammo articolato, che, coll'applicazione della legge di Roberts, si riconosce essere equivalente al quadrilatero isoscele (2).

12. Escirebbe dal campo impostomi l'esame di tutte queste applicazioni, che, del resto furono già ampiamente trattate. Mi fermerò invece sopra di un caso specialissimo, nel quale la legge di Roberts rimane confermata da un'altra legge importantissima della Cinematica moderna, cioè dalla legge della *duplicazione delle cicliche*, enunciata in tutta la sua generalità da Bellermand nel 1867.

Si supponga (fig. 61) che uno dei centri fissi del quadrilatero  $ABNM$ , per esempio, il centro  $B$ , si trovi a distanza infinita sopra di una retta  $NB_\infty$  perpendicolare alla retta  $AN$ , e che la biella  $MN$  del quadrilatero sia lunga quanto il braccio finito  $AM$ . Allora il punto  $N$  percorre la retta  $AN$ , ed il quadrilatero articolato si riduce al *manovellismo di spinta isoscele*  $ANM$ .

In questo caso la biella  $MN$  si muove di moto ellittico, e, per conseguenza:

1° La linea fissa, cioè il luogo dei centri istantanei di rotazione  $O$ , è la circonferenza di circolo  $f$  di centro  $A$  e raggio  $2\overline{AM} = 2\overline{MN}$ ; la linea rotolante è la circonferenza di circolo  $r$  di centro  $M$  e raggio  $\overline{AM} = \overline{MN}$ .

2° La traiettoria descritta da un punto  $P$  congiunto invariabilmente colla biella  $MN$  è un'ellisse  $l$ , che ha per centro  $A$ , per assi le rette  $ax$ ,  $yy$  passanti per i punti d'incontro  $Q$ ,  $R$  dalla retta  $PM$  colla circonferenza rotolante  $r$ , e per semiassi le distanze  $\overline{PR}$ ,  $\overline{PQ}$ : se il punto  $P$  cade sulla rotolante  $r$ , l'ellisse si riduce ad una retta passante per  $A$ ; se  $P$  cade in  $M$ , l'ellisse si riduce ad una circonferenza di circolo di centro  $A$  e raggio  $AM$ .

(1) I. I. SYLVESTER, *On the plagiograph aliter the skew pantograph*. *Nature*, vol. XII, pag. 168. Vedasi pure nello stesso volume, a pag. 214, lo scritto di I. I. SYLVESTER, *Hystory of the plagiograph*.

(1) L. BURMESTER, op. cit., vol. I, pag. 635.

(2) L. BURMESTER, op. cit., vol. I, pag. 310.

3° L'ellisse  $l$  si può pure supporre generata dal punto  $P$  invariabilmente congiunto colla circonferenza rotolante  $r$ , mentre questa linea rotola entro alla circonferenza fissa  $f$ ; essa perciò appartiene alla classe delle *curve cicliche*, linee che nascono appunto quando le due linee, epicyclo e deferente, sono circonferenze di circolo.

Applicando la legge di Roberts a questo quadrilatero speciale, uno dei tre quadrilateri capaci di generare la curva  $l$ , il quadrilatero  $B_{\infty} C_{\infty} N''_{\infty} M'_{\infty}$  va a distanza infinita, e, per conseguenza, non rimangono che i due quadrilateri  $AB_{\infty} NM$ ,  $AC_{\infty} N'M$ , che sono entrambi manovellismi di spinta isoscele.

In questo caso, infatti, il meccanismo complesso formato dai tre quadrilateri si riduce al pantografo obliquo di Sylvester  $ANMPN'M'$ , cosicchè mentre il punto  $N$  descrive la retta  $m'n$  passante per il centro fisso  $A$ , il punto  $N'$  descrive la retta  $m'n'$  passante esso pure per  $A$ , ed inclinata alla prima dell'angolo  $\alpha$ . Allo stesso risultato si giunge osservando che  $N'$  deve ruotare attorno al punto  $C_{\infty}$ , e che la retta  $C_{\infty}N'$ , essendo parallela a  $P N''_{\infty}$ , è inclinata dell'angolo  $\alpha$  sulla retta  $P M''_{\infty}$ .

L'ellisse  $l$  può così essere generata o dal punto  $P$  invariabilmente congiunto colla biella  $M N$  del manovellismo di spinta isoscele  $ANM$ , oppure dal punto  $P$  invariabilmente congiunto colla biella  $M' N'$  del manovellismo di spinta isoscele  $A N' M'$ . Ora, in questo secondo manovellismo la biella  $M' N'$  si muove pur essa di moto ellittico, ed ha per deferente la circonferenza di circolo  $f_1$  di centro  $A$  e raggio  $2AM' = 2M'N'$ , e per epicyclo la circonferenza di circolo  $r_1$  di centro  $M'$  e raggio  $AM' = M'N'$ . Cosicchè la ciclica  $l$  si può generare o col rotolamento di  $r$  entro  $f$ , oppure col rotolamento di  $r_1$  entro  $f_1$ .

Si noti ancora che i centri istantanei di rotazione  $O, O'$ , dei due manovellismi ed il punto  $P$  sono in linea retta; i triangoli  $OMP, OAO'$  sono dunque simili, cosicchè:

$$\frac{OM}{OA} = \frac{AM'}{AO'};$$

ma

$$AM' = AO' - O'M',$$

e perciò:

$$\frac{OM}{OA} = 1 - \frac{O'M'}{OA}.$$

Ora, il teorema di Beller mann sulla duplice generazione delle cicliche stabilisce (1):

Una ciclica può essere generata mediante due diverse coppie di circonferenze di circolo. Le circonferenze fisse delle due coppie sono concentriche, e la distanza del punto descrivente dal centro di una delle rotolanti è uguale alla distanza dei centri dell'altra coppia di circonferenze. Inoltre se  $R, R'$  sono i raggi dell'epicyclo e del deferente di una coppia,  $R_1, R'_1$  quelli dell'epicyclo e del deferente dell'altra, si ha (per il caso del rotolamento interno) la relazione:

$$\frac{R}{R'} = 1 - \frac{R_1}{R'_1}.$$

Applicando questo teorema, si ottiene evidentemente il medesimo risultato ottenuto colla legge di Roberts.

Torino, novembre 1890.

(1) BELLERMANN, *Epycycloiden und Hypocycloiden*. — Jena, 1867. Intorno a questo teorema vedasi pure l'op. cit. di L. BURMESTER, vol. I a pag. 136, e quella testè pubblicata dal prof. D. TESSARI, *La Cinematica applicata alle macchine*. — Torino, 1890, pag. 117.

## GEOMETRIA PRATICA

### UNA IMPORTANTE RIFORMA NEL CLEPS.

Il signor Ingegnere Angelo Salmoiraghi, direttore dell'officina detta *La Filotecnica* a Milano, ha avuto un'ottima idea, quella cioè di cambiare la forma al *Cleps* e di ridurla a quella più comune del *Tacheometro*.

La nuova forma è rappresentata dalla figura 62.

I circoli orizzontale e verticale sono nascosti e per mezzo di due microscopi a stima si legge su ciascuno di essi il *centesimo di grado* (divisione centesimale).

La luce diffusa vien riflessa mediante opportuni prismi sulla graduazione dei circoli; cosicchè la lettura, specialmente sul circolo azimutale, si fa meglio che nel *Cleps* ordinario.

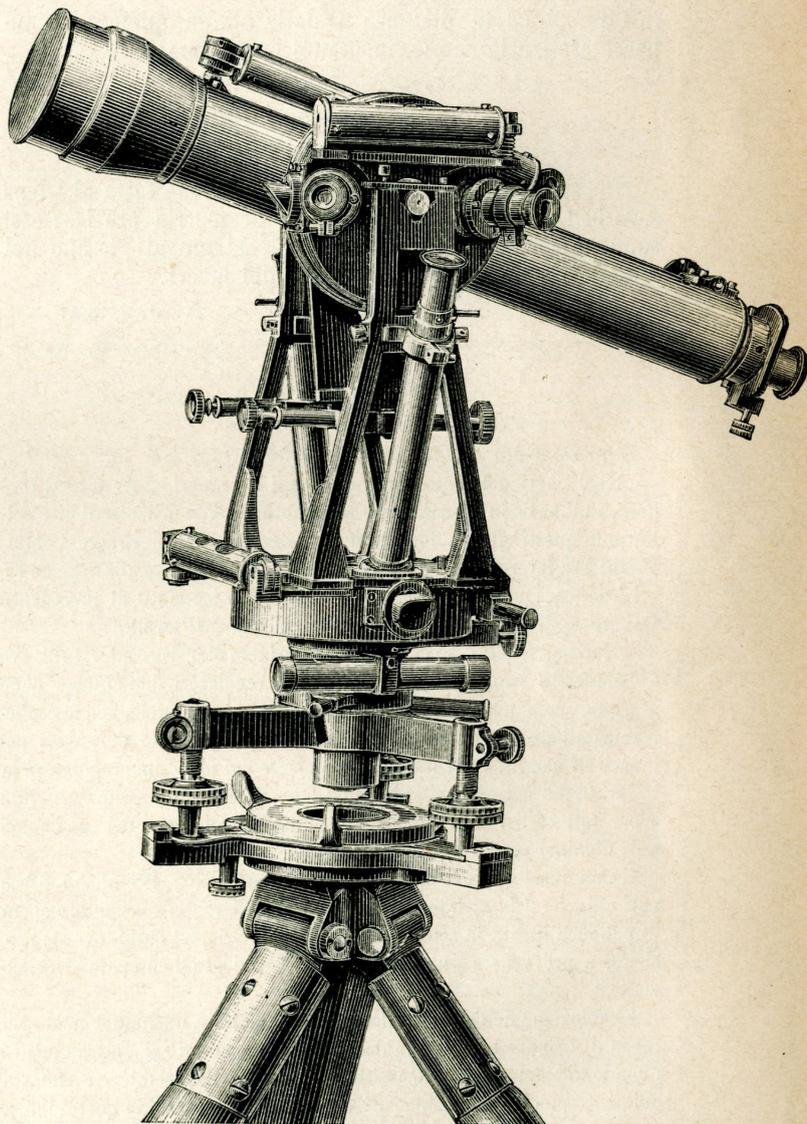


Fig. 62. — Tacheometro Salmoiraghi (modello nuovo con microscopi a stima).

Ogni grado è numerato (1), cosicchè l'osservatore che guarda nel microscopio può fare immediatamente la lettura completa. Il numero dei fili fissi in ciascun microscopio è ridotto a tre.

Il cannocchiale è centrale e può rotare intorno al proprio asse, così da permettere le osservazioni coniugate.

Naturalmente l'ingrandimento è diminuito, ma con ciò il cannocchiale ha acquistato la sua massima chiarezza e maggior campo. Secondo un rapporto fatto dagli Ingegneri *F. Guarducci* e *G. Mariani* dell'Istituto Geografico Militare la chiarezza non diminuisce anche quando si adopera l'oculare che fa acquistare al cannocchiale l'ingrandimento di circa 44 diametri.

Il reticolo del cannocchiale è composto di cinque fili come si vede nella figura 63. Indicando con *a*, *b*, ... le letture fatte su di una stadia coi fili del reticolo indicati colle stesse lettere, si ha la distanza *D* della stadia, quando il cannocchiale è orizzontale, mediante le relazioni:

$$\begin{aligned} D &= (a - b) \cdot 100 \\ D &= (a' - b') \cdot 100 \\ D &= (a' - b) \cdot 250 \end{aligned}$$

Noi siamo sicuri che questa modificazione fatta al Cleps sarà ben accolta dai cultori della geometria pratica; essi sanno già che la perfezione degli strumenti è uno dei maggiori coefficienti per la bontà dei lavori.

N. JADANZA.

## CRONACA

### *L'invasamento artificiale dei Laghi Alpini e la Valle del Po.*

— Negli Atti del Sesto Congresso degli Ingegneri ed Architetti Italiani, radunato in Venezia nel settembre 1887, stati distribuiti soltanto in questi giorni, leggiamo la Relazione dell'Ingegnere Comm. Pestalozza intorno al 3° Quesito da lui stesso presentato alla Sezione IV d'Idraulica. Questo quesito, che era già stato mandato al precedente Congresso di Torino, veniva proposto nei seguenti termini:

« Sulla possibilità e convenienza di erigere allo sbocco dei laghi, ove » comincia il loro emissario, degli edifici regolatori dell'efflusso delle » acque, onde poter contenere nel lago una parte delle acque esuberanti all'altezza ordinaria per sussidiare poi l'efflusso durante i periodi di magra, e per diminuire a mezzo del medesimo regolatore la » durata dei periodi della piena del lago. Norme di massima generale » per tali edifici in relazione alle condizioni del lago e del suo bacino » di dominio ».

Il Congresso approvò la relativa relazione dell'Ing. Pestalozza, e fece voti affinché il Ministero dei Lavori Pubblici voglia considerare opera di pubblica utilità la sistemazione dell'emissario dei laghi, ove sia possibile, e provvedere direttamente ai relativi studi ed opere di esecuzione.

La relazione dell'on. Pestalozza l'abbiamo letta anche noi colla speranza di trovare tolto un dubbio che si era affacciato alla nostra mente quando abbiamo visto il Quesito. Siccome quella speranza è rimasta delusa, così ci permettiamo di esporre qui liberamente quel dubbio,

(1) La numerazione di ciascun grado che, nella pratica, è di una incontestata utilità, è stata finora una prerogativa del Cleps. — Anche il Tacheometro a microscopi a stima fatto costruire dalla casa Siemens dal sig. Bardelli è attualmente formato di cerchi graduati numerati di grado in grado.

come avremmo fatto a viva voce a Venezia se ci fosse stato dato di assistere al Congresso.

La proposta — molto bene riassunta nel quesito come venne formulato — ha evidentemente lo scopo di migliorare il regime del Lago per rispetto alle derivazioni, ma come suole accadere pur troppo sovente, mentre l'A. si è occupato con sollecitudine degli effetti che ne deriverebbero ai paesi lacuali, non ha nemmeno pensato a quelli ben più gravi per la loro natura ed estensione che potrebbe risentirne la parte inferiore della Valle del Po in determinate circostanze.

E per citare subito un esempio, senza volerci concedere nessuna divagazione, ricorderemo una delle ultime piene, quella avvenuta alla fine dell'estate 1882. In quell'anno le piogge nell'Alta Italia furono tutt'altro che abbondanti tanto in primavera che nell'estate successiva, per cui l'artificiale invasamento delle acque nei Laghi Alpini per favorire le irrigazioni sarebbe stato allora certo desiderabile per sussidio alle irrigazioni. Vediamo un po' che cosa sarebbe venuto più giù, intorno alla metà di settembre e precisamente fra il 13 ed il 19 si ebbe una depressione barometrica persistente al di qua delle Alpi, che combinata con altro ciclone al di là dette piogge enormi tanto nel versante settentrionale come nel nostro. Basti dire che durante la 2ª decade di settembre si misurarono sul San Gottardo mm. 862 di pioggia e neve, a Domodossola mm. 361 di pioggia, a Como mm. 544 ed a Longarone mm. 576!...

Sono cifre che danno a pensare. Or bene che avvenne della enorme massa d'acqua piombata così precipitosamente nell'Alta Italia?

Nel Veneto — dove i fiumi non sentono l'azione moderatrice dei laghi — avvennero i disastri che tutti ricordano con raccapriccio.

Il rimanente della Valle andò immune da sventura. Il Po che da due mesi era sotto zero, tale si mantenne fino al giorno 13, e la colonna idrometrica salì di circa m. 5.50 nel tronco medio raggiungendo il colmo il giorno 23. Fu quindi una piena relativamente moderata, e gli animi trepidanti delle popolazioni addensate sulle rive padane si tranquillarono.

Ora, domandiamo all'on. Pestalozza, che cosa sarebbe avvenuto invece se le enormi ed improvvise alluvioni di quei giorni avessero trovato i Laghi Alpini già occupati fino all'altezza ordinaria dall'acqua ivi artificialmente invasata? Non gli sembra che il problema meriti di essere studiato anche da questo lato, e non si debba aver riguardo solamente al vantaggio dei paesi irrigui ed alle condizioni che vanno a crearsi alle sponde lacuali?

Siamo troppo persuasi dell'equanimità del chiaro Ing. Pestalozza per dubitare che non divida pienamente la nostra opinione.

Pomponesco (Mantova), maggio 1891.

Ing. LUIGI CANTONI.

## NOTIZIE

**Coperture piane a terrazzo con applicazione del « cemento di legno ».** — Alcuni giornali tecnici, fra i quali le *Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie und Genie-Wesens*, e più recentemente la *Revue du génie*, hanno a più riprese accennato ad un nuovo genere di copertura, che pare possa offrire in alcuni casi vantaggi particolari.

Molte moderne case costruite a Berlino ed in altre città della Germania, sono coperte a terrazzo.

Lo strato protettore contro l'infiltrazione della pioggia è costituito non più da smalto di cemento, o da strato di asfalto, ma da fogli di cartone sovrapposti, spalmati con uno speciale prodotto del catrame, detto « cemento di legno » (Holzement) protetti superiormente da un primo strato di sabbia fina, e da un secondo di ghiaia.

Il cemento di legno è una composizione della quale hanno la privativa l'officina Haessler di Hirschberg in Slesia, e l'officina Weber di Lipsia. Nel trattato pratico di costruzioni civili del Wanderley leggesi che l'elemento principale sarebbe il catrame di litantrace al quale sono aggiunti solfo, resina, gomma, nero fumo e polvere di carbone in proporzioni non conosciute.

L'originalità dell'invenzione consiste adunque nell'associazione del cartone in fogli, con un intonaco bituminoso, per confezionare un rivestimento impermeabile, sottile, continuo, che non si fende grazie alla tenacità del cartone, e che indurisce col tempo.

L'applicazione di questo rivestimento alla copertura degli edifici è diventata pratica, mediante la sovrapposizione di uno strato protettore di sabbia e di ghiaia, il quale difende lo strato impermeabile contro gli urti e contro le intemperie.

Sul terrazzo si lascia crescere l'erba. Anzi, a tale scopo alcuni costruttori spandono un piccolo strato di terra vegetale sullo strato protettore di ghiaia, e fanno una semina di erba: la vegetazione contribuisce a consolidare i terrazzi esposti a violenti colpi di vento.

L'invenzione può sembrare certamente assai modesta. Non pertanto essa ha esercitato una considerevole influenza sull'architettura tedesca contemporanea, al punto da far diventare di uso comune, e per edifici aventi le più svariate destinazioni, il sistema di tetti piani con terrazzo, che fino ad oggi era creduto non conveniente ai climi settentrionali.

La copertura impermeabile e continua ha bisogno di essere sostenuta in tutti i suoi punti da un solido tavolato di legno, della spessore di tre centimetri, bene stagionato; l'inclinazione vuole essere compresa fra  $1\frac{1}{2}$  ed  $1\frac{1}{4}$ ; sul tavolato si stende uno strato di mezzo centimetro di sabbia finissima ed asciutta, e sulla sabbia un primo strato di cartone speciale che tosto riceve col pennello ed a caldo una mano di cemento di legno. Poi si sovrappone un secondo cartone e si continua alternando 5 a 6 volte gli strati di cemento e di cartone. Infine sull'ultima mano di cemento si cosparge sabbia fina per una spessore di 2 cent., la quale vi si incrosta fortemente, mentre la materia è ancora molle, e si ricopre il tutto con uno strato di 5 cent. di spessore di piccola ghiaia. Condizione essenziale per la buona conservazione della copertura è che tra la superficie inferiore del tavolato di legno ed il soffitto sia un'intercapedine in libera comunicazione col'aria esterna. Con ciò si preserva dal deterioramento il tavolato che porta lo strato impermeabile di cemento di legno, e si proteggono le sale contro le variazioni della temperatura esterna.

Il soffitto e la lamina d'aria sotto il tavolato sono indispensabili anche nei baracamenti provvisori, se si tratta di ricoverarvi uomini, e se il tavolato non è a giunzioni ermetiche, poichè il cemento di legno, appena messo in opera, spande un odore acuto che potrebbe riuscire incomodo.

Lo strato protettore di piccola ghiaia, o strato filtrante, modera e regolarizza lo scolo delle acque che cadono sul tetto, e può essere calpestato senza che lo strato impermeabile sottostante sia danneggiato. Per maggiore sicurezza giova interporre uno strato di argilla della spessore di 5 a 6 cent. fra l'involucro impermeabile e lo strato di ghiaia, così il cartone non riesce più danneggiato dai sassolini.

Occorre ancora notare, e tutti i partigiani del cemento di legno ne convengono, che il sistema non è applicabile che con prodotti di ottima qualità, e mediante un'esecuzione assai accurata.

Bisogna che il cartone speciale possieda una grande resistenza; esso è fabbricato con fibre di canapa. L'intonaco di cemento di legno dev'essere di buona fabbricazione; all'atto d'impiegarlo, si riscalda solo quanto occorre per renderlo ben fluido, senza lasciarlo entrare in ebollizione, affinché non venga a contenere bolle. Bisogna che l'operazione dell'incollare i rotoli di cartone sia condotta prestamente, in modo da non lasciare raffreddare la colla prima che il cartone sia fissato; nello stesso tempo debbono evitare le pieghe e le lacerazioni. Il tavolato, a giunzioni perfette, deve essere piallato sulla faccia superiore. La copertura dev'essere messa in opera durante un tempo asciutto, e quando non soffii il vento, il quale spazzerebbe via il piccolo strato di sabbia fina distesa sul tavolato.

Secondo i prospetti pubblicati dalla casa Haeusler il prezzo del cemento di legno è di L. 13,15 per 50 chg. (peso lordo). Il cartone speciale costa L. 31,25 ogni 50 chg. Per ogni metro quadrato di copertura si consumano circa chg. 3,3 di cemento di legno e chg. 0,7 di cartone speciale, e ciò per confezionare una copertura impermeabile a quattro strati. Per la fornitura e per la messa in opera del cemento di legno e del cartone speciale (4 strati) e per la posa dello strato di ghiaia il prezzo è di L. 3,25 al metro quadrato per lavori di almeno 300 m.q. di estensione. L'impresario non paga che i suoi operai speciali: non gli aiutanti o manovali. E la sabbia e la ghiaia debbono essere date a piè d'opera a spese del committente. Il tavolato e le orlature di ritegno ai margini, ordinariamente di zinco, si pagano a parte.

Sono questi i prezzi della piazza di Colonia, ove risiede il rappresentante della casa Haeusler. Per altre località bisogna tener conto delle spese di trasporto e di viaggio e soggiorno degli operai speciali.

Esistono altre fabbriche di cemento di legno. Fra queste quella di Haurwitz e C. di Berlino.

In Germania il servizio dei fabbricati militari ha adottato questo genere di copertura quasi ad esclusione completa di ogni altro. Si possono citare come esempi le caserme recentemente costruite a Magonza, ad Oldenburg, a Lehe (presso Bremerhaven), a Halle (sulla Saale), a Stargard (Pomerania), a Thorn; l'ospedale militare di Harburg, la manutenzione dei fabbricati militari di Münster, i fabbricati del servizio delle sussistenze a Magdeburgo, i magazzini del materiale a Strasburgo e a Metz, gli edifici del tiro a segno di Spandau, l'arsenale di Schwerin, la scuola di guerra di Glogau, ecc.

Anche l'amministrazione dei fabbricati civili ha adottato il sistema

di coperture piane in cemento di legno per moltissimi edifici recenti, ginnasi, uffici delle poste, ecc.

E si vedono pure numerose applicazioni del nuovo sistema nelle costruzioni private, particolarmente nelle case da pigione e negli stabilimenti industriali.

I rivestimenti impermeabili in cemento di legno sono impiegati anche come cappe delle volte murali che debbono coprirsi di terra. La messa in opera è la stessa che per le coperture piane a terrazzo. Si ha cura di interporre un letto di sabbia fina, e bene asciutta fra l'estradosso della volta e il rivestimento impermeabile.

(Rivista di Artiglieria e Genio).

## BIBLIOGRAFIA

**La meccanica industriale all'Esposizione di Parigi nel 1889.** — *Relazione* dell'ing. prof. A. BOTTIGLIA. Appendice all'*Annuario* del R. Museo Industriale Italiano in Torino. — Op. in-8°, di pag. 51. — Torino, 1891.

L'A. dichiara nella prefazione di aver limitati i suoi appunti a quella parte della meccanica industriale che riflette: i generatori di vapore, le macchine motrici a vapore, a gas, a petrolio, a vento, le macchine idrauliche e la costruzione delle macchine; e qui faremo un breve riassunto delle cose trattate.

*Generatori di vapore.* — L'Esposizione del 1889 ha segnato un trionfo completo ed incontrastato delle caldaie multitubolari. Per tutto il tempo dell'Esposizione le caldaie Belleville, De Mayer, Babcock e Wilcox, Collet, Terme e Deharbe, Lagosse e Bouché, Roser, Lacroix (Maniguet), Montupet, Root funzionarono per alimentare le motrici della grande galleria delle macchine, quelle per l'illuminazione elettrica, per il servizio idraulico, per gli elevatori, ecc., senza che si verificassero inconvenienti.

Le ragioni per le quali, dopo 40 anni di studi e perfezionamenti, vennero finalmente accettate le caldaie a piccoli elementi, sono essenzialmente due: la necessità di avere motrici di sempre maggiore potenza, e quindi di ricorrere a generatori capaci di produrre considerevoli quantità di vapore sotto volume relativamente limitato; e la convenienza economica di impiegare il vapore a pressione sempre più elevata.

Oggidi le caldaie multitubolari sono in grado di somministrare in media da 15 a 20 Cg. di vapore saturo, alla pressione di 10 Cg. per ogni mq. di superficie riscaldata ed ora, e Cg. 8 a 10 dello stesso vapore per ogni Cg. di litrantrace consumato.

Assodati i vantaggi e la convenienza di adottare caldaie a piccoli elementi per le medie e grandi produzioni di vapore, l'ing. Bottiglia passa ad esaminare se i perfezionamenti introdotti e le disposizioni attuate oggidi dai diversi costruttori siano tali da rimediare ad alcuni inconvenienti che per l'addietro ebbero a verificarsi in queste caldaie. Al quale scopo è necessario che la caldaia abbia un grande serbatoio d'acqua che sia facilmente accessibile in tutte le sue parti, e quelle parti, esposte all'azione dei gas caldi, abbiano libera dilatazione e siano facilmente smontabili; che l'acqua circoli liberamente e continuamente in contatto della superficie di riscaldamento, ed il vapore, di mano in mano che si forma, possa passare rapidamente, senza incontrare resistenze, nella camera di vapore; infine, che non sieno esposte all'azione diretta delle fiamme le unioni, i gomiti ed i raccordi dei diversi elementi della caldaia. L'autore passa in rassegna le caldaie tubolari dell'Esposizione e trova che in massima le medesime soddisfano a tutte queste prescrizioni.

Prima di lasciare l'argomento delle caldaie, l'A. accenna ancora al generatore a circolazione rapidissima e forzata di Serpollet consistente in un tubo di rame fucinato e saldato, di piccolissimo diametro e di grandissimo spessore, disposto a spirale e collocato direttamente nella camera di combustione, e nel quale si fa passare mediante una pompa a grandissima velocità un filetto d'acqua che raccogliasi all'altra estremità del tubo allo stato di vapore. L'invenzione avrà forse un'utile applicazione nella piccola industria per i così detti motori domestici.

*Motori a vapore.* — Nessuna scoperta fondamentale, nessuna innovazione importante si è riscontrata nelle macchine a vapore esposte nel 1889. Appartenevano tutte a tipi già conosciuti. Ma l'Esposizione ha dato mezzo di conoscere quali sieno i sistemi che le esigenze dello sviluppo dell'industria, e delle nuove applicazioni e l'esperienza hanno dimostrato doversi preferire.

Dal complesso delle macchine funzionanti o semplicemente esposte è risultato che la macchina con distribuzione a scatto, a rubinetti o con valvole, dal 1878 in poi non ha guadagnato terreno; ed invece per le moderne applicazioni elettriche, le quali richiedono grandi velocità, si è in parte riabilitata la distribuzione a cassetto.

Oltrecchè l'Esposizione ha dimostrato fra le stesse distribuzioni a scatto, una spiccata preferenza per quelle con otturatore Corliss, o meglio a pietra traforata, su quelle a valvole, perchè le prime hanno i vantaggi di un funzionamento più veloce, di una più facile manutenzione, e di una maggior durata della macchina. Le motrici del tipo

Corliss, od a piastre, in attività, erano in numero assai maggiore, e per importanza tenevano il primo posto. Tali le due macchine di J. Farcot, una di 200 e l'altra colossale di 1200 cavalli, somministranti forza motrice nella galleria delle macchine; le motrici Wheelock, funzionanti nella pila sud della torre Eiffel, sul lungo Senna, e nella galleria delle macchine; e le motrici Frikart, Powell, Schneider e Brown.

Fra le motrici con valvole a scatto merita un cenno speciale la macchina orizzontale a triplice espansione che la casa Sulzer faceva funzionare a vuoto nella Galleria delle macchine.

Il vantaggio della triplice espansione, ed in generale delle espansioni successive in cilindri distinti dipende essenzialmente da due cause, una teorica e l'altra pratica. La causa teorica è quella di ottenere con successive espansioni che lo scarto di temperatura in ciascun cilindro fra il vapore che entra e quello che esce sia piccolo; ciò fa sì che il vapore risenta molto meno l'influenza delle pareti, e la sua curva di espansione risulti molto più elevata anche quando l'espansione totale che avviene nel complesso dei cilindri è grandissima. La causa pratica risiede nel fatto che le fughe di vapore non sono in pura perdita come avviene nelle macchine ad un solo cilindro; essendovi più cilindri d'espansione, sono in perdita le sole fughe dell'ultimo cilindro, ma queste sono molto meno facili per la diminuita pressione e di gran lunga meno dannose. La triplice e la quadruplici espansione hanno poi ancora il vantaggio di permettere l'impiego di vapore ad altissima pressione, cosa che si ha tutte le convenienze di fare.

Ma, come si disse, l'Esposizione del 1889, in fatto di motrici, ha segnato una riabilitazione, in parte, del cassetto, e non solo per le macchine di grande velocità; ma anche per quelle di velocità ordinaria. E lo provarono le grandi motrici della Società *Le Phoenix* (Belgio), della Compagnie de l'Horme (Loire), dei signori Davey, Paxmann, che somministravano lavoro motore alle macchine della grande galleria.

Fra le motrici a grande velocità con distribuzione a cassetto ad eccentrico fisso si hanno i tipi di Farcot, della Société Alsacienne, di Sautter e Lemonnier, di Escher Wyss, ecc.

Per le motrici a vapore a grande velocità (oltre a 180 giri al 1' e con velocità di stantuffo sino a 9 metri) destinate soprattutto agli impianti elettrici, è caratteristico che quasi tutti i costruttori abbiano scelto il tipo delle macchine marine *à pylon*, con distribuzione a cassette. Oramai le macchine di marina hanno fatto con successo il loro ingresso nell'industria.

Il numero maggiore di motrici a vapore a grande velocità, del tipo *à pylon*, aveva la distribuzione a cassette con eccentrico mobile per l'espansione; e la mobilità e variabilità dell'eccentrico è ottenuta mercè un regolatore energico, così detto americano, applicato al volante, col quale ha comune la rotazione. La forza centrifuga di uno o due contrappesi ha per effetto di spostare le piastre d'eccentrico, variando il grado di introduzione e di compressione del vapore. Ond'è che questo regolatore fa l'ufficio di freno e di regolatore ordinario. Si ammiravano al Campo di Marte le motrici verticali di Oerlikon, Weyher e Richemond, Boulet, Leconteux e Garnier, e le orizzontali della Società Strigt-Line, Société Alsacienne, Société Suisse di Winterthur.

Prima di lasciare l'argomento delle motrici a vapore, l'A. accenna ancora ad un tentativo pratico per avere una vera macchina a vapore rotativa, ed è la turbina a vapore dell'americano Parsons, nella quale non si impiega stantuffo, ma si fa agire la pressione del vapore sulle palette di una turbina. Dapprima l'espansione si otteneva solo facendo crescere le dimensioni delle palette, dalla luce d'introduzione a quella di efflusso della turbina. Ma poi si è giunti a costruire macchine con doppia ed anche con tripla espansione, ottenendo così una grande economia di vapore. Si hanno cioè due o tre gruppi di turbine elicoidali, di diametro diverso, montate sul medesimo albero; ed il fluido passa da una turbina in quella successiva di diametro maggiore.

Parsons dovette superare molte difficoltà pratiche, e vi riuscì con una circolazione continua d'olio nei perni ed altre ingegnose disposizioni. All'Esposizione di Parigi, Weyher et Richemond, che hanno acquistato il brevetto Parsons, avevano in azione continua una di queste turbine a triplice espansione, la quale agiva direttamente sovra una dinamo. Il funzionamento fu sempre regolare e soddisfacente.

Finora la più importante applicazione ricevuta da questi motori è stata quella di dar movimento a macchine dinamo-elettriche, aventi l'asse coincidente con quello della turbina.

**Motrici a gas ed a petrolio.** — Dopo i motori di Otto, Koerting, Lenoir, Crossley, sarebbe difficile rintracciarne altri i quali presentino caratteri di novità e pregi di speciale considerazione.

Tuttavia il motore presentato da T. Powel, ad un sol cilindro, di 100 cavalli, merita un cenno per la facilità della messa in moto anche nel caso di grandi forze di 50 a 100 cavalli, e per altre particolarità riguardanti l'accensione ed il sollevamento della valvola di scarico.

E così è meritevolissimo di menzione il motore Charon, che sotto l'aspetto dell'utilizzazione del calore vuol essere ritenuto come il migliore di tutti i motori a gas conosciuti al giorno d'oggi.

Ma la particolarità più interessante dell'Esposizione riguarda la costruzione dei motori a gas poveri ed a carburi di petrolio.

In questi motori, pei quali la miscela è formata da aria e carburi o vapori di petrolio, i vapori si ottengono mediante un apparecchio spe-

ciale annesso ordinariamente alla motrice, contenente petrolio e denominato carburizzatore. Togliendo quest'apparecchio e collegando il tubo di condotta dei vapori di petrolio ad un tubo a gas-luce, le motrici si trasformano in motori a gas. Tali appunto i motori di Lenoir, Niel, Benz, Noël, Mire, Durand, i quali per altro esigono petrolio leggero (alla densità di 0,650) che non è quello d'uso ordinario.

Invece il motore Diederick è costruito per usare esclusivamente petrolio, ma può funzionare con petrolio ordinario (pesante anche 820 grammi per litro) quale trovasi sempre in commercio.

**Motrici a vento.** — Molti i motori a vento esposti in riva alla Senna, ma pochi che presentassero innovazioni meritevoli di essere accennate. I motori a grandi ali del tipo olandese, oggidì quasi abbandonati, non esistevano all'Esposizione. Alcuni avevano disposizioni identiche a quelle dei motori americani Halladay, già conosciuti ed applicati in Italia dalla Ditta Q. Colondre e C. di Messina, da B. Piantini e C. di Ancona e dalla casa Stockicht di Napoli.

Ma anche pei motori a vento più perfezionati di Halladay, l'aria agisce sulle palette per urto, e quindi saranno sempre motori di piccolo rendimento. E sotto questo punto di vista tecnico il solo motore a vento che fosse degno d'esame è la turbina ad aria, a palette elicoidali di Bollée, munita di distributore e di ruota motrice; ma tuttora sprovvista di regolatore mediante otturamento del distributore.

**Macchine idrauliche.** — Le turbine esposte davano segno della potenza e bontà di costruzione di diverse case (J. Ritter di Winterthur, A. Le Prince di Parigi, Fontaine pure di Parigi, Escher Wyss di Zurigo), ma veruna innovazione importante venne introdotta ai tipi di motori idraulici da parecchi anni conosciuti.

La sola turbina elicoidale a libero efflusso, costrutta da E. Burlin di St-Dié dei Vosgi presentava una disposizione nuova di otturatori, dovuti a L. Vallet, e che sono una semplificazione degli otturatori a piastre scorrevoli radialmente, ottenendosi l'effetto per mezzo di un moto di rotazione.

Anche le pompe, benchè fossero in quantità sterminata, presentavano pochissime novità importanti.

Nelle pompe centrifughe di Nézereaux, costrutte da Casse e figli di Lilla, si ottiene di poter fare l'adescamento senza che sia necessario lo impiego della valvola di ritenuta al piede del tubo d'aspirazione.

Le pompe a stantuffo di piccola portata di Baillet e Andemar ci presentano tale disposizione da poter servire per grandi prevalenze senza richiedere acqua limpida, e da poter camminare a grande velocità.

Fra le pompe a stantuffo di grande portata, s'è veduta l'applicazione di un concetto nuovo nelle pompe ad azione diretta della Compagnia Worthington (New-York) installate sul lungo Senna pel servizio d'acqua dell'Esposizione, sollevanti 400 litri al secondo all'altezza di 20 a 22 metri. E la novità consiste nell'aggiunta di due cilindri oscillanti *compensatori*, coi quali viene proporzionata la resistenza della pompa alla pressione del vapore sullo stantuffo motore. Epperò queste pompe possono camminare a diverse velocità, anche notevolmente grandi, senza diminuire sensibilmente il loro rendimento.

**Organi di trasmissione.** — Il predominio delle cinghie tessute, di cotone e di canapa, sulle funi e sulle cinghie di cuoio, era un'altra caratteristica dell'Esposizione di Parigi. Le cinghie di J. Lechat di Gand, a lamine di tessuto sovrapposte ed imbevute di resina e di catrame, erano applicate a 25 motrici, 27 dinamo, e ad altre macchine della grande galleria, per una forza complessiva di 4000 cavalli. Se ne costruirono della larghezza di m. 1,80, a 7 ed 8 lamine sovrapposte, e capaci di trasmettere sino a 1000 cavalli. Meritano pure di essere menzionate per cinghie tessute la ditta D. Moreley and Sons di Manchester, ed A. Briehot di Parigi.

Per le funi la migliore produzione è sempre quella delle case belghe, e fra queste la casa più antica ed importante è Vertongen Goens di Termonde, la quale fabbrica funi di canapa e di aloè (canapa di Manilla) da 15 a 65 mm. di diametro, resistenti per trazione da 9,5 a 12 Chg. per mm. q.

La difficoltà di sostituire puleggie di ferro, a quelle di ghisa, le quali per i grandi diametri riescono troppo pesanti, fragili e costose, e non mai abbastanza equilibrate, fu risolta dalla casa Ludwig e Schopfer, costruttrice di macchine a Berna, la quale mandò all'Esposizione puleggie di ferro leggere, perfettamente equilibrate, solide, e di costo inferiore del 5 al 10 per cento e per qualunque diametro, al costo delle puleggie di ghisa.

E finalmente il problema degli innesti per alberi di grandissima velocità, come quelli che danno moto a potenti macchine dinamo-elettriche, ebbe una buona soluzione nell'innesto a frizione immaginato e costruito da Farcot, e che trovavasi applicato nella grande galleria delle macchine al collegamento di due alberi di punta, trasmettendosi 500 cavalli di forza, e facenti 300 giri al minuto primo. L'attacco ed il distacco dei coni di frizione si opera utilizzando la stessa forza da cui è animato l'albero motore, e gli sforzi esercitati sull'apparecchio mutuamente si elidono fra le diverse parti che lo compongono, senza che la più piccola spinta longitudinale si trasmetta agli alberi.

L'innesto stesso può con tutta facilità adattarsi a puleggie che si vogliono istantaneamente rendere folli o fisse sovra un albero di qualunque potenza, e senza arrestare il movimento dell'albero. G. S.