

L'INGEGNERIA CIVILE

R

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

COSTRUZIONI IDRAULICHE

IL CANALE D'IRRIGAZIONE DERIVATO DAL FIUME VERDON

Continuazione e fine

(Veggansi le Tavole V e VI).

6. — *Lavori in galleria.* — La sezione del canale per i passaggi in sotterraneo è quasi da per tutto costituita da un quadrato di 2 metri di lato sormontato da un segmento di circolo di 0^m,50 di saetta; la quale sezione corrisponde ad una portata di 5 metri cubi per secondo con un'altezza d'acqua di 8 metri e colla pendenza di 0,011.

La natura resistente delle rocce attraversate non richiedeva punto la forma ovoidale, nè i piedritti inclinati.

Dal punto di vista della economia nella costruzione, la larghezza di 2 metri ha il vantaggio di permettere comodamente il lavoro a due minatori alla fronte d'attacco.

Un restringimento verso il fondo del canale avrebbe necessitato una maggior larghezza in calotta dove lo scavo è più difficile. Non essendovi che 50 cent. di altezza libera dal pelo d'acqua alla chiave, i grossi galleggianti sono arrestati agli imbocchi da opportuni graticci.

Nei pochi casi in cui si è dovuto provvedere al rivestimento in muratura, questo rivestimento non oltrepassò i 25 a 30 cent. di spessore, bastando il medesimo a proteggere la roccia dal contatto dell'aria atmosferica o dell'acqua corrente.

La galleria che attraversa la plaga di Rians fu praticata nell'argilla compatta, e quivi la sezione del canale fu cambiata per essersi adottata una pendenza minore onde formare un salto a valle. Fu data alla sezione la figura di un trapezio largo 2^m,60 al fondo, e 3 metri all'imposta della volta. Li piedritti hanno 0^m,60 alla base e 0^m,40 alla sommità; sono fondati a 0^m,80 di profondità, e riuniti al fondo del canale da una platea di 0^m,30 di altezza. Internamente hanno una inclinazione di 1/5.

Nei tre grandi *tunnels* dei Maurras, di Ginnasservis e di Pierrefiche si è dovuto ricorrere a un certo numero di pozzi per accelerare l'esecuzione dell'opera. Il loro numero si è anzi dovuto aumentare oltre le previsioni. Quando non si ha tanta premura, conviene invece diminuire il più che si può il numero dei pozzi, i quali sono sempre cagione di considerevoli spese, di false manovre, e di disgustosi accidenti.

Per i *tunnels* grandi da scavarsi in roccia erasi fatto assegnamento su di un avanzamento di 40 cent. ogni ventiquattro ore, ma vuoi per la presenza dell'acqua, vuoi per altre difficoltà, alle quali l'elemento finanziario non era neppure estraneo, si arrivò solo alla media di 35 cent.

I pozzi dovendo pur essi essere praticati attraverso roccia, diveniva inutile assegnare loro la forma circolare o la ellittica, e fu loro assegnata la sezione rettangolare di 2^m,50 × 1^m,50 sufficiente a dar passo a due grandi benne. La media dell'avanzamento nei pozzi non fu che di 20 centimetri ogni ventiquattro ore.

Alla parte superiore di alcuni di essi, essendovi terreno poco consistente, s'è dovuto ricorrere a dei rivestimenti mediante telai di quercia fatti con travi di 25 a 30 cent. di grossezza, posti da 1 a 2 metri di altezza l'uno dall'altro per sostenere dei tavoloni di 10 a 15 centim. di spessore. Una tramezza nel mezzo del pozzo serviva ad

impedire l'incontro della benna in salita con quella in discesa.

I pozzi furono quasi tutti praticati a 8 metri di distanza dall'asse della galleria, ed erano quindi uniti ad essa mediante un tratto di galleria trasversale, nella quale si ritiravano gli operai che lavoravano all'avanzamento della galleria principale per il tempo di dar fuoco alle mine.

Si impiegarono benne di legno di diverse capacità, da 80 a 500 litri. Le più piccole erano manovrate a braccia d'uomo fino a 15 metri di profondità; quelle da 200 litri erano adoperate fino alla profondità di 75 metri circa, e tirate su da un cavallo; con due cavalli si adoperavano benne da 300 litri e fino alla profondità di 150 metri; oltre la quale profondità si ricorreva all'impiego di una macchina a vapore ed a benne della capacità di 500 litri.

Le piccole benne erano sollevate per mezzo di verricelli a braccia d'uomini. Al di là di 15 o 20 metri di profondità si ricorreva ad uno o due cavalli attaccati ad un maneggio, ossia ad una specie di argano in legno con due bracci di leva di 7 ad 8 metri di lunghezza. Non furono quasi mai adoperate funi metalliche; funi di canape ben incatramate, di 5 a 6 cent. di diametro, hanno sempre dato i migliori risultati. I cavalli camminavano al passo, e la velocità di ascesa delle benne, impiegandosi due cavalli, non poteva guari oltrepassare i 15 metri per minuto; si arrivava a 25 metri facendo andare i cavalli al trotto. Ma in tal caso non si può contare che su cinque ore di lavoro utile al giorno, e l'ascensione delle benne dev'essere fatta con molte precauzioni.

Colle locomobili a vapore, e bene equilibrando le benne, si raggiungeva comodamente la velocità di 40 metri per minuto.

Per ventilare le gallerie, lasciati da parte i soli camini di chiamata, si ricorse all'impiego dei *ventilatori*. Per piccole profondità erano mossi a braccia d'uomo, per mezzo di una manovella, di una ruota dentata del diametro di 24 cent. con un rocchetto di 6 cent. e di una puleggia del diametro di 36 cent., la quale muoveva la cinghia accavalcata sull'albero del ventilatore. Per profondità di oltre a 150 metri si fece ricorso alla forza del vapore, e la stessa locomobile che faceva il servizio delle benne muoveva pure il ventilatore e le pompe di prosciugamento. Trattandosi di grandi profondità il ventilatore aveva da 60 ad 80 cent. di diametro, ed una larghezza di 20 cent. e faceva circa 1200 giri al minuto. Il tubo conduttore dell'aria ai lavoranti aveva il diametro di 14 cent. e si biforcava in fondo al pozzo in due tubi di 6 cent. che andavano l'uno a destra e l'altro a sinistra alle due gallerie di attacco. Si riuscì così a mandare aria agli operai fino a 600 metri di distanza. Le palette del ventilatore erano in numero di 6; nè praticamente risultò alcuna differenza sensibile dall'adoperare palette piane o palette curve.

La temperatura esterna, lo stato dell'atmosfera, la direzione dei venti hanno avuto notevole influenza sulla necessità più o meno grande di aerare i lavori; essa incominciò soprattutto a manifestarsi per i pozzi di oltre a 25 metri di profondità.

La presenza dell'acqua accrebbe la difficoltà dell'aeramento; e gli operai in certi punti si lamentavano di un particolare malessere, cui essi attribuivano alla natura stessa della roccia attraversata. E specialmente nei calcari marnosi che manifestavasi un odore particolare, molto disagiata, il quale esigeva un rinnovamento continuo d'aria respirabile.

In diverse gallerie si incontrarono acque abbondanti,

le quali furono causa di molte noie e di forti spese. Il sollevamento dell'acqua fu fatto per mezzo di benne fino a profondità di 120 metri, e per volume d'acqua non superiori a 1200 litri all'ora. Al di là si doveva ricorrere a pompe mosse dal vapore, sebbene il loro impianto e la difficoltà di trasmettere il moto per mezzo di lunghe aste, sieno sempre causa di complicazione. Si riuscì nondimeno ad estrarre fino a 6 mila litri d'acqua all'ora da profondità di 170 metri.

Nelle gallerie di breve lunghezza si impiegavano due mute di operai ogni 24 ore; ma in quelle di maggior lunghezza, dove il lavoro doveva far progredire molto più rapidamente, si avevano tre mute di operai lavoranti 8 ore caduna, e succedentisi senza interruzione. I cavalli attaccati ai maneggi erano impiegati in due mute di 12 ore, ma il lavoro era interrotto da frequenti riposi, inquantochè il sollevamento delle terre di scavo o delle acque di prosciugamento non effettuavasi in modo continuo.

7. — *Opere d'arte.* — Le opere d'arte costruite sul ramo principale del canale, oltre ai *tunnels*, sono in numero di 250, abbenchè siansi attraversati terreni gerbidi o rocciosi, dove le strade e i corsi d'acqua sono rarissimi.

Dovendosi attraversare strade si adottò generalmente la soluzione di far passare la strada al disopra del canale, con che si diminuiva l'importanza delle fronti, l'altezza del manufatto, ed i pericoli di infiltrazione. Come tipo normale venne adottato un arco a montata depressa, di 5 metri di luce, impostato su piedritti di 1^m,70, ed avente una saetta di 0^m,75. L'altezza dell'acqua sul fondo del canale essendo di 1^m,50, vi ha ancora un margine di 20 cent. dal pelo d'acqua all'imposta.

Esistendo corsi d'acqua o strade da attraversare sul fondo delle vallate, ed il canale dovendo passare in rilevato ad una certa altezza, si preferì costruire un ponticello o cavalcavia, e continuare superiormente il rilevato in terra per il canale, essendo questa la soluzione più economica.

Non mancarono tuttavia dei casi in cui la conformazione della località o le esigenze del tracciato non permisero tali opere di passaggio al disopra o al disotto del canale; e allora si è avuto ricorso a sifoni in muratura. Tali opere non s'incontrano che nel tratto a valle dei Rians, ove il canale non deve più avere che la portata di mc. 5,50 per secondo. Ed il sifone fu costituito da due luci circolari di 1^m,70 di diametro, l'una a fianco dell'altra. Vi ha pure un esempio di sifone ad una sola luce del diametro di 2^m,30, essendosi scavato il tunnel-sifone nella roccia della valle, e praticato un semplice rivestimento in muratura.

In un canale con passaggi a mezzacosta tanto arditamente e con tante parti in sotterraneo, era troppo indispensabile poter togliere rapidamente l'acqua in caso di riparazioni eventuali, senza dover correre fino all'edificio di presa. E si costruirono a tale scopo sei scaricatori composti ciascuno di 4 luci rettangolari di 1^m,20 di larghezza, chiuse da paratoie, ed aventi la soglia sul fondo del canale.

Similmente si costruirono parecchi sfioratori per premunirsi in modo efficace contro l'improvviso elevarsi dell'acqua nel canale in seguito a temporali, o per accidentali ostruzioni di sezione in qualche punto del canale.

Oltre a codesti manufatti minori, s'è dovuto alcuna volta ricorrere alla costruzione di veri ponti-canali e di sifoni di grande lunghezza.

Occorrendo un ponte-canale, e mantenendosi la pendenza di 0^m,0011 per metro, si diede al canale la larghezza di 2^m,50 e quindi al manufatto la larghezza totale di 4 metri. L'altezza della sezione rettangolare si stabilì di 2 metri, e l'altezza d'acqua essendo di 1^m,50 si avrebbe una velocità di 1^m,50 per una portata di 6 metri cubi. Per questi manufatti la luce delle arcate a pien centro variò da 6 ad 8 metri. Tutta la muratura fu fatta di scapoli, essendosi limitato l'impiego della pietra da taglio al rivestimento dei volti e degli spigoli. Così si costruirono i tre ponti-canali di Beurivert, di Malourie e di Parouvier. Di quest'ultimo diamo il disegno di ogni particolare nella tav. VI.

Opere d'arte di ben maggiore, ed anzi di veramente eccezionale importanza, sono i sifoni con cui si attraversarono i valloni di Saint-Paul, di La Lauvière presso Rians, di Tremasse e di Loubatas. A fronte di una ingente spesa ove si fosse ricorso ad un ponte-canale, si preferì sostituirvi dei sifoni metallici in ferro e ghisa; coloro che desiderassero studiar nei loro particolari codeste opere veramente straordinarie, potranno consultare le *Annales des Ponts et Chaussées*, annate 1876 e 1877. Qui basterà accennare che si pensò di assecondare il profilo dei valloni da attraversare con uno o due tubi metallici di sezione circolare. La vallata di La Lauvière fu attraversata con un tubo unico del diametro di 2^m,30; per quella di Saint-Paul si adottarono due tubi del diametro di 1^m,75 ciascuno.

8. — *Costo delle tratte del canale a cielo scoperto.* — Una traversata molto difficile, epperò molto dispendiosa è stata quella delle gole del Verdon.

Codesto tratto di canale risultò della lunghezza di m.	8036,10
di cui a cielo scoperto »	5037,30
ed in galleria »	2998,80
La spesa totale per questo tratto risultò di L.	1,016,664,40
di cui per i lavori in terra a cielo scoperto, si sono spese »	374,000,00
per gli scavi in sotterraneo »	40,100,00
per le murature »	211,664,40
per lavori diversi »	10,000,00
e per le indennità del terreno »	20,000,00

Il costo dello scavo a cielo scoperto per codesto tratto sali a L. 27,72 per metro corrente di canale, somma che oltrepassa di molto la media generale per tutto il canale, che è di L. 14,60.

Sulla totale lunghezza di metri 62073 si ebbero metri cubi 905,700,00 di movimenti di terra, i quali costarono Lire 2,029,561,31, ossia in ragione di L. 2,25 il metro cubo, tutto compreso: scavo, reimpiego e trasporto. Ed è a notare che la roccia da trattare col picco o colle mine formava il 70 0/0 del cubo totale. Il prezzo del metro cubo variò da 3 lire a 0,80. Dal solo punto di vista dei movimenti di terra, il canale del Verdon può ritenersi aver costato L. 33,50 per metro corrente.

La espropriazione dei terreni non fu causa di grandi spese; con 588,000 lire si espropriarono 1,288,000 mq. di terreno, corrispondentemente a 16 metri quadrati di terreno per metro corrente. Al disopra dei *tunnels* o fu espropriata solo una lista di 2 metri, o venne acquistata solamente la servitù di passaggio.

9. — *Costo delle gallerie minori, ossia scavate senza il sussidio dei pozzi.* — Le gallerie che poterono essere scavate senza ricorrere allo spedito dei pozzi furono in numero di 76, formanti complessivamente la lunghezza di 7683^m,70. Quella che riunendo le quattro luci di presa ha per la lunghezza di 30 metri la forma ad imbuto, restringendosi dalla larghezza di 12^m,80 a quella di 2^m,75, scavata in roccia calcarea, non presentò difficoltà di sorta; nè fu necessario alcun rivestimento (fig. 13, tav. V); fu solo disposta una banchina perchè il guardiano potesse recarsi dalla propria abitazione a manovrare le saracinesche dell'edificio di presa. Il costo dello scavo non oltrepassò le 16 lire per metro cubo, e la banchina longitudinale costò in ragione di 4 lire il metro quadrato.

La galleria di Rians, di 902 metri di lunghezza avente per i primi 426 metri la sezione con semplice rivestimento di 0,25 indicata dalla fig. 11 della tav. V, e la parte rimanente essendosi costruita come lo indica la sezione della fig. 7, finì per costare, tutto compreso, 170 lire il metro corrente. Il cambiamento di sezione è motivato dal cambiamento di pendenza, che fu ridotta da 0,0011 per metro a 0,00036 onde creare un salto.

La galleria dell'Olivière, tuttochè di sezione normale, colla pendenza di 0,0011, pure per essersi incontrate lame d'acqua, e per essersi dovuta rivestire con muratura di 50 cent. e volto rovescio di 0,30, stante la instabilità del terreno argilloso e sabbioso, costò 236 lire il metro corrente.

La maggior parte delle altre gallerie attraversando rocce, non fu necessario alcun rivestimento e costarono da 100 a 120 lire il metro corrente, corrispondentemente ad una sezione di scavo di mq. 4,89.

In conclusione, le gallerie minori per il canale del Verdon, in numero di 76 e misuranti complessivamente 7683m,70, costarono L. 1,102,725,50, e quindi in media L. 143 50 per metro corrente.

10. — *Costo delle gallerie maggiori.* — Le gallerie maggiori per le quali si è dovuto ricorrere al sussidio dei pozzi sono in numero di tre.

1° La galleria dei Maurras, scavata intieramente nel calcare giurassico a forza di mine, richiese il sussidio di 10 pozzi, due dei quali raggiunsero la profondità di 191 e 210 metri, ed altro fu dovuto abbandonare per le gravi difficoltà di esaurimento e di durezza della roccia tuttoché arrivato già a 150 metri.

L'esecuzione di questa galleria costò	L. 1,454,000
di cui per lo scavo dei pozzi . . . »	309,600
» » della galleria . . . »	841,400
muratura di rivestimento . . . »	130,000
macchine d'esaurimento, estrazione e ventilazione »	165,000
acquisto e indennità di terreni . . . »	8,000

Se si ragguagliano codeste spese alla lunghezza totale della galleria, che è di m. 4136,00 e a quella complessiva dei pozzi, che è » 1397,00 si trovano li seguenti risultati:

Costo della galleria per metro corrente, tutto compreso L.	351,50
Costo della galleria per metro corrente, non compresi i pozzi . . . »	263,40
Costo dei pozzi per metro corrente »	260,00

In questi calcoli si posero le spese di esaurimento per 1 $\frac{1}{3}$ a carico dei pozzi, e per 2 $\frac{1}{3}$ a quello della galleria.

Notiamo infine che avuto riguardo alla sezione della galleria, il prezzo del metro cubo di scavo si elevò a 55 lire.

2° La galleria di Ginasservis, lunga ben 5156 metri, attraversa il terreno cretaceo contenente calcari marnosi e rocce molto fessurate. Non si incontrarono sorgive, ma recava difficoltà la massa d'acqua che dopo ogni pioggia invadeva i lavori. Si praticarono 12 pozzi la cui profondità variò fra 32m,87 e 78m,35; e si avanzò in essi in ragione di 0m,12 a 0m,38 ogni 24 ore, ed in media di 0m,25. In galleria si avanzò in media di 0m,27 ogni 24 ore; non tenuto conto delle numerose interruzioni dei lavori.

La spesa totale della galleria arrivò a L.	1,268,700
di cui per lo scavo dei pozzi . . . »	106,700
» » della galleria . . . »	854,000
per il rivestimento di muratura . . . »	132,000
per opere di esaurimento, estrazione e ventilazione »	164,000
indennità per espropriazioni . . . »	12,000

E ragguagliando codeste spese alla lunghezza della galleria e dei pozzi, si ottengono le seguenti cifre:

Costo della galleria per metro corrente, tutto compreso L.	246,06
Costo della galleria per metro corrente, non compresi i pozzi . . . »	214,74
Costo dei pozzi per metro corrente di profondità »	224,96

3° La galleria di Pierrefiche, lunga 3027 metri, scavata col sussidio di 5 pozzi, la cui profondità variò fra 23m,90 e 106 metri, e che non richiese rivestimento, costò

in totale L.	576,210
di cui per lo scavo dei pozzi . . . »	45,292
» » della galleria . . . »	390,418
per le murature »	10,500
per opere di estrazione e di ventilazione »	30,000
indennità per espropriazioni . . . »	100,000

Ragguagliando codeste spese alla lunghezza della galleria e dei pozzi, si ottengono le seguenti cifre:

Costo della galleria per metro corrente, tutto compreso L.	190,63
Costo della galleria per metro corrente, non compresi i pozzi . . . »	172,10
Costo dei pozzi per metro corrente di profondità »	162,39

11. — *Ponti-acquedotti.* — Si sono dovuti costruire tre ponti-acquedotti, ossia:

1° Il ponte-canale di *Beaurivet*, lungo 88 metri, altezza massima 14m,50 con 10 archi di 6 metri di luce, a pien centro. Le pile e le spalle sono fondate sulla roccia. La grossezza delle pile è di 1m70 alle imposte. La spessore dei volti è di 0,70. La superficie totale in elevazione è di 840 m. q.; di cui 460 m. q. di vuoto e 380 di pieno.

La spesa totale risultò di L.	51,231,40
donde una spesa per m. q. di elevazione in »	61,00
e per metro corrente »	582,18
La muratura, compreso il calcastro di fondazione, la cappa ecc. mc.	1830,86
donde il prezzo medio per m. c. di L.	24,70
Pietra da taglio mc.	207,00

Le armature, per le quali occorsero 25,14 metri cubi di legname, che fu impiegato tre volte, costarono L. 1872.

2° Il ponte-canale della *Malourie*, lungo 32 metri, altezza massima 19m,40 con 3 archi di 8 metri di luce. La superficie totale in elevazione è di mq. 471, di cui 227,40 di vuoto e 243,45 di pieno.

Il Ponte-canale costò in complesso, senza gli accessi L.	34,933,92
donde una spesa per m. q. di elevazione in »	74,06
e per metro corrente »	1091,69

La muratura costò in media L. 29,50 per metro cubo, compresi 138 mc.,63 di pietra da taglio.

Le armature, per le quali occorsero mc. 31,68 di legname, costarono L. 3168.

3° Il ponte-canale di *Parouvier*, il più importante di tutti, lungo 143m,55, altezza massima 21m50 sul suolo e 26m,56 sulla roccia di fondazione, con 12 archi a pien centro di 8 metri di luce.

I particolari risultano dalla tav. VI. La superficie totale di elevazione è di 2000 metri quadrati, di cui 1156 mq. rappresentano il vuoto; e questa proporzione dimostra quanto sia economica la disposizione adottata. Si utilizzarono le armature del ponte-canale precedente e si armarono quattro archi per volta.

La spesa totale del ponte-canale risultò di L.	125,817,00
ossia per m. quadrato di elevazione »	62,90
e per metro corrente di aquedotto »	876,50

Il prezzo medio delle murature risultò di L. 24,20 il metro cubo.

12. — *Ammontare totale di tutte le opere.* — Riassumiamo nelle seguenti cifre l'ammontare totale di tutti i lavori eseguiti per il Canale del Verdon:

Traversa del fiume Verdon ed edificio di presa L.	894,153,57
Movimenti di terra a cielo scoperto . . . »	2,029,561,31
Gallerie scavate col sussidio dei pozzi . . . »	3,298,521,86
Gallerie minori »	1,102,725,53
Ponti-acquedotti e grandi sifoni . . . »	980,575,17
Opere d'arte comuni »	597,366,77
Muri di sostegno e rivestimenti . . . »	1,269,675,62
Espropriazioni dei terreni »	588,541,41
Rami principali di derivazione nel Comune di Aix »	1,502,829 —
Canali distributori id. id. »	750,000 —
Spese di Direzione e sorveglianza dei lavori »	985,947,34
Canali distributori in 5 altri Comuni ancora a farsi (cifra di preventivo) »	650,000 —

Totale L. 14,649,907,58

A codeste cifre riguardanti effettivamente i lavori, bisognerebbe ancora aggiungere le spese sostenute dalle diverse Società le quali si sono succedute nella direzione dell'impresa, e la cui sede è stata successivamente a Parigi ed a Londra.

Sebbene gli Ingegneri rimangano d'ordinario estranei a codeste gestioni, nelle quali si computano gli interessi di anticipazione dei capitali, la remunerazione dei membri del Consiglio di Amministrazione, e una varietà di false spese inerenti alle grandi speculazioni, tuttavia non possiamo dispensarci dall'osservare che questa parte di spesa è stata nel caso di cui parliamo abbastanza considerevole, talchè due anni sono aveva già raggiunto la cifra di L. 7,340,971,51, la metà all'incirca dell'ammontare di tutti i lavori eseguiti!!

G. S.

GEOMETRIA PRATICA

IL TACHEOMETRO KREUTER.

Veggasi la Tav. VII

1. — Il gabinetto di geometria pratica della R. Scuola d'applicazione per gl'ingegneri di Bologna, si arricchì nello scorso anno di un nuovo strumento di celerimensura, da pochi anni immaginato dal prof. Francesco Kreuter e costruito dalla rinomata casa Ertel e figlio di Monaco. Questo strumento fu chiamato tacheometro dallo stesso suo inventore che lo descrisse e ne insegnò l'uso in un opuscolo (1) pubblicato a Brünn nel 1876.

Le particolarità di tale strumento, da non confondere coi veri tacheometri di celerimensura, essendone ben diversi i principii direttivi di loro costruzione, le ingegnose combinazioni che in esso si riscontrano e di più ancora l'utilità che in certi casi può presentare per l'ingegnere, fanno sì che possa stimarsi utile il descriverne la composizione ed il modo di servirsene, essendo esso inoltre ben poco conosciuto presso di noi.

Questo strumento se può annoverarsi fra quelli di celerimensura, perchè ha comune con essi varie sue parti e perchè si prefigge lo stesso scopo finale in un rilievo, pure si scosta molto dagli stessi e viene a dar principio ad una nuova serie di strumenti di celerimensura, il cui uso e la cui teoria può dirsi costituire un nuovo capitolo di questo ramo della topografia.

I veri strumenti di celerimensura costruiti sempre in modo da ottenere con essi i tre numeri *generatori* dei vari punti rilevati, necessari al calcolo delle coordinate polari e poscia, quando occorra, delle ortogonali, hanno per principio direttivo di loro costruzione di far impiegare in campagna il minor tempo possibile, in relazione però sempre col grado di approssimazione che può volersi ottenere nei risultati. Conseguenza di questo principio si è che i lavori di tavolo vengono resi più lunghi; e quanto più lo sono, ad effetto di accorciare quelli di campagna, tanto più la celerimensura tende a raggiungere il suo scopo.

Il tacheometro Kreuter non è costruito su questo principio. Con esso si ottengono direttamente sul terreno le coordinate polari planimetriche e le quote altimetriche dei singoli punti di un rilievo e per conseguenza si fanno in campagna alcune operazioni che coi veri strumenti di celerimensura vengono eseguite al tavolo. È per tal ragione che questo strumento non può annoverarsi fra i veri strumenti di celerimensura.

Col tacheometro del prof. Kreuter si determinano gli angoli azimutali, le lunghezze dei raggi che dal centro dello strumento vanno ad un punto della verticale di quello di mira, ma non le distanze zenitali, ed invece sull'istumento istesso, mercè di un apposito apparecchio, si

ottengono le distanze orizzontali e le quote altimetriche. Il tacheometro Kreuter dà quindi invece dei tre numeri generatori, le coordinate polari planimetriche e le quote altimetriche, eseguisce cioè in campagna il passaggio da quelli a queste.

Dal detto si può quindi subito vedere quali siano le parti principali di tale strumento: il circolo azimutale, il cannocchiale distanziometro e l'apparecchio per ottenere le distanze ridotte all'orizzonte e le quote altimetriche. Quest'apparecchio sostituisce il circolo zenitale degli strumenti di celerimensura e segna la differenza sostanziale del tacheometro Kreuter dagli altri strumenti di celerimensura.

Un'altra differenza di costruzione si ha nella mancanza del declinatore magnetico, che sempre si trova negli strumenti di celerimensura; ma questa non è sostanziale poichè ben si sa come in celerimensura a poco serve un tale apparecchio e solo se ne faccia uso alle volte per avere poi errori più piccoli a correggere, sia di orientamento sia di collegamento.

2. — Passando a descrivere le varie parti del tacheometro Kreuter si osservano in tutte i movimenti micrometrici, sia cioè per il movimento del *lembo* azimutale, sia per quello dell'*allidada* che porta i nonii, sia per quello del cannocchiale attorno al suo asse di rotazione. Per la misura degli angoli azimutali esso è un goniometro ripetitore e quindi pure reiteratore. Il cannocchiale non è invertibile attorno al suo asse geometrico, nè sui perni di sostegno; è invece capovolgibile sul sostegno stesso e può eseguire una intera rotazione attorno all'asse geometrico del tubo che lo costituisce.

È rettificabile la linea di collimazione rispetto all'asse geometrico del tubo del cannocchiale, e prescindendo da questa rettifica è allora rettificabile la perpendicolarità di detta linea all'asse di rotazione del cannocchiale stesso, ma non lo è la orizzontalità di quest'asse.

Come tutti i moderni strumenti di celerimensura può trasformarsi in un livello sopra un piano, potendosi all'uopo disporre una livelletta a bolla d'aria sopra al cannocchiale ed eseguire, per il già detto, le rettifiche in tale caso necessarie.

3. — Nella fig. 1^a è rappresentata la proiezione verticale dell'istumento del Kreuter. Sul treppiede di sostegno poggiano le viti α che servono a disporre verticalmente l'asse generale dell'istumento. Queste viti terminano inferiormente in capocchie sferiche collocate entro ralle pure sferiche praticate in appositi dischi attaccati alle viti stesse e quindi a tutto lo strumento. Un gancio fissato all'imbuto P ferma lo strumento sul treppiede. In DE è proiettato il circolo azimutale del diametro di 0^m,163. Sul suo lembo sono segnate due graduazioni centesimali, precedenti nel senso delle sfere degli orologi, una delle quali col grado diviso in 5 parti e l'altra soltanto in 2. La vite β fissa il lembo all'istumento e vi è annessa la relativa vite di richiamo. L'allidada porta due nonii diametralmente opposti che servono per le letture sulla prima graduazione coll'approssimazione di 1' per ciascuno. La lettura di essi si eseguisce con microscopi semplici fissati allo strumento. Ha l'allidada inoltre un indice che scorre sulla seconda graduazione e che serve a far le letture sopra di essa. La vite γ fissa l'allidada al lembo e colla vicina vite micrometrica le si danno i piccoli movimenti. A meglio preservare le graduazioni del lembo, è questo tutto coperto da un disco metallico fissato all'allidada e solo in corrispondenza dei nonii e dell'indice, vi sono due fessure chiuse da vetri che permettono le letture sulle graduazioni.

Si farà uso nella pratica, per la misura degli angoli azimutali, di una graduazione o dell'altra dipendentemente dal grado di approssimazione necessario. Usando i due nonii e la relativa graduazione, questo strumento, potrà venire impiegato nella misura degli angoli tanto di una rete trigonometrica topografica quanto di una poligonale che potesse occorrere in un rilievo di dettaglio; così lo stesso strumento potranno eseguirsi tutte le operazioni occorrenti nella pratica.

4. — In questo tacheometro sonvi due livellette a bolla d'aria cilindriche, l'una fissata sull'allidada, della quale

(1) *Das neue Tacheometer aus dem Reichenbach'schen mathematisch-mechanischen Institute T. ERTEL und Sohn in München-Ein Universal-Instrument für alle Feldarbeiten des Ingenieurs von Franz Kreuter.*

In Commission der Buchhandlung C. Winiker — Brünn 1876.

si vede in FG il sostegno, disposta col piano del suo arco direttore perpendicolarmente all'asse di rotazione del cannocchiale; l'altra H mobile sul cannocchiale e che può fissarsi sopra di esso. Le divisioni segnate sopra i tubi delle livellette, hanno la larghezza di $2^{mm},25$. La prima ha il raggio del suo arco direttore di 38^m e la seconda di 50^m , cosicchè la sensibilità è di $38''$ centesimali e di $29''$ rispettivamente.

Della prima livelletta si serve comunemente per porre in stazione lo strumento, ossia per disporre l'asse in direzione verticale. La seconda può pure servire ad una tale operazione, ma di solito ha per iscopo di rendere orizzontale la linea di collimazione, trasformando il tacheometro del Kreuter in un comune livello. Per potere verificare con maggiore comodità il centramento della bolla di tale livelletta, al tubo di essa è fissato uno specchio inclinato a 45° alla orizzontale e mercè il quale coll'occhio in vicinanza dell'oculare del cannocchiale, si osserva la posizione della bolla e si verifica se questa rimanga centrata. La seconda livelletta oltre le viti di correzione per la sua rettificazione nel piano dell'arco direttore, ha pure le viti per la rettificazione laterale.

5. — Il cannocchiale è astronomico e diastimometrico con micrometro a correzione. I montanti M sostengono il guscio N sul quale è appoggiato il cannocchiale ed al quale viene fissato mercè i due collari K chiusi dalle chiavette c. Il guscio di sostegno e quindi il cannocchiale possono ruotare attorno all'asse proiettato in o; la vite di pressione relativa a tale movimento è la ε , quella di richiamo la γ . Le viti μ servono a spostare tutto l'oculare col micrometro ed in conseguenza l'inocicchio dei fili e quindi la linea di collimazione del cannocchiale determinata da questo e dal secondo punto principale dell'obbiettivo.

L'obbiettivo è acromatico e composto come quasi sempre di una lente biconvessa e di una biconcava di vetri diversamente rifrangenti.

L'oculare è come quello composto ed acromatico di Campani formato da due lenti piano-convesse volgenti entrambe la loro convessità verso l'obbiettivo. Il micrometro è necessariamente situato fra di esse, ove trovansi il secondo piano focale del sistema diottrico costituito dall'obbiettivo e dalla prima lente di tale oculare. Per togliere l'inconveniente, che si ha nell'oculare del Campani, di dover muovere l'inocicchio dei fili e quindi spostare la linea di collimazione del cannocchiale per adattarlo alla vista, la seconda lente di questo oculare, ossia la lente esterna, anzichè essere fissa, cioè a distanza costante dalla prima, è suscettibile di un piccolo movimento nella direzione del suo asse ottico, mercè del quale si adatta alla vista il cannocchiale, ossia si porta l'immagine dei fili alla distanza della visione distinta per ciascun osservatore. Si sa già che l'oculare di Campani presenta su quello di Ramsden, comunemente usato negli istrumenti di topografia, il vantaggio di offrire a parità di altre circostanze, un campo maggiore.

Il movimento per adattare il cannocchiale alla distanza si fa colla vite π colla quale si spostano l'oculare ed il micrometro rispetto all'obbiettivo.

Gli elementi del cannocchiale di questo tacheometro sono i seguenti:

Diametro dell'obbiettivo 30^{mm} . Diametro utile di esso 29^{mm} .

Diametro dell'anello oculare $1^{mm},55$.

Ingrandimento 19. Chiarezza 1,7.

Il micrometro a correzione è rappresentato nella fig. 2, con una sezione normale all'asse longitudinale del cannocchiale. Sonvi tre fili orizzontali ed uno verticale che determina con quello di mezzo dei primi il punto cosidetto di inocicchio dei fili. Gli altri due fili orizzontali servono per la misura delle distanze e si possono muovere avvicinandoli od allontanandoli da quello mediano. Uno di essi è fissato sopra la piccola piastrina a, l'altro sulla b, e queste due piastrine possono scorrere fra le altre c, d fermate al cannocchiale e sulle quali è teso il filo mediano. Le due piastrine mobili tendono ad allontanarsi fra loro e quindi ad allontanare i due fili orizzontali da quello di mezzo a causa della molla m; si avvicinano invece fra loro colle viti λ . Il filo verticale è teso sui due piccoli perni e fissati al cannocchiale, e le piastrine mobili sono foggiate in modo che detti perni non impediscano il loro movimento.

6. — La stadia applicata a questo tacheometro è quella conosciuta sotto il nome di stadia del Reichenbach ed usata dalla casa Ertel in tutti i suoi cannocchiali diastimometrici. Il principio su cui si fonda la stadia del Reichenbach è il seguente: Se immaginiamo una serie di distanze crescenti in progressione aritmetica, le parti di stadia, a queste diverse distanze comprese fra i fili del micrometro, crescono pure in progressione aritmetica, ossia le differenze successive fra le diverse parti di stadia comprese fra i fili sono eguali fra loro. La verità di questo principio facilmente si dimostra colla equazione della stadia:

$$D = \frac{H}{H'} F + F + p$$

nella quale D è la distanza che si vuole determinare;

H è la parte di stadia alla distanza D compresa fra i fili;

H' è la distanza dei due fili;

F la distanza focale dell'obbiettivo;

p la distanza del primo punto principale dell'obbiettivo dalla verticale del centro dello strumento, misurata sull'asse del cannocchiale.

Se si colloca la stadia ad un'altra distanza $D+m$, e se si chiama H_1 la parte di stadia allora compresa fra le visuali passanti pei fili si avrà

$$D + m = \frac{F}{H'} H_1 + F + p.$$

Da questa equazione sottraendo la prima si ottiene

$$H_1 - H = \frac{H'}{F} m.$$

Essendo H' ed F quantità costanti, se m è pure costante lo è anche la differenza $H_1 - H$. Dal che si conclude che considerando diverse distanze, ciascuna delle quali differisca dalla precedente della quantità m, le differenze successive delle parti di stadia comprese fra le visuali corrispondenti ai fili del distanziometro, sono tutte eguali fra di loro. Portata quindi l'asta, che si vuole graduare per ottenerne una stadia, a due distanze conosciute, e segnate le due parti di essa, comprese fra i fili, a partire da un punto comune, si potrà dividere la loro differenza in tante parti eguali, quante sono le unità contenute nella differenza fra le due distanze e si avrà l'unità della graduazione della stadia. La prima divisione però di una tale stadia, a partire dal punto comune alle due parti considerate, punto che chiamasi lo zero della stadia, sarà diversa dalle altre ed anzi più piccola di esse perchè data dalla equazione

$$1 = \frac{F}{H'} H + F + p$$

da cui

$$H = (1 - F - p) \frac{H'}{F}$$

mentre le altre divisioni hanno per grandezza comune

$$\frac{H'}{F}.$$

In conseguenza del detto basterà, per misurare una distanza con questo distanziometro, portare uno dei fili del micrometro allo zero della stadia ed in corrispondenza dell'altro filo si leggerà la distanza cercata.

La stadia usata dal Kreuter per suo tacheometro è divisa in centimetri, quindi la distanza fra i fili del micrometro deve essere tale che sia

$$\frac{H'}{F} = 0,01.$$

La prima divisione sarà più piccola di 0,01 e data dalla equazione

$$H = (1 - F - p) 0,01.$$

Ritenendo $p = \frac{1}{2} F$, ciò che può farsi senza sensibile errore in quasi tutti gli istrumenti di topografia e celerimensura, ed essendo nel tacheometro Kreuter il valore di F prossimamente eguale a $0^m,33$, si ricava la prima divisione della stadia di circa $0^m,005$.

7. — Nelle figure 3, 4, 5, è rappresentata la stadia annessa al tacheometro Kreuter e merita di essere descritta per le particolarità di sua costruzione. È composta di due parti, una inferiore rappresentata nella fig. 3 e l'altra superiore rappresentata nella fig. 4. La prima rimane sempre ferma in direzione verticale e termina superiormente a forcilla, entro le cui branche si colloca la seconda, venendo entrambe attraversate dal perno p terminato esternamente in due manubrii, che servono a sostenere tutta la stadia. La parte superiore può ruotare attorno al perno p e può fissarsi in direzione verticale colla sua faccia anteriore in prosecuzione di quella della parte fissa, mercè un apposito apparecchio che vedesi rappresentato in m nella fig. 5. A meglio tenere in direzione verticale la stadia, ed anzi generalmente la sola parte inferiore di essa, serve la livelletta sferica a bolla d'aria q , che vi è fissata sopra.

La graduazione in centimetri della stadia procede dalla estremità inferiore alla superiore ed i numeri che ne facilitano le letture sono segnati in rosso da una parte della graduazione. Lo zero del distanziometro corrisponde prossimamente all'asse di rotazione della parte superiore della stadia sulla inferiore, ed i numeri per la lettura delle distanze sono segnati in nero dall'altra parte della graduazione.

8. — L'equazione della stadia e quindi la teoria di questa ammettono sempre la perpendicolarità della biffa alla linea di collimazione del cannocchiale, ma nella pratica quasi sempre occorre di dover inclinare la linea di collimazione alla orizzontale, e perciò collocando la biffa verticalmente non riuscirebbe questa perpendicolare a detta linea. Per correggere l'errore che ne deriva si usa sempre in celerità, conservata la stadia verticalmente, determinare con un semplice calcolo la parte di essa, diretta normalmente alla linea di collimazione, compresa fra le visuali dei fili del distanziometro. Ma si potrebbe pure inclinare la stadia alla verticale di quanto è inclinata la linea di collimazione alla orizzontale, ed è appunto di questo metodo che il Kreuter insegna doversi servire col suo tacheometro. Egli è per ciò che, come si è detto, la parte superiore della stadia può ruotare attorno al perno p , e mercè il traguardo rs inclinarsi di tanto dalla verticale da rendersi perpendicolare alla linea di collimazione del cannocchiale. Come si disponga in tali casi la stadia lo si vede dalla fig. 5. Con questa rotazione è tolto uno degli inconvenienti che presentavansi nell'uso della stadia inclinata, quello cioè di costringere il porta-stadia a disporsi in posizioni disagiate e nelle quali riesciva difficile il tenerla ferma. Si vedrà pure come con tale stadia sia tolto l'inconveniente di doverla poi disporre verticalmente per la determinazione delle quote altimetriche. Rimangono però sempre altri difetti e principalmente quello di dover consumare un certo tempo per collocare la parte superiore della stadia perpendicolare alla linea di collimazione e l'altro della poca approssimazione nel puntamento col traguardo rs , quando non si operi a piccole distanze. Ben è vero però che per questo secondo difetto non si ha un errore molto grande per una inclinazione anche sensibile dalla perpendicolare alla linea di collimazione, mentre invece nell'uso della stadia diretta sempre verticalmente una piccola inclinazione dalla verticale produce un errore assai forte, ed è quindi necessaria una grande cura per tenerla nella voluta direzione.

Si può però procedere alla misura delle distanze anche tenendo la stadia in direzione verticale, ed il Kreuter accenna a questo metodo per applicarlo nel caso in cui non sia visibile lo zero della stadia.

Tenuta pertanto la stadia in direzione verticale si eseguiranno le letture su di essa coi due fili del distanziometro ed indicando con l (fig. 7) la loro differenza, con m un coefficiente di proporzionalità relativo ad una distanza costante dei fili e con α l'angolo d'inclinazione della linea di mira alla orizzontale, si avrà la distanza A , misurata nella direzione di detta linea, dalla equazione

$$\Delta = ml \cos \alpha$$

e per avere la distanza orizzontale D si dovrà usare l'altra

$$D = ml \cos^2 \alpha.$$

In queste equazioni m è supposto costante dal Kreuter e determinato con esperienze. Ma è a notare che ciò facendo si commette un errore non trascurabile in operazioni di molta approssimazione, molto piccolo però per cannocchiali di corta distanza focale.

9. — La parte caratteristica del tacheometro Kreuter è costituita, come già si è detto, dall'apparecchio che serve a determinare direttamente in campagna le coordinate polari planimetriche e le quote altimetriche per ciascun punto rilevato. È questo composto di tre regoli metallici A, B, C (fig. 1), detti rispettivamente *regoli delle distanze, delle lunghezze e delle altezze*. Il primo, ossia il regolo delle distanze, è fissato al cannocchiale, ruota con esso attorno all'asse o e mercè le due viti a può disporsi in modo che il suo asse longitudinale sia parallelo, od inclinato di un piccolo angolo, alla direzione della linea di collimazione del cannocchiale. Il secondo, ossia quello delle lunghezze, è sostenuto dalla guida RS fissata ad un montante di sostegno del cannocchiale e può scorrere entro di essa mantenendosi sempre in direzione orizzontale quando lo strumento è in stazione. Il terzo regolo, o regolo delle altezze è disposto verticalmente ed è sostenuto da un altro regolo L che solo serve a tale scopo ed è fissato sul secondo. Questo terzo regolo può scorrere su quello che lo sostiene e per mezzo della vite di pressione γ essere fissato in qualunque posizione. Questi regoli sono graduati con divisioni eguali in ciascuno e con numeri segnati di 10 in 10 divisioni, come può vedersi nella fig. 6.

Per il regolo delle lunghezze la graduazione procede da sinistra a destra dell'osservatore ed in conseguenza lo zero è dalla parte ove trovasi il regolo delle altezze. Le letture su questo regolo B si fanno in corrispondenza dell'indice i segnato sulla guida di sostegno. Il regolo delle altezze ha lo zero della scala a metà della sua lunghezza e la graduazione a partire da esso procede in sensi contrarii. La lettura su questo regolo si fa in corrispondenza della linea longitudinale mediana segnata su quello delle distanze. Quest'ultimo regolo ha la sua graduazione che procede da destra a sinistra dell'osservatore e lo zero trovasi sull'asse di rotazione del cannocchiale. Le letture sopra di esso vengono fatte in corrispondenza dello spigolo x, y del regolo delle altezze. Disposto il regolo A colla sua linea longitudinale mediana in direzione orizzontale, il numero letto sopra di esso è eguale a quello che si legge sul regolo B delle lunghezze.

10. — Per subito comprendere l'uso che può farsi di questi regoli si supponga disposto il cannocchiale colla sua linea di collimazione orizzontale, dopo aver reso l'asse longitudinale del regolo A parallelo a questa linea, e mosso il regolo delle altezze finchè lo zero della sua scala sia sulla linea longitudinale mediana dello stesso regolo A , linea che, come già si è detto, serve di indice per le letture sul regolo C . Ciò fatto, collimando ad un punto qualunque, ove sia collocata la stadia, col cannocchiale inclinato all'orizzonte e misurata la lunghezza della visuale, si muova il regolo delle lunghezze facendolo scorrere nella sua guida di sostegno, e quindi, in conseguenza, quello delle altezze, finchè lo spigolo di questo segni sul regolo A la lunghezza della visuale diretta a quel punto e misurata colla stadia. Riesce evidente allora come si possano leggere sui regoli i valori dei lati di un triangolo rettangolo simile a quello che si può immaginare nello spazio avente per cateto orizzontale la distanza orizzontale fra il punto di mira e quello ove è situato lo strumento, per cateto verticale l'altezza del punto in cui la linea di collimazione del cannocchiale incontra la stadia, supposta verticale, sul piano orizzontale passante per l'asse di rotazione del cannocchiale stesso e per ipotenuosa la retta segnata da detta linea di collimazione del cannocchiale e da questo misurata. Un piccolo errore si commette nella misura di questa linea dovuto all'inclinazione della stadia dalla verticale, ma non essendo in pratica queste inclinazioni molto grandi, ne viene che l'errore è sempre trascurabile in confronto della lunghezza di detta linea.

Si possono in tal modo ottenere dai regoli la distanza orizzontale fra due punti e l'elevazione di quello a cui si collima sul piano orizzontale dell'asse di rotazione del cannocchiale.

Ma insegna il Kreuter come si possa con molta facilità ottenere direttamente dal regolo delle altezze la quota altimetrica di ciascun punto riferita ad una superficie di livello qualsiasi.

Infatti siano (fig. 7):

A il punto di stazione dello strumento;

B il punto di mira su cui è posta la stadia;

Q la quota altimetrica del punto A che si suppone già conosciuta od arbitrariamente fissata;

q la quota altimetrica del punto B, che vuolsi determinare;

H l'altezza del punto in cui la linea di collimazione del cannocchiale incontra la verticale di quello di mira, sul piano orizzontale passante per l'asse di rotazione del cannocchiale;

C l'altezza di detto punto su quello B del terreno;

I l'altezza dell'asse di rotazione del cannocchiale sul punto A.

Si vede chiaramente dalla figura che

$$Q + I + H = q + C$$

e quindi

$$q = Q + I + H - C.$$

Per tutti i punti a cui si collima da una stazione dello strumento le quantità I e Q sono costanti. Collimando sempre allo stesso punto della stadia, supposta verticale, la quantità C è pure costante, quindi potremo porre

$$Q + I - C = Q'$$

essendo Q' una costante, ed allora

$$q = Q' + H.$$

Disposta perciò la linea di collimazione del cannocchiale orizzontalmente, essendo ad essa parallela quella longitudinale mediana del regolo A, si muova il regolo C su quello che lo sostiene, non già sino a porre lo zero in coincidenza della mediana di A, ma sino a che si legga sopra di esso e nella sua parte superiore il numero Q'. Da ciò si vede chiaramente come collimando ad un punto qualsiasi si legga subito sul regolo C la quota sua q, e come ciò succeda tanto nei casi in cui la linea di mira del cannocchiale segna un angolo di elevazione sull'orizzonte, come in quelli in cui ne segna uno di depressione.

Nel caso, già contemplato, di tenere la stadia sempre disposta verticalmente si è visto come per avere la distanza nella direzione della linea di mira sia necessario adoperare la formola

$$\Delta = ml \cos \alpha.$$

Coi regoli stessi si eseguisce questo calcolo, poichè letta la quantità ml sul regolo A si avrà Δ su quello B, quando la linea di collimazione sia inclinata alla orizzontale dell'angolo α . Dopo si procederà come nel caso precedente, e si vede quindi come si possa pure operare colla stadia sempre verticale, solo essendo allora necessario un movimento di più del regolo B.

11. — Dall'esposta teoria sull'uso dei regoli del Kreuter appare tosto un inconveniente, quello cioè di dover prima collimare alla stadia facendo coincidere il filo orizzontale superiore del micrometro collo zero di essa, affine d'ottenere la lunghezza della visuale e di dover poscia di nuovo muovere il cannocchiale, attorno al suo asse di rotazione, per portar la linea di collimazione di esso allo zero della stadia, allo scopo di collimare sempre allo stesso punto di questa ed aver costante la quantità C di cui addietro si è fatto parola. Per togliere questo inconveniente, che porterebbe la conseguenza di dover perdere tempo in campagna, usa il Kreuter del metodo seguente. Invece di disporre l'asse longitudinale del regolo delle distanze parallelo alla linea di collimazione del cannocchiale, lo inclina alla stessa ed inferiormente di un angolo eguale alla metà dell'angolo micrometrico corrispondente ai due fili del distanziometro. In tal modo quando la linea di mira del filo superiore va a passare per lo zero della stadia, anche la linea longitudinale mediana

del regolo delle distanze passa per tale punto. Viene così risparmiato il secondo movimento del cannocchiale che solo si faceva allo scopo di far passare per lo zero della stadia, la linea di collimazione e quindi l'asse di detto regolo ad essa parallelo.

Per ciò che si è visto addietro essendo

$$\frac{H'}{F} = \frac{1}{100}$$

chiamando ω quell'angolo d'inclinazione e potendosi ritenere

$$\text{tang } \omega = \frac{\frac{1}{2} H'}{F}$$

sarà prossimamente

$$\text{tang } \omega = 0^m,005.$$

Per farne applicazione allo strumento si dispone il cannocchiale colla sua linea di collimazione orizzontale facendo segnare il numero 100 al regolo delle lunghezze e lo stesso numero su quello delle distanze; poscia portato allo zero il regolo delle altezze s'inclinerà quello delle distanze inferiormente alla orizzontale, mercè le viti α (fig. 1), in modo da fargli segnare 0,5 sul regolo delle altezze. Così la linea longitudinale mediana del regolo delle distanze collimerà allo zero della stadia, quando coll'immagine di tale punto si fa coincidere il filo superiore del micrometro del cannocchiale.

12. — Per le verifiche e possibili rettifiche relative ai diversi assi di questo strumento nulla di particolare è a dire, tanto se lo si considera come strumento di celerimensura, quanto se lo si considera come strumento di livellazione.

Come già fu accennato in principio, si potrà verificare ed all'uopo rettificare la coincidenza della linea di collimazione del cannocchiale coll'asse geometrico del tubo che lo costituisce, ma poscia si verificherà la perpendicolarità dell'asse di collimazione con quello di rotazione, ma non si potrà eseguirne la relativa rettifica poichè si distruggerebbe la prima. Si verificherà la orizzontalità dell'asse di rotazione, ma non se ne potrà fare la rettifica, se occorre, poichè i montanti del cannocchiale sono di altezza invariabile.

Per porre in istazione lo strumento, ossia per rendere verticale l'asse generale di esso, supposta la coincidenza di quello del lembo con quello dell'allidada, si potrà far uso tanto della livelletta inferiore come della superiore, ed anzi avendo questa una maggiore sensibilità si otterrà con essa un grado maggiore di approssimazione.

Una verifica importante per questo strumento è quella che riguarda il micrometro a correzione del cannocchiale diastimetrico. Per essa e per l'opportuna rettifica fa d'uopo misurare, sopra un terreno quasi orizzontale, una certa lunghezza e collocare ad un estremo di questa il tacheometro in istazione ed all'altro la stadia disposta verticalmente, mentre la linea di collimazione del cannocchiale dev'essere orizzontale.

Se si indica con D la distanza misurata, la parte di stadia compresa tra i fili, dev'essere

$$\frac{D}{100} - 0^m,005$$

non supponendo il filo superiore sullo zero della stadia ed essendo di $0^m,005$ la grandezza della prima divisione di questa. Che se tale è la parte di stadia compresa fra i fili, portando il superiore di essi allo zero della stadia si avrà fra loro una parte di stadia $\frac{D}{100}$ e quindi si misurerà la distanza D, supposta trascurata la differenza prodotta dalla piccola inclinazione alla orizzontale che per tale fatto deve darsi alla linea di collimazione del cannocchiale.

I due fili debbono quindi comprendere la detta parte di stadia, e siccome debbono pure essere equidistanti da quello di mezzo, così se si indicano con o, m, n i numeri

in centimetri letti rispettivamente coi fili superiore, mediano ed inferiore del micrometro, e supposto il numero D rappresentato in centimetri, deve avere

$$o = m - \frac{D - 0,5}{2} \quad n = m + \frac{D - 0,5}{2}$$

poichè allora si verificano entrambe le poste condizioni. Dovranno quindi muoversi, colle apposite viti i due fili mobili del micrometro fintantochè col superiore di essi si legga il numero di centimetri *o*, e quello *n* sia letto coll'inferiore.

13. — Per l'uso in campagna del tacheometro Kreuter viene dallo stesso inventore proposto il seguente registro:

PUNTI DI STAZIONE					PUNTI DI DETTAGLIO				Osservazioni	
N° d'ordine dei punti di stazione	I	I-C	Q	Q'	N° d'ordine dei punti di dettaglio	Δ	q	D		Angoli azimutali

È diviso in tre parti corrispondenti ai dati relativi ai punti di stazione, a quelli dei punti di dettaglio ed alle osservazioni. Le prime due parti sono divise in 5 finche per ciascuna. Quelle relative ai punti di stazione non abbisognano di spiegazioni; per le altre quella segnata colla lettera Δ serve a registrare le letture sulla stadia, la seguente le letture sul regolo delle altezze e l'altra per le letture sul regolo delle lunghezze.

I procedimenti da seguire in campagna ed anche al tavolo con questo istrumento sono analoghi a quelli comunemente usati in celerimensura e non presentando alcuna notevole differenza, non abbisognano di esplicazione.

14. — Dallo studio fatto sopra questo istrumento si può dedurre che come goniometro per la misura di angoli azimutali può sempre dare il massimo grado di approssimazione necessario nelle comuni operazioni di celerimensura e di topografia, ma qualora si voglia procedere con esso ad una vera operazione di celerimensura, cioè alla formazione di un piano quotato, non si potrà ottenere un grado di approssimazione che sia sufficiente in tutti i casi della pratica. E difatti i regoli di questo tacheometro hanno le loro divisioni che possono supporre rappresentare 1 metro, quindi l'approssimazione nella lettura delle distanze e delle quote altimetriche si avrà nei decimetri e supponendo pure di stimare $\frac{1}{10}$ di divisione

potrà dirsi che ciascuna quota sarà letta coll'approssimazione di 1 decimetro, approssimazione non sufficiente in molti casi della pratica. Il Kreuter stesso lo ammette poichè scrive che il suo istrumento non si può adoperare per misure accurate di lunghezze e di livellazioni.

L'autore afferma che questo tacheometro è un istrumento utilissimo per la compilazione di progetti stradali e specialmente per la formazione delle sezioni trasversali in un progetto stradale studiato coi metodi comuni della topografia. E che sia utilissimo per tali operazioni riesce evidente, poichè non può negarsi la celerità che esso presenta nella misura delle lunghezze e nella determinazione delle quote altimetriche.

Concludendo, può dirsi che vi sono casi nella pratica per i quali l'uso del tacheometro Kreuter può riuscire utilissimo, ma che esso non è un vero tacheometro, cioè un vero istrumento di celerimensura o tacheometria, perchè non raggiunge lo scopo di far impiegare in campagna il minor tempo possibile.

Bologna, aprile 1882.

F. CAVANI.

COSTRUZIONI METALLICHE

SULLA DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI NELLE TRAVI PARABOLICHE

ED

IN QUELLE DIRITTE A TRALICCIO DISSIMMETRICO.

NOTA dell'Ing. PIO CHICCHI

Professore di ponti e strade nella Scuola di Applicazione degli Ingegneri di Padova.

III.

TRAVI DIRITTE

a traliccio dissimmetrico composto con diagonali tese e compresse.

22. Se si vuole costruire la trave colle due diagonali incrociate in tutti gli scomparti, onde esse abbiano a resistere simultaneamente all'azione dei carichi, in allora si può supporre la trave composta di due sistemi a traliccio dissimmetrico semplice aventi le diagonali inversamente inclinate, e si può ritenere che ogni sistema porti metà dei carichi totali, ma operanti nell'uno sui nodi superiori, e nell'altro sui nodi inferiori, fig. 37 (a) (b). Pel calcolo delle tensioni di tutte le sbarre di questi sistemi semplici servono ancora le (h) (k) (l) (m) (o) (p) coll'avvertenza però che in luogo di P, K e Q si devono prendere valori dimezzati, cioè

$$P_0 = \frac{1}{2} p \lambda, \quad K_0 = \frac{1}{2} k \lambda, \quad Q_0 = \frac{1}{2} (p + k) \lambda.$$

Per dimostrare chiaramente il procedimento da tenersi in questo caso per fare il calcolo spedito delle tensioni del sistema composto, conviene partire da un esempio numerico.

Suppongasi di tenere i dati dell'esempio antecedente:

$$N=10, \quad \lambda=3,2, \quad h=3,2, \quad \text{sen } \phi=0,7072, \quad \frac{1}{\text{sen } \phi} = \sqrt{2}$$

mentre per i carichi sui nodi si devono prendere, pel calcolo dei sistemi semplici, i seguenti valori

Carico permanente	$P_0 = \frac{1}{2} 2240 = 1120$
» mobile pel calcolo delle nervature	$K_0 = \frac{1}{2} 7520 = 3760$
» » del traliccio	$K_0 = \frac{1}{2} 8960 = 4480$

Si cominci dal calcolare le tensioni del sistema semplice con le diagonali che si innalzano a sinistra, figura 37 (a).

Sbarre delle nervature. — Pel calcolo delle tensioni servono le (h) e (k) ponendo $Q=Q_0=1120+3760=4880$. Mettendo $m=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ nella (h) ridotta alla seguente forma

$$S_m = - \frac{4880 \times 3,2}{2 \times 3,2} m(10 - m) = -2440 m(10 - m)$$

si ottiene

$S_1 = -2440 \times 1(10 - 1) = -21960$	$I_1 = 0$
$S_2 = -2440 \times 2(10 - 2) = -39040$	$I_2 = -S_1 = +21960$
$S_3 = -2440 \times 3(10 - 3) = -51240$	$I_3 = -S_2 = +39040$
$S_4 = -2440 \times 4(10 - 4) = -58560$	$I_4 = -S_3 = +51240$
$S_5 = -2440 \times 5(10 - 5) = -61000$	$I_5 = -S_4 = +58560$
$S_6 = -2440 \times 6(10 - 6) = -58560$	$I_6 = -S_5 = +61000$
$S_7 = -2440 \times 7(10 - 7) = -51240$	$I_7 = -S_6 = +58560$
$S_8 = -2440 \times 8(10 - 8) = -39040$	$I_8 = -S_7 = +51240$
$S_9 = -2440 \times 9(10 - 9) = -21960$	$I_9 = -S_8 = +39040$
$S_{10} = -2440 \times 10(0) = 0$	$I_{10} = -S_9 = +21960$

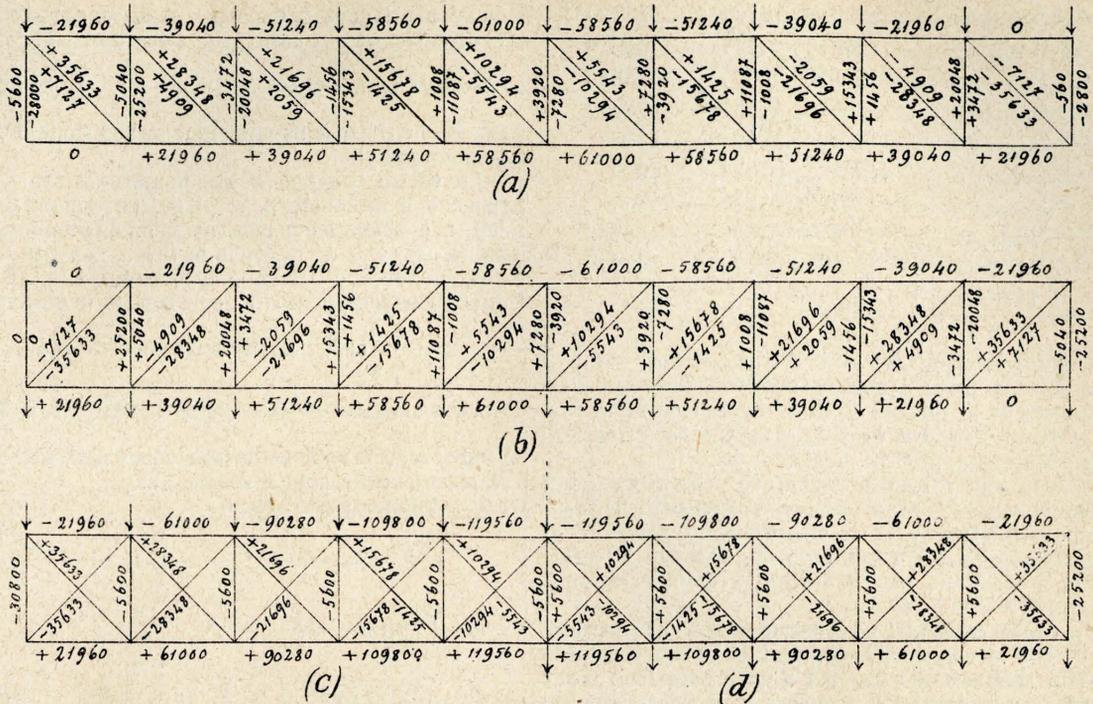


Fig. 37.

Diagonali. — La tensione (mas) si calcola colla (l) ponendo $P=P_0$ e $K=K_0$ cioè

$$D_{m(mas)} = \left[\frac{1120}{2} (10 + 1 - 2m) + \frac{4480}{2 \times 10} (10 - m)(10 + 1 - m) \right] \sqrt{2}$$

$$= \left[560(11 - 2m) + 224(10 - m)(11 - m) \right] 1,414$$

nella quale ponendo $m=1, 2, 3, \dots, 9, 10$ si trova

- $D_1(mas) = +35633$
- $D_2(mas) = +28348$
- $D_3(mas) = +21696$
- $D_4(mas) = +15678$
- $D_5(mas) = +10294$
- $D_6(mas) = +5543$
- $D_7(mas) = +1425$
- $D_8(mas) = -2059$
- $D_9(mas) = -4909$
- $D_{10}(mas) = -7127$

La tensione (min) si calcola colla (m) ponendo $P=P_0$ e $K=K_0$ cioè

$$D_{m(min)} = \left[\frac{1120}{2} (10 + 1 - 2m) - \frac{4480}{2 \times 10} m(m-1) \right] \sqrt{2}$$

$$= \left[560(11 - 2m) - 224m(m-1) \right] 1,414$$

della quale, assegnando ad m i successivi valori da 1 a 10, si ottiene

- $D_1(min) = +7127$
- $D_2(min) = +4909$
- $D_3(min) = +2059$
- $D_4(min) = -1425$
- $D_5(min) = -5543$
- $D_6(min) = -10294$
- $D_7(min) = -15678$
- $D_8(min) = -21696$
- $D_9(min) = -28348$
- $D_{10}(min) = -35633$

Scorgesi dal confronto dei valori (α) e (β) che sussiste la seguente relazione

$$D_{m(min)} = -D_{(N+1-m)(mas)}$$

cioè le tensioni (min) si deducono speditamente dalle tensioni (mas) invertendo i segni e l'ordine progressivo dei valori numerici.

Verticali. — Essendo l'impalcato posto sopra, le tensioni (mas) e (min) si deducono dalla (35) cioè

$$V_{m(mas)} = -D_{m(min)} \text{sen } \varphi \quad V_{m(min)} = -D_{m(mas)} \text{sen } \varphi \quad (40)$$

le quali però cadono in difetto per le verticali estreme V_0 e V_N .

Per la verticale V_0 valgono le osservazioni fatte al numero 21 e si ha

$$V_{0(mas)} = -\frac{N}{2} P_0 \quad V_{0(min)} = -\frac{N}{2} (P_0 + K_0) = -\frac{N}{2} Q_0 \quad (41)$$

Per la verticale V_N condotto il relativo piano di sezione, fig. 35, e considerate le forze che stanno a destra del medesimo, si ha

$$V_{N(mas)} = -\frac{P_0}{2} \quad V_{N(min)} = -\frac{P_0 + K_0}{2} = -\frac{Q_0}{2} \quad (42)$$

Applicando dunque le (40) (41) (42) si ottiene

$$V_{0(mas)} = -\frac{10}{2} 1120 = -5600$$

$$V_{1(mas)} = -D_{1(min)} \text{sen } \varphi = -(7127 \times 0,7072) = -5040$$

$$V_{2(mas)} = -D_{2(min)} \text{sen } \varphi = -(4909 \times 0,7072) = -3472$$

$$V_{3(mas)} = -D_{3(min)} \text{sen } \varphi = -(2059 \times 0,7072) = -1456$$

$$V_{4(mas)} = -D_{4(min)} \text{sen } \varphi = -(-1425 \times 0,7072) = +1008$$

$$V_{5(mas)} = -D_{5(min)} \text{sen } \varphi = -(-5543 \times 0,7072) = +3920$$

$$V_{6(mas)} = -D_{6(min)} \text{sen } \varphi = -(-10294 \times 0,7072) = +7280$$

$$V_{7(mas)} = -D_{7(min)} \text{sen } \varphi = -(-15678 \times 0,7072) = +11087$$

$$V_{8(mas)} = -D_{8(min)} \text{sen } \varphi = -(-21696 \times 0,7072) = +15343$$

$$V_{9(mas)} = -D_{9(min)} \text{sen } \varphi = -(-28348 \times 0,7072) = +20048$$

$$V_{10(mas)} = -\frac{1120}{2} = -560$$

$$V_{0(min)} = -\frac{10}{2} (1120 + 4480) = -28000$$

$$\begin{aligned}
 V_{1(\min)} &= -D_{1(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(35633 \times 0,7072) = -25200 \\
 V_{2(\min)} &= -D_{2(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(28348 \times 0,7072) = -20048 \\
 V_{3(\min)} &= -D_{3(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(21696 \times 0,7072) = -15343 \\
 V_{4(\min)} &= -D_{4(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(15678 \times 0,7072) = -11087 \\
 V_{5(\min)} &= -D_{5(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(10294 \times 0,7072) = -7280 \\
 V_{6(\min)} &= -D_{6(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(5543 \times 0,7072) = -3920 \\
 V_{7(\min)} &= -D_{7(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(1425 \times 0,7072) = -1008 \\
 V_{8(\min)} &= -D_{8(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(-2059 \times 0,7072) = +1456 \\
 V_{9(\min)} &= -D_{9(\text{mas})} \text{sen } \phi = -(-4909 \times 0,7072) = +3472 \\
 V_{10(\min)} &= -\frac{1120 + 4480}{2} = -2800
 \end{aligned}$$

23. Se si suppone di girare il 1° sistema così che l'estremo di sinistra passi a destra, e quello di destra a sinistra, vedesi che si ottiene il 2° sistema, cioè colle *diagonali che si innalzano a destra*, al quale però i carichi si devono supporre applicati ai nodi inferiori.

E siccome le tensioni delle nervature e delle diagonali si conservano le stesse tanto che sieno caricati i nodi superiori oppure gli inferiori, ne viene che le tensioni di queste sbarre mantengono nel secondo sistema i valori del sistema precedente, ma in ordine inverso, cioè come indica la fig. 37 (b).

In quanto alle verticali, ricordando che sono diagonali e verticali, che si corrispondono, quelle che concorrono in nodi scarichi (pel secondo sistema i nodi superiori) e che la tensione di una verticale è eguale e di segno opposto alla componente verticale della tensione della corrispondente diagonale, si hanno le seguenti relazioni

$$V_{m(\text{mas})} = -D_{m(\min)} \text{sen } \phi \quad V_{m(\min)} = -V_{m(\text{mas})} \text{sen } \phi \quad (43)$$

le quali cadono in difetto per la verticale estrema V_0 , poichè questa non concorre con nessuna diagonale ad un nodo scarico. Condotto per la verticale V_0 il relativo piano di sezione, fig. 36, e considerato che a sinistra del medesimo non si trova mai alcuna forza, si deduce facilmente essere

$$V_{0(\text{mas})} = 0 \quad V_{0(\min)} = 0 \quad (44)$$

Applicando le (43) e (44) si trova

$$\begin{array}{ll}
 V_{0(\text{mas})} = 0 & V_{0(\min)} = 0 \\
 V_{1(\text{mas})} = +25200 & V_{1(\min)} = +5040 \\
 V_{2(\text{mas})} = +20048 & V_{2(\min)} = +3472 \\
 V_{3(\text{mas})} = +15343 & V_{3(\min)} = +1456 \\
 V_{4(\text{mas})} = +11087 & V_{4(\min)} = -1008 \\
 V_{5(\text{mas})} = +7280 & V_{5(\min)} = -3920 \\
 V_{6(\text{mas})} = +3920 & V_{6(\min)} = -7280 \\
 V_{7(\text{mas})} = +1008 & V_{7(\min)} = -11087 \\
 V_{8(\text{mas})} = -1456 & V_{8(\min)} = -15343 \\
 V_{9(\text{mas})} = -3472 & V_{9(\min)} = -20048 \\
 V_{10(\text{mas})} = -5040 & V_{10(\min)} = -25200
 \end{array}$$

24. Si supponga ora che i due sistemi semplici si sovrapponghino e si colleghino saldamente fra loro, in modo da formare un solo tutto: in allora nel sistema composto così risultante le parti sovrapposte e congiunte avranno una tensione eguale alla somma algebrica delle parziali (sbarre delle nervature, e verticali), mentre le sbarre che rimangono ugole (le diagonali) conservano la loro primitiva tensione, fig. 37 (c) (d).

Riguardo alle verticali poi è facile vedere che per ognuna la somma algebrica delle tensioni parziali è eguale a zero, eccetto che per le estreme: ciò sarebbe esatto se veramente i carichi fossero distribuiti metà sui nodi superiori e metà sugli inferiori; invece il carico è direttamente applicato o solo sugli uni o solo sugli altri. Se l'impalcato è applicato superiormente (caricati i nodi superiori) allora le verticali devono trasmettere metà del carico totale dei nodi superiori sugli inferiori, e sono allora soggette ad uno

sforzo di compressione $Q_0 = -\frac{1}{2}(P+K) = -\frac{1}{2}Q$. Se invece

l'impalcato è posto sotto (caricati i nodi inferiori) allora

le verticali devono trasmettere metà del carico totale dei nodi inferiori sui superiori, e sono allora soggette ad uno sforzo di trazione $Q_0 = \frac{1}{2}(P+K) = +\frac{1}{2}Q$. Ed in questo modo

resta giustificata la ripartizione dei carichi fatta nei due sistemi semplici.

Le verticali estreme hanno sempre tanto la tensione (mas) che la tensione (min) negative (compressione), e la (min), che corrisponde a carico mobile completo, maggiore della (mas), che corrisponde invece a ponte scarico. Basta dunque tener conto della sola tensione (min). Esse inoltre devono trasmettere sul nodo inferiore uno sforzo

$$-\frac{1}{2}Q_0 = -\frac{1}{4}Q \text{ se l'impalcato è posto sopra: e sul nodo superiore}$$

uno sforzo $+\frac{1}{2}Q_0 = +\frac{1}{4}Q$ se l'impalcato è posto sotto;

per cui complessivamente la tensione nelle diagonali estreme si calcola colle seguenti formule:

per l'impalcato posto sopra

$$V_0 = V_N = -\frac{N}{2}Q_0 \quad \frac{1}{2}Q_0 = -\frac{N+1}{2}Q_0 \quad (45)$$

e per l'impalcato posto sotto

$$V_0 = V_N = -\frac{N}{2}Q_0 + \frac{1}{2}Q_0 = -\frac{N-1}{2}Q_0 \quad (46)$$

25. Dall'ispezione della fig. 37 (c) (d), rappresentante il sistema composto, si vede che in ogni scomparto le sbarre delle due nervature hanno tensioni eguali di segno contrario, per cui basta calcolare quelle di una sola nervatura. Considerato poi che in ogni scomparto le sbarre della nervatura superiore del 2° sistema semplice, fig. 37 (b), hanno la stessa tensione delle sbarre della nervatura inferiore del 1° sistema semplice, fig. 37 (a) e viceversa, ne viene che in ogni scomparto del sistema composto le tensioni delle sbarre di ambe le nervature risultano dalla somma numerica delle tensioni S ed I relative al medesimo scomparto dell'uno o l'altro dei due sistemi semplici. E siccome le tensioni S ed I dei due sistemi semplici sono dedotte dalle (h) ed (i) prendendo i carichi Q dimezzati, ne viene che pel sistema composto le tensioni delle sbarre di ambe le nervature sono date dalla somma numerica delle (h) ed

(i), purchè in esse si ponga rispettivamente $\frac{1}{2}Q$ in luogo di Q. Si ha così

$$\begin{aligned}
 S_m &= -\left[\frac{1}{2}Q \frac{\lambda}{2h} m(N-m) + \frac{1}{2}Q \frac{\lambda}{2h} (m-1)(N+1-m) \right] \\
 I_m &= +\left[\frac{1}{2}Q \frac{\lambda}{2h} m(N-m) + \frac{1}{2}Q \frac{\lambda}{2h} (m-1)(N+1-m) \right]
 \end{aligned}$$

e riducendo

$$\begin{aligned}
 S_m &= -\left\{ \frac{Q\lambda}{4h} \left[2m(N+1-m) - (N+1) \right] \right\} \\
 I_m &= +\left\{ \frac{Q\lambda}{4h} \left[2m(N+1-m) - (N+1) \right] \right\} \quad (q)
 \end{aligned}$$

26. Le tensioni (mas) e (min) delle diagonali che si innalzano a sinistra furono dedotte dalle (l) ed (m) prendendo $P=P_0 = \frac{1}{2}P$ e $K=K_0 = \frac{1}{2}K$ e quindi sostituendo nelle (l) ed (m) per P e K questi ultimi valori si hanno le seguenti espressioni, che servono a calcolare le tensioni delle diagonali nel sistema composto

$$\begin{aligned}
 D_{m(\text{mas})} &= \left[\frac{P}{4}(N+1-2m) + \frac{K}{4N}(N-m)(N+1-m) \right] \frac{1}{\text{sen } \phi} \\
 D_{m(\min)} &= \left[\frac{P}{4}(N+1-2m) - \frac{K}{4N}m(m-1) \right] \frac{1}{\text{sen } \phi}
 \end{aligned} \quad (r)$$

Le tensioni delle diagonali che si innalzano a destra hanno gli stessi valori delle precedenti, ma invertiti e mutati di segno, e quindi si determinano speditamente colle seguenti relazioni

$$C_{m(\text{mas})} = -D_{m(\min)} \quad C_{m(\min)} = -D_{m(\text{mas})} \quad (s)$$

27. Per le tensioni delle verticali nel sistema composto bisogna prendere in considerazione anche la posizione dell'impalcato, e attenendosi a quanto si è detto sopra risulta:

α) Per l'impalcato posto sopra la tensione costante delle verticali intermedie è data da

$$V = -\frac{1}{2} Q \quad (t)$$

e quella delle verticali estreme, è data dalla (45) la quale, ricordando che $Q_0 = \frac{1}{2} Q$, diventa

$$V_0 = V_N = -\frac{N+1}{4} Q \quad (u)$$

β) Per l'impalcato posto sotto la tensione costante delle verticali intermedie è data da

$$V = +\frac{1}{2} Q \quad (v)$$

e quella delle verticali estreme è data dalla (46), che per $Q_0 = \frac{1}{2} Q$ diventa

$$V_0 = V_N = -\frac{N-1}{4} Q \quad (z)$$

ESEMPIO.

Come esempio di calcolo per questo tipo di travi si riiepilogano ora i calcoli che si devono fare per avere direttamente le tensioni delle sbarre del sistema composto, supponendo di conservare i dati assunti precedentemente, cioè $N=10$, $\lambda=3,2$, $h=3,2$, $\text{sen } \phi = 0,7072$, $\frac{1}{\text{sen } \phi} = \sqrt{2}$.

I carichi da considerare applicati ai nodi del sistema composto sono:

- Carico permanente P = 2240
- » mobile pel calcolo delle nervature . . . K = 7520
- » » del traliccio K = 8960

Basta poi limitare i calcoli alle sbarre di mezza trave essendo il sistema composto simmetrico rispetto alla mezzatura; e si prende in considerazione la metà di sinistra.

NERVATURE.

Il carico totale per nodo è $Q = P + K = 2240 + 7520 = 9760$. Pel calcolo delle tensioni di queste sbarre serve la (q) ridotta alla forma

$$S_m = -\left\{ \frac{9760 \times 3,2}{4 \times 3,2} \left[2m(10+1-m) - (10+1) \right] \right.$$

$$I_m = +\left. \left[2m(11-m) - 11 \right] \right\}$$

nella quale ponendo $m=1, 2, 3, 4, 5$ si ottiene

$S_1 = -21960$	$I_1 = +21960$
$S_2 = -61000$	$I_2 = +61000$
$S_3 = -90280$	$I_3 = +90280$
$S_4 = -109800$	$I_4 = +109800$
$S_5 = -119560$	$I_5 = +119560$

TRALICCIO.

Diagonali che si innalzano a sinistra. — Le tensioni (mas) e (min) di queste sbarre si calcolano colle (r) ridotte alle seguenti forme

$$D_{m(\text{mas})} = \left[\frac{2240}{4}(10+1-2m) + \frac{8960}{4 \times 10}(10-m)(10+1-m) \right] \sqrt{2}$$

$$= \left[560(11-2m) + 224(10-m)(11-m) \right] 1,414$$

$$D_{m(\text{min})} = \left[\frac{2240}{4}(10+1-2m) - \frac{8960}{4 \times 10}m(m-1) \right] \sqrt{2}$$

$$= \left[560(11-2m) - 224m(m-1) \right] 1,414$$

nelle quali ponendo $m=1, 2, 3, 4, 5$ si ottiene

$D_{1(\text{mas})} = +35633$	$D_{1(\text{min})} = +7127$
$D_{2(\text{mas})} = +28348$	$D_{2(\text{min})} = +4909$
$D_{3(\text{mas})} = +21696$	$D_{3(\text{min})} = +2059$
$D_{4(\text{mas})} = +15678$	$D_{4(\text{min})} = -1425$
$D_{5(\text{mas})} = +10294$	$D_{5(\text{min})} = -5543$

Diagonali che si innalzano a destra. — Le tensioni (mas) e (min) di queste sbarre si calcolano colle (s), cioè

$C_{1(\text{mas})} = -D_{1(\text{min})} = -(+7127) = -7127$
$C_{2(\text{mas})} = -D_{2(\text{min})} = -(+4909) = -4909$
$C_{3(\text{mas})} = -D_{3(\text{min})} = -(+2059) = -2059$
$C_{4(\text{mas})} = -D_{4(\text{min})} = -(-1425) = +1425$
$C_{5(\text{mas})} = -D_{5(\text{min})} = -(-5543) = +5543$
$C_{1(\text{min})} = -D_{1(\text{mas})} = -(+35633) = -35633$
$C_{2(\text{min})} = -D_{2(\text{mas})} = -(+28348) = -28348$
$C_{3(\text{min})} = -D_{3(\text{mas})} = -(+21696) = -21696$
$C_{4(\text{min})} = -D_{4(\text{mas})} = -(+15678) = -15678$
$C_{5(\text{min})} = -D_{5(\text{mas})} = -(+10294) = -10294$

Osservazione. — Si fa il calcolo di tutte le tensioni (mas) e (min) delle diagonali per il motivo che si va esponendo:

Le diagonali che hanno tanto la tensione (mas) che la tensione (min) con segno positivo (trazione) si possono fare con ferri piatti, giacchè non saranno mai cementate da sforzi di compressione (e sono le estreme) — quelle che hanno la tensione (mas) positiva e la tensione (min) negativa (compressione) è prudente di farle con ferri rigidi (e sono le intermedie). Il ferro rigido (cioè un cantonale, od una coppia di cantonali, od un T, od un ferro ad U) deve essere tale da poter resistere allo sforzo maggiore, che è quello di trazione prodotto dalla tensione (mas), e deve altresì resistere allo sforzo minore, che è quello di compressione prodotto dalla tensione (min) il quale però tenderebbe ad inflettere il ferro, e quindi si deve prendere un carico di sicurezza molto più piccolo di quello che vale per la trazione, per cui quest'ultimo modo di cimento potrebbe essere più sfavorevole del precedente.

Ed è soltanto dalle risultanze del calcolo che si può essere guidati nella scelta della forma più conveniente da adottarsi per i ferri delle varie diagonali.

Si può però limitarsi a considerare le sole tensioni (min) delle diagonali C che s'innalzano a destra, perchè in esse la tensione (min) è sempre negativa (compressione) ed inoltre maggiore della tensione (mas), per cui bisogna farle tutte con ferri rigidi.

Verticali. — Per il calcolo delle tensioni di queste sbarre bisogna riferirsi alla posizione dell'impalcato. — Ogni nodo porta un carico totale $Q = P + K = 2240 + 8960 = 11200$.

α) Impalcato posto sopra. — La tensione costante delle verticali intermedie si calcola colla (t), cioè

$$V = -\frac{1}{2} 11200 = -5600$$

e quella delle verticali estreme colla (u), cioè

$$V_0 = V_{10} = -\frac{10+1}{4} 11200 = -30800$$

β) Impalcato posto sotto. — La tensione costante delle verticali intermedie è data dalla (v), cioè

$$V = +\frac{1}{2} 11200 = +5600$$

e quella delle verticali estreme colla (z), cioè

$$V_0 = V_{10} = -\frac{10-1}{4} 11200 = -25200$$

Confrontando i valori delle tensioni calcolate direttamente pel sistema composto mediante le (q) (r) (s) (t) (u) (v) (z), con quelli ricavati dalla sovrapposizione dei due sistemi semplici si scorge che essi si corrispondono perfettamente.

RISCALDAMENTO E VENTILAZIONE

SULL'IMPIEGO

DELLE

SUPERFICIE METALLICHE DI RISCALDAMENTO ARMATE DI COSTE O NERVATURE.

Le chauffage par les calorifères à nervures est beaucoup plus doux, plus régulier et plus sain.

PLANAT.

1. — L'impiego delle coste o nervature aggiunte alle superficie metalliche di riscaldamento, allo scopo d'aumentare la trasmissione del calore di un apparecchio di riscaldamento, come pratica applicazione appartiene ai nostri giorni, ma il Pécelet la intravedeva fin dal 1841, quando per diverse sostanze determinava i coefficienti di assorbimento, di conducibilità e d'emissione del calore.

Infatti, nel capitolo dove parla della conducibilità dei metalli si trova scritto (*Traité de la Chaleur* par E. Pécelet, ediz. 4^a, pag. 540):

« Ou pourrait encore augmenter la transmission de la chaleur par un autre procédé qui, dans certains cas, pourrait être très-efficace.

« Nous avons vu que dans la transmission de la chaleur à travers une plaque, il faut distinguer l'absorption par une des faces, l'émission par l'autre et la transmission à travers la plaque; et nous savons que, dans les circonstances ordinaires, la quantité de chaleur qui peut transmettre la plaque est beaucoup plus grande que celle qu'elle peut absorber ou émettre. Il résulte de là, que si, au lieu d'employer des plaques façonnées de différentes manières, on se servait de plaques traversées par des barres, plongeant jusqu'à une certaine profondeur dans les deux fluides liquides ou gazeux, dont l'un doit échauffer l'autre, on augmenterait l'étendue des surfaces en contact avec les deux fluides, et par suite l'effet produit; d'autant plus que les lames des fluides en contact avec les surfaces des barres seraient constamment renouvelées par le mouvement de translation des fluides ».

2. — Da quindici anni circa molti intelligenti costruttori esteri d'apparecchi di riscaldamento, pel duplice scopo di ampliare la superficie di riscaldamento e abbassare notevolmente la temperatura delle pareti di ghisa, soggette ad arroventarsi, immaginarono di armare esternamente dette pareti di nervature o coste come nelle fig. 39, 40 e 41.

Aumentarono con queste disposizioni (e senza aumentare sensibilmente lo spazio occupato dagli apparecchi) i punti di contatto dell'aria colle superficie calde, seguendo il principio che l'aria si riscalda maggiormente per contatto che per irradiazione di un corpo caldo.

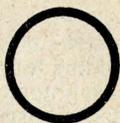
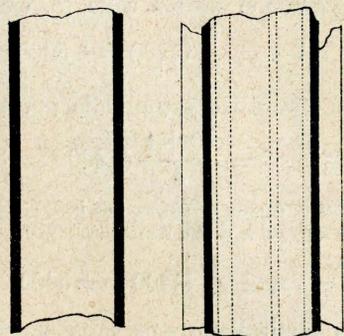


Fig. 38.

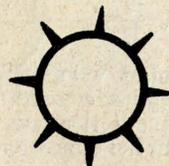
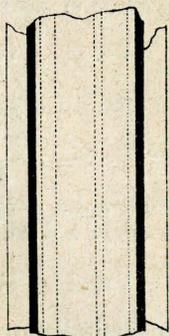


Fig. 39.

Il primo che ne fece l'applicazione si crede sia stato l'ingegnere inglese Sylvester; Gurney subito dopo applicò i caloriferi di ghisa con nervature al riscaldamento delle Camere del Parlamento inglese.

In Francia il sistema andò estendendosi: l'ingegnere Grouvelle si può dire il creatore del sistema di riscaldamento a vapore con tubi di ghisa muniti di nervature trasversali (vedi fig. 40).

Al nuovo *Hôtel Dieu* a Parigi l'ingegnere Ser applicò il sistema di riscaldamento misto ad acqua e vapore servendosi di stufe a vapore di ghisa a nervature.

All'Esposizione universale di Parigi 1878 abbiamo osservato moltissimi caloriferi a nervature di rinomate Case costruttrici, come quelli di Cuau, Geneste-Herscher, Musgrave, ecc., ecc., e l'idro-calorifero di Hamelincourt premiato con medaglia d'oro.

All'Esposizione speciale di apparecchi di riscaldamento e ventilazione tenutasi in Cassel nel 1877, Esposizione che segnò un'epoca di progresso in questo ramo d'industria, i costruttori tedeschi andarono a gara nel presentare apparecchi di ghisa con superficie armate di nervature.

I caloriferi a nervature premiati all'Esposizione di Cassel dei celebri professori Wolpert e Meidinger furono encomiati dall'E. Fischer nella sua relazione sull'Esposizione pubblicata nel *Polytechnisches Journal* (1878).

La « Einsenwerk Kaiserslautern », rinomata fabbrica in Germania di stufe e caloriferi di ghisa a nervature, smercia perfino in Italia i suoi prodotti.

Saggi di caloriferi tedeschi in ghisa a nervature furono esposti a Milano nella Mostra del 1881*; ed ivi pure figurava un calorifero del tipo Chaussenot, armato di nervature, della Ditta Crivelli di Torino.

3. — Un calcolo rigoroso, ch'io mi sappia, non fu ancora istituito per determinare il vero rapporto tra la trasmissione di calore attraverso a superficie lisce di spessore uniforme, e quella che si fa attraverso a superficie munita di nervature.

Peraltro tutti i trattatisti sono d'accordo nell'ammettere che le superficie a nervature aumentano notevolmente la trasmissione del calore.

A. Wolpert (*Theorie und Praxis der ventilation und Heizung*, 1880) parla a lungo sui vantaggi dei caloriferi in ghisa a nervature, ed egli stesso ne fece delle applicazioni estesissime.

Planat (*Chauffage et Ventilation*, 1880), determina la superficie di riscaldamento di un apparecchio, essendo M le calorie da svilupparsi, colla formula $S = \frac{M}{3000}$,

ma soggiunge che allora quando s'impiegano superficie a nervature, si devono contare queste come se trasmettessero una volta e mezzo tanto di calore che le superficie lisce, sopra le quali sono impiantate.

Conformemente alle esperienze di Williams, si ritiene in pratica che le nervature aumentino di metà la trasmissione del calore che si fa attraverso la piastra su cui stanno impiantate.

Valerius (*Les applications de la chaleur*, 1879) raccomanda l'impiego delle superficie di riscaldamento armate di nervature.

A. Morin (*Manuel pratique de chauffage*) enumera i pregi e dà i risultati ricavati dalle sue esperienze sopra un calorifero a nervature del tipo Gurney.

4. — Il maggior spessore della lastra lungo le nervature, in causa della grande conducibilità del metallo non deve diminuire di molto il potere di trasmissione del calore. Basta citare in proposito l'esperienza di M. Boutigny, che facendo evaporare dell'acqua in coppe d'argento della medesima forma e dimensione esterna, ma di spessori diversi, trovò che le quantità d'acqua evaporata nello stesso tempo e nelle stesse condizioni, erano esattamente le stesse.

Osserva il Pécelet, che nei limiti degli spessori generalmente impiegati, quantunque le leggi ammesse dai fisici sulla trasmissione del calore attraverso le piastre metalliche sieno esatte, la natura e lo spessore del metallo non hanno influenza sensibile, ed aggiunge: i risultati della pratica

* *Ingegneria Civile*, anno 1882. pag. 21, tav. II.

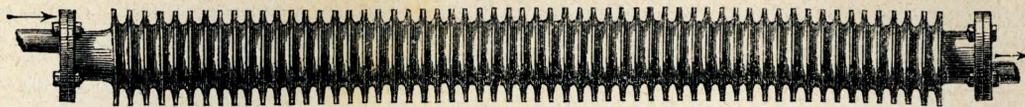


Fig. 40.

non permettono di dubitare dell'asserto, poichè si è riconosciuto che le caldaie a vapore di ghisa, rame o ferro delle stesse dimensioni, ma di spessori variabilissimi danno sensibilmente gli stessi risultati, ed in questo tutti gli ingegneri sono d'accordo.

Nel caso nostro di una lastra di ghisa che trovasi a contatto internamente coi prodotti della combustione, ed esternamente coll'aria, allora quando il regime è stabilito, la quantità di calore che entra nella lastra è eguale a quella che l'attraversa ed eguale a quella ceduta all'aria circostante.

Essendo in questo caso eguali i due poteri *assorbente* ed *emissivo*, ogni causa che possa modificare uno di essi, modificherà anche l'altro. Pel fatto delle nervature verrà emesso all'aria maggior calore e quindi una quantità di calore maggiore verrà assorbita dalla superficie interna della lastra.

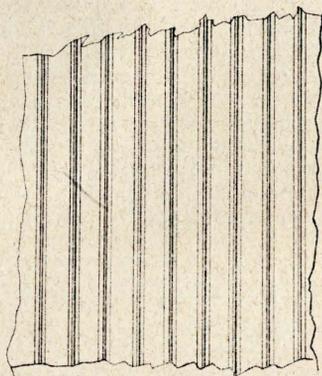


Fig. 41.

La quantità di calore emesso da una lastra metallica in contatto di fluidi o liquidi di temperature diverse dipende:

- 1° dalla natura della sostanza;
- 2° dalla estensione della superficie;
- 3° dalla forma;
- 4° dalla temperatura della lastra;
- 5° dalla temperatura dell'ambiente.

Ma la trasmissione del calore dalla superficie al fluido che la circonda, avviene e per *irradiazione* e per *contatto*.

Ora il calore R emesso per irradiazione dipende dalla natura della superficie, mentre quello per contatto C , dipende dalla sua dimensione e dalla sua forma. Pécelet esprime la quantità di calore M totale emesso con la formula

$$M = R + C = 124,72 \times K a^{\theta} (a^t - 1) + 0,552 K' t^{2,33},$$

essendo:

K coefficiente variabile colla natura del metallo,
 K' coefficiente variabile con le dimensioni e con la forma,
 a coefficiente numerico uguale ad 1,0077,
 θ temperatura dell'ambiente,
 t eccesso della temperatura della superficie su quella dell'aria ambiente.

Scriviamo per semplicità la formula di Pécelet nel modo seguente

$$M = K\alpha + K'\beta$$

in cui α e β sono funzioni delle temperature.

Consideriamo ora una lastra piana di S m.q. La quantità di calore emesso dalla medesima nell'unità di tempo sarà

$$SK\alpha + SK'\beta.$$

Supponiamo ora che pur conservando inalterato il perimetro di tale lastra si modifichi la sua superficie colla addizione di nervature, talchè lo sviluppo della superficie della lastra compresa in tale perimetro divenga S' , essendo evidentemente $S' > S$. La quantità di calore emesso da questa lastra non sarà più espressa da $S'K\alpha + S'K'\beta$, ossia si cadrebbe in errore se si volesse applicare la medesima allo studio dell'emissione del calore da una superficie armata di nervature.

Per applicare una formula simile a tale studio bisognerà determinare due nuovi coefficienti K_1 e K'_1 , convenienti.

Si può prevedere anche col solo buon senso che saranno

$$K_1 < K \text{ e } K'_1 < K',$$

giacchè l'unità di area della nuova superficie a nervature non si trova relativamente all'emissione del calore, in condizioni così favorevoli come la pristina superficie liscia.

Quanto a K'_1 (coefficiente di trasmissione per contatto) mancano dati di esperienza per la sua determinazione isolata.

Abbiamo però dei dati pratici comparativi fra il calore totale (d'irradiazione e di contatto) emesso dall'unità di superficie di una lastra piana e dall'unità di superficie sviluppata da una lastra munita di nervature.

5. — In questi ultimi anni l'ingegnere P. Kauffer (1) ed il professore Fischer, sulle tracce del Pécelet eseguirono accurati esperimenti per la determinazione dei vari coefficienti per le forme più usate delle superficie di riscaldamento.

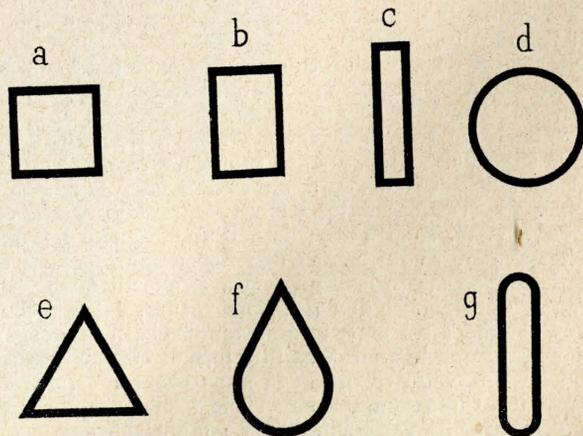


Fig. 42.

Così l'ingegnere Kauffer cercando quale forma sarebbe stata più conveniente per tubi posti orizzontalmente trovò i valori seguenti di:

K calore trasmesso all'aria per ogni ora e per ogni

(1) *Der Rohrleger*, 1878.

metro quadrato di superficie di ghisa per una differenza di temperatura di 1° cent.

per la forma	<i>a</i> (fig. 42)	K. = 10,38
»	»	»
»	<i>b</i>	» 11,33
»	»	»
»	<i>c</i>	» 11,56
»	»	»
»	<i>d</i>	» 12,00
»	»	»
»	<i>e</i>	» 12,78
»	»	»
»	<i>f</i>	» 12,80
»	»	»
»	<i>g</i>	» 13,37

e per un cilindro (fig. 38) verticale del diametro di 0,20 K = 17.

Lo stesso Kauffer veduta l'importanza, e l'applicazione ognor crescente degli apparecchi di riscaldamento di ghisa armati di nervature, ne ha fatto uno studio speciale.

E chiaro, dice il Kauffer, che talvolta da un lato di una lastra liscia può essere assorbita maggiore quantità di calore di quella che dalla parete opposta corrispondente possa venir ceduta; da ciò appare l'inutilità dell'ingrandimento della superficie interna, e l'opportunità dell'ingrandimento della superficie esterna mediante aggiunte di costole o nervature.

Dagli accurati esperimenti che troviamo riportati in una tabella del libro di Wolpert già citato e pubblicato nel 1880, ricaviamo il dato seguente:

Supposto una lastra di ghisa di 12 mm. di spessore collocata, verticalmente, ed avente 1 mq. di superficie liscia, per ogni ora e per ogni grado di differenza di temperatura, Kauffer trovò che la trasmissione di calore era uguale a 14 calorie.

Per la stessa lastra posta nelle identiche condizioni ma armata di nervature alte 45 mm. e distanti fra di loro di 45 mm. trovò calorie 22,18.

Il professore Ermanno Fischer d'Annover riconosce la opportunità d'armare la superficie di riscaldamento con nervature e le raccomanda specialmente quando dette superficie si trovano in immediato contatto con le fiamme, per preservare la ghisa dall'arroventamento, pur limitandosi ad uno spazio ristretto.

Fischer ha fissato i suoi esperimenti sopra due tubi di ghisa eguali alti 2,49, del diametro interno di 80 mm.; esterno di 100 mm.; l'uno liscio (fig. 38) e l'altro armato di otto costole (fig. 39) dell'altezza di 45 mm.

Detti tubi furono posti verticalmente nelle identiche condizioni e riscaldati internamente col mezzo del vapore. La quantità di calore trasmesso all'aria furono calcolate dalla quantità di vapore condensato.

Per ogni grado di differenza di temperatura, fra il vapore e l'aria e per ogni ora, ne risultava una media

pel tubo liscio	calorie trasmesse	16,30
» a nervature	»	25,85

Quindi il tubo a nervature per un'ora e per ogni grado di differenza di temperatura dava 9,55 calorie di più che non il tubo liscio.

Ne risulta da ciò, che allorché si indichi con K la quantità di calore emesso per m.q. di superficie, per un'ora e per un grado di differenza di temperatura, si troverà pel tubo liscio K=18,10 (come Pécelet e Redtenbaker); e per la superficie sviluppata del tubo a nervature K=10,77.

Comunque sia il modo d'apprezzamento di queste superficie di riscaldamento, i più recenti trattatisti, come abbiamo visto, sono d'accordo nell'ammetterne i pregi.

Non avendo avuto campo di poter eseguire esatti confronti, mi permetto soltanto citare questo fatto — che in qualche calorifero di ghisa a nervature, del tipo Chaussonot, da me fatto costruire ed applicare, il fumo si sprigionava ad una temperatura inferiore di circa 60° centigr. a quella più volte verificata in apparecchi consimili dello stesso tipo Chaussonot, a superficie lisce, usando sempre per combustibile coke delle nostre fabbriche del gaz.

6. — I caloriferi di ghisa a nervature, oltre di accrescere il coefficiente di rendimento, hanno il vantaggio di una maggior durata e di un raffreddamento tanto più lento quanto la massa di ghisa è maggiore.

Sotto il punto di vista igienico hanno l'incontestabile vantaggio che trasmettendosi in egual tempo, come abbiamo visto, una maggiore quantità di calorie, le pareti di ghisa non si possono riscaldare soverchiamente, e quindi arroventare dando luogo alla trasmissione di ossido di carbonio, gaz eminentemente deleterio.

È in vista anche di quest'ultima considerazione che i caloriferi a nervature hanno un titolo riconosciuto dagli igienisti al pubblico favore.

Ma per quanto ne siano dimostrati all'evidenza i pregi, queste verità non sembrano ancora convincere i nostri costruttori fumisti, i quali continuano a fabbricare apparecchi meno perfezionati, e da parecchi anni posti fuori d'uso in Germania, Inghilterra e Francia.

Abbiamo anche udito esprimere l'opinione da chi pure dovrebbe essere famigliare coi principii scientifici, che l'armare di costole o di nervature le superficie di riscaldamento, accresce soltanto il peso dell'apparecchio a solo vantaggio del costruttore.

Purtroppo da noi è invalso il pessimo uso di considerare la bontà di un apparecchio di riscaldamento dal peso di ghisa e ferro che lo compone senza punto osservare se l'apparecchio abbia forme razionali, e dimensioni proporzionate, e se sopra tutto corrisponda alle esigenze dell'igiene.

Nelle gare di concorso per un progetto di riscaldamento e ventilazione, dovrebbero essere imposte delle condizioni razionali dettate da persone competenti.

« Ces conditions feraient faire (scrive il Pécelet) sans aucun doute, des progrès rapides à l'industrie dont il s'agit, qui est si importante pour l'humanité. Elles auraient surtout le grand avantage d'éloigner les fumistes qui par leur ignorance ont si souvent compromis l'état sanitaire des établissements qui leur ont été confiés. Les phénomènes qui se produisent dans le chauffage et la ventilation des grands établissements publics sont très compliqués, ne peuvent être compris que par des hommes instruits et expérimentés, et ne sont pas du ressort des poëliers fumistes: il est temps que la construction de ces appareils sorte complètement de leurs mains; les preuves de leur insuffisance ont coûté assez cher ».

Ing. F. CORRADINI.

NECROLOGIA

Il Prof. Culmann. — A Bergzabern, nella Baviera renana, nacque Carlo Culmann, addì 10 luglio 1821. Dal padre, ch'era un modesto pastore protestante, ebbe la prima educazione, specialmente diretta alla coltura della storia e delle lingue classiche, discipline nelle quali, per l'ottimo indirizzo avuto fin dai primi suoi anni, fece rapidi progressi, conservando per esse un certo gusto, anche allorché a più severi studi rivolse tutta la sua attività. La origine alsaziana della madre di lui gli porse occasione e motivo a compiere nell'Alsazia la sua educazione scientifico-letteraria. A quindici anni frequentò durante un anno il collegio Weissenburg, dopo di che recossi a Metz presso un suo zio, maggiore nell'esercito francese e professore in quella scuola di applicazione, dove insegnavano intorno a quel tempo Poncelet ed il Michon. Tanto nei primi anni della educazione familiare, quanto presso il collegio di Weissenburg aveva il Culmann appalesata una decisa vocazione per gli studi matematici, vocazione nella quale si rafferma nel nuovo ambiente di Metz, dove, ammirato di tutto ciò che sentiva dire della Scuola politecnica di Parigi, pose in cima di tutti i suoi pensieri l'esservi ammesso, e quindi con grandissima alacrità attese alla necessaria preparazione. Senonché una grave malattia che lo incolse allora appunto che egli si accingeva a sostenere gli esami di ammissione, lo obbligò ad abbandonare quel progetto tanto vagheggiato ed a rientrare nella casa paterna. Ogni idea di proseguire gli studi in Francia fu allora definitivamente abbandonata. Senza averne seguito i corsi, sostenne allora gli esami di licenza presso il ginnasio di Kaiserslautern, e nel 1838, quando cioè aveva appena compiuti i diciassette anni, entrò nella Scuola politecnica di Carlsruhe. Quivi rimase fino all'anno 1841: la solida educazione matematica che il Culmann erasi data, per apparecchiarsi a superare i difficili esami di ammissione alla Scuola politecnica di Parigi, come lo aveva fatto distinguere nella prova matematica di licenza dal ginnasio, così lo fece esonerare dall'obbligo di seguire i corsi preparatorii a Carlsruhe, e gli fu di straordinario giovamento negli studi di ingegneria ai quali interamente si dedicò.

A vent'anni Carlo Culmann inaugurava la sua vita pratica di ingegnere, prendendo parte come assistente ai lavori della ferrovia sassone-bavarese attraverso il Fichtelgebirge. Facendo rapidissimi progressi nei vari rami della tecnica ferroviaria, ed

in particolare nella costruzione dei ponti, rimase addetto a quei lavori fino all'anno 1847, senza però che la gravità delle occupazioni e le esigenze degli studi pratici valessero a distrarlo dalle matematiche pure. Che anzi, avendo avuta la ventura di legarsi in amicizia col matematico Schnürlein, allievo di Gauss, lo volle guida e consigliere dei suoi studi scientifici, e mentre per tal modo poté famigliarizzarsi colle opere dei grandi maestri tedeschi, non trascurava lo studio dei geometri e degli ingegneri francesi, che egli aveva imparato ad ammirare fin da quando, affatto giovinetto, aveva vissuto nell'ambiente della scuola d'applicazione di Metz.

La straordinaria capacità dimostrata con non dubbii saggi nella direzione di grandi costruzioni, e l'intenso suo amore per lo studio, lo segnalavano ai suoi immediati superiori Denis e Pauli, ai quali era stata affidata la costruzione delle ferrovie bavaresi, e fu appunto in seguito alle loro istanze che il Governo si decise ad affidargli una importante missione, incaricandolo di recarsi in Inghilterra ed in America, allo scopo di studiarvi le grandi opere d'arte.

Dopo aver passato un anno a Monaco, nel qual tempo si approfondì nella pratica conoscenza della lingua inglese e riempì quelle lacune ch'egli ravvisava nelle proprie cognizioni, in vista dell'importante viaggio al quale si accingeva, mosse alla volta dell'Inghilterra nella primavera del 1849, e di lì salpò per l'America. Quando, due anni dopo, egli fece ritorno in patria, diè subito a dividersi quanto largo profitto aveva saputo trarre da quel viaggio scientifico, imperocchè può dirsi non esservi stato ramo della scienza delle costruzioni nel quale, avendo egli riconosciuta una certa superiorità nei nuovi paesi che visitava egli non abbia cercato di approfondirsi, tendendo all'acquisto di tutte quelle cognizioni teoriche e pratiche, le quali fossero necessarie ed utili ad agevolarne la diffusione. Le relazioni di tale viaggio, da lui in seguito date alla luce, e sotto varie forme in appresso riprodotte, servirono a sollevarlo decisamente sopra la folla ed a richiamare sopra di lui l'attenzione dei tecnici; cosicchè, dopo tre anni da lui spesi nella direzione di importanti lavori, prima a Burgau, e poi a Vilshofen, egli ricevette quasi contemporaneamente l'invito a due cattedre, cioè alla Scuola politecnica federale di Zurigo, ed all'altra di Carlruhe. E quantunque dovesse naturalmente sorridergli l'idea di rientrare come insegnante là dove era stato scolaro, sogno ambizioso di molte menti giovanili, specialmente in Germania, dove l'insegnamento è giustamente tenuto per la più nobile e la più ambita delle palestre, pure egli diede la preferenza alla Scuola politecnica di Zurigo. A trentaquattro anni adunque egli saliva la cattedra e ne contava già quattordici di esercizio della professione di ingegnere, con un brillantissimo stato di servizio. Era adunque con piena competenza, con larghissimo sussidio di pratiche cognizioni, validamente coadiuvate da una robusta educazione matematica, che egli si accingeva a dirigere la sezione degli ingegneri nel celebre Politecnico svizzero.

Nè le cure dell'insegnamento, nè quelle della direzione della Scuola, che tenne dal 1872 al 1875, poterono distoglierlo, non diremo dallo studio, al quale anzi attese con raddoppiata lena, ma nemmeno dal pratico esercizio dell'ingegneria, nel quale era salito in così bella fama. Laonde, mantenendosi costantemente ad immediato contatto coi più recenti progressi dell'arte delle costruzioni, anzi prendendovi grandissima parte, e coltivandone la scienza nella quiete del suo studio, può dirsi ch'egli abbia effettivamente realizzato l'ideale di un insegnante di tali materie. Può dirsi invero che niuna grande questione la quale rientrasse nella sfera della sua competenza tecnica, si sia risolta in Svizzera senza il di lui concorso. Le autorità federali, i governi cantonali e le amministrazioni comunali ricorrevano per parere al Culmann nelle più gravi emergenze riflettenti i lavori pubblici. Anche nelle questioni idrauliche godeva egli di riputazione grandissima, specialmente dopochè con Arnoldo Escher e Landolt intraprese quella grande inchiesta sui torrenti delle Alpi e del Jura, proseguita per parecchi anni, e che gli porse occasione a quella notevolissima relazione data alla luce nel 1864, ed accolta con plauso universale.

Delegato dalla Scuola politecnica, visitò le Esposizioni universali del 1862, del 1867, del 1873 e del 1878, studiandovi con sollecita cura tutto ciò che si riferiva ai giganteschi progressi compiuti in questi ultimi anni dalla scienza dell'ingegnere.

Tutti questi onorifici incarichi, l'altissima stima in che era il Culmann tenuto da tutti i suoi colleghi, lo legarono con vincoli dolcissimi a Zurigo, che ben poteva dirsi sua patria d'adozione, per modo che quando, nel 1868, ricevette un invito di recarsi alla Scuola politecnica di Monaco con larghissime condizioni, lo declinò. Fu allora che la città di Zurigo gli conferì la cittadinanza onoraria. E nel 1880, celebrandosi il giubileo del Politecnico federale, la sezione di scienze della Facoltà filosofica dell'Università di Zurigo gli conferì la laurea onoraria di filosofia.

Nell'anno 1879, insieme coll'ingegnere municipale di Zurigo, Bürkli-Ziegler, fece il suo primo viaggio in Rumenia, dove, quali ingegneri consulenti, erano stati incaricati di dirigere la esecuzione di grandi lavori pubblici a Bukarest e nei dintorni: vi ritornò nel 1881, spingendosi fino a Costantinopoli e a Varna e contraendovi i germi di quella malattia che doveva trarlo al sepolcro. L'11 ottobre 1881 egli faceva ritorno a Zurigo, affetto da una infiammazione polmonare, che dopo quasi due mesi di sofferenze gli troncava la vita. Il 10 dicembre 1881, la desolata famiglia partecipava agli amici, da Riesbach, che sul pomeriggio del giorno innanzi il prof. Carlo Culmann aveva cessato di vivere.

Nel cuore degli amici, dei colleghi, dei discepoli vivrà per molti anni carissima la memoria del Culmann; ma l'opera per la quale egli sarà più lungamente ricordato, alla quale anzi egli ha legato indissolubilmente il suo nome, è la *Statica grafica*.

Nei primi quattro anni del suo insegnamento nella Scuola politecnica di Zurigo, il Culmann non diede subito un corso speciale di Statica grafica, ma si tenne semplicemente ad esporre certe costruzioni grafiche sul genere di quelle proposte dal Poncelet e dal Cousinery: fra queste vanno menzionate la sua teoria sulla spinta delle terre e sui muri di sostegno data alla luce nel 1855, e la teoria della pressione delle volte sulle loro centine inserita nel programma della scuola per l'anno 1857.

Nel 1859, per la prima volta, egli cominciò ad entrare col suo insegnamento nella Statica grafica propriamente detta, esponendo ai suoi uditori alcune applicazioni del poligono delle forze e del poligono funicolare alla teoria degli archi metallici ed alla determinazione dei momenti inflettenti delle travate, e soltanto nel 1860 egli intraprese un corso regolare di Statica grafica.

Non è tuttavia la mancanza di fede nei suoi nuovi metodi quella che trattenne, così relativamente a lungo, il Culmann dal fare ad essi una parte considerevole nel suo insegnamento: bensì deve questo ritardo essere attribuito al fatto ch'egli non trovava nei suoi scolari una sufficiente preparazione matematica e soprattutto geometrica. Egli medesimo scrisse più tardi aver durato una fatica indicibile per ottenere che i suoi uditori fossero forniti delle necessarie nozioni preventive per comprenderne le lezioni, e che la geometria di posizione fosse messa fra le materie di insegnamento obbligatorio nel Politecnico federale di Zurigo, per modo che, avendo incominciato a leggere Statica grafica nel 1860, appena nel 1864 ottenne che queste indispensabili teorie geometriche fossero esposte in corso semestrale obbligatorio.

Superati questi ostacoli, e attivato l'insegnamento il professore Culmann diede alla luce nel 1864 la prima parte, e due anni dopo la seconda ed ultima parte della sua Statica grafica.

L'accoglienza fatta dagli studiosi a quest'opera fu veramente splendida, anche in Italia, dove, nell'anno successivo, si cominciò ad insegnare nell'Istituto tecnico superiore di Milano dal professore Cremona, ed ora è introdotto in tutte le Scuole d'applicazione del Regno.

Dieci anni dopo, ossia nel 1875, il Culmann pubblicò il primo volume della seconda edizione della sua Statica grafica, nel quale volle aggiungere alle soluzioni geometriche anche le soluzioni o dimostrazioni analitiche, dimostrando come nella pratica tantosto la via grafica, tantosto il calcolo condurranno più rapidamente allo scopo. Epperò, la seconda edizione, per essere studiata per intero con frutto, esigea una somma di cognizioni matematiche ancor maggiore che non la prima.

Quanto al secondo volume, che avrebbe dovuto contenere le applicazioni, e che nel 1875 il Culmann aveva promesso di dare in breve alla luce, pur troppo non venne compiuto e se le nostre informazioni sono esatte, non sembra neppure che il manoscritto ch'egli ne lasciò possa essere senz'altro utilizzato per la stampa. Così mancò al Culmann, la soddisfazione di vedere la grande sua opera compiuta. Eppure questo compimento costituiva la sua più grave occupazione: per questo secondo volume egli andava raccogliendo materiali da ogni parte. Anche quell'ultimo e fatale viaggio a Costantinopoli aveva egli fatto coll'intendimento principale di studiare la rimarchevole costruzione della stupenda moschea di Santa Sofia, e servirsene poi così per l'insegnamento, come per il secondo volume della sua opera.

Noi facciamo pertanto i voti più fervidi affinché col concorso dei migliori fra gli scolari e gli antichi assistenti del Culmann e del suo degno successore nel Politecnico di Zurigo, i ricchi materiali da lui lasciati per il compimento dell'opera possano essere utilizzati, e che, se non potrà essere pubblicato il secondo volume in modo perfettamente conforme agli intendimenti dell'Autore, non rimanga la scienza defraudata degli importanti risultati ai quali in sette anni di studio egli era pervenuto. È questo il più grande ed il più degno omaggio che i discepoli del Culmann potranno rendere alla memoria dell'amato e riverito loro maestro.

(Dalla *Commemorazione del prof. Favaro* negli Atti del R. Istituto Veneto).

BIBLIOGRAFIA

Conferenze sulla Esposizione Nazionale del 1881, tenute per incarico di S. E. il Ministro d'Agricoltura, Industria e Commercio. — Milano, 1881. Op. in-8° di pag. 339.

4^a CONFERENZA. — *Il materiale ferroviario* (Prof. Leonardo Loria). — Le nostre ferrovie misurano oggi 8500 chilometri, e ne misureranno fra pochi anni ben 14 mila. Alla fine del 1879 avevano uno sviluppo di 8348 chilometri, e la loro costruzione era costata 2 miliardi e 512 milioni, di cui quasi 229 milioni furono impiegati nell'acquisto del materiale mobile. Alla stessa epoca erano in servizio sulle nostre ferrovie 1394 locomotive, 4511 carrozze da viaggiatori, e 22498 carri da merci. Ma soltanto una parte relativamente piccola di questo materiale, per circa 53 milioni, era stato fornito dagli stabilimenti nazionali.

Per completare la dotazione delle ferrovie esistenti, e provvedere di materiale mobile le ferrovie di cui venne decretata la costruzione, si dovranno spendere in pochi anni 120 milioni, e si vede quindi di quanto interesse sia per il nostro paese che l'industria della fabbricazione del materiale mobile per ferrovie vada sempre più sviluppandosi. Intanto il prof. Loria dimostra che da questo lato la Esposizione deve dirsi riuscitissima e tale da lusingare il nostro amor proprio nazionale.

Incominciando dalle *rotaie*, nota come tutte le amministrazioni ferroviarie abbiano adottato come tipo normale la rotaia Vignole a base piana, di acciaio, e del peso di circa chg. 36 al metro corrente, e della lunghezza di 9 metri. Le ferrovie meridionali furono le prime, e sono ancora le sole da noi ad adottare estesamente e con esito felicissimo le rotaie di 12 metri, seguendo l'esempio di alcune linee americane, imitato anche da qualche linea olandese.

Per le ferrovie secondarie l'Amministrazione delle ferrovie dell'Alta Italia propose di adottare rotaie d'acciaio a base piana, del peso di chg. 27,60 al metro, con giunto sospeso e stecche a 4 fori.

Le rotaie sono tutte di fabbrica estera; quando i progressi della metallurgia permetteranno di ottenere l'acciaio con minore spesa, potremo forse anche sviluppare quest'industria. Le stecche in ferro si fabbricano anche da noi, quelle d'acciaio vengono tutte dall'estero. Il piccolo materiale accessorio dell'armamento, come chiodi, arpioni, chivarde, ecc., si produce a prezzi abbastanza convenienti dalle fabbriche nazionali.

Venendo alle *locomotive*, il prof. Loria dichiara anch'egli che le locomotive nazionali stanno perfettamente a paro, per finatezza di lavoro e buona disposizione di parti, delle migliori locomotive straniere. E non sono più semplici copie di queste; ma appropriate alle condizioni speciali delle nostre linee, studiate dai nostri ingegneri sino nei loro ultimi dettagli, e munite di perfezionamenti importanti, come la pompa Chiazzari e l'iniettore Mazza.

Se l'industria delle locomotive non ha fatto tra noi maggiori progressi, lo si deve attribuire al fatto che le amministrazioni ferroviarie non si sono che da poco tempo rivolte alle fabbriche nazionali con condizioni utili ad entrambi le parti contraenti.

Contrario agli stabilimenti governativi, il Loria vorrebbe solamente che il Governo il quale ha ora nelle mani la maggior parte delle ferrovie del Regno, avesse vedute un po' più lunghe, e non limitandosi ai bisogni annuali, ma provvedendo fin d'ora a quelli avvenire, desse alle ditte nazionali il lavoro con molta latitudine di tempo per la consegna. Cosicché seguendo questo sistema per 10 anni, il Loria è d'avviso che avremo a quell'epoca in Italia per effetto dell'iniziativa privata, tali stabilimenti da poter sostenere qualsiasi concorrenza. Il Governo spenderebbe alcuni milioni di più, meno però che impiantando un'officina propria, ma soddisferebbe ad un sommo interesse nazionale e aumenterebbe la ricchezza del paese.

Quanto alle *vetture* ed ai *vagoni* per ferrovie e per tramvie si è tutti d'accordo nell'ammettere la grande vittoria riportata dai parecchi coraggiosi nostri industriali, e non solo per il prezzo dei veicoli, ma ancora per finatezza e perfezione di lavoro, eleganza di forme e comodità di disposizioni.

I veicoli dell'Alta Italia, delle Romane, quelli delle Meridionali, distribuiti a sistema inglese, quelli della Società Veneta, e quelli della Sicula, di sistema americano, con comode latrine e con lavabo, il convoglio della Società Veneta, interessante per la sua trasformazione in treno ospedale, e per il facile passaggio in curve di 150 metri di raggio ad onta che sia costruito di veicoli molto lunghi, a due assi distanti 9 metri, sono tutti lavori assolutamente di fattura eccellente. E la illuminazione è quasi dovunque facilitata col doppio tetto; anche l'illuminazione vi è proporzionata; i convogli della Veneta e della Sicula sono illuminati a candele che si accendono dall'interno e si possono

facilmente cambiare, quelli dell'Alta Italia son muniti degli apparecchi per la illuminazione a gas, in uso nei convogli diretti del Moncenisio.

Fra le questioni che più si impongono alla pubblica attenzione vi è quella della sicurezza dei viaggiatori. Sono pochi i segnali lungo la linea adottati dalle nostre ferrovie per evitare lo scontro dei convogli. Il prof. Loria enumera i diversi sistemi adottati all'estero, e segnatamente in Inghilterra, e descrive brevemente il *blok-system* automatico del Ceradini, che stando al risultato delle prove fatte ed al voto di commissioni competenti pare che soddisfi allo scopo.

Altra questione assai importante per la sicurezza del movimento dei convogli è quella dei *freni continui*, di cui moltissimi sistemi sono proposti od applicati sulle ferrovie estere. Alla Esposizione di Milano figuravano due sistemi, quello a vuoto Smith-Hardy applicato al convoglio dell'Alta Italia, ed altro a catena del tipo Clark, applicato al convoglio della Veneta. Il prof. Loria lamenta la mancanza all'Esposizione del freno automatico Vesthingham ad aria compressa che ebbe tante applicazioni all'estero, e che sarà pur esso messo in prova assieme ai freni a vuoto sulle ferrovie dell'Alta Italia.

Prima di terminare la sua conferenza il prof. Loria non può a meno di parlare con entusiasmo del sistema di trazione funicolare dell'ing. Agudio, e del progetto completo e dettagliato dell'applicazione di tale sistema per la linea Torino-Soperga, soggiungendo che il progetto è studiato in modo da persuadere chiunque che la riuscita non potrà mancare, e facendo voti perchè il coraggioso inventore vegga presto coronati i suoi nobili sforzi con questa prima importante applicazione.

Sono pervenute alla Direzione le seguenti pubblicazioni:

La foto-topografia. Note di Pio Paganini, Ingegnere del R. Istituto topografico militare, incaricato dei lavori di foto-topografia. — Roma, 1881. — Op. in-8° di pag. 29 con tavola di saggio d'un rilievo.

Sui sistemi variati di forze. Nota del Prof. G. Bardelli al R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. Op. in-8° di pag. 18. — Milano, 1882.

Dott. G. Spantigati ed Ing. M. Vicary. Il concorso per il nuovo Ospizio di Carità di Torino. Op. in-8° di pag. 24 con 2 tavole. — Torino, 1882.

Sulla vita e sugli scritti di Carlo Culmann, per Antonio Favaro, Professore nell'Università di Padova. Op. in-8° di pag. 27. — Venezia.

Disegni di Scuole, dell'Ing. Emilio Sforzi. Op. in-8° di pag. 40 con 8 tavole. — Livorno, 1882.

Manuale pratico per gli Ingegneri, di A. Castigliano, Ingegnere della S. F. A. I. Una 1^a dispensa in-8° di pag. 96. — Torino, 1882.

Le principali applicazioni industriali dell'elettricità all'Esposizione internazionale di Parigi del 1881. Relazione al Ministero di agricoltura, industria e commercio, dell'Ing. D. V. Piccoli. Op. in-8° di pag. 114. — Roma, 1882.

Sulle applicazioni industriali della corrente elettrica alla Mostra internazionale di elettricità tenuta in Parigi nel 1881. Relazione al Ministero di agricoltura, industria e commercio, di Galileo Ferraris, Professore nel Museo Industriale Italiano. Op. in-8° di pag. 175. — Roma, 1882.

Algebra e contabilità. Memoria di C. Miglietta. Op. in-8° di pag. 123. — Mortara, 1882.

Sulle vetture a vapore (Steam-Cars). Studi di C. Miglietta. Op. in-8° di pag. 49 con figure. — Mortara, 1882.

Dell'intervento governativo nello sviluppo ferroviario e dei tramways in Lomellina. Saggio di C. Miglietta. Op. in-8° di pag. 29 con un piano topografico. — Mortara, 1881.

Alcuni teoremi sulle forme degenerate dell'ellissoide del Culmann. Comunicazione del Prof. G. Jung al R. Istituto Lombardo. Op. in-8° di pag. 6. — Milano, 1882.

Tratado de Taquimetria — Aplicacion de la Estadia en el levantamiento de planos y rivelaciones y tablas trigonometricas naturales, for D. Leoncio De la Bárcena. — Madrid, 1882.

Fig.1 - Elevazione
Scala di 0^m.002 p.m.

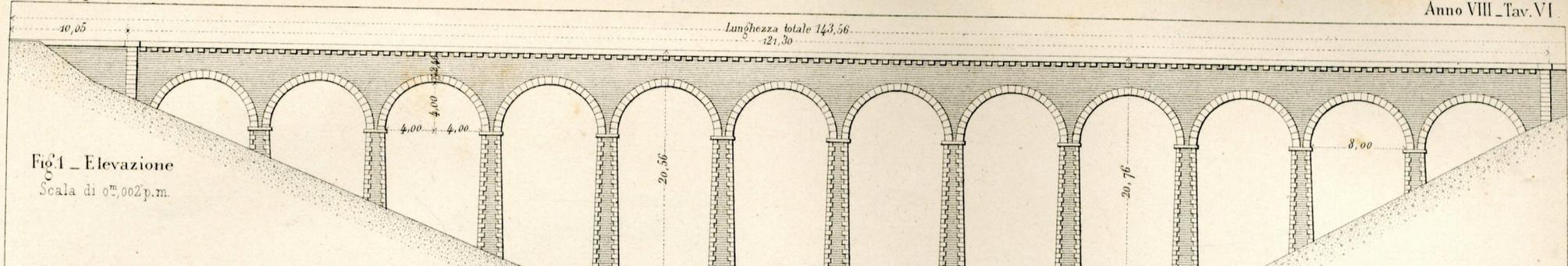


Fig.2 - Pianta - Scala di 0,002 p.m.

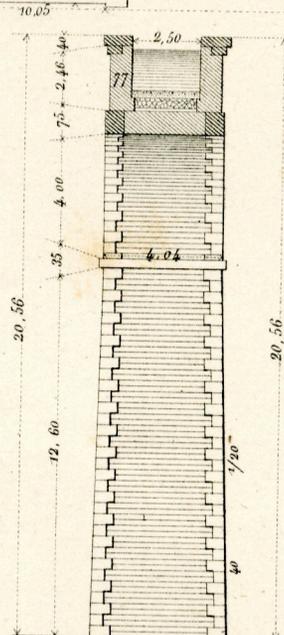
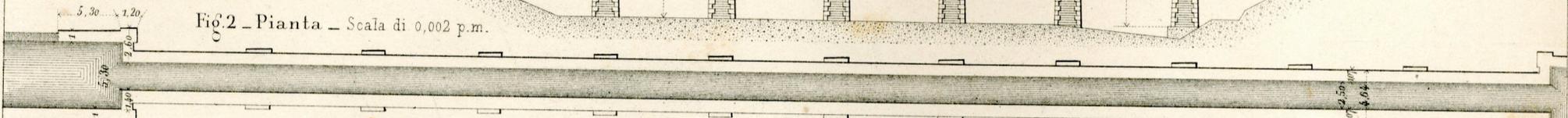


Fig.4
Sezione trasversale CD
Scala di 0^m.004 p.m.

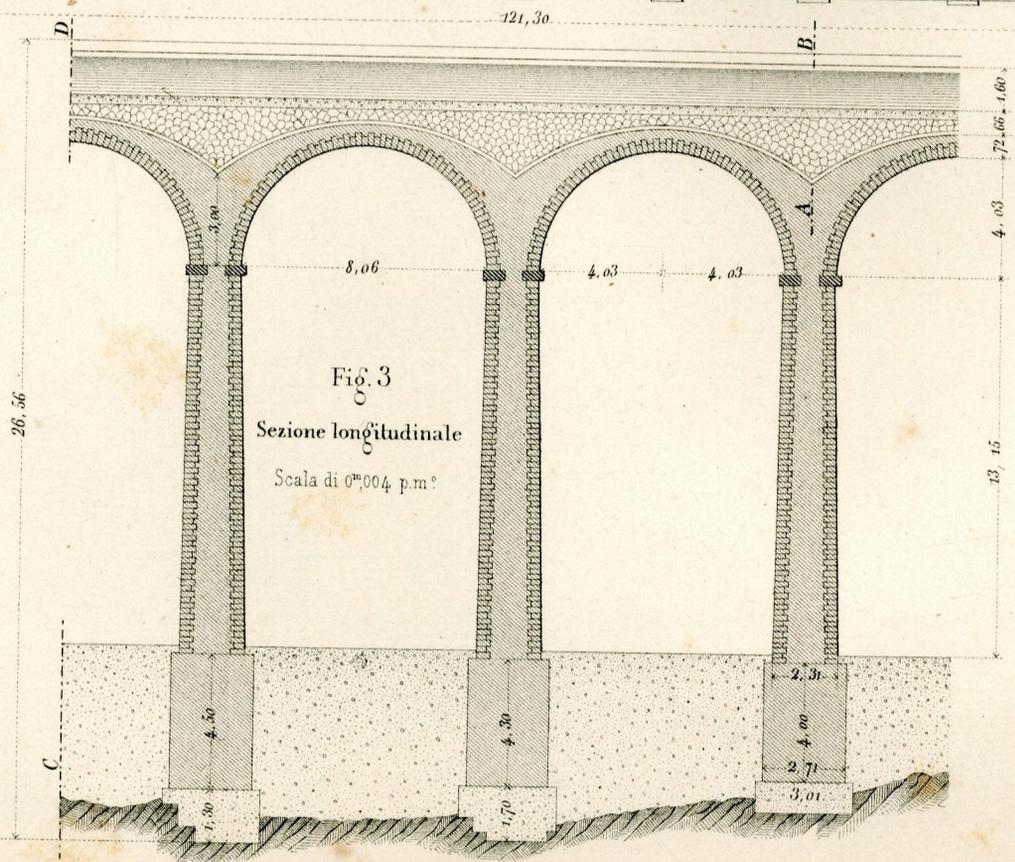
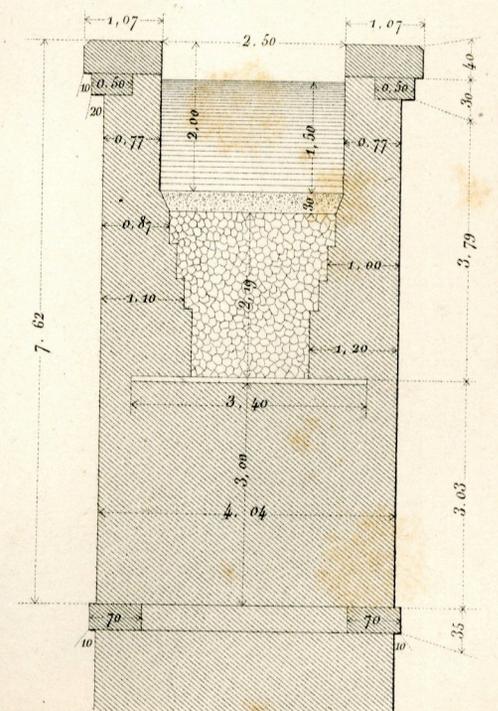


Fig.3
Sezione longitudinale
Scala di 0^m.004 p.m.

Fig.5
Sezione trasversale AB
Scala di 0^m.01 p.m.



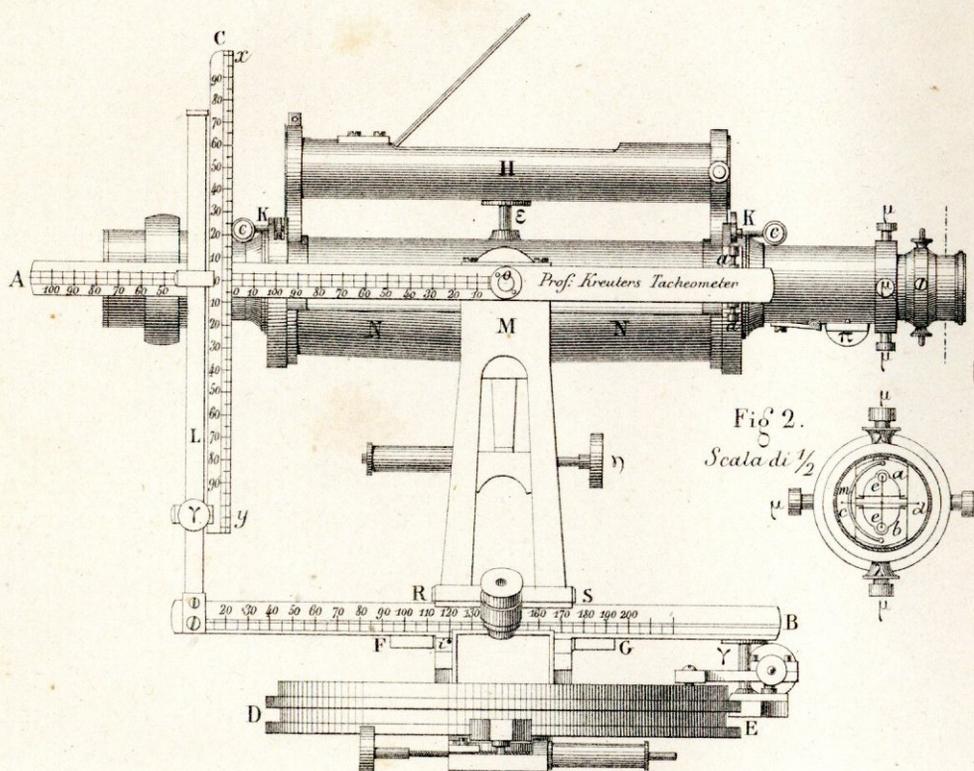


Fig. 1.
Scala di $\frac{1}{3}$

Fig. 2.
Scala di $\frac{1}{2}$

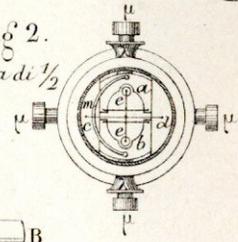


Fig. 3.
Scala di $\frac{1}{10}$

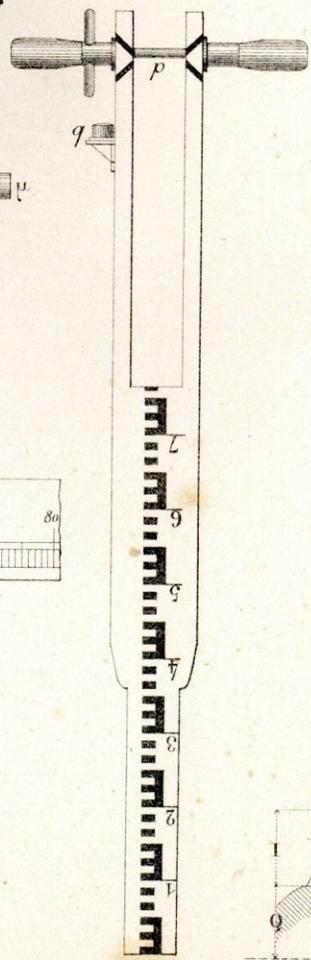


Fig. 4.
Scala di $\frac{1}{10}$

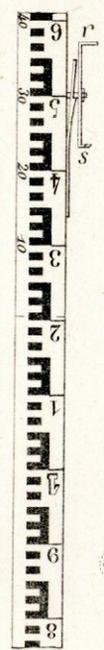


Fig. 5 - Scala di $\frac{1}{10}$

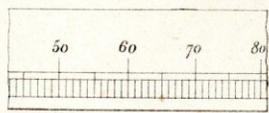
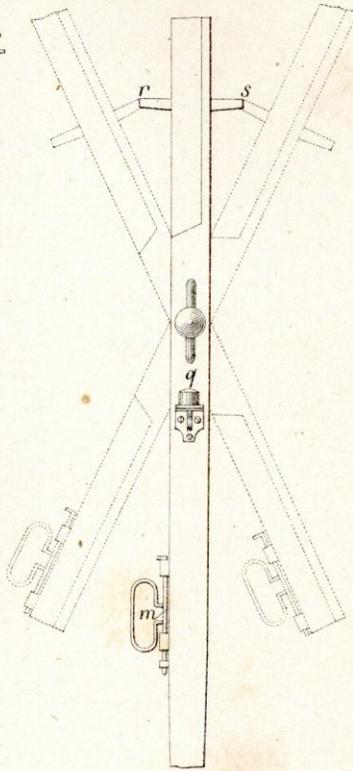


Fig. 6.
(al. vero)

Fig. 7

