



## 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

## SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

VERIFICA DELLA STABILITÀ  
DI UN'ARCATA DI PONTE

proposta dall'Arch. CIMBRO GELATI

## IN UN SUO PROGETTO DI PONTE SUL PO

PER LA CITTÀ DI TORINO

Studio dell'Ing. DOMENICO ZAULI

Fra i diversi progetti presentati per la costruzione d'un ponte sul Po in Torino, da sostituirsi all'attuale ponte sospeso *Maria Teresa*, uno dei più notevoli per l'originalità della forma e per l'arditezza delle dimensioni è certo quello dovuto all'architetto Cimbri Gelati (\*).

Noi, indipendentemente dal giudizio che può aver dato il pubblico sul pregio artistico del lavoro, e da quello dei pratici intorno alla convenienza d'introdurre fra l'arco ed il piano stradale certe forme chiuse, che prima d'ora non erano state usate che molto parcamente in alcuni ponti metallici, abbiamo voluto eseguire la verifica della stabilità della grande volta centrale, che costituisce la parte più notevole dell'opera.

Quest'ultima è rappresentata nelle sue linee generali dalla figura 65, che venne tratta da una Memoria, pubblicata intorno al progetto in questione, dallo stesso autore (1).

(\*) Il progetto, del quale qui si parla, fu presentato posteriormente alla relazione sui diversi progetti pubblicata nell'*Ingegneria Civile*, fasc. di dicembre, 1892). La insufficienza della luce, di tanto inferiore a quella minima prestabilita dalla Commissione municipale, non poteva del resto modificare le conclusioni di quella relazione anche lasciando da parte ogni altra considerazione di stabilità e di estetica.

(Nota della Direzione).

(1) Vedi C. GELATI, *Progetto per un nuovo ponte sul Po*. — Tip. e lit. Camilla e Bertolero. — Torino, marzo 1893.

Ad essa rimandiamo il lettore che desiderasse maggiori schiarimenti intorno agli scopi del lavoro e ai principi che avrebbero guidato l'egregio architetto nell'idearlo.

Riguardo ai procedimenti adottati e ai risultati ottenuti in questa verifica, ne parleremo più avanti, man mano che la trattazione ce ne offrirà il destro.

## I. — Considerazioni generali.

Fra i metodi proposti per la verifica della stabilità delle grandi volte da ponte, i due più generalmente usati sono quello dell'Eddy e quello del Castigliano.

Entrambi suppongono la volta deformabile come un solido perfettamente *elastico* e simmetricamente caricato rispetto al piano longitudinale che contiene l'*asse dell'arco*.

Qui ci siamo limitati ad applicare alla volta del ponte progettato dall'architetto Gelati il metodo del Castigliano, metodo che può vedersi ampiamente trattato e giustificato nel suo pregevolissimo libro sull'*Equilibre des systèmes élastiques* (1). Esso è fondato, com'è noto, sul principio del minimo lavoro di deformazione (2), e può riassumersi brevemente in questi termini:

Supposto l'arco simmetrico rispetto al giunto in chiave, e simmetricamente caricato rispetto al piano verticale che ne contiene l'*asse geometrico*, è chiaro che le due parti in cui l'arco resta diviso dal giunto in chiave si trasmettono attraverso alla medesima una *spinta orizzontale*  $Q$  (pressione normale) che può quindi sostituirsi a una qualunque di esse, senza turbare l'equilibrio dell'altra. Limitando dunque le nostre considerazioni a una sola metà dell'arcata, supporremo che il lavoro di deformazione dovuto alle forze che la sollecitano *sia minimo*. Quest'ipotesi basterà, come vedremo, per determinare la  $Q$  in tutti i suoi elementi (grandezza e punto d'applicazione). Così facendo veniamo

(1) Torino, Augusto Federico Negro, editore, 1879.

(2) Questo principio dice che:

« Se gli appoggi (imposte) sono assolutamente inamovibili, o scorrevoli senza attrito, e si prescinde dall'influenza relativa alla variazione di temperatura, le sollecitazioni staticamente indeterminate hanno i valori che rendono minimo il lavoro di deformazione dell'arco ».

PROSPETTO A MONTE.

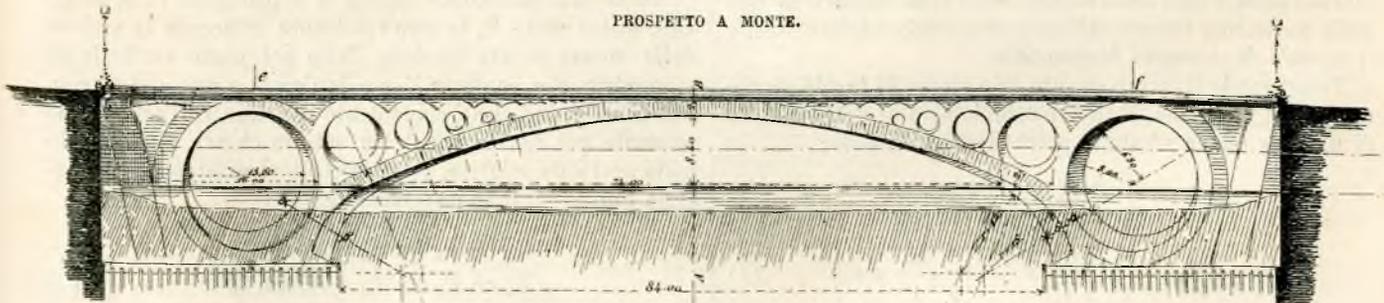


Fig. 65.

a considerare la sezione d'imposta assolutamente fissa, condizione difficile ad ottenersi in pratica, ma non impossibile, ammesse certe cautele su cui non è qui il caso d'insistere. Quanto alle deformazioni dovute alle variazioni di temperatura è evidente che per un ponte in pietra non val la pena d'occuparsene.

Ciò posto, sia  $mn$  un giunto qualunque (fig. 66) ed  $R_n$  la

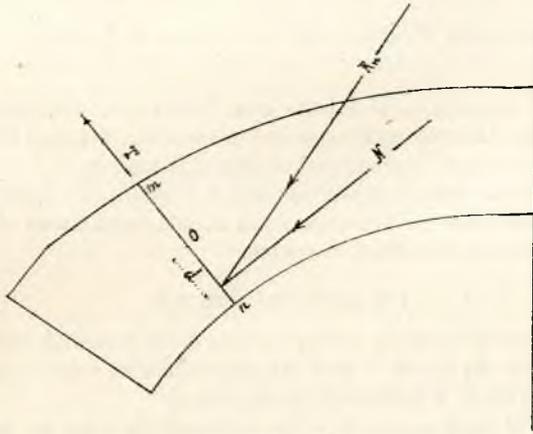


Fig. 66.

risultante delle forze esterne relative a quel giunto. In generale  $R_n$  risulterà obliqua rispetto ad  $mn$ , e potrà quindi decomporre in uno sforzo normale  $N$  ed in uno sforzo di taglio  $T$  diretto secondo il giunto. Se quindi indichiamo con  $d$  l'eccentricità dello sforzo  $N$  rispetto al baricentro  $O$  della sezione considerata, le sollecitazioni esterne per quest'ultima saranno rispettivamente:

- uno sforzo normale  $N$
- » di taglio  $T$
- un momento flettente  $M = N \cdot d$ ;

e quindi alla deformazione complessiva che subisce l'elemento  $ds$  di volta a cui appartiene il giunto  $mn$ , corrisponderanno i seguenti lavori:

$$dL_1 = \frac{1}{2E} \frac{N^2}{F} ds,$$

dovuto allo sforzo normale;

$$dL_2 = \frac{1}{2E} \frac{M^2}{I} ds,$$

dovuto al momento flettente;

$$dL_3 = \frac{3}{5} \frac{T^2}{GF} ds (*),$$

dovuto allo sforzo di taglio;

dove  $E, F, I, G$  sono rispettivamente il *modulo di elasticità normale*, l'area della sezione  $mn$ ; il momento d'inerzia della medesima rispetto all'asse orizzontale baricentrico, e il *modulo di elasticità tangenziale*.

Trascurando il lavoro dovuto allo sforzo di taglio perchè sempre piccolissimo, il lavoro complessivo di deformazione di tutta la mezza arcata si potrà ritenere dato da:

$$L = \int_0^s dL_1 + \int_0^s dL_2 = \frac{1}{2E} \left( \int_0^s \frac{N^2}{F} ds + \int_0^s \frac{M^2}{I} ds \right) \quad (1)$$

Per ottenere il valore di  $L$  eseguiamo le integrazioni indicate in parentesi.

(\*) Essendo  $mn$  una sezione rettangolare.

Perciò dividiamo la mezza arcata in  $2n$  parti eguali (p. es., 6) e indichiamo con  $l$  lo sviluppo comune delle medesime, misurato sull'asse  $SS$  (fig. 67).

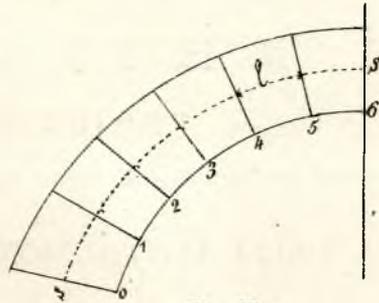


Fig. 67.

Diciamo poi:

$F_0$	$F_1$	$F_2$	...	$F_n$
$I_0$	$I_1$	$I_2$	...	$I_n$
$M_0$	$M_1$	$M_2$	...	$M_n$
$N_0$	$N_1$	$N_2$	...	$N_n$
$T_0$	$T_1$	$T_2$	...	$T_n$

rispettivamente le aree, i momenti d'inerzia e le sollecitazioni esterne relative ai giunti  $0, 1, 2, \dots, 5, 6$ .

La formola del Simpson, supposto  $s = 2n l$ , ci dà in tal caso:

$$\int_0^s \frac{N^2}{F} ds = \frac{l}{3} \left( \frac{N_0^2}{F_0} + 4 \frac{N_1^2}{F_1} + 2 \frac{N_2^2}{F_2} + \dots + 4 \frac{N_5^2}{F_5} + \frac{N_6^2}{F_6} \right)$$

$$\int_0^s \frac{M^2}{I} ds = \frac{l}{3} \left( \frac{M_0^2}{I_0} + 4 \frac{M_1^2}{I_1} + 2 \frac{M_2^2}{I_2} + \dots + 4 \frac{M_5^2}{I_5} + \frac{M_6^2}{I_6} \right)$$

e per conseguenza la (1) diviene:

$$L = \frac{l}{3} \frac{1}{2E} \left[ \left( \frac{M_0^2}{I_0} + \frac{N_0^2}{F_0} \right) + 4 \left( \frac{M_1^2}{I_1} + \frac{N_1^2}{F_1} \right) + \dots + 4 \left( \frac{M_5^2}{I_5} + \frac{N_5^2}{F_5} \right) + \left( \frac{M_6^2}{I_6} + \frac{N_6^2}{F_6} \right) \right] \quad (2)$$

Questa formola è generale e quindi valida qualunque siano le  $R_n$ , o in altre parole qualunque siano le forze esterne comprese fra un giunto qualunque e quello in chiave. Se come caso particolare queste si suppongono tutte verticali, allora detta  $P_n$  la loro risultante, riferendo la sezione della mezza arcata (sezione fatta col piano verticale di simmetria che contiene l'asse dell'arco) a due assi ortogonali  $x$  ed  $y$  (fig. 68), coincidente il primo coll'orizzontale passante pel baricentro del giunto in chiave, e il secondo colla verticale relativa, le sollecitazioni esterne per l'ennesimo giunto saranno rispettivamente:

$$\left. \begin{aligned} N_n &= P_n \sin \varphi_n + Q \cos \varphi_n \\ T_n &= P_n \cos \varphi_n - Q \sin \varphi_n \\ M_n &= M_n - Q q_n + P_n p_n \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

dove  $M_0$  è il momento della  $Q$  rispetto all'asse  $x$ ,  $q_n p_n$ , i bracci di leva di questo asse e del carico  $P_n$  rispetto al

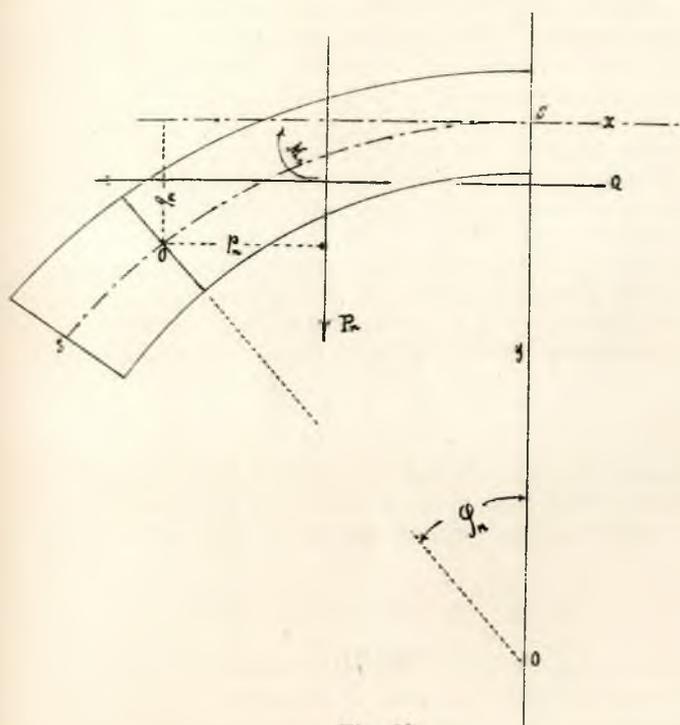


Fig. 68.

baricentro  $O_n$  dell'ennesimo giunto, e  $\epsilon_n$  l'angolo che quest'ultimo fa coll'asse  $y$  (\*).

Applicando le (3) ai successivi giunti, avremo rispettivamente  $N_1, N_2, N_3, \dots, M_1, M_2, M_3, \dots, T_1, T_2, T_3, \dots$  in funzione delle sole incognite  $M_0$  e  $Q$ , poichè le quantità  $p_1, p_2, p_3, \dots, q_1, q_2, q_3, \dots, \phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots$  sono tutte facilmente determinabili, tanto per via grafica, come per via analitica.

I valori di  $M$  e di  $N$  così ottenuti, sostituiti nella (2) ci danno, ricordando che  $N_0 = Q$ :

$$L = \frac{l}{3} \frac{1}{2E} \left\{ \left( \frac{Q^2}{F_0} + \frac{M_0^2}{I_0} \right) + 4 \left[ \frac{(P_1 \sin \phi_1 + Q \cos \phi_1)^2}{F_1} + \frac{(M_0 - Q q_1 + P_1 p_1)^2}{I_1} \right] + \dots + 4 \left[ \frac{(P_5 \sin \phi_5 + Q \cos \phi_5)^2}{F_5} + \frac{(M_0 - Q q_5 + P_5 p_5)^2}{I_5} \right] + \left[ \frac{(P_6 \sin \phi_6 + Q \cos \phi_6)^2}{F_6} + \frac{(M_0 - Q q_6 + P_6 p_6)^2}{I_6} \right] \right\}$$

e sviluppando i quadrati e riducendo:

$$L = \frac{l}{3} \frac{1}{2E} \left[ A M_0^2 - 2 B M_0 Q + 2 C M_0 + D Q^2 - 2 E Q + F \right] \quad (4)$$

dove  $A, B, \dots, F$  sono coefficienti numerici noti.

Il lavoro indicato dalla (4) deve essere *minimo*, quindi derivandone l'espressione rispetto alle incognite  $M_0$  e  $Q$ , avremo il sistema:

$$\left. \begin{aligned} A M_0 - B Q + C &= 0 \\ - B M_0 + D Q - E &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

da cui ricaveremo  $M_0$  e  $Q$ . I loro valori sostituiti nelle (3) ci daranno le sollecitazioni esterne per ogni giunto.

(\*) Essendosi supposto l'arco simmetricamente caricato rispetto al piano ( $xy$ ) (piano di figura) è chiaro che  $P_n$  e  $Q_n$  e quindi la loro risultante  $R_n$ , giacciono costantemente in questo piano.

In seguito facendo i quozienti  $\frac{M_1}{N_1}, \frac{M_2}{N_2}, \dots$  avremo le distanze dei punti d'applicazione delle successive risultanti dai baricentri dei giunti relativi, e quindi potremo procurarci altrettanti punti della *curva dei centri di pressione*. Quanto alle tensioni unitarie massime e minime, potremo calcolarle colle formole:

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{T}{F} \quad ; \quad \sigma_{\max} = \frac{N}{F} + \frac{M y}{I} \quad ;$$

$$\sigma_{\min} = \frac{N}{F} - \frac{M y}{I},$$

dove  $y$  è il semispessore della vòlta in corrispondenza del giunto che si considera; e  $\tau_{\max}$  la tensione tangenziale unitaria massima nel giunto stesso.

Nell'applicazione di questo metodo si vede che solo per la determinazione delle incognite  $Q$  ed  $M_0$  si ricorre al calcolo numerico; mentre le altre quantità, come  $p_n, q_n, \sin \phi_n$  si sogliono determinare indifferentemente tanto per via grafica come per via analitica. La prima è certo da preferirsi, perchè più spedita, e sempre sufficientemente sicura; la seconda s'addotta solo in casi d'eccezionale gravità. Noi, tanto per esercitare un controllo, le abbiamo seguite entrambe; non sarà quindi inopportuna una descrizione sommaria dei processi di cui ci siamo serviti, sia nell'uno come nell'altro caso.

Riportandoci alla figura 69, osserveremo che in generale

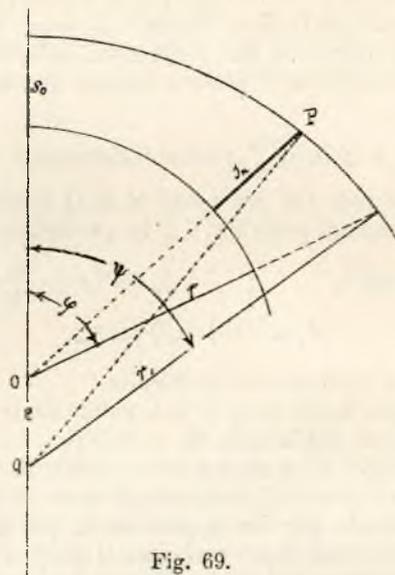


Fig. 69.

sono dati  $r, r_1, \phi$  ed  $s_0$ , da cui si ricaverà  $e$  colla formola:

$$(r_1 - r) - s_0 = e,$$

nella quale si suppone che le curve d'intradosso e d'estradosso siano due cerchi, rispettivamente di raggi  $r$  ed  $r_1$ ;  $s_0$  sia lo spessore in chiave, ed  $e$  la distanza dei centri dei cerchi suddetti.

Quanto allo spessore di un giunto qualunque, supposto normale all'intradosso, può calcolarsi a questo modo. Il triangolo  $OO'P$  della fig. 4 fornisce:

$$r_1^2 = (r + s_n)^2 + e^2 + 2e(r + s_n) \cos \phi_n \quad (\alpha)$$

dove  $s_n$  rappresenta lo spessore del giunto che si considera, e  $\phi_n$  l'angolo ch'esso fa colla verticale in chiave. Dalla ( $\alpha$ ) ricaviamo:

$$s_n^2 + 2 s_n (r + e \cos \phi_n) + (\beta \cos \phi_n - \alpha) = 0 \quad (6)$$

nella quale:

$$-\alpha = r^2 + e^2 - r_1^2 \quad \beta = 2er,$$

e risolvendo e semplificando:

$$s_n = -(r + e \cos \varphi_n) \pm \sqrt{r_1^2 - e^2 \sin^2 \varphi_n} \quad (7)$$

La (7) dice che ad ogni valore di  $\varphi_n$  si hanno per  $s_n$  due valori, come può vedersi dalla fig. 70, nella quale le radici

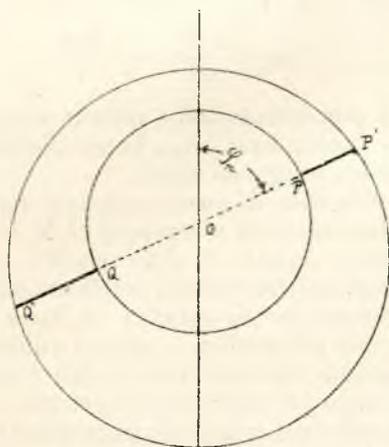


Fig. 70.

della (6) sono i segmenti PP', QQ' determinati dalla stessa retta PQ. Nella (7) si sceglierà quindi il segno (+) o (-) a seconda della parte di volta che si considera.

Come caso particolare, facendo  $\varphi_n = 0$ , la (7) dà gli spessori in chiave, le cui espressioni coincidono, come è chiaro, con quelle che si possono ricavare direttamente dalla figura.

Noto  $s_n$ , e quindi  $\frac{s_n}{2}$  restano determinati, il baricentro Q e le coordinate dei tre punti M, N, Q, riferite agli assi ortogonali segnati nella fig. 71. In particolare sarà:

$$a_n = r \sin \varphi_n \quad ; \quad b_n = \left( r + \frac{s_n}{2} \right) \sin \varphi_n ;$$

$$c_n = (r + s_n) \sin \varphi_n,$$

valori che ci occorreranno in seguito.

Intanto per mezzo di  $c_n$  si vede subito come si possa calcolare il valore dell'angolo  $\Psi_n = O'O'N$ .

Possiamo poi ritenere che l'asse dell'arco sia il luogo geometrico dei punti  $Q_n$ , determinati come s'è detto dianzi; e quest'ipotesi, più che approssimata pei bisogni della pratica, permetterà di segnare quanti punti si desiderano dell'asse in parola. Ciò posto, nasce naturale la domanda:

« Qual'è la natura della curva a cui appartiene l'asse dell'arco così definito? ».

Risolviamo la questione nell'ipotesi che le curve d'intradosso e d'estradosso siano, come nel caso nostro, due cerchi.

Riferendoci al punto O come polo e alla OO' come asse polare, osservando che il raggio vettore OQ =  $\rho$  corrispondente a un dato argomento  $\varphi$  vale  $\left( r + \frac{s}{2} \right)$ , deduciamo (fig. 72):

$$s = 2(\rho - r),$$

e quindi se nella (6) facciamo:

$$s_n = s = 2(\rho - r) \text{ e } \varphi_n = \varphi,$$

otteniamo:

$$4(\rho - r)^2 + 4(\rho - r)(r + e \cos \varphi) + (\beta \cos \varphi - \alpha) = 0,$$

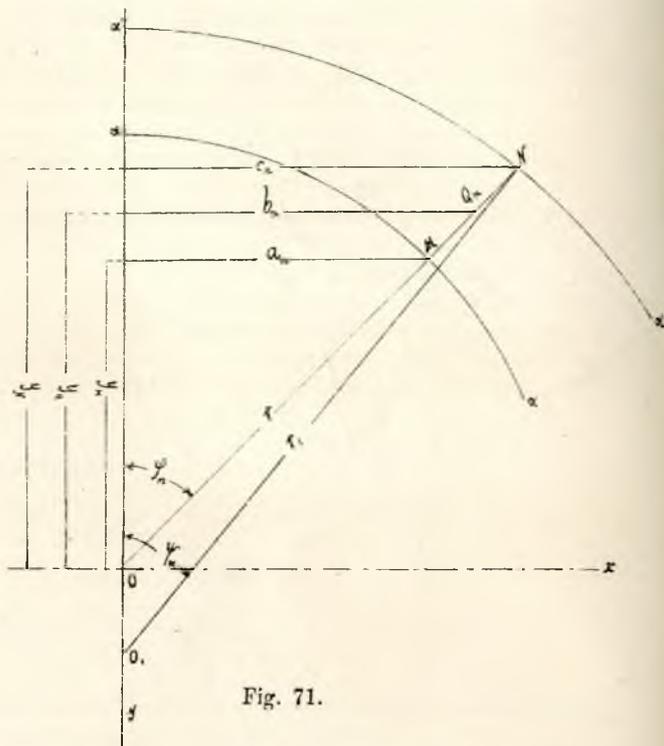


Fig. 71.

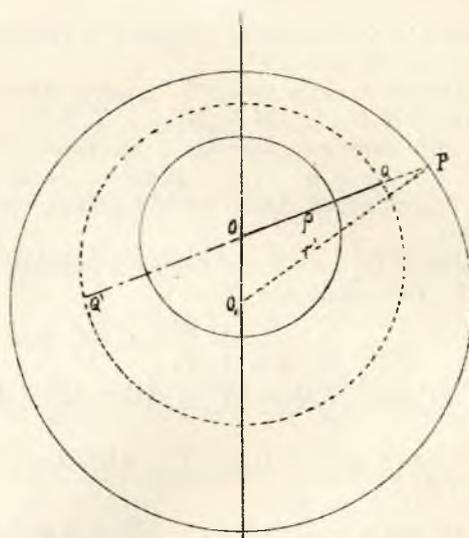


Fig. 72.

ossia sviluppando e riducendo:

$$\rho^2 - \rho(r - e \cos \varphi) - \left( \frac{\beta \cos \varphi + \alpha}{4} \right) = 0 \quad (8)$$

equazione di secondo grado in  $\rho$ , a cui corrisponde in coordinate polari una curva che manifestamente è chiusa, e simmetrica rispetto all'asse polare.

La (8) dice che questa curva non può essere un cerchio, poichè il suo terzo termine  $\left( \frac{\beta \cos \varphi + \alpha}{4} \right)$  è funzione di  $\varphi$  e variabile con esso.

Infatti si sa che il 3° termine d'un'equazione di secondo grado rappresenta il prodotto delle radici, che nel nostro caso sono evidentemente i due raggi vettori OQ, OQ' distesi sulla stessa corda QQ'. Ora in un cerchio tale prodotto è costante, e poichè nel nostro caso questo non si verifica, possiamo asserire che la curva luogo dei punti Q non è un cerchio. Tuttavia se i raggi r ed

$r'$  sono molto grandi rispetto allo spessore variabile  $s$  dell'arco e alla eccentricità  $OO_1 = e$ , si può ritenere con approssimazione più che sufficiente che l'asse in questione coincida coll'arco di cerchio che ha il centro sulla verticale  $OO_1$ , e passa pei baricentri dei giunti in chiave e di imposta.

Per l'applicazione della (2) sarà poi sufficiente dividere l'arco d'intradosso in un certo numero di parti uguali, e condurre pei punti di divisione i giunti corrispondenti. In tal modo si dividerà la vólta in tanti tronchi, che si possono considerare come aventi lo stesso sviluppo misurato in corrispondenza dell'asse dell'arco. Condizione indispensabile quest'ultima, senza cui non si potrebbe applicare la formola del Simpson alla risoluzione degli integrali :

$$\int_0^s \frac{M^2}{I} ds \quad \int_0^s \frac{N^2}{F} ds.$$

Se poi  $I$  ed  $F$  non variano con continuità nell'intervallo da  $o$  ad  $s$  perchè la curva direttrice della superficie d'estradosso presenta qua e là dei risalti, come nella figura 73,

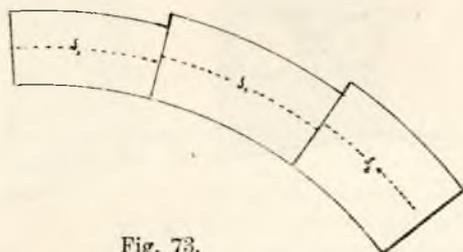


Fig. 73.

allora le funzioni  $\frac{M^2}{I}$ ,  $\frac{N^2}{F}$  saranno continue solo in certi tratti  $s_0, s_1, s_2, \dots$  e quindi si determinerà la:

$$\int_0^s \frac{M^2}{I} ds$$

come somma degli integrali parziali:

$$\int_0^{s_0} \frac{M^2}{I} ds \quad ; \quad \int_0^{s_1} \frac{M^2}{I} ds \dots$$

alla risoluzione dei quali è senz'altro applicabile la formola del Simpson; oppure si sostituirà all'estradosso vero un estradosso ideale e continuo a cui corrisponda una curva delle pressioni che non s'allontani molto dalla vera.

Quest'ultimo espediente è il più delle volte preferito all'altro, e anche noi l'abbiamo adottato nell'esempio riportato più oltre.

Quanto alle sollecitazioni esterne  $M$  ed  $N$ , esse sono generalmente funzioni continue dell'arco  $s$ , poichè nei grandi ponti in pietra o in muratura non si considerano mai nè carichi concentrati, nè vuoti improvvisi in qualche parte della vólta o del riempimento.

Così, ad esempio, è manifesto che se nel materiale di riempimento compreso fra l'estradosso ed il piano stradale esistesse un vuoto la cui sezione fosse limitata da un contorno discontinuo come quello rappresentato nella figura 74, passando dalla sezione  $AB$  alla sua infinitamente vicina di destra, il carico  $P_n$  subirebbe una variazione brusca (finita), e quindi altrettanto avverrebbe delle sollecitazioni  $M$  ed  $N$ ,

Anche in tal caso l'integrazione per mezzo della formola del Simpson non potrebbe estendersi a tutto l'asse dell'arco.

Non insistiamo poi sulle determinazioni analitiche degli elementi  $\phi, \psi$ ;  $A A'$  (lunghezza)  $B B'$ ;  $d$ ;  $\alpha$  (area seg-

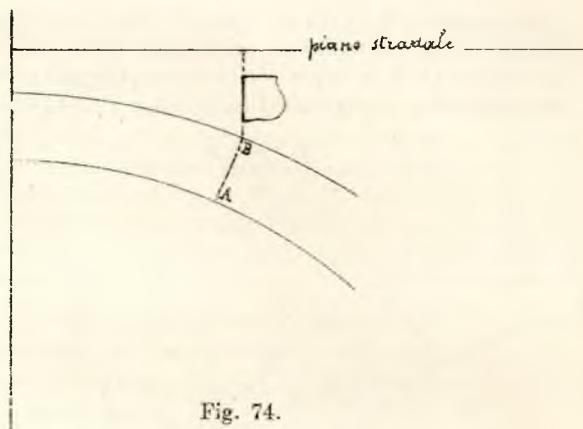


Fig. 74.

mento circolare, ecc.) (fig. 75) per le quali si seguiranno i procedimenti normali della geometria elementare.

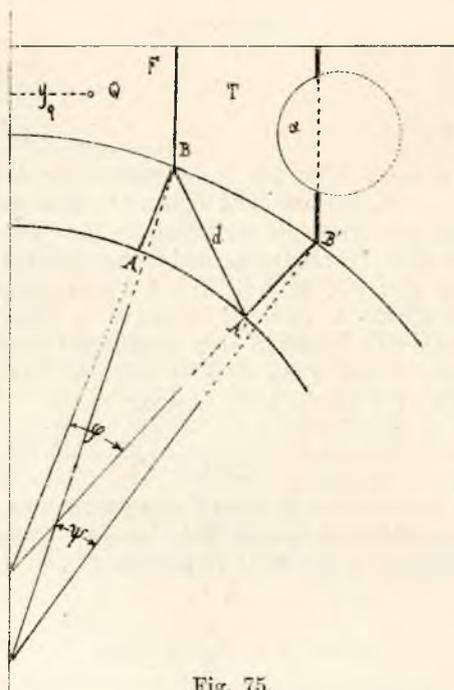


Fig. 75.

**Ricerca dei baricentri.** — Per la verifica della stabilità, più che il baricentro  $Q$  di una figura qualunque  $F$ , occorre individuare la *verticale baricentrica* della medesima, e quindi l'ordinata baricentrica  $y_q$  riferita alla verticale in chiave come asse delle ascisse. In generale si otterrà dapprima l'ordinata baricentrica riferita ad una verticale che non è quella in chiave, ma dalla quale ha una certa distanza che può considerarsi nota, o perchè è uno dei dati del progetto, o perchè da questi facilmente deducibile. In ogni altro caso, se l'area piana che si considera si compone di un certo numero di figure di cui  $y_1, y_2, y_3, \dots$  sono le ordinate baricentriche e  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots$  le aree rispettive, l'ordinata incognita  $y_0$  del baricentro di tutta l'area si otterrà colla nota formola:

$$y_0 = \frac{\sum \Delta y}{\sum \Delta} \tag{9}$$

Così a tutti i quadrilateri  $ABCD$ , considerati come somme dei triangoli  $ADC$ ,  $ACB$ , si applicherà subito la (9), sapendosi che (fig. 76):

$$y_1 = \frac{1}{3} (c_n + a_n + a_{n+1})$$

$$y_2 = \frac{1}{3} (c_n + c_{n+1} + a_{n+1}).$$

Il metodo ora citato si applica pure alle aree che nell'esempio da noi scelto si presentano come differenza fra un trapezio  $\Delta$ , e un segmento circolare (che può essere anche un cerchio)  $\Delta'$ . In tal caso l'incognita  $y_1$  è data da (fig. 77):

$$\frac{\Delta_1 y_0 - \Delta_1 y_1}{\Delta_1} = y_1$$

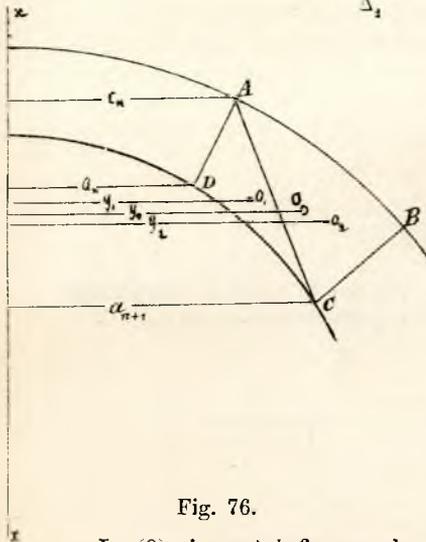


Fig. 76.

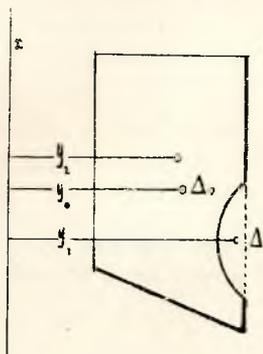


Fig. 77.

La (9) si userà infine per la determinazione delle verticali  $P_1, P_2, \dots, P_n$  segnate nella figura 78, cioè delle linee d'azione dei pesi di quelle parti d'arcata (e relativo sovraccarico) comprese fra un giunto qualunque e quello in chiave.

Così, ad esempio, se ABCDE è l'area compresa fra l'ennesimo giunto, la verticale in chiave, la linea di carico e la verticale BC, potendosi essa considerare come somma di  $2n$  aree, di cui sono note le ordinate baricentriche  $(y_1 \cdot y_1'), (y_2 \cdot y_2'), (y_3 \cdot y_3'), \dots$  sarà:

$$Y_n = \frac{\Delta_1 y_1 + \Delta_1' y_1' + \dots + \Delta_n y_n + \Delta_n' y_n'}{\Sigma (\Delta + \Delta')}$$

l'ordinata baricentrica di tutta l'area considerata.

E quindi colle indicazioni della fig. 78 e rammentando quelle relative alla figura 71 ricaveremo:

$$p_n = b_n - Y_n$$

$$q_n = \left( r + \frac{s_0}{2} \right) - y_a$$

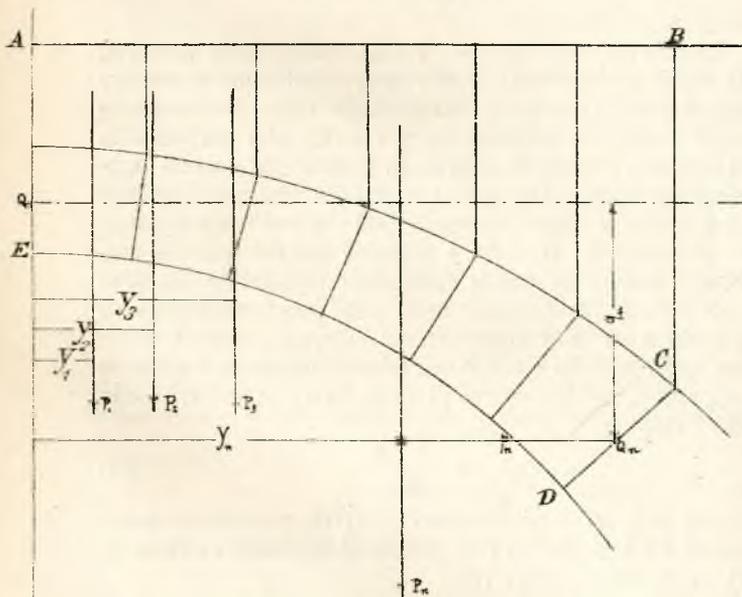


Fig. 78.

Naturalmente in pratica potranno convenire solo alcune delle ricerche analitiche che siamo venuti man mano esponendo. In generale dunque si adotterà un procedimento misto, per quanto quello interamente grafico sia spesso il preferito, perchè se non più esatto, è almeno sempre più breve. Nell'esempio da noi trattato le diverse costruzioni geometriche si sono succedute in questo ordine. Diviso l'arco d'intradosso in 10 parti eguali, per mezzo dei giunti 0, 1, ..., 10 e delle verticali innalzate dai loro estremi, prolungate sino alla linea di carico, si è scomposta la volta (e relativo sovraccarico) in 20 figure, di cui 10 quadrilatere, i cui lati si sono ritenuti tutti rettilinei, e le altre comunque. Cogli elementi, *misurati direttamente sul disegno*, si sono calcolate le aree di queste figure, indi si è costruita di ciascuna di esse la verticale baricentrica, seguendo i metodi noti per quadrilateri e per trapezi. Per le altre figure si è sempre presentato o l'uno o l'altro dei casi indicati dalla fig. 79. Nel primo il trapezio ABCD

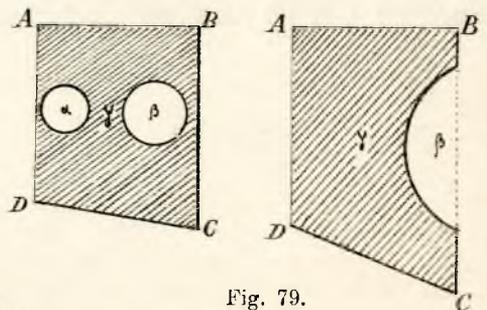


Fig. 79.

si è considerato come somma delle figure  $\alpha, \beta, \gamma$ , della quale ultima si voleva la verticale baricentrica. Erano note dunque (s'intende in grandezza e direzione) la risultante R (il trapezio) e 2 delle componenti (cerchi  $\alpha$  e  $\beta$ ); rimaneva quindi a determinarsi l'altra componente nella sola linea d'azione  $x$ , essendone la grandezza già nota. Costruita quindi la retta delle forze nell'ordine segnato nella figura 15, e proiettata dal polo P, da un punto M qualunque della R si sono condotte le parallele MK, MH rispettivamente ai raggi estremi  $P_0, P_3$ ; indi da K ed H, le parallele rispettivamente a  $P_1, P_2$  fino ad incontrarsi in T. Evidentemente per T passa la verticale  $x$  cercata.

Nel 2° caso lo stesso trapezio ABCD si è considerato come somma del segmento circolare  $\beta$ , e della figura  $\gamma$ , di cui era incognita la verticale baricentrica  $x$ .

Quindi, analogamente a quanto si è fatto prima, costruita (fig. 81) la retta delle forze nell'ordine segnato in figura e proiettata da P, per M punto qualunque della R si sono condotte le parallele ai raggi estremi  $P_0, P_3$ , e da H la parallela a  $P_1$  fino all'incontro della MQ in K. Per K passa evidentemente la verticale  $x$  richiesta.

Trovate dunque le aree e le verticali baricentriche delle 20 figure in cui fu scomposta la mezza arcata (fig. 85) e collegate queste ultime con un poligono funicolare, per punti d'incontro del 3°, 5°, 7° lato col primo si fecero passare rispettivamente le linee di azione delle risultanti successive  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{10}$ , e quindi rimasero determinate le misure  $p_1, p_2, \dots, p_{10}$ .

A questo punto avevamo tutti i dati necessari per applicare le equazioni (3) e (5) alla volta che forma l'oggetto della presente verifica.

Ma per poter far questo bisognava ammettere che l'arco in questione fosse sollecitato da sole forze esterne verticali (1), e in particolare che un tronco qualunque A A' B' B

(1) Infatti le (3) sono valide soltanto in quest'ipotesi.

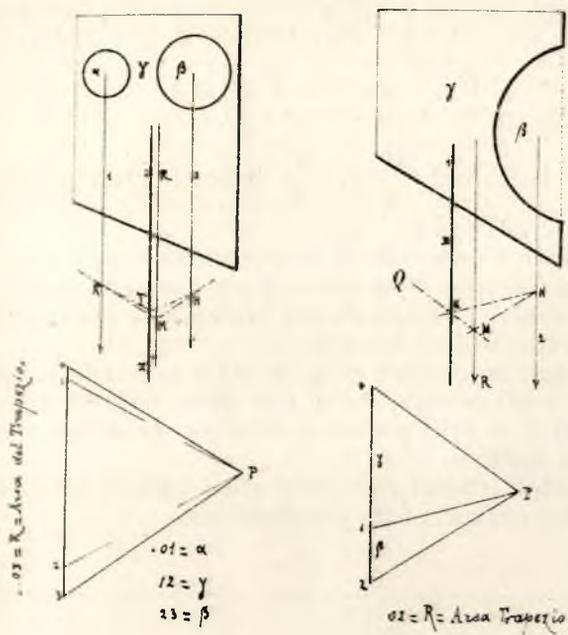


Fig. 80.

Fig. 81.

(Vedi fig. 75) sopportasse soltanto il peso proprio e quello del carico T sovrastante.

Potevamo accettare nel nostro caso quest'ipotesi?

Se si pensa che sulla vólta del ponte proposto dall'architetto Gelati insistono delle forme chiuse che potrebbero dar luogo ad una distribuzione di forze diversa da quella

compreso fra l'estradosso della vólta ed il piano stradale sia riempito con materiale disposto a strati orizzontali, come è indicato nella figura 81.

Ad avvalorare l'ipotesi, che la vólta sia solleccitata da sole forze verticali, si può infine osservare che l'autore del progetto estradossa l'arco a risalti orizzontali in modo da offrire ad ogni anello un piano di posa, rispetto al quale la risultante delle forze sovrastanti sia in ogni caso verticale. La figura 83 darebbe un'idea della disposizione adottata dall'autore (1).

II. — Riassunto dei calcoli per la verifica della stabilità della vólta principale.

DATI DEL PROGETTO.

<i>Intradosso :</i>	
Raggio . . . . .	m. 76,60
Corda . . . . .	» 77,56
Saetta . . . . .	» 10,60
Angolo d'apertura . . . . .	61°,00
<i>Estradosso :</i>	
Raggio . . . . .	m. 88,20
Corda . . . . .	» 81,20
Saetta . . . . .	» 9,90
Angolo d'apertura . . . . .	54°,49'

Spessore in chiave . . . . .	m. 2 —
» all'imposta . . . . .	» 3 —
Larghezza del ponte (esclusi i parapetti) . . . . .	» 20 —

Come si vede da questi dati, il progetto di cui abbiamo intrapresa la verifica non corrisponde esattamente a quello rappresentato dalla fig. 65 e sommariamente descritto (nell'opuscolo già citato) dall'autore stesso. Questi ne modificò la vólta, sostituendo alle primitive curve policentriche d'intradosso e d'estradosso i due archi di cerchio di cui più sopra abbiamo riprodotto i raggi e le corde.

*Condizioni di carico.* — Tutto lo spazio compreso fra l'estradosso e il piano orizzontale AB (fig. 84) che passa per

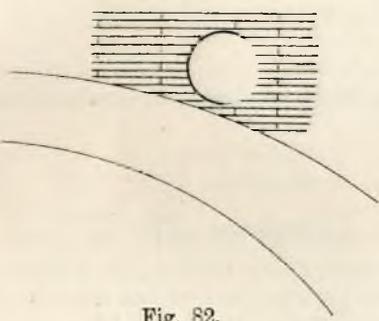


Fig. 82.

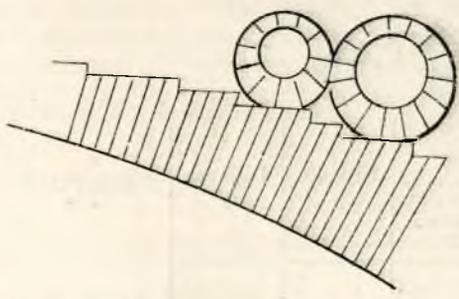


Fig. 83.

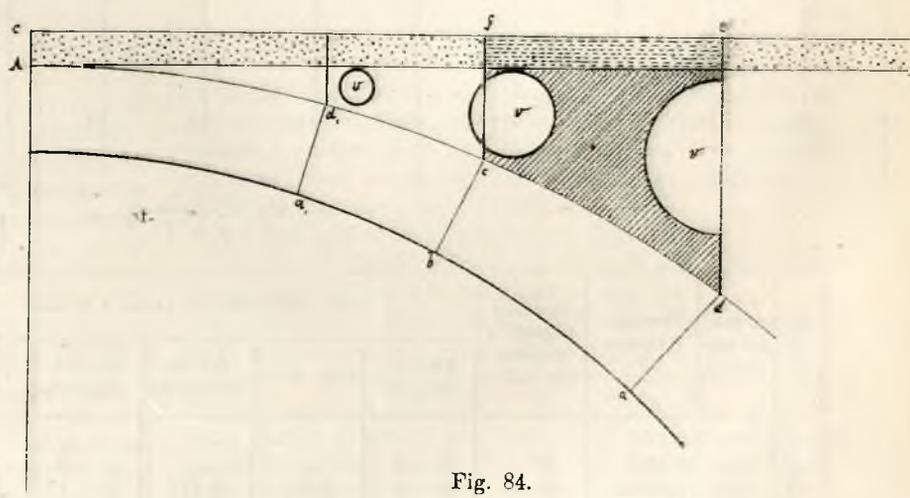


Fig. 84.

che le (3) presuppongono, si riconosce che prima di procedere oltre sarebbe necessario studiare le condizioni d'equilibrio delle forme suddette per vedere fino a che punto l'ipotesi già riferita è accettabile. Ma noi l'ammetteremo senz'altro, persuasi che ogni studio più rigoroso in proposito non modificherebbe notevolmente le nostre conclusioni.

In sostanza dunque si viene a *supporre* che lo spazio

l'estremo superiore del giunto in chiave è ripieno di materiale granitico del peso di tonnellate 2,75 per mc. Il piano AB (2) è anche il piano di posa della massiciata stradale,

(1) All'estradosso vero fu poi sostituito nei calcoli un estradosso ideale in conformità di quanto si disse a pag. 101.

(2) Questo piano è tangente a tutti gli estradossi degli anelli cilindrici che insistono sulla vólta.

alla quale (supposta ridotta in granito) si è assegnato uno spessore uniforme di 0,38 cm. circa.

Un altro strato granitico dello spessore di 0,22 cm. (pari a 600 Kg per mq.) rappresenta il carico accidentale. Fatto quindi CA = m. 0,60 e condotta per C l'orizzontale CD, questa non rappresenta la linea di carico propriamente detta, ma può ad essa sostituirsi in questo senso, che l'area piena compresa fra un tratto qualunque *ef* di essa, le verticali *ed* ed *fe* e l'arco *dc* è proporzionale al peso che insiste sull'elemento di volta *abcd* che vi corrisponde, e riproduce la vera distribuzione di questo peso sulla volta sottostante. In ogni modo, per la continuità delle curve che limitano le sezioni dei vuoti *v* è evidente che se si costruisse la vera curva di carico, essa risulterebbe *certamente continua* in tutto il suo percorso, e quindi per quel che si è detto nella prima parte, supposta la volta estradossata (1)

come nella fig. 84, è chiaro che la formola del Simpson può senz'altro applicarsi alla risoluzione degli integrali:

$$\int_0^s \frac{M^2}{I} ds \quad \int_0^s \frac{N^2}{F} ds.$$

essendo le funzioni  $\frac{M^2}{I}$ ,  $\frac{N^2}{F}$  finite e continue in tutto l'intervallo da 0 ad *s*.

La verifica della stabilità fu estesa soltanto ad 1 metro di volta (nel senso delle generatrici) in corrispondenza dell'asse stradale, supponendo che fra concio e concio non esista interposizione di malta.

Ciò premesso, diamo nella fig. 85 e nella tabella seguente i dati generali, che in gran parte furono dedotti, come si disse nella prefazione, tanto per via grafica come per via analitica.

I simboli letterali sono quelli stessi adottati nella discussione sommaria fatta precedentemente.

(1) Vedi nota (1) pag. 103.

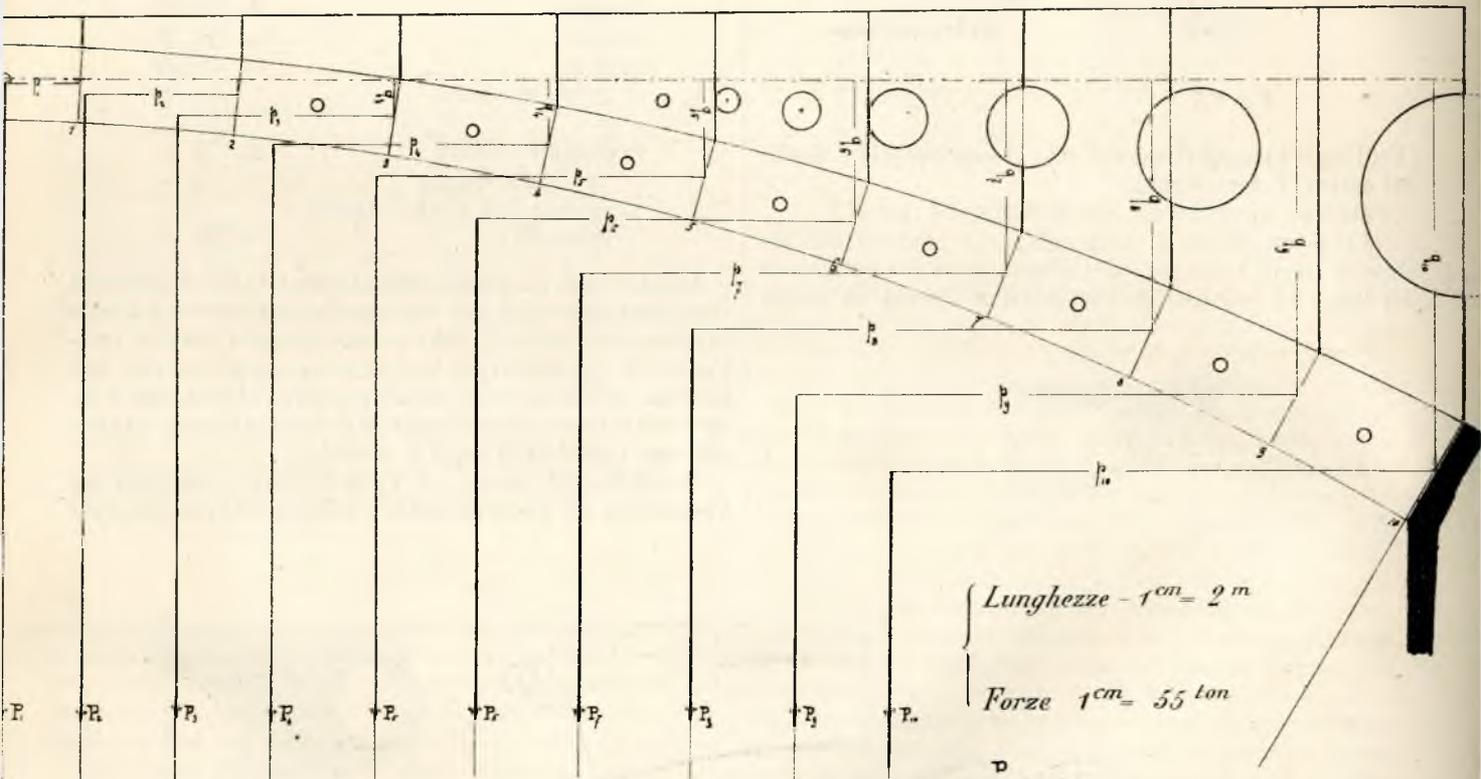


Fig. 85.

Giunti	Area F dei medesimi	Momenti d'inerzia I	Distanze angolari φ rispetto alla chiave	AREE CHE MISURANO ANCHE I VOLUMI					Distanze p	Distanze q	Osservazioni
				tronchi singoli	della volta	del sovraccarico	tronchi compless.	volta e sovraccar. P			
0	2,00	0,6667	0°	0-0	—	—	0-0	—	—	L'unità di lunghezza è il metro. L'unità di forza è il peso di 1 m <sup>3</sup> di granito, pari a tonnellate 2,75.	
1	2,01	0,67672	3° 3'	0-1	8,00	2,777	0-1	10,777	2,08		
2	2,04	0,70747	6° 6'	1-2	8,325	3,487	0-2	22,589	3,88		
3	2,10	0,77175	9° 9'	2-3	8,4175	5,1245	0-3	36,131	5,62		
4	2,18	0,863353	12° 12'	3-4	8,855	7,291	0-4	52,277	7,15		
5	2,25	0,94922	15° 15'	4-5	8,970	10,080	0-5	71,327	8,62		
6	2,36	1,095355	18° 18'	5-6	9,315	12,852	0-6	93,494	9,88		
7	2,50	1,302083	21° 21'	6-7	9,870	15,226	0-7	118,590	11,15		
8	2,65	1,550802	24° 24'	7-8	10,560	20,333	0-8	149,483	12,26		
9	2,80	1,829333	27° 27'	8-9	11,155	22,607	0-9	183,245	13,19		
10	3,00	2,250	30° 30'	9-10	12,000	25,057	0-10	220,302	14,27		

Riferendoci alla formola (4) della pag. 99, si riconosce che i coefficienti numerici che entrano in essa possono esprimersi così:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{I_0} + \frac{4}{I_1} + \frac{2}{I_2} + \frac{4}{I_3} + \dots + \frac{2}{I_8} + \\
 &\quad + \frac{4}{I_9} + \frac{1}{I_{10}}; \\
 B &= \frac{4}{I_1} q_1 + \frac{2}{I_2} q_2 + \frac{4}{I_3} q_3 + \dots + \frac{2}{I_8} q_8 + \\
 &\quad + \frac{4}{I_9} q_9 + \frac{1}{I_{10}} q_{10}; \\
 C &= \frac{4}{I_1} P_1 p_1 + \frac{2}{I_2} P_2 p_2 + \frac{4}{I_3} P_3 p_3 + \dots + \\
 &\quad + \frac{2}{I_8} P_8 p_8 + \frac{4}{I_9} P_9 p_9 + \frac{1}{I_{10}} P_{10} p_{10}; \\
 x) D &= \frac{1}{F_0} + 4 \left( \frac{\cos^2 \phi_1}{F_1} + \frac{q_1^2}{I_1} \right) + \\
 &\quad + 2 \left( \frac{\cos^2 \phi_2}{F_2} + \frac{q_2^2}{I_2} \right) + \dots + \\
 &\quad + 4 \left( \frac{\cos^2 \phi_9}{F_9} + \frac{q_9^2}{I_9} \right) + \left( \frac{\cos^2 \phi_{10}}{F_{10}} + \frac{q_{10}^2}{I_{10}} \right); \\
 E &= 4 P_1 \left( \frac{p_1 q_1}{I_1} - \frac{\text{sen } \phi_1 \cos \phi_1}{F_1} \right) + \\
 &\quad + 2 P_2 \left( \frac{p_2 q_2}{I_2} - \frac{\text{sen } \phi_2 \cos \phi_2}{F_2} \right) + \dots + \\
 &\quad + 4 P_9 \left( \frac{p_9 q_9}{I_9} - \frac{\text{sen } \phi_9 \cos \phi_9}{F_9} \right) + \\
 &\quad + P_{10} \left( \frac{p_{10} q_{10}}{I_{10}} - \frac{\text{sen } \phi_{10} \cos \phi_{10}}{F_{10}} \right).
 \end{aligned}$$

Giovandoci quindi dei valori trascritti nella tabella precedente, ricaveremo per i primi due coefficienti i seguenti risultati:

$$\begin{aligned}
 A &= 30,764 \\
 B &= 70,136.
 \end{aligned}$$

Pel calcolo dei rimanenti riportiamo nella tabella seguente le principali quantità che vi figurano. I valori delle funzioni trigonometriche  $\text{sen } \phi$ ,  $\cos \phi$ ,  $\cos^2 \phi$ , ecc., furono dedotti per mezzo delle tavole logaritmiche a sette decimali, per quanto in generale non sia necessario ricorrere a questo espediente, perchè anche qui con una semplice costruzione grafica si possono molto più speditamente ottenere gli stessi risultati con un'approssimazione più che sufficiente.

Giunti	$\frac{\cos^2 \phi}{F}$	$\frac{\text{sen } \phi \cos \phi}{F}$	Momenti Pp	$\frac{q^2}{I}$	Osservazioni
0	0,50	0,00	—	—	Le unità di forze e di lunghezze sono le stesse della tabella preced.
1	0,496	0,0264	22,416	0,03	
2	0,485	0,0514	87,645	0,17	
3	0,464	0,0748	203,056	0,87	
4	0,438	0,0947	373,780	2,68	
5	0,414	0,1128	614,839	6,67	
6	0,382	0,1263	923,720	11,18	
7	0,347	0,1356	1322,280	17,69	
8	0,313	0,1420	1832,662	25,60	
9	0,281	0,1461	2417,002	34,55	
10	0,248	0,1468	3143,710	43,12	

Sostituendo nelle tre ultime delle (x) i valori riportati nella tabella precedente, ricaveremo rispettivamente:

$$\begin{aligned}
 C &= 19666,79 \\
 D &= 371,002 \\
 E &= 104093,73,
 \end{aligned}$$

per cui il sistema (5) (pag. 99) diviene:

$$\begin{aligned}
 30,764 M_0 - 70,136 Q + 19666,79 &= 0 \\
 - 70,136 M_0 + 371,002 Q - 104093,73 &= 0,
 \end{aligned}$$

che risolto, dà per le incognite  $M_0$  e  $Q$  i valori seguenti:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= + 0,6621 \\
 Q &= + 280,70,
 \end{aligned}$$

nelle quali l'unità delle forze è sempre il peso di un metro cubo di granito = tonnellate 2,75. Quindi in chilogrammi si avrebbe:

$$\begin{aligned}
 M_0 &= + 1820,775 \\
 Q &= + 771925.
 \end{aligned}$$

*Curva dei centri di pressione e sforzi unitari per metro quadrato.* — Le equazioni generali (3) stabilite nella prima parte di questa trattazione ci permettono di trovare i valori delle sollecitazioni esterne  $M_n$ ,  $T_n$ ,  $N_n$  in ogni giunto.

Per procedere a questo calcolo, riportiamo nella tabella seguente i dati principali di cui avremo man mano bisogno.

Giunti	P cos $\phi$	P sen $\phi$	Q cos $\phi$	Q sen $\phi$	Qq
0	0,00	0,00	280,70	0,00	—
1	10,762	0,5734	280,303	14,935	29,663
2	22,463	2,381	279,137	29,585	98,245
3	35,671	5,745	277,129	44,637	230,174
4	51,097	11,047	274,361	59,319	426,664
5	68,815	18,761	270,816	73,833	673,68
6	88,766	29,356	266,504	88,138	982,45
7	110,452	43,174	261,437	102,192	1347,606
8	136,132	61,752	255,629	115,959	1768,410
9	162,614	84,471	249,097	129,395	2231,566
10	189,906	111,812	241,971	142,466	2764,89

È chiaro poi che il quoziente:

$$d_n = \frac{M_n}{N_n}$$

ci dà per ogni sezione la distanza del centro di pressione dal baricentro della sezione medesima. Questa distanza si porterà a partire da O verso il basso o verso l'alto, secondo che risulta positiva o negativa. Il luogo dei punti così individuati è la *curva dei centri di pressione*.

Nel caso nostro essa fu tracciata nella fig. 86.

Quanto alle tensioni principali unitarie per ogni giunto, furono calcolate colle formole date a pag. 99.

I risultati di questi calcoli definitivi furono raccolti nella tabella riportata nella pagina seguente.

Come si vede dalla fig. 86, la curva delle pressioni, costruita in base ai valori di  $d$  riportati più sopra, esce dal terzo medio inferiore per tutto il tronco precedente al giunto d'imposta; quindi in tutte le sezioni di quel tronco si provocano delle tensioni verso l'estradosso.

La massima compressione si verifica allo spigolo d'imposta verso l'intradosso e vale 102 chilogrammi per  $\text{cm}^2$ , mentre nello spigolo opposto della stessa sezione si ha la tensione massima, pari a 37 chilogrammi per  $\text{cm}^2$ . In seguito a questi risultati si potrebbe cercare l'asse neutro della sezione in parola, cioè l'orizzontale luogo dei punti in cui  $\sigma = 0$ . A tal fine basterebbe seguire anche in questo

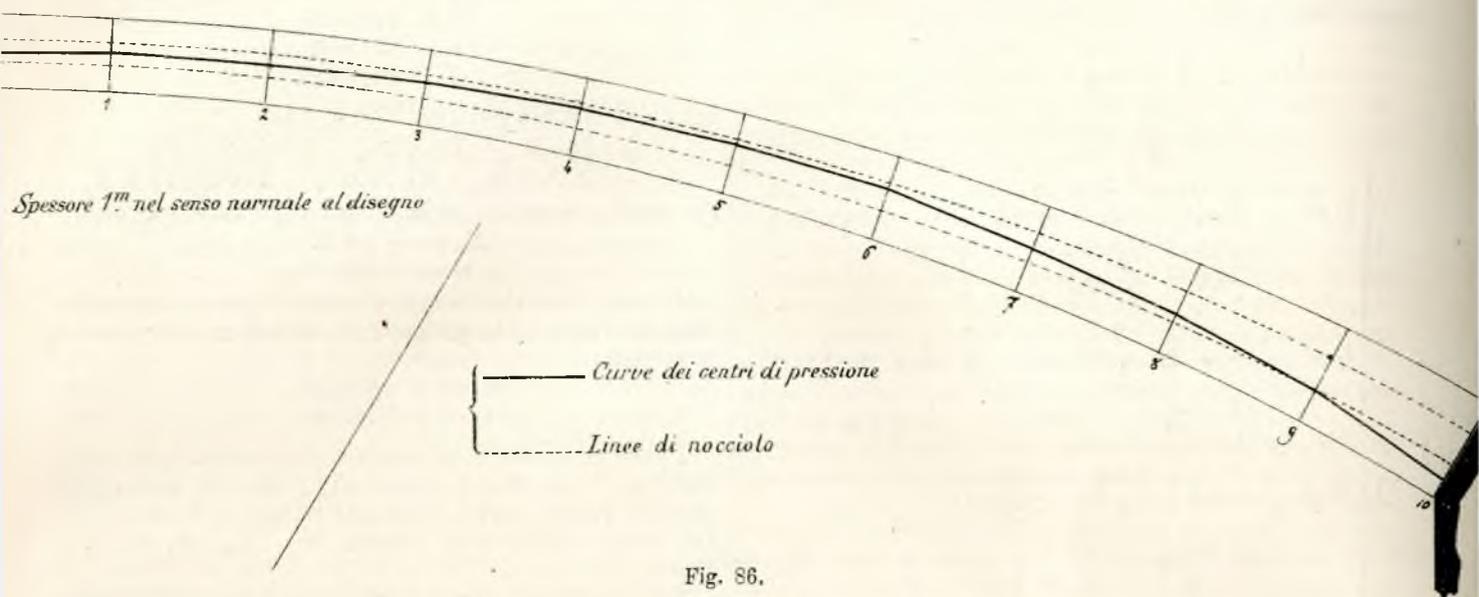


Fig. 86.

Giunti	Momenti flettenti ( $M_n$ )	Sforzi normali ( $N_n$ )	Sforzi di taglio ( $T_n$ )	Pressioni unitarie all'intradosso ( $\sigma_i$ )	Pressioni unitarie all'estradosso ( $\sigma_e$ )	Tensioni tang. unit. massime ( $\tau_{max}$ )	Distanze dei centri di pressione	Osservazioni
0	+ 0,6621	280,70	0	- 141,328	- 139,372	0	+ 0,002	L'unità di forza è sempre il peso di un metro cubo di granito. L'unità di lunghezza è il metro. Il segno (-) preposto alle $\sigma$ significa pressione; e tensione il segno (+).
1	- 6,585	280,876	- 4,173	- 129,960	- 149,518	- 3,114	- 0,023	
2	- 9,938	281,518	- 7,122	- 123,671	- 152,327	- 5,237	- 0,035	
3	- 26,456	282,874	- 8,966	- 98,680	- 170,724	- 6,404	- 0,093	
4	- 52,222	285,408	- 8,222	- 64,989	- 196,853	- 5,657	- 0,183	
5	- 58,179	289,577	- 5,018	- 59,748	- 197,654	- 3,345	- 0,201	
6	- 58,068	295,860	+ 0,628	- 62,809	- 187,919	+ 0,399	- 0,196	
7	- 24,664	304,611	+ 8,260	- 98,167	- 145,523	+ 4,956	- 0,081	
8	+ 64,914	317,381	+ 20,173	- 175,228	- 64,304	+ 11,419	+ 0,204	
9	+ 186,098	333,568	+ 33,219	- 261,554	+ 23,290	+ 17,796	+ 0,557	
10	+ 379,482	353,783	+ 47,440	- 370,916	+ 135,06	+ 23,720	+ 1,072	

calcolo lo stesso processo tenuto dal Castigliano per l'analogia determinazione nell'imposta del ponte Mosca (1), ma crediamo inutile ogni ulteriore analisi in proposito, poichè i risultati ottenuti sono già sufficienti per formulare le conclusioni più importanti della nostra verifica.

La pressione di 102 chilogrammi per  $cm^2$  allo spigolo d'intradosso nella sezione d'imposta e la tensione di 37 chilogrammi per  $cm^2$  allo spigolo opposto sembreranno entrambe eccessive, avuto riguardo per la prima al carico di rottura del materiale impiegato (800 chilogr. per  $cm^2$ ), per la seconda ai mezzi pratici finora adoperati per eliminare queste tensioni laddove si manifestano.

Così, ad esempio, il cemento potrebbe resistere al più ad una tensione di circa 20 chilogrammi per  $cm^2$ . Tale almeno sembrerebbe l'opinione del Castigliano a giudicare dal suo studio *Sulla verifica della stabilità del ponte Mosca*, per quanto dopo di lui altri autori rispettabili l'abbiano messa in dubbio (2).

Escluso dunque il cemento, che in ogni modo sarebbe certo insufficiente per contrastare la tensione suaccennata, non resta che l'adozione di chiavi in ferro, ma da questo espediente rifugge ordinariamente la pratica moderna, per quanto non manchino esempi in cui, secondo l'autore del progetto, essa ha fatto buona prova. I Romani, p. es., se ne

sarebbero serviti in opere congeneri che tuttora sfidano i secoli.

Quanto alla curva delle pressioni, per farla rientrare nel terzo medio non crediamo si possa ricorrere in questo caso al metodo indicato recentemente dall'ingegnere G. G. Ferria (1), giacchè fra l'estradosso ed il piano stradale abbiamo delle condizioni di carico del tutto diverse da quelle che il metodo stesso presuppone. Tuttavia secondo l'autore non mancherebbero anche per l'attuale progetto i mezzi pratici per arrivare allo stesso risultato. Così, ad es., oltre la riduzione dello spessore della volta in chiave, ancora possibile avuto riguardo alla compressione unitaria massima a cui essa è sottoposta, per mezzo di una costruzione murale a voltine, che si sostituirebbe al riampimento granitico nella regione media del ponte, si potrebbe ottenere una diminuzione abbastanza notevole di carico in prossimità della chiave, e quindi un miglioramento nelle condizioni statiche di tutta l'opera.

Ma anche sull'importanza di queste modificazioni, qualsiasi giudizio *a priori* sarebbe arrischiato.

Torino, luglio 1893.

Ing. DOMENICO ZAULI.

(1) Vedi *Giornale del Genio Civile*, maggio 1893, parte non ufficiale, nota n. 15.

(1) A CASTIGLIANO, opera già citata, pag. 474 e seguenti.

(2) Cfr. C. GUIDI, *L'arco elastico*, pag. 49 e 50.

## INDUSTRIA MINERARIA E METALLURGICA

RIVISTA DEL SERVIZIO MINERARIO IN ITALIA NEL 1891 (\*)

*Carta geologica dei combustibili fossili.* — La carta dell'Italia che l'Ufficio delle Miniere ci presenta ogni anno in testa al volume della Rivista, ci indica in quest'anno la posizione dei giacimenti (coltivati e non coltivati) di antracite, di lignite e di torba che sono i soli combustibili fossili del nostro paese.

Vi sono 11 giacimenti di antracite, 32 di lignite nera, 30 di lignite bruna, e 32 torbiere. Ogni giacimento porta un numero, e sono con diverso segno distinti quelli coltivati da quelli che non lo sono. Alla carta fa seguito un elenco del pari numerato nel quale per ogni singolo giacimento si leggono dati e notizie sommarie.

La Relazione generale dell'Ispettore delle Miniere, sig. N. Pellati, riassume alcune notizie generali intorno a tali giacimenti.

La formazione geologica che prese il nome di carbonifera, perchè è quella che racchiude in maggior copia il litantrace, incontrasi in diversi punti del territorio italiano, sempre però in piccoli lembi, sebbene con caratteri petrografici e panteologici conformi a quelli del terreno carbonifero cotanto sviluppato nel nord-ovest dell'Europa. Se vi ha qualche differenza nella *facies* del terreno carbonifero italiano, formato al pari degli altri, di scisti talcosi neri e carboniosi alternanti con arenarie, essa è dovuta ad azioni metamorfiche, le quali, mentre trasformarono le rocce tutte rendendole più cristalline, convertirono pure il litantrace in *antracite*, privandolo quasi completamente degli idrocarburi.

In Italia il terreno carbonifero si presenta più specialmente nelle Alpi piemontesi, ma i giacimenti vanno diminuendo d'estensione, di potenza e di regolarità quanto più si allontanano dalla Savoia che è il centro di questa formazione carbonifera; in conseguenza l'antracite, oltre ad essere metamorfosata, presenta piccoli strati di potenza molto variabile. In Sardegna esiste una zona di terreno carbonifero nel circondario di Lanusei che però è ristretta, circoscritta e sollevata da una formazione porfirica.

Invece le *ligniti* si incontrano in tutti gli orizzonti del terreno terziario italiano, dall'eocene al pliocene inferiore. Quanto più i loro banchi sono racchiusi fra terreni più antichi, tanto meno le ligniti sono cariche di acqua igroscopica, e quindi assumono color nero lucente, struttura compatta e frattura concoide.

I principali giacimenti di *ligniti nere* sono nelle prealpi del Veneto, nel subappennino toscano e ligure, in Calabria ed in Sardegna; ma hanno limitata estensione e banchi di tenue spessore, raramente superiore ai due metri. Però questi giacimenti sono talvolta coltivabili malgrado la piccola potenza del combustibile stante la grande solidità e resistenza delle rocce che ne costituiscono il tetto ed il riposo.

Le *ligniti brune*, aventi cioè un tenore elevato in acqua, che talvolta arriva sino al 30 per cento, un colore giallo-scuro, ed una struttura che lascia discernere la natura dei tronchi d'albero o delle torbe, d'epoca pliocenica e quaternaria, da cui quei giacimenti sono stati formati, esistono particolarmente nella Toscana e nell'Umbria. Solo i banchi di grande potenza, nei quali predomina l'elemento arboreo, anzichè l'elemento torboso, sono economicamente coltivabili. Tale potenza oltrepassa in alcuni bacini i 10 ed anche i 20 metri. Non è improbabile che altri banchi di lignite bruna possano essere scoperti in Toscana e nell'Umbria, dove il terreno pliocenico presenta molte insenature fra il terreno eocenico su cui generalmente si adagia.

Quanto alle *torbe* se ne trovano giacimenti sulle Alpi e sugli Appennini su terreni leggermente inclinati, o nei bacini chiusi di colline moreniche, o negli estuari del Po, dell'Adige e di tutti i minori fiumi del Veneto, come pure del Serchio e del Tevere. Ma

(\*) Ministero d'Agricoltura, Industria e Commercio. — Pubblicazione del Corpo Reale delle Miniere, 1 vol. in 8° grande di pag. LXXXII + 342 con una tavola litografata. — Roma, 1893. — Prezzo lire 3,00.

ad eccezione di quello di Codigoro, nessun altro di questi giacimenti d'estuario è utilizzato, ostandovi principalmente le loro condizioni idrauliche.

\*

*Ricerche minerarie e scoperte.* — Il numero dei permessi di ricerca nuovi e rinnovati, accordati in Italia nel 1891 fu di 124, ossia di poco superiore a quello avutosi nel 1890 in cui furono 102. La lieve differenza in più è in gran parte dovuta al distretto di Bologna, dove si notò un certo risveglio nei ricercatori, in causa dell'aumento del prezzo del solfo e del buon esito dato dai pozzi per petrolio aperti nella provincia di Piacenza. Altri 115 permessi vennero rinnovati o prorogati.

Oltre alle ricerche di solfo e petrolio succennate, sono rimarchevoli quelle di calamina che pare abbia a prendere una parte considerevole nella produzione mineraria del Massetano e più particolarmente nelle regioni di Val d'Aspra e Valle dello Stregajo. Hanno dato pure risultati favorevoli alcune ricerche in Sardegna di minerali di piombo a Tintillonis e di minerali d'argento a Bruncu Lillonis.

Le miniere dichiarate *scoperte* nel 1891 furono sette di cui quattro in Sardegna (piombo argentifero, ed antimonio), due in Piemonte (grafite) e una in provincia di Piacenza (petrolio).

*Concessioni e coltivazioni minerarie.* — Non si accordarono che quattro concessioni: due per la Sardegna, una di antimonio a San Vito in circondario di Cagliari; l'altra di zinco a Fluminimaggiore nel circondario di Iglesias; la terza di petrolio a Firenzuola d'Arda (Piacenza) e la quarta, che è la regolarizzazione di un gruppo di antiche miniere di ferro, in Val Seriana (Bergamo).

*Cave, fornaci ed officine.* — Il numero totale delle cave autorizzate nel 1891 fu di 307, notevolmente superiore a quello dell'esercizio precedente; e l'aumento è quasi per intero dovuto al distretto di Napoli.

Il numero totale delle fornaci ed officine autorizzate nel 1891 è stato di 162, pressochè uguale a quello avutosi nel 1890; fra le officine sono meritevoli di menzione le tre laverie meccaniche stabilite in Sardegna per il trattamento dei minerali di piombo, di piombo e zinco e di antimonio.

\*

*Vicende industriali dell'esercizio 1891.* — In quest'anno la produzione mineraria del Regno raggiunse il massimo suo valore essendo risultata di lire 79.890.726 con un aumento di L. 16.063.793 sulla produzione dell'anno precedente ed un aumento di L. 6.075.474 sul valore corrispondente per il 1882, anno che prima d'ora rappresentava il massimo della produzione mineraria italiana.

*Solfo.* — Questo maggior valore può ritenersi dovuto per intero al rialzo del prezzo del solfo, il quale da lire 76,55 la tonnellata che era nel 1890 salì a lire 112,57.

Sarebbe stato desiderabile che questo favorevole stato di cose, susseguito alla grave crisi da cui l'industria solfifera era appena uscita, non fosse stato compromesso con una produzione eccessiva.

Nel 1891 la produzione totale di solfo greggio fu di 395.528 tonnellate, con aumento di 26.289 tonnellate su quella dell'anno precedente.

Il prezzo medio del solfo essendo salito, come già si disse, a lire 112,57 la tonnellata, il valore totale della produzione fu per il 1891 di lire 44.525.456, con un aumento di lire 16.260.165 sul valore corrispondente per il 1890.

All'aumento della produzione contribuirono quasi ugualmente tutti i diversi centri solfiferi dell'isola.

L'ammontare totale dei depositi nell'isola si accrebbe nel 1891 di 20.274 tonnellate, quantità di poco superiore all'aumento di produzione.

La maggior parte del solfo greggio continuò, come per lo addietro ad essere prodotta dai calvaroni; solo un 17 per cento dai forni o celle comunicanti, e l'8,5 per cento dagli apparecchi a vapore. Tuttavia queste cifre dimostrano come i due ultimi sistemi di fusione vanno, benchè lentamente, acquistando terreno, sostituendosi gradatamente all'antico sistema del calcarone.

Riguardo alle raffinerie la Relazione non ha alcuna osservazione speciale; la quantità totale di solfo raffinato fu di 59.396 tonnellate, di cui più di un terzo provenne dalla raffineria di Catania.

Inoltre nel 1891 si macinarono 95.215 tonnellate di solfo, ivi comprese 3587 tonnellate di solfo ramato al 4 per cento, il quale fu quasi per intero prodotto dall'opificio della ditta Albani in Pesaro, e da quello dell'azienda solifera « Italia » in Bellisio.

\*

*Piombo, zinco ed argento.* — La produzione di questi minerali ammontò complessivamente nel 1891 a 152.924 tonnellate, riuscendo alquanto superiore a quella di 144.863 tonnellate avutasi nel 1890. Per contro nel valore della detta produzione si ebbe una lieve diminuzione di lire 182.996 su quella corrispondente del 1890.

Un progressivo ribasso nei prezzi del piombo e dell'argento fu la causa di tale diminuzione, mentre il prezzo dello zinco andò aumentando, ma quasi a totale beneficio dei fonditori che nuovamente riuniti in sindacato riuscirono a padroneggiare il mercato dei minerali zinciferi.

La produzione sucennata è quasi per intero da attribuirsi alla Sardegna, dove nel 1891 si verificarono alcuni progressi nello sviluppo dei lavori, degni di essere rilevati.

Nelle tre concessioni di *Montevechio* si eseguirono complessivamente 1768 metri di gallerie e 272 metri di pozzi e fornelli, abbattendo il filone sopra una superficie di 11,937 mq. e producendo 11,881 tonnellate di galena contenenti 74.77 0/0 di piombo con circa 60 grammi d'argento per quintale di minerale.

A *Gennamari* si installò una funicolare di 915 metri di lunghezza per la discesa del minerale.

A *Monteponi* nella grande galleria di scolo l'efflusso variò fra un massimo di 1282 ed un minimo di 1085 litri per minuto secondo.

A *Nebida*, a *Malacalzetta* si attivarono nuove laverie.

In Lombardia la produzione di minerali di zinco, costituita quasi per intero da calamina, fu di 12,738 tonnellate con un aumento di 1251 tonnellate su quella dell'anno precedente.

Venendo alle *fonderie*, quella di *Pertusola* diede nel 1891 18,500 tonnellate di piombo del valore di lire 5,698,000 e 37,600 chilogrammi d'argento valutati lire 6,016,000. Vuolsi notare che quest'officina è riuscita nel 1891 ad acquistare sui mercati inglesi, vincendo la concorrenza di tutti gli altri simili stabilimenti d'Europa, partite ragguardevoli di minerali del Messico, del Chili e dell'Australia; e siccome tra questi minerali alcuno contiene oro, così sono da aggiungersi 100 chilogrammi d'oro del valore di lire 345,700.

In Sardegna le due fonderie di Masua e Fontanamare rimasero inattive.

\*

*Ferro.* — La totale produzione dei minerali di ferro fu di 216,486 tonnellate del valore di lire 2,767,187 con una diminuzione nella quantità di 4216 tonnellate ed un aumento nel valore di lire 351,173 sull'anno precedente. La parte spettante nella detta produzione alle miniere dell'Elba fu di 176,779 tonnellate di cui 160,712 tonnellate furono esportate dall'isola, essendo andate in America 136,021 tonnellate, in Inghilterra 17,575 tonnellate, in Francia 235, e sul continente italiane 6871 tonnellate.

Nella Lombardia la produzione si mantenne pressochè uguale a quella dell'anno precedente, mentre che in Piemonte essa risultò di sole 1000 tonnellate, ossia minore della metà di quella avutasi nel 1890. Vuolsi pure notare la riattivazione della miniera di San Leone in Sardegna, per cui quest'isola tornò a figurare nella produzione dei minerali di ferro per una quantità di 10190 tonnellate.

Nel 1891, furono attivi 9 alti forni, dai quali si ebbero 11930 tonnellate di ghisa con una diminuzione in confronto al 1890 di 2416 tonnellate.

Una diminuzione di molto maggiore rilievo si verificò nei prodotti delle fonderie e delle acciaierie che furono di 228,593 tonnellate con una differenza in meno di 55,457 tonnellate sul 1890. Nel sindacato prodotto, 152,668 tonnellate sono di ferro, e 75,925 di acciaio. Il valore

della produzione totale fu di lire 59,108,122 con una diminuzione di circa 18 milioni di lire.

Malgrado le condizioni sempre più difficili dell'industria siderurgica italiana si deve notare che nel 1891 i signori fratelli Tassara misero in esercizio a Voltri una nuova ferriera coll'intendimento di poter continuare a lavorare anche quando verranno a mancare le vecchie rotaie, allora cioè che per materia prima non si avrà più che il vecchio rottame.

Altra importante officina è pure in via di costruzione presso Piombino, la quale avrà per oggetto la fabbricazione della latta.

\*

*Combustibili fossili.* — Questa produzione subì un nuovo regresso; da 376,326 tonnellate che era nel 1890 discese a 289,286 presentando conseguentemente nel suo valore di lire 2,205,851 una diminuzione di lire 700,417 in confronto coll'anno precedente.

Il centro di maggiore produzione della lignite è sempre quello di San Giovanni di Valdarno, cui tengono dietro le miniere di Spoleto. La diminuzione nella produzione è particolarmente da attribuirsi alle minori richieste degli stabilimenti di Terni.

Anche per le *torbiere* il prodotto fu nel 1891 minore che nel 1890 poichè da 42,185 tonnellate si ridusse a 39,272 rappresentanti un valore di lire 531,719.

Invece nei combustibili *agglomerati* si verificò un notevole incremento, essendo la loro produzione salita da 576,050 tonnellate che era nel 1890, a 644,005 tonnellate, dalla quale quantità sono da dedursi 17,855 tonnellate di agglomerati di carbonella vegetale, ossia di provenienza interna, mentre le formelle di carbon fossile sono fabbricate con sostanze di origine estera.

\*

*Rame.* — Le miniere di rame aumentarono nel 1891 la loro produzione da tonnellate 50,378 che fu nell'anno precedente, a tonn. 53,059; ed il valore da lire 1,857,704 salì a lire 2,829,334. Il maggior valore dipende essenzialmente dal più elevato tenore dei minerali escavati, mentre nel prezzo del metallo si ebbe anzi un ribasso di circa il 5 0/0 su quello verificatosi nel 1890.

La principale produzione proviene come al solito dalle tre antiche miniere di Montecatini, delle Capuane vecchie, e della Fenice Massetana, alle quali va aggiunta la nuova miniera di Boccheggiano che col suo rapido sviluppo pare tenda a divenire la più importante di tutte. Infatti in questa miniera si escavarono già circa 5 chilometri fra pozzi e gallerie e si eseguirono lavori preparatori in modo da avere 7 piani distinti di coltivazione, a 30 metri l'uno al disotto dell'altro. La produzione fu di 3000 tonnellate di minerale ricco al 12 0/0 e di circa 5000 tonnellate di minerale povero al 2 0/0, da cui si ricavarono, col trattamento per via umida, 114 tonnellate di cemento di rame all'85 0/0.

Nelle fonderie ed officine del rame e sue leghe la produzione in pani e lavori nel 1891 fu di 5977 tonnellate per un valore di L. 11,216,143, e quindi con una diminuzione sull'anno precedente di tonn. 429 e di lire 805,687, diminuzione dovuta quasi totalmente allo stabilimento di Donnaz, mentre nelle altre officine la lavorazione procedè nelle medesime condizioni dell'anno precedente. Ad accrescere la produzione entrarono pure la fonderia di Bargonasco per la fabbricazione della lega « Delta ».

\*

*Mercurio.* — Nel 1891 la produzione delle miniere di Mercurio fu notevolmente inferiore a quella del 1890, essendo discesa da 449 tonnellate a 330. Anche il prezzo del metallo ribassò da lire 6.50 a L. 5.40 il chilogramma. Il regresso è dovuto al carattere saltuario dei giacimenti cinabiferi, non avendosi sempre un cantiere pronto per l'escavo appenachè l'altro cantiere diventa improvvisamente sterile. Le ricerche eseguite nel 1891 nelle miniere del Sele e delle Solforate furono coronate da buon successo.

Nella miniera del Sele si pose in esercizio il forno Cennack, il quale pare abbia dato risultati molto soddisfacenti, essendo con esso la perdita del trattamento rimasta compresa fra il 4 ed il 5 per mille.

\*

*Minerali diversi.* — La massa degli altri prodotti, la cui produzione è di minor importanza di quelli precedentemente considerati ammonta

complessivamente a 114,518 tonnelli. per un valore di lire 5,102,578, e così con un aumento di 2771 tonnelli. e di lire 502,207 sulle cifre corrispondenti del 1890. Fra tali prodotti vengono per ordine d'importanza:

*l'acido borico*, la cui produzione unita a quella del borace sali a 3831 tonnellate per lire 2,223,900;

gli *asfalti, mastici e bitumi*, la cui produzione, presa complessivamente, fu di 28,180 tonnellate per un valore di lire 678,900; la più gran parte di questa produzione è dovuta alle miniere d'asfalto del Siracusano, aperte nel territorio di Ragusa; ed i prodotti di queste lavorazioni vengono quasi totalmente spediti all'estero, ai mercati di Amburgo, New-York e Londra;

*l'oro*, proveniente quasi per intero dalle miniere della Valle Anzasca; 7729 tonnellate di minerale per un valore di lire 466,378; furono pure provate le draghe per il lavaggio delle sabbie aurifere del Ticino e dell'Orba, ma l'esperienza dimostrò la necessità di alcune modificazioni nei macchinari;

*l'antimonio*, dalle cui miniere si ebbe una produzione di 782 tonnellate del valore di lire 323,219, in massima parte proveniente dalla miniera di Su Suergiu ed in parte dalla miniera di Rosia situata a poca distanza dalla fonderia stessa;

il *manganese*, la cui produzione è stata di 2429 tonnellate di minerale per lire 64,595;

il *petrolio*, che raggiunse una produzione di 1155 tonnellate, più che doppia di quella dell'anno precedente, in grazia specialmente dei pozzi aperti nella concessione di Velleja in Val di Chero (Piacenza);

il *salgemma*, che presentò un aumento assai ragguardevole poichè da 17,098 tonnellate nel 1890 salì a 31285 tonnellate del valore di lire 379,450;

il *sale di sorgente*, la cui produzione si mantenne sul piede degli anni precedenti (tonnellate 9258 del valore di lire 266,948); da non confondersi col *sale marino*, le cui 73 saline, tra demaniali e private raggiungono la produzione di 347,274 tonn. del valore di L. 3,067,777;

le *acque minerali* per bagni ed altri usi terapeutici, del valore complessivo di L. 28,335;

la *pirite di ferro* che raggiunse la quantità di 19,808 tonnellate del valore di lire 270,588;

*l'allumite*, 4000 tonnellate del valore di lire 19,200;

infine la *grafite*, la cui produzione interamente dovuta alle miniere nel circondario di Pinerolo, continuò ad aumentare, attalchè salì da 1735 tonnellate che era nel 1890 a 2415 tonnellate del valore di L. 32965.

\*

*Marmi delle Alpi Apuane.* — Nella Rivista dell'anno precedente è stata data la statistica generale di tutte le cave esistenti nel Regno; una tale statistica per le difficoltà che presenta e per le poche differenze da un anno all'altro non si rinnova che dopo un certo numero d'anni. Ma il posto importante che occupano nell'industria estrattiva italiana le cave di marmo delle Alpi Apuane merita speciale menzione. La produzione totale di questi marmi fu nel 1891 di 196,398 tonnellate con una diminuzione di 17,604 tonnellate su quella dell'anno precedente.

Tale produzione fu per più di 2/3 alimentata dalle cave del Carrarese e per il resto da quelle del Massese e della Versilia.

L'esportazione dal Regno ebbe pure una lieve diminuzione; essa tuttavia riesci di 123,385 tonnellate; d'altronde il valore dei marmi esportati riesci superiore di lire 1,349,961 a quello riferibile al 1890, e fu in complesso di lire 16,478,467, ciò che dipende dalla maggiore lavorazione subita dal marmo esportato nel 1891.

\*

*Gas-luce.* — La Rivista del 1891 ci reca una preziosa statistica di questo ramo dell'attività nazionale, mentre le precedenti notizie ufficiali risalivano al 1865. Merita dunque che siano messi in evidenza i progressi fatti negli ultimi 26 anni, quali risultano dal seguente specchietto:

		1865	1891
Officine . . . . .	numero	57	142
Operai . . . . .	»	1117	3328
Motori . . . . .	»	13	124
» . . . . .	cav.-vap.	58	596

Gas-luce . . . . .	m. e.	30.189,941	138.539,647
» . . . . .	lire	10.576,383	33.885,840
Coke . . . . .	tonn.	67.668	351,626
» . . . . .	lire	3.114,343	12.895,984
Catrame ed acque . . . . .	tonn.	6968	57,331
ammoniacali . . . . .	lire	413,572	1,026,763

Il valore totale di questi prodotti nel 1891 è stato quindi di 47.808.587 lire, valore più che triplicato rispetto al valore totale de' medesimi prodotti nel 1865.

\*

*Prodotti chimici.* — Nel 1891 la fabbricazione dell'acido solforico raggiunse la quantità di 50 mila tonnellate, riuscendo, ciò malgrado, insufficiente alle richieste, a motivo del consumo sempre in aumento dei concimi artificiali.

\*

*Motori.* — Dalle tabelle statistiche per il 1891 risulterebbe una *diminuzione* nei motori *idraulici*, i quali da 1548 della potenza di 24.649 cavalli-vapore, nel 1890 discesero a 1499 della potenza di 22.470 cavalli-vapore; ed un *aumento* nei motori *a vapore*, essendo saliti a 951 della potenza di 25.632 cavalli-vapore contro 809 della potenza di 24.971 cavalli-vapore riconosciuti nell'anno precedente.

\*

*Relazioni speciali.* — Alla Relazione generale dell'Ispettore delle Miniere N. Pellati, fanno seguito le relazioni speciali degli ingegneri preposti ai singoli distretti. Oltre ai fatti di già riassunti nella Relazione generale, notiamo quelli locali di maggiore importanza.

Nella relazione molto particolareggiata per il distretto di *Bologna* l'ingegnere E. Niccoli riferisce con molta diligenza intorno alla situazione ed alla importanza di manifestazioni petroleifere nel permesso del rio Canei nella Valle del Sillaro, appartenente al signor Carlo Montebugnoli, ed in quello finitimo o quasi dell'ingegnere Atilio Muggia, che comprende il noto vulcanello di Sassano spingendosi fino all'Idice. È fuori dubbio che nella zona che ha per centro Sassano e nel lungo tratto dal Canei al vallone degli specchi si spiegano, in relazione con anticlinali e spostamenti, i caratteri delle così dette *linee di petrolio*.

Certo, la ricchezza non può attendersi dalle sabbie degli affioramenti, ma non è improbabile l'incontro di giacimenti secondari non troppo difficilmente accessibili ed anche abbastanza fecondi, mentre la profondità alla quale si potrà raggiungere l'orizzonte dei giacimenti primari, potrà solo prevedersi quando si conosca la potenza dell'argilla scagliosa o meglio dell'intera formazione entro cui o sotto cui si troveranno le concentrazioni di petrolio.

La relazione stessa annunzia di prossima pubblicazione la raccolta di dati sui pozzi artesiani della bassa Romagna.

\*

La relazione dell'importante distretto di *Caltanissetta*, dell'ingegnere R. Travaglia, è ricca di quadri statistici, e di notizie sulle vicende industriali di 818 solfate di cui 581 attive. Vi fanno seguito alcuni ragguagli sulle miniere di *pietra pece*, calcare bituminoso di Ragusa che viene esclusivamente adoperato nella fabbricazione dell'asfalto; e la notizia di due importanti segherie di marmi funzionanti a Palermo, l'una delle quali impiantata nel 1890 per cura della Società per l'industria ed il commercio dei marmi siciliani.

\*

La relazione per il distretto di *Firenze* (Ing. Paolo Deferrari) si estende alquanto sulle ricerche per cinabro eseguite in gran parte con buon successo dalla ditta Fossi e C., a Jano, nel comune di Montaione e dopo di essersi alquanto soffermato sui diversi elementi della produzione mineraria di tutto il distretto, termina con una rivista particolareggiata delle *cave antiche* di marmi della Toscana che fornirono materiali da costruzione e da decorazione per i nostri monumenti nazionali, il quale lavoro serve come di complemento al rapporto stesso nel precedente anno sulle principali cave in esercizio. Faremo tesoro per i lettori di così preziose notizie in un prossimo numero.

\*

Nella relazione per il distretto di *Genova* (Ing. L. Mazzuoli) oltre a notizie riportate più sopra nella relazione generale ne troviamo altre relative alle importanti opere eseguite dalla Società De Ferrari-Galliera, proprietaria dell'acquedotto omonimo, per la trasmissione elettrica della forza. Già sappiamo che nel 1890 erasi inaugurato uno stabilimento, denominato *Galvani*, per la trasmissione di circa 70 cavalli, quel primo esperimento avendo dato buoni risultati si procedè subito, nella parte sovra-stante dello stesso versante montuoso, alla costruzione di altri due stabilimenti, ai quali si posero i nomi di *Volta* e *Pacinotti*.

L'altitudine dei detti tre stabilimenti è rispettivamente di 250, 401 e 515 metri. Nel 1° funzionano 2 turbine di 140 cavalli con 4 dinamo; nel 2° si hanno 4 turbine di 450 cavalli con 8 dinamo, e nell'ultimo, ancora incompiuto nel 1891, dovevansi installare 4 turbine di 430 cavalli con 8 dinamo. Alla fine del 1891 le stazioni ricevitrici, ossia gli utenti della forza elettrica, erano in numero di 12 ed utilizzavano la forza di 410 cavalli dati in parte dallo stabilimento Volta ed in parte dallo stabilimento Galvani; lo sviluppo totale dei fili conduttori era di 95 chilometri, ripartiti in tre circuiti, uno dei quali della lunghezza di 46 chilometri arriva fino al centro della città di Genova, ove si è costituita una società anonima, sotto il nome di « Società genovese di elettricità » la quale ha per iscopo di trasformare la corrente di alto potenziale, fornita dalla società De-Ferrari-Galliera, in una corrente a basso potenziale da servire per l'illuminazione elettrica privata.

\*

La relazione per il distretto d'*Iglesias* (Ing. Lodovico Mazzetti) dà particolare notizie sui progressi dei lavori di tutte le miniere della Sardegna.

Quella per il distretto di *Milano* (Ing. Vittore Zoppetti) è interessantissima per le notizie sulla miniera di petrolio di Velleja in Val di Chero (Piacenza), esercita con alacrità e pari abilità dalla Società francese Zipperlen e C., e nella quale la produzione fu veramente straordinaria, e sarebbe stata ancora maggiore se la raffineria di Fiorenzuola d'Arda fosse stata in grado di ricevere tutto il petrolio che i pozzi di Velleja avrebbero potuto fornire. Attualmente si contano 15 pozzi, tra sospesi e funzionanti; alcuni dei quali diedero in tre giorni 50 mila litri di petrolio; si contano 17 motori a vapore della potenza di 207 cavalli-vapore, con tutti i congegni relativi alla perforazione ed all'estrazione. La pratica fatta in tale località ha comprovato che, per le difficoltà dei trasporti del litantrace, quando un pozzo non dà più di 180 litri di petrolio al giorno, esso diventa passivo e conviene abbandonarlo.

Ma prima di addivene a tale abbandono conviene di approfondire il pozzo sino al punto in cui non torni troppo difficoltosa e gravosa la perforazione, potendosi incontrare nuovi orizzonti di petrolio di maggiore abbondanza. Così accadde ai pozzi n. 3 e n. 7 i quali ridottisi a dare meno di 180 litri nelle 24 ore, vennero approfonditi, il primo fino a 84 metri, ed il secondo a 143 metri, ottenendosi dal primo mediamente 700 litri di petrolio al giorno in un periodo di sei mesi, e dal secondo coll'aiuto delle pompe 50 mila litri in 4 giorni, e poi 100 mila litri in 15 giorni, e quando la produzione si limitò a 2500 litri al giorno, si dovè sospendere il lavoro, mancando i recipienti per raccogliere il petrolio.

La stessa relazione passando in rivista gli importanti stabilimenti metallurgici, ferriere ed officine meccaniche di quel distretto, mostra come tutti i rami di tale produzione abbiano assai risentito gli effetti dello stato di crisi che gravò nel 1891 sul paese.

Fra gli stabilimenti mineralurgici la *vetreria* milanese A. Lucchini e C. ha potuto svolgere la sua attività introducendo parecchie innovazioni nei forni e provvedendo all'impianto per la fabbricazione dei *vetri rigati* ottenuti di getto in un nuovo fabbricato oppositamente eretto, di forma rettangolare, di m. 90 × 21.

Per la fabbricazione dei vetri rigati si usano due tipi di apparecchi; il primo serve per la fusione del vetro, a cui fa seguito la laminazione di una massa di vetro fuso su di apposita tavola di

colatura. Il secondo è un forno a tempera a cui passa il foglio di vetro laminato per ricuocerlo e raffreddarlo in modo lento ed uniforme.

Il forno di fusione del vetro è a gas con camere ricuperatrici del tipo Siemens, ed a bacino, ad azione continua, capace di fornire 10 tonnellate di vetro fuso in 24 ore, coi relativi gasogeni, valvole di inversione e camino alto m. 30. Le camere rigeneratrici sono disposte lateralmente al bacino, in modo da non ostruirsi nel caso di rottura di esso, con perdita del vetro. L'introduzione della carica di materie prime si fa da una delle estremità minori del forno di forma rettangolare, mentre il vetro fuso si raccoglie continuamente all'altra estremità minore, ove esistono tre porte. Si ottiene una combustione perfettissima ed una molto elevata temperatura nella zona di fusione mediante un sistema speciale di *abbruciatori del gas*, producenti una regolare miscela del gas coll'aria calda. Si arriva così a produrre un vetro bianco e raffinatissimo, all'altra estremità del bacino, da cui se ne fa la presa.

Il vetro fuso viene estratto da bocche di presa con mestola a lungo manico di acciaio ed è versato sopra la *tavola di colatura* metallica con impronte a righe longitudinali, sulle quali vien pressato un rullo che lamina la massa fusa allo spessore voluto. Il foglio di vetro, dopo laminato, vien tratto sul *carro porta-lastre* dal quale si spinge nel forno a tempera.

Esso è pure scaldato a gas, ed ha la forma di un lungo canale, con temperatura uniformemente decrescente; viene percorso dalle lastre in raffreddamento mediante una disposizione meccanica, per cui sono opportunamente mosse parecchie verghe di ferro da operai speciali, che fanno avanzare le lastre progressivamente. Tale meccanismo è conosciuto sotto il nome di apparecchio *Bievez*.

All'estremità del forno di tempera le lastre sono ricevute dagli stessi operai che fanno funzionare l'apparecchio Bievez, e trasportate alle tavole di raffilatura, ove vengono squadrate e ridotte alla voluta misura.

Le lastre colate rigate costituiscono un prodotto non mai stato fabbricato in Italia, e merita lode la Vetreria milanese che ha saputo dotare il paese di quest'importante industria.

\*

Le relazioni per i distretti di Napoli, di Roma, di Torino e di Vicenza, sebbene anch'esse diligentissime, come al solito, non presentano fatti rilevanti, oltre alle cifre statistiche, ed alle notizie riassunte nella Relazione generale.

Ricaviamo tuttavia da quella di Roma (Ing. Lamberto Demarchi) che la costruzione della nuova ferrovia fra Roma e Viterbo ha dato occasione all'apertura di una cava di travertino nella tenuta di Tor Vergano fra la via Cassia e la Valle della Valchetta. La potenza utilizzabile come pietra da taglio non oltrepassa di molto i 2 metri, ma si ha una pietra grigia, più scura e meno cavernosa del travertino di Tivoli, la quale fu e potrà essere vantaggiosamente adoperata per l'edilizia in Roma, quando le migliorate condizioni economiche generali, insieme al cessare della crisi edilizia consigliassero la costruzione di un tronco di ferrovia per la Valle della Crescenza.

G. SACHERL.

## NOTIZIE

**Il primo tronco Ovada-Acqui-Asti della nuova ferrovia Genova-Ovada-Asti, inaugurato il 18 giugno 1893.** — La ferrovia Genova-Ovada-Asti è tra le sette linee, la cui costruzione veniva affidata dallo Stato alla Società Mediterranea colla Legge 21 luglio 1888, cinque delle quali sono state aperte nel 1892 ed in tempo debito al pubblico servizio.

Il tronco Ovada-Asti-Acqui, lungo chilom. 60, al quale la Legge stessa assegnava appunto come epoca di apertura il 17 giugno 1893, rappresenta i due terzi circa della intera linea Genova-Asti; esso percorre una zona assai bene coltivata, ricca di superbi vigneti, celebre per i suoi squisiti vini, ed allaccia centri popolosi e fiorenti per attivi commerci ed importanti industrie.

La plaga che si estende da Ovada ad Asti è costituita da una vicenda alternata di colline e di vallate fra le quali ultime primeggiano quella del fiume Orba che lambisce il paese di Ovada, quella della Bormida che passa presso Acqui, quella del Belbo che tocca Nizza Mon-

ferrato, e infine quella del fiume Tanaro che passa vicino ad Asti, e nel quale sboccano i tre primi. Tutte insieme poi costituiscono quasi un grande ventaglio, il cui centro è, si può dire, il punto di confluenza del Tanaro in Po, e la Ovada-Asti viene per l'appunto attraversando tutte le vallate dei detti fiumi Orba, Bormida, Belbo e Tanaro.

Essa è quindi costretta a svilupparsi nei loro confluenti, quali i rivi Crosio, Caramagna, Medrio, Casalasco, Cervino, Pragrasso, Molisso e Tiglione e a passare con gallerie le interposte colline.

Perciò la linea, partendo da Asti (quota 117,24) deve tosto elevarsi per superare l'altipiano fra Asti e Nizza Monferrato (quota culminante 181,50) e discendendo poi a Nizza Monferrato (quota 138,75) nuovamente risalire (quota 241,96) per ridiscendere ad Acqui (quota 161,38); da Acqui altra ascesa (quota 216,96) per arrivare ad Ovada alla quota 195,89.

Questa linea ha quindi pendenze e contropendenze, le quali raggiungono il 16 per mille tra la galleria e la stazione di Cremolino.

Da Asti la nuova linea si distacca nella direzione di Alessandria, ma appena fuori della stazione devia a destra con un'ampia curva e raggiunge il fiume Tanaro che attraversa mediante un ponte in acciaio a tre travate di m. 62 la centrale e 49 le due laterali, aventi gli appoggi fondati col sistema pneumatico. È questa l'opera d'arte più rimarchevole di tutto il tronco, sia per la forma parabolica delle travature che le danno l'apparenza di un ponte sospeso rigido, sia perchè costituisce una delle prime applicazioni dell'acciaio ai ponti ferroviari in Italia. Le fondazioni spinte a notevole profondità col sistema pneumatico danno al ponte una completa sicurezza.

Passato il Tanaro, cominciasi a salire per la Valletta dei Rivi e giungesi così alla *Stazione di S. Marzanotto*, collocata proprio sotto l'abitato; dopo breve sosta si continua a salire per la Valle dei Rivi e quindi per quella detta di Peschiera, arrivando così alla *Stazione di Mongardino*, situata nella Valle di Valbochetto, la quale serve anche ai due paesi di *Vigliano* ed *Isola d'Asti*. A questo punto si incontra il colle di Vigliano che si attraversa con breve traforo (m. 455) per discendere poi nella Valletta di Borla, dove trovasi la *fermata di Vigliano*, e quindi in quella del Rio Tiglione, uno dei confluenti del Tanaro; si arriva così alla *Stazione di Montegrosso d'Asti*, situata in corrispondenza ad un crocevia della strada provinciale, punto al quale pure convergono le strade provenienti dai paesi di *Mombercelli*, *Montaldo-Scarampi* e *Vallumida*.

Nel secolo XVII dice la storia che gli abitanti di Montegrosso ebbero a soffrire gravissimi danni dagli Alemanni e dai Gallo-Ispani; oggidì i discendenti di quei valorosi coltivano con amore le circostanti colline tutte coperte di vigneti che danno uno squisito nebiolo; come quelle di Montaldo producono un prelibato barbera. Anche i celebri tartufi bianchi sono una specialità di questi siti.

Dopo Montegrosso si riprende la salita per la Valle del Molisso, onde superare con altra breve galleria (m. 341) il colle di Agliano, che ci separa dalla Valletta del Pragrasso, nella quale è situata la *Stazione di Castelnuovo Calcea ed Agliano*, due paesi posti l'uno di fronte all'altro, su opposte pendici. Castelnuovo è la patria di Angelo Brofferio.

Usciti dalla Valletta del Pragrasso, costeggiando la strada provinciale, si entra in quella del fiume Belbo, attraversata con un ponte in ferro a tre luci (m. 23 la centrale e 22 le laterali) per arrivare subito dopo nella esistente stazione di Nizza Monferrato della linea Alessandria-Cavallermaggiore.

Nizza Monferrato è la patria di quel valente amministratore di ferrovie che fu Bartolomeo Bona.

Dopo Nizza la linea segue ancora per breve tratto la vallata del tortuoso Belbo che attraversa una seconda volta con un ponte a travata in ferro di m. 33 di luce, ripigliando poi la salita per le valli del Cervino e del Rio Casalasco, lungo le quali si incontrano le due piccole gallerie dette di Bazzana la prima (m. 324) e di Casalotto la seconda (m. 450), nonchè le *Stazioni di Bazzana* e di *Mombaruzzo*, le quali servono anche i numerosi paesi sparsi sulle adiacenti colline, sulle quali torreggiano antichi castelli in rovina e le cui pendici sono vestite di rigogliosi vigneti.

A Mombaruzzo non è finita ancora l'ascesa che prosegue per un due chilometri circa, finchè si arriva all'imbocco della grande *galleria di Alice Bel Colle* allo sbocco della quale si trova la stazione dello stesso nome. Il traforo è lungo ben 1948 metri ed è in ordine di importanza il secondo di tutto il tronco Ovada-Asti ed il terzo di tutta la linea Genova-Asti; per la natura argillosa dei terreni attraversati e per le copiose sorgive incontrate esso presentò speciali difficoltà.

La stazione di Alice Bel Colle segna il punto culminante di questo valico; scendiamo poi rapidamente nella vallata del rio Medrio, fino a che arriviamo alla città di Acqui.

Il rio Medrio ha un corso assai tortuoso, e la ferrovia è costretta ad attraversarlo in vari punti. La vallata è assai pittoresca, ed a sinistra essa riceve i due rivi Campolungo e Cavalleri, attraversati con due brevi viadotti in muratura di tre luci ciascuno (luci di m. 9 e 7,50 rispettivamente). Assai più importante è il viadotto detto del Cimitero, presso Acqui, di 10 arcate in muratura di m. 10 ciascuna, costruito in corrispondenza ad un brusco risvolto del Medrio, che vi passa sotto due volte.

Acqui, capoluogo di circondario, è sul pendio di una collina dolcemente inclinata verso la riva sinistra della Bormida ed è bagnata dal rio Medrio; è celebrata per le efficacissime sue acque minerali ed i cosiddetti fanghi termali, ai quali accorrono ogni anno moltissimi convalescenti per trovare refrigerio alle loro sofferenze. Può vantarsi di avere dato i natali a robusti e sottili ingegneri e di avere preso, mercè del suo sindaco, il senatore Giuseppe Saracco, la iniziativa della linea Genova-Asti, e di averne con tenaci propositi favorito il successo.

Dopo Acqui, la linea si stacca subito dalla esistente ferrovia Alessandria-Savona, girando a destra per attraversare il fiume Bormida, con un manufatto in muratura su 15 arcate di m. 12 ciascuna (lunghezza totale m. 180). Opera invero ragguardevole, che dovrà servire al doppio uso della ferrovia e della strada provinciale Dalmedesimo si possono vedere da lontano gli avanzi di un grandioso acquedotto romano sulla Bormida del secolo di Augusto, i quali attestano come Acqui fosse anche nell'antichità un centro ricco e fiorente.

Subito al di là di questo ponte incontriamo un altro viadotto con cinque arcate di m. 12, sul torrente *Visone*, a cui segue la *stazione omonima*, dopo la quale la linea entra nella *galleria di Visone*, lunga m. 1222 per passare nella Valle del Caramagna, che rimonta fino alla *stazione di Cremolino-Prasco*.

Dopo questa, si entra tosto nella *galleria del monte Cremolino*, che separa la Vallata della Bormida da quella del fiume Orba. Di questo traforo, che ha la eccezionale lunghezza di m. 3410, il secondo per importanza di tutta la linea, venne celebrato il compimento nel novembre del 1892. Vuol essere notata la eccezionale durezza della roccia attraversata (serpentina), che richiese il sussidio dei mezzi meccanici (perforatrici ad aria compressa), nè mancò la speciale difficoltà dell'abbondanza delle acque incontrate nella esecuzione del lavoro.

Il paese di *Cremolino* è posto sulla cima del colle omonimo, e da esso si gode l'incantevole panorama delle due vallate.

Appena usciti dalla lunga galleria, si presenta la deliziosa vista del paesaggio formato dalla vallata del fiume Orba col gentile paesello di *Molare* da una parte e la città di *Ovada* dall'altra.

Nella discesa, che incomincia a metà della galleria, si segue prima il corso del rio Crosio, quindi si passa sul ponte in ferro a due aperture di m. 38 ciascuna sul fiume Orba con fondazioni pneumatiche: si entra quindi nella *stazione di Molare*. Infine, dopo di aver per poco costeggiato sulla sua destra il fiume Orba, si giunge alla *stazione di Ovada*.

*Molare*, che trasse forse il suo nome da una vicina cava di pietre molari, ed *Ovada* sono soggiorni estivi deliziosi, come ne fanno fede le numerose ville che li circondano e ne sono bellissimo ornamento. Ovada è, per ora, il termine della linea; termine provvisorio però, perchè fra non molto si potrà giungere a Genova.

Come epilogo a queste notizie, riassumiamo nel seguente quadro i principali dati relativi al tronco Ovada-Acqui-Asti:

#### Tronco Ovada-Acqui-Asti.

Lunghezza del tronco . . . . .	m. 60,447,39
Parte in curva . . . . .	» 22,963,51
» in rettilineo . . . . .	» 37,483,88
» a cielo scoperto . . . . .	» 52,290,49
» in galleria . . . . .	» 8,156,90

#### Gallerie.

1) Cremolino . . . . .	m. 3,407,42
2) Visone . . . . .	» 1,222,35
3) Alice Bel Colle . . . . .	» 1,948 —
4) Casalotto . . . . .	» 450,50
5) Bazzana . . . . .	» 332,63
6) Agliano . . . . .	» 341 —
7) Bricchetto . . . . .	» 455 —
Lunghezza complessiva . . . . .	m. 8,156,90

#### Opere d'arte speciali.

1) Ponte in ferro sul torrente Orba a 2 luci di m. 38,20	m. 76,40
2) Ponte in ferro sul Caramagna, 1° attraversam., 1 luce	» 16,50
3) Ponte in muratura sul Caramagna, 2° attraversamento una luce . . . . .	» 17 —
4) Ponte in ferro sul Caramagna, 3° attravers., una luce	» 30 —
5) Ponte viadotto sul torrente Visone, 5 archi di m. 12	» 60 —
6) Ponte sul fiume Bormida, 15 archi di m. 12	» 180 —
7) Sottovia in ferro sul Viale delle Terme (allargato) ad una luce . . . . .	» 12 —
8) Viadotto di Acqui (allargato) 13 archi di m. 8,50	» 110,50
9) Viadotto del cimitero, 10 archi di m. 9	» 90 —
10) Ponte-viadotto sul rio Cavalleri, 3 archi di m. 9	» 27 —
11) Ponte-viadotto sul rio Campolungo, 3 archi di m. 7,50	» 22,50
12) Ponte in ferro sul fiume Belbo, 1° attravers., una luce	» 33 —
13) » » 2° » 3 luci	» 67,18
14) Ponte in acciaio sul fiume Tanaro, una luce di m. 60 e due di m. 48,75 . . . . .	» 157,50
Luce complessiva delle opere d'arte speciali . . . . .	m. 899,58

*Opere d'arte minori di dieci metri di luce.*

N. 180 fra acquedotti, ponticelli, sottopassaggi e cavalcavia.		
Luce complessiva . . . . .	»	368 —
N. 194 in totale	Luce totale delle opere d'arte	m. 1,267,58
<i>Muri di difesa, sostegno e consolidamento.</i>		
Lunghezza complessiva . . . . .	m.	2,600 —

Vi sono inoltre 15 stazioni, comprese due fermate, e le tre stazioni già esistenti di Acqui, Nizza Monferrato ed Asti; 20 case cantoniere, 32 caselli e 14 garette.

BIBLIOGRAFIA

**Tavole tacheometriche centesimali del prof. N. JADANZA.** — Torino, 1893. — Prezzo L. 3,50. — Le tavole tacheometriche centesimali pubblicate recentemente dal prof. Jadanza sono di tale utilità pratica che crediamo opportuno parlare di esse, quantunque il nome solo dell'Autore basti per non lasciar dubbi sulla bontà dell'opera. Scopo di esse si è di ottenere (lo dice l'Autore nella prefazione) maggior esattezza, minor volume e maggior economia in confronto delle tavole analoghe pubblicate fino ad ora e l'intento venne pienamente raggiunto. Una breve e chiara spiegazione facilita l'uso delle tavole, ed in poche pagine vi si trova un rigoroso esame del tacheometro in modo da non lasciar dubbi nell'operatore sull'esattezza della verifica dello strumento.

Le tavole procedono da 0° a 31° di due in due primi centesimali tanto per il calcolo delle distanze quanto per quello della differenza di livello, cosicchè la interpolazione si può in ogni caso eseguire mentalmente.

Sino ad ora le tavole centesimali più in uso per il calcolo delle formule di celerimensura furono quelle pubblicate dall'ing. Soldati (Torino, 1875), dal prof. Sabbione (Torino, 1876), dal signor Cuartero (Madrid, 1884), dall'ing. Orlandi (Milano, 1889), e per ultimo quelle adatte al solo scopo catastale del prof. Erede (Roma, 1893). Le tavole del Soldati, del Cuartero e dell'Orlandi, oltre ad essere assai voluminose hanno un prezzo troppo elevato, senza offrire vantaggi su quelle del prof. Jadanza, le quali constano di sole 72 pagine, presentando così un volume pari a quello delle tavole del Sabbione, ma preferibili ad esse per la maggior approssimazione e semplicità nei calcoli.

Le tavole dell'ing. Orlandi danno i valori di D sen θ e D cos θ per valori di D compresi fra m. 0 e m. 400 di 10' in 10' da 0° fino a 50° e possono servire per il calcolo delle quantità g cos² φ e g sen φ cos φ (essendo g il numero generatore delle distanze) osservando che si ha:

$$g \text{ sen } \varphi \text{ cos } \varphi = \frac{g}{2} \text{ sen } 2\varphi$$

$$g \text{ cos}^2 \varphi = \frac{g}{2} + \frac{g}{2} \text{ cos } 2\varphi$$

ma allorchè il numero generatore g è dispari, bisogna fare un'interpolazione, il che è sempre noioso.

Vogliasi determinare la distanza D e la differenza di livello t fra due punti per i quali il numero generatore valga per esempio 258 e l'angolo che l'asse ottico del cannocchiale fa colla verticale valga 125,34. Facendo uso delle tavole dei logaritmi a 7 decimali si ha:

log. 258 =	D	t
2,4116197	2,4116197	2,4116197
9,9646473	9,9646473	9,9646473
9,9646473	9,5883974	9,5883974
2,3409143; D = 219,2372	1,9646644; t = 92,1859	

Ricorrendo alle tavole dell'ing. Soldati, si ha:

219,35	92,08
219,06	92,36
0,29	0,28
4	4
0,116; D = 219,234	0,112; t = 92,192

quelle del signor Cuartero danno:

169,93	71,47
42,48	17,87
6,797	2,859
D = 219,207	t = 92,199

quelle dell'ing. Orlandi danno:

$\frac{g}{2} = 129$	
90,35	92,07
129,00	+ 0,11
219,35	92,18
- 0,11	

D = 219,24 ed infine usando le tavole del prof. Jadanza si ha:

169,952	71,462
42,488	17,865
6,798	2,8585

D = 219,238 t = 92,1855

Come appare, i valori ottenuti con le tavole del prof. Jadanza tanto per D quanto per t sono i più prossimi al vero: esse garantiscono il centimetro tanto nel calcolo della distanza e della differenza di livello fra due punti quanto nel calcolo delle coordinate rettangolari dei medesimi punti quando anche essi distino di 500 metri l'uno dall'altro.

Si potrà obbiettare che l'approssimazione nel calcolo delle distanze sia esagerata. A questo appunto non giustificato facciamo osservare che per il calcolo delle coordinate occorre la massima esattezza nella determinazione della distanza, tanto più che le correzioni che si fanno ai lati di una poligonale di rilievo allorchè di essa si fa la compensazione (rigorosa o non, poco importa), si riducono a pochi centimetri: ora, a che scopo andare alla ricerca di tali correzioni quando per la smania di far presto si trascurano in origine quantità che molte volte sono dello stesso ordine delle correzioni che si ottengono nella compensazione? D'altronde queste tavole offrono maggior esattezza delle altre senza aumentare i calcoli, anzi semplificandoli; e questo è adunque un vantaggio.

Facciamo un esempio di calcolo delle coordinate ricorrendo alle varie tavole nell'ipotesi che si abbia:

D = 219,24; θ = 21,34.

e diamo lo specchio del calcolo che si fa per ciascuna delle tavole alle quali si ricorre:

Colle tavole dei logaritmi a 7 decimali si ottengono i seguenti valori:  
D sen θ = 72,1224; D cos θ = 207,0375.

Tavole dell'ing. Soldati:	
68,95	198,35
2,95	8,50
0,066	0,189
0,013	0,038
71,98	207,08
0,13	0,04

D sen θ = 72,11 D cos θ = 207,04

Tavole del signor Cuartero:  
D sen θ = 0,32897 × 219,24 = 72,123.....;  
D cos θ = 0,94434 × 219,24 = 207,037.

Tavole dell'ing. Orlandi:	
71,91	206,86
0,08	0,23
71,99	207,09
+ 0,13	— 5

D sen θ = 72,12 D cos θ = 207,04  
Tavole del prof. Jadanza:

g' = 438,48	θ' = 10,67
388,868	65,792
29,165	4,934
7,777	1,318
0,389	0,666
0,078	0,013

D cos θ = 207,037 D sen θ = 72,113

È importante osservare che facendo uso delle tavole dell'ing. Soldati, del Cuartero e dell'Orlandi, bisogna sempre aver riguardo ai segni, mentre colle tavole del prof. Jadanza si fanno sempre somme aritmetiche, il che evita gli errori grossolani che alle volte si commettono nelle somme algebriche.

Si può quindi dire che per la razionale ed ordinata disposizione di tutte le loro parti, per i caratteri nitidissimi, per l'esattezza e semplicità che presentano al calcolo e per il modico prezzo (L. 3,50 la copia) le tavole del prof. Jadanza sono nel loro genere le migliori e certamente da preferire a tutte le altre in uso sino ad ora.

Ing. G. SACHERI.