



## 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

## IDRAULICA PRATICA

SULLA PORTATA DEI POZZI  
NEI TERRENI ACQUIFERI.

In un precedente articolo di questo stesso periodico (anno 1889, pag. 17) ebbi occasione di occuparmi della portata dei pozzi nei terreni acquiferi. Trovai allora una formula semplice e di facile calcolazione per mezzo della quale è possibile, in seguito alla determinazione di alcuni dati pratici, ottenere con sufficiente approssimazione la portata del pozzo che si vuol costruire.

Quantunque dal punto di vista pratico questo risultato potesse avere qualche valore, dal punto di vista teorico l'argomento era stato appena sfiorato.

L'uso di alcuni teoremi generali, che dapprima furono applicati allo studio dei fenomeni elettrici, ci dà il modo di risolvere completamente ed elegantemente questioni per se stesse assai complesse. Così mentre nella citata memoria non facevamo che intravedere l'andamento generale dei filetti idrici in uno dei casi più semplici, possiamo ora dare l'espressione analitica della forma dei filetti e della superficie della falda acquifera non solo nel caso di un pozzo praticato in una falda, ma nel caso di parecchi pozzi, coesistenti nella stessa falda, aventi portate differenti.

Riteniamo che l'intera massa acquifera possa esser divisa in tanti filetti elementari di egual portata. Questi filetti sono compresi fra due superficie cilindriche a generatrici verticali. La velocità media, che si considera, è orizzontale e la portata del filetto è data dalla velocità per la sezione verticale del filetto stesso. Le direttrici delle superficie cilindriche danno sul piano orizzontale l'andamento planimetrico dei filetti.

L'andamento planimetrico è indipendente dalla legge con cui le molecole idriche percorrono il filetto e può essere determinato con la semplice applicazione di alcuni teoremi generali. L'andamento altimetrico al contrario dipende dalla legge con cui le molecole idriche percorrono il filetto e non può essere determinato se non per mezzo di ipotesi particolari corrispondenti al caso che si tratta.

Nel caso del moto dell'acqua attraverso terreni permeabili faremo uso dell'ipotesi del Dupuit espressa dalla relazione:

$$v = k \frac{dz}{dx}$$

Noi passeremo in rivista i diversi casi cominciando dai più semplici ed andando ai più complessi.

**Falda acquifera a fondo orizzontale.** — In questo caso i filetti sono rappresentati da tante rette equidistanti parallele alla direzione del movimento. La distanza tra una retta e l'altra dipende dalla portata unitaria che si crede opportuno assegnare a ciascun filetto. Volendo fare dei confronti è bene che questa portata sia stabilita una volta per sempre. È chiaro del resto che finchè si tratta semplicemente di rappresentare l'andamento planimetrico del filetto, la loro larghezza è completamente arbitraria, in ogni caso però la rappresentazione è tanto migliore quanto più le linee che comprendono i filetti si avvicinano l'una all'altra.

Prendiamo gli assi di riferimento in modo che il piano delle  $xy$  trovisi nel piano orizzontale che limita inferior-

mente lo strato acquifero. L'asse delle  $x$  positive sia diretto secondo la velocità della falda, l'asse delle  $z$  verticale sia diretto dal basso all'alto.

Sia  $Q$  la portata per unità di larghezza,  
 $y$  la larghezza del tratto di falda che si considera,  
 $v$  la velocità media corrispondente ad un dato valore di  $x$ ,  
 $z$  l'altezza corrispondente della falda,  
 $\phi$  il rapporto del vuoto al pieno.

Si ha:  $Q y = \phi z v y$ ;

ed essendo:  $v = -k \frac{dz}{dx}$ .

$$Q = -\phi k z \frac{dz}{dx}$$

Integrando si ottiene:

$$z^2 = -\frac{2Q}{\phi k} x + \text{cost}$$

quale equazione della superficie della falda.

La costante d'integrazione e la portata  $Q$  si determinano stabilendo che la falda passi per due punti dati.

Se  $(X, h_1)$  ( $-X, h_2$ ) sono le coordinate di questo punto, si ha per la portata:

$$Q = \phi k \frac{h_2^2 - h_1^2}{4X}$$

Le linee di livello, vale a dire le linee per le quali la  $z$  conserva un valore costante sono rappresentate da rette parallele, normali all'asse delle  $x$ .

**Pozzo unico su di uno strato acquifero orizzontale.** — In questo caso il moto di ciascuna molecola idrica è diretto verso l'asse del pozzo.

I filetti sono rappresentati da tanti raggi che emanano da un punto e fanno fra di loro angoli eguali.

Sia  $q$  la portata angolare,  
 $v$  e  $z$  la velocità e l'altezza della falda ad una distanza  $r$  dall'asse del pozzo, che coincide con l'asse delle  $z$ .

Si ha per ciò che si disse in precedenza:

$$2\pi q = 2\pi \phi k r v z; \quad q = \phi k z r \frac{dz}{dr}$$

$$z^2 = \frac{2q}{\phi k} \log_e r + \text{cost}$$

La costante d'integrazione e la portata  $q$  si determinano stabilendo che la superficie rappresentata da questa equazione passi per due punti. Se le coordinate di questi punti sono  $(h_0, R)$   $(H, X)$ , si ha:

$$q = \frac{\phi k (H^2 - h_0^2)}{2 \log_e \frac{X}{R}}$$

Le linee di livello sono tanti cerchi concentrici aventi il loro centro sull'asse del pozzo.

**Due pozzi in uno strato acquifero orizzontale.** — Sieno:  
 $q_1$  la portata angolare di uno dei pozzi.  
 $q_2$  la portata angolare dell'altro,  
 $A$  e  $B$  (fig. 104) i punti in cui gli assi dei pozzi incontrano il piano orizzontale che limita inferiormente lo strato acquifero e che noi prenderemo come piano di rappresentazione.  
 $P$  un punto qualsiasi di questo piano.

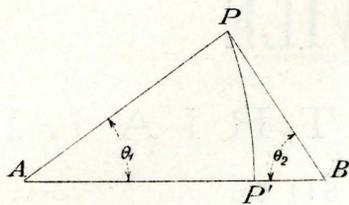


Fig. 104.

Tiriamo per P una linea qualsiasi P P'. Il flusso che passa per questa linea è:

$$(1) \quad q_1 \theta_1 - q_2 \theta_2 = N p,$$

dove p è la portata elementare di ciascun filetto.

Quest'espressione, qualora si tenga costante il valore di N, ci dà l'equazione di una linea di equal flusso.

Assegnando ad N successivamente i valori 0, 1, 2, 3, ..., ecc., si ottiene la rappresentazione planimetrica dei filetti.

Nel caso che sia  $q_1 = q_2 = q$ , si ha:

$$\theta_1 - \theta_2 = N \frac{p}{q} = N \alpha = C.$$

In questa equazione gli angoli  $\theta_1, \theta_2, \alpha$  possono essere espressi tanto in archi di cerchio, tanto in gradi; ed è molto semplice per mezzo di un processo grafico ottenere la rappresentazione planimetrica dei filetti come si è fatto nella figura 106.

L'equazione delle linee ortogonali alle linee di flusso può ottenersi nel modo seguente.

Trasformiamo l'equazione:

$$\theta_1 - \theta_2 = C$$

in coordinate polari col polo in A.

Poniamo  $AB = l$ ;  $AP = r = r_1$ ;  $\theta = \theta_1$ ;  $BP = r_2$ .

$$r = \frac{l \sin(\theta + C)}{\sin(2\theta + C)}.$$

Da questa equazione si ottiene differenziando:

$$\frac{dr}{r d\theta} = \cot(\theta + C) - 2 \cot(2\theta + C).$$

Eliminando tra queste due equazioni la costante C, si ha:

$$(2) \quad \frac{dr}{d\theta} = \frac{2r^2 + l^2 - 3lr \cos \theta}{l \sin \theta} = -\frac{N}{M}.$$

L'equazione differenziale delle curve che tagliano ortogonalmente il sistema di curve rappresentato dall'equazione differenziale (2) è:

$$\frac{dr}{d\theta} = \frac{r^2 M}{N} = \frac{r^2 l \sin \theta}{3lr \cos \theta - 2r^2 - l^2},$$

la quale integrata dà:

$$r^2 + l^2 - 2lr \cos \theta = \frac{b^4}{r^2},$$

essendo  $b^4$  la costante dell'integrazione.

Dal triangolo APB abbiamo:

$$r_2^2 = r_1^2 + l^2 - 2lr_1 \cos \theta,$$

e perciò (3)  $r_2 r_1 = b^2$ .

Questa è l'equazione generale del sistema di curve che tagliano ortogonalmente le linee di flusso.

Consideriamo ora il flusso elementare che passa per la superficie infinitesima  $PP' = dy$  (fig. 105).

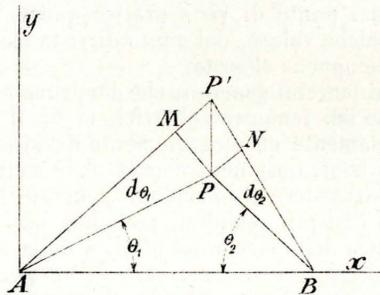


Fig. 105.

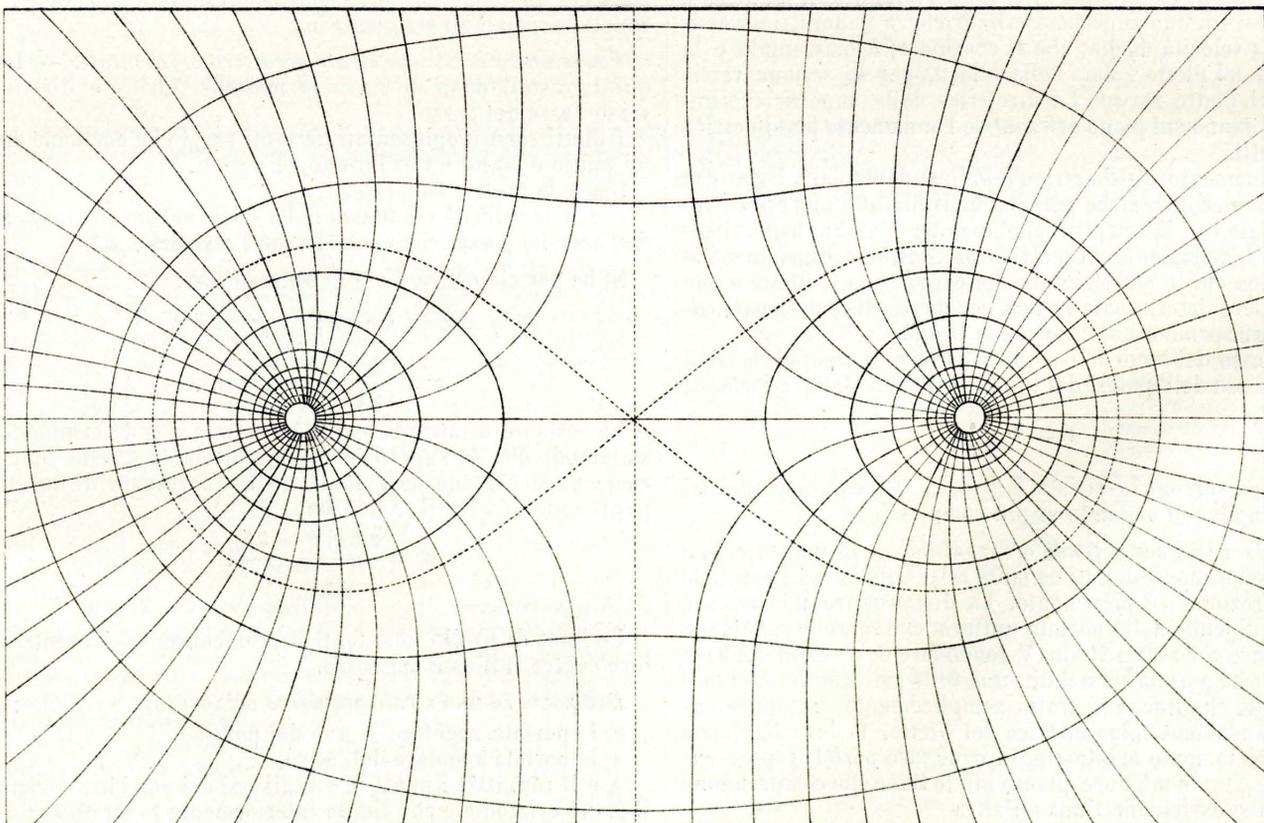


Fig. 106.

Dicendo  $dp$  questo flusso, abbiamo:

$$(4) \quad dp = q_1 d\theta_1 - q_2 d\theta_2.$$

Questa equazione non è altro che la differenziale della (1).  
Dalla figura si ha:

$$MP = r_1 d\theta_1 = dy \cos \theta_1$$

$$NP = r_2 d\theta_2 = dy \cos \theta_2.$$

Da queste relazioni si ottiene:

$$d\theta_1 = \frac{\cos \theta_1}{r_1} dy; \quad d\theta_2 = \frac{\cos \theta_2}{r_2} dy.$$

D'altra parte dicendo:

$$v_x = k \frac{dz}{dx},$$

la componente della velocità normale all'elemento  $dy$ , si ha:

$$dp = \phi k z \frac{dz}{dx} dy.$$

Sostituendo nella (4):

$$\phi k z \frac{dz}{dx} = q_1 \frac{\cos \theta_1}{r_1} - q_2 \frac{\cos \theta_2}{r_2}.$$

Proiettando  $dx$  sulle direzioni dei raggi AP, BP, si ha:

$$dr_1 = dx \cos \theta_1; \quad dr_2 = -dx \cos \theta_2;$$

donde:

$$\phi k z dz = q_1 \frac{dr_1}{r_1} + q_2 \frac{dr_2}{r_2},$$

ed integrando si ha per l'espressione analitica della superficie della falda, l'equazione:

$$(5) \quad \frac{\phi k}{2} z^2 = q_1 \log_e r_1 + q_2 \log_e r_2 + \text{cost.}$$

La costante dell'integrazione e le portate  $q_1$  e  $q_2$  si determinano, stabilendo che la superficie della falda passi per tre dati punti. Questi punti si riducono a due qualora si abbia  $q_1 = q_2 = q$ .

Sia in tal caso  $l$  la distanza fra i centri dei pozzi. I due punti per i quali deve passare la mappa siano sulla retta che congiunge i centri, rispettivamente distanti di  $R$  e di  $X$  dal centro di uno dei pozzi. Si abbiano perciò le condizioni:

$$r_1 = l + R; \quad r_2 = R; \quad z = h_0$$

$$r_1 = l + X; \quad r_2 = X; \quad z = H.$$

Sostituendo nella (5), si ha:

$$q = \frac{\frac{\phi k}{2} (H^2 - h_0^2)}{\log_e \frac{X}{R} + \log_e \frac{l+X}{l+R}}.$$

Questa formola fa vedere nettamente l'influenza che la distanza reciproca dei due pozzi ha sulla portata di ciascuno di essi. La portata cresce, col crescere della distanza di viene eguale a quella di un pozzo unico quando  $l = \infty$  e di viene uguale alla metà di questo valore quando  $l = 0$  ossia quando i due pozzi coincidono.

L'equazione delle linee di livello è per la (5)

$$q_1 \log_e r_1 + q_2 \log_e r_2 = \text{cost}$$

che può anche prendere la forma:

$$r_1^{q_1} r_2^{q_2} = \text{cost.}$$

Questa equazione è identica alla (3) quando si supponga:

$$q_1 = q_2.$$

Le curve di livello corrispondenti all'equazione  $r_1 r_2 = b^2$  e rappresentate dalla figura 104 si dividono in tre gruppi:

1° Quelle che comprendono i due centri A e B. 2° Quelle che comprendono il centro A. 3° Quelle che comprendono il centro B.

La portata totale che attraversa le curve del primo gruppo è  $2\pi (q_1 + q_2)$  mentre le portate che attraversano il 2° e 3° gruppo sono rispettivamente  $2\pi q_1$ ,  $2\pi q_2$ .

Questi risultati si deducono immediatamente dall'equazione del flusso.

Esprimendo l'equazione generale delle curve di livello  $r_1 r_2 = b^2$  in coordinate cartesiane e ponendo l'origine nel punto di mezzo della retta che congiunge i centri, si ha:

$$y^2 = -(a^2 + x^2) + \sqrt{b^4 + 4a^2 x^2}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{y} \left[ -1 + \frac{2a^2}{\sqrt{b^4 + 4a^2 x^2}} \right]$$

dove  $a = \frac{l}{2}$ .

Tutte le curve intersecano normalmente l'asse delle  $x$  e delle  $y$  ad eccezione della curva speciale che passa per l'origine. Per questa curva si ha:

$$b = a; \quad \frac{dy}{dx} = \frac{x}{y} = \frac{0}{0}.$$

Determinando il valore di questo rapporto con i soliti metodi si ha per  $x = 0$  ed  $y = 0$ ;  $\frac{dy}{dx} = \pm 1$ .

La curva ha dunque all'origine due tangenti che si tagliano ad angolo retto e fanno con gli assi un angolo di  $45^\circ$ , essa è una lemniscata:

$$\frac{y^2}{a^2} = -\left(1 + \frac{x^2}{a^2}\right) + \sqrt{1 + 4\frac{x^2}{a^2}}.$$

Facendo variare il parametro  $a$  si ha un sistema di curve tutte simili fra loro.

Per  $b$  notevolmente maggiore o notevolmente minore di  $a$ , le curve tendono a prender forma circolare come vedesi chiaramente nella figura 106, nella quale le curve di livello altimetricamente equidistanti danno un'idea completa della superficie che rappresentano.

*Pozzo unico in una falda parabolica.* — Sia  $q$  la portata angolare del pozzo,  $Q$  la portata lineare della falda.

L'equazione del flusso è:

$$q\theta - Qy = Np$$

od anche  $q\theta + Qy = Np$  quando si scelga per  $\theta$  l'angolo supplementare a quello indicato nella figura.

La predetta equazione può anche mettersi sotto la forma:

$$\theta - \frac{Q}{q} y = N \frac{p}{q} = N\alpha.$$

Per ottenere la rappresentazione planimetrica dei filetti si farà successivamente  $N = 0, 1, 2, 3$ , ecc. L'angolo  $\alpha$  sarà un sumplesso di  $\pi$  sufficientemente piccolo perchè lo spessore del filetto sia conveniente.

L'equazione della linea di flusso zero è:

$$\theta - \frac{Q}{q} y = 0.$$

Dicendo  $r$  il raggio vettore questa equazione può scriversi:

$$r = \frac{q}{Q} \frac{\theta}{\sin \theta}.$$

La curva rappresentata da questa equazione stabilisce il limite fra i filetti che alimentano il pozzo e quelli che non lo alimentano.

Essa incontra l'asse delle  $x$  ad una distanza dal centro  $O$  eguale  $\frac{q}{Q}$  ed è assintotica alle rette parallele all'asse delle  $x$  e distanti dal medesimo delle ordinate:

$$y; \quad -y = \pi \frac{q}{Q}.$$

La portata del pozzo essendo uguale alla portata complessiva di tutti i filetti che lo alimentano, si ha:

$$2yQ = 2\pi \frac{q}{Q} Q = 2\pi q.$$

Dicendo  $dp$  il flusso che passa per l'elemento infinitesimo  $P'P'' = dy$  si ha:

$$dp = q d\theta - Q dy.$$

Dalla figura 107 otteniamo immediatamente:

$$MP = r d\theta = dy \cos \theta; d\theta = \frac{\cos \theta}{r} dy.$$

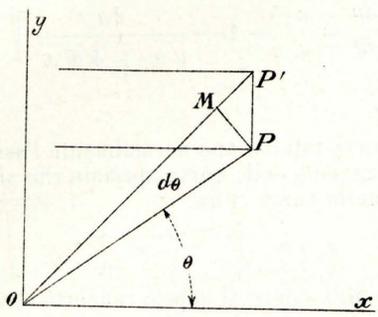


Fig. 107.

Abbiamo inoltre analogamente a quanto si disse nei casi precedenti:

$$dp = \phi k z \frac{dz}{dx} dy.$$

Sostituendo e riducendo si ottiene:

$$\phi k z dz = q \frac{\cos \theta}{r} dx - Q dx.$$

Proiettando dx sul raggio OP si ha dr = dx cos theta e quindi:

$$\phi k z dz = q \frac{dr}{r} - Q dx$$

che integrata ci dà:

$$(6) \quad \phi k \frac{z^2}{2} = q \log_e r - Qx + \text{cost.}$$

Stabilendo che la superficie rappresentata da questa equazione passi per tre dati punti si ha il modo di determinare la costante dell'integrazione e le portate q e Q.

Scegliamo questi tre punti sull'asse delle x in modo che si abbia:

$$\begin{aligned} x = R & \quad z = h_0 \\ x = X & \quad z = h_1 \\ x = -X & \quad z = h_2. \end{aligned}$$

Sostituendo nella (6) si ottiene:

$$Q = \phi k \frac{h_2^2 - h_1^2}{4X}$$
$$q = \phi k \frac{\frac{h_1^2 + h_2^2}{2} - h_0^2 - 2QR}{2 \log_e \frac{X}{R}}$$

Per q=0 si ritorna al caso della falda parabolica passante per i punti (-X, h2) (X, h1); dicendo quindi H0 l'ordinata della parabola corrispondente all'ascissa R, si ha:

$$H_0^2 = \frac{h_1^2 + h_2^2}{2} - 2QR$$

donde:

$$q = \phi k \frac{H_0^2 - h_0^2}{2 \log_e \frac{X}{R}}$$

Questa portata è uguale a quella di un pozzo di raggio R alimentato tutto all'intorno da un serbatoio di raggio X e di altezza H0.

L'equazione generale delle curve di livello è:

$$\log_e \frac{r}{R} - \frac{Q}{q} (r \cos \theta - R) = \text{cost.}$$

Quella corrispondente alla sezione del pozzo:

$$\log_e \frac{r}{R} - \frac{Q}{q} (r \cos \theta - R) = 0.$$

Il raggio R1, secondo la direzione delle x negative, è dato dalla relazione:

$$\log_e \frac{R_1}{R} + \frac{Q}{q} (R_1 + R) = 0.$$

Il raggio R2, normale alla direzione della falda, è dato dalla relazione:

$$\log_e \frac{R_2}{R} + \frac{Q}{q} R = 0.$$

Donde risulta:

$$R > R_2 > R_1.$$

La differenza tra questi valori è tanto maggiore quanto più grande è il valore del rapporto Q/q. Essendo d'ordinario questo rapporto molto piccolo, i valori delle quantità R, R2, R1 differenziano pochissimo fra loro, di modo che può ritenersi la sezione del pozzo sensibilmente circolare; per R=0 la sezione è circolare qualunque sia il valore del rapporto Q/q.

L'equazione della curva di livello che passa pel punto di equilibrio:

$$\left( \theta = 0, r = \frac{q}{Q} \right)$$

è:

$$\log_e r - \frac{Q}{q} r \cos \theta = \log_e \frac{q}{Q} - 1.$$

La tangente trigonometrica dell'angolo che il raggio vettore fa con la tangente è:

$$\frac{r d\theta}{dr} = \frac{\frac{Q}{q} \cos \theta - \frac{1}{r}}{\frac{Q}{q} \sin \theta}$$

Questa espressione diviene indeterminata per:

$$\theta = 0 \quad ; \quad r = \frac{q}{Q}.$$

Determinandone il valore con i soliti metodi, si ha pel predetto punto d'equilibrio:

$$\frac{r d\theta}{dr} = \pm 1.$$

La curva dunque che passa pel punto d'equilibrio, ha in detto punto due rami che si tagliano ad angolo retto e che fanno un angolo di 45° con l'asse delle x.

Tutte le curve comprese da questa curva speciale sono curve chiuse, le quali si assomigliano tanto più ad un cerchio quanto più trovansi vicine al centro del pozzo.

Le curve poi che si trovano al di fuori di detta curva sono curve aperte le quali si avvicinano tanto più alla forma rettilinea quanto più si allontanano dal centro del pozzo.

La figura 108, con le sue numerose linee di flusso e con le sue curve di livello altimetricamente equidistanti, dà una rappresentazione completa della superficie della falda idrica nel caso di un pozzo unico praticato in una falda parabolica.

Il processo da noi tenuto per risolvere il problema nei casi speciali già trattati può estendersi immediatamente al caso generale di una falda parabolica nella quale vengano praticati più pozzi, le cui portate siano rispettivamente q1, q2, ... qn.

In questo caso l'equazione del flusso diventa:

$$Np = q_1 \theta_1 + q_2 \theta_2 + \dots + q_n \theta_n + Qy.$$

Le origini degli angoli theta\_1, theta\_2, ... theta\_n, come pure quella degli assi O (x, y) dovranno essere opportunamente scelte.

Le grandezze theta\_1, theta\_2, ... theta\_n, y non sono fra di loro indipendenti, ma esistono fra le medesime n-1 relazioni, per mezzo delle quali è possibile di esprimerle tutte in funzione di due sole grandezze scelte arbitrariamente fra di esse.

L'equazione della superficie della falda acquifera è in tal caso:

$$\frac{\phi k}{2} z^2 = q_1 \log_e r_1 + q_2 \log_e r_2 + \dots + q_n \log_e r_n + Qx + \text{cost.}$$

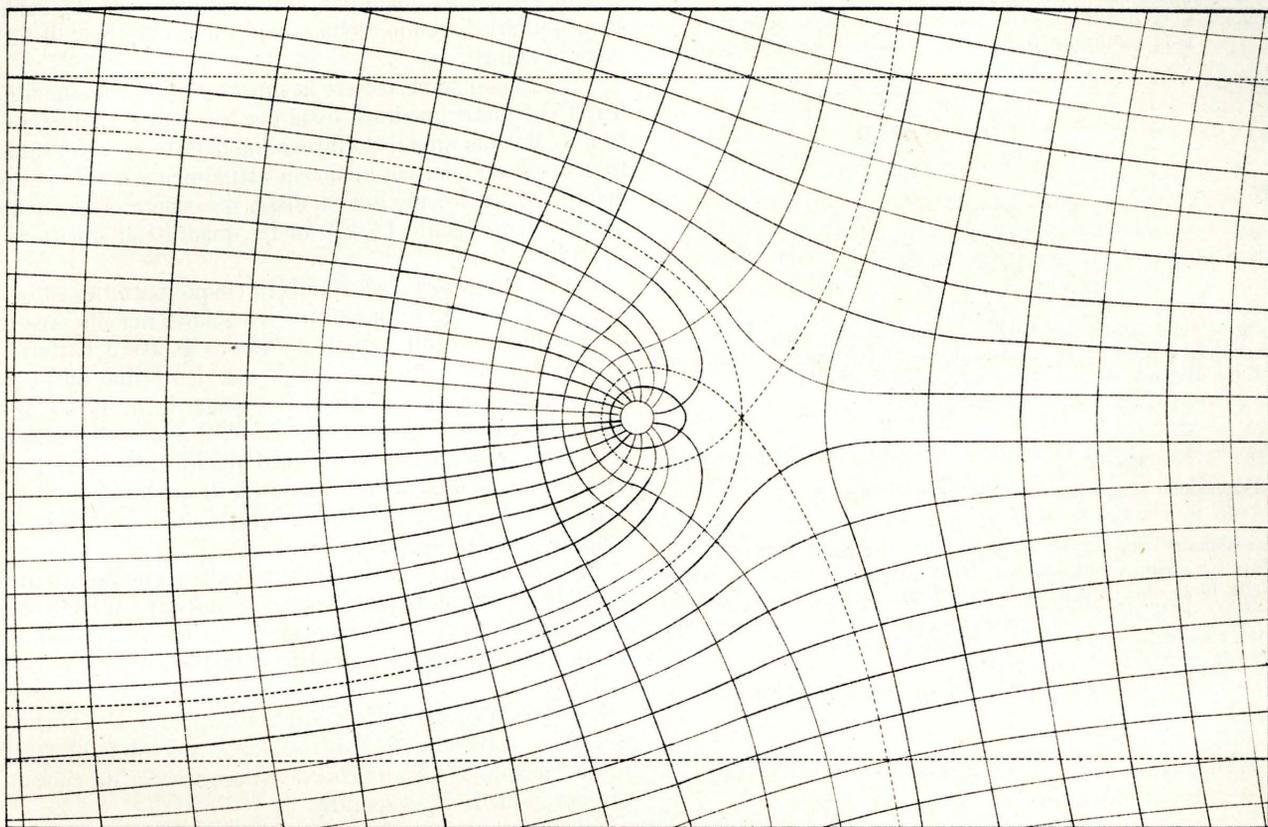


Fig. 108.

la quale per le predette relazioni esistenti tra le quantità  $r_1, r_2, \dots, r_n, x$ , prende la forma:

$$z = f(r, x).$$

Le condizioni necessarie per la determinazione della costante d'integrazione e delle portate  $Q, q_1, q_2, \dots, q_n$  sono  $n + 2$ .

Stabilendo che la falda debba passare per un punto determinato di ciascun pozzo, è necessario imporre altre due condizioni, le quali consistono nel far passare detta superficie per due altri punti, che d'ordinario vengono scelti a notevole distanza.

Dopo ciò che si è detto, riesce facile in ogni caso speciale non solo determinare le portate della falda parabolica e dei diversi pozzi, ma ancora di poter avere una rappresentazione esatta della superficie complessa che limita la falda acquifera.

Venendo ora all'applicazione delle esposte teorie alle esperienze su piccola scala, si vede immediatamente come esse debbano procedere perchè i risultati delle medesime possano accordarsi con le formole da noi trovate.

La limitazione della falda a monte (recipiente d'alimentazione) ed a valle (recipiente di scarico) dovrà farsi secondo due curve di livello. La limitazione nel senso trasversale (pareti laterali della cassa) dovrà farsi secondo due linee di flusso, scelte in modo che tutti i filetti alimentatori dei pozzi siano almeno compresi fra dette linee. Le sezioni dei pozzi dovranno conformarsi secondo le curve di livello corrispondenti alle rispettive altezze d'acqua.

Nel caso delle esperienze su piccola scala, l'altezza e la posizione dei serbatoi di alimentazione e di scarico sono quantità note, per mezzo delle quali riesce facile determinare le incognite del problema.

Quando però si passa al caso pratico, la questione si complica notevolmente e non può essere risolta che in modo

molto approssimato. I serbatoi di alimentazione e di scarico perdono il loro significato concreto.

Solo possiamo osservare, come chiaramente vedesi nella figura 108, che le linee di livello e le linee di flusso si avvicinano tanto più a quelle che si avrebbero se il pozzo non esistesse, quanto più ci allontaniamo dal pozzo stesso. Ad una certa distanza l'influenza del pozzo può dirsi inapprezzabile. Al di là di questa distanza possiamo immaginare dei serbatoi di altezza nota e risolvere il problema con le formole da noi date. La sola quantità che resta indeterminata è la distanza  $X$  alla quale debbono immaginarsi questi serbatoi. Ora è chiaro che questa quantità debba ritenersi tanto maggiore quanto maggiore è la portata del pozzo di fronte a quella della nappa. Si ritorna quindi in quell'ordine di idee da noi esposte nella nostra prima memoria *Sulla portata dei pozzi nei terreni acquiferi*. Si potrà perciò determinare questa distanza seguendo il processo in essa tenuto. Quel processo non è certo rigoroso: esso si addice però all'indole del problema, il quale non ammette che soluzioni approssimate.

Castelplanio (Marche), 30 giugno 1892.

Ing. CARLO FOSSA-MANCINI.

*Nota.* — Si è detto che l'andamento planimetrico dei filetti è indipendente dalla legge con cui le molecole idriche percorrono i filetti stessi. Ciò è vero soltanto quando la velocità di flusso è talmente piccola da potersi fare astrazione dalla forza d'inerzia, come appunto si verifica nel moto dell'acqua attraverso i terreni permeabili.

In tal caso la direzione della velocità di una molecola qualsiasi coincide con la direzione della risultante delle forze che agiscono sulla molecola stessa.

Consideriamo due pozzi uguali. Siano A e B (fig. 104) i centri di azione, e P un punto figurativo preso nel piano del disegno.

L'azione del centro A sul punto P sia espressa da  $\frac{\lambda}{r_1}$ .

L'azione del centro B sul punto P sia espressa da  $\frac{\lambda}{r_2}$  dove  $\lambda$  è una funzione qualsiasi delle coordinate  $x, y$  del punto P.

Diciamo X la risultante delle forze secondo l'asse delle  $x$ ;  
Y la risultante delle forze secondo l'asse delle  $y$ .

$$\text{Abbiamo: } X = -\frac{\lambda \cos \theta_1}{r_1} + \frac{\lambda \cos \theta_2}{r_2};$$

$$Y = -\frac{\lambda \sin \theta_1}{r_1} - \frac{\lambda \sin \theta_2}{r_2};$$

da cui:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Y}{X} = \frac{\frac{\sin \theta_1}{r_1} + \frac{\sin \theta_2}{r_2}}{\frac{\cos \theta_1}{r_1} - \frac{\cos \theta_2}{r_2}} = \frac{y}{x} \cdot \frac{x^2 + y^2 + a^2}{x^2 + y^2 - a^2}.$$

L'origine delle coordinate è nel punto di mezzo della retta  $AB = 2a$ . Integrando e dicendo  $m$  la costante dell'integrazione, l'equazione delle linee di forza in coordinate cartesiane risulta:

$$x^4 + y^4 + a^4 - 2a^2x^2 + 2a^2y^2 + (2 - m)x^2y^2 = 0.$$

Ponendo  $m = \frac{4}{\sin^2 C}$  ed operando le dovute trasformazioni, si ottiene l'equazione semplicissima delle linee di flusso:

$$\theta_1 - \theta_2 = C,$$

che noi abbiamo già trovato partendo da altre considerazioni.

Questa equazione è indipendente dalla quantità  $\lambda$ , ossia dall'intensità della forza che determina il movimento delle molecole lungo le loro traiettorie; il che è conforme a quanto già si disse, cioè che l'andamento planimetrico dei filetti è indipendente dalla legge con cui le molecole percorrono i filetti stessi.

Ing. CARLO FOSSA-MANCINI.

## MACCHINE E CALDAIE A VAPORE

### I GENERATORI DEL VAPORE DELLA RAFFINERIA SAY A PARIGI

(Veggasi la Tav. VIII)

#### I.

Nelle raffinerie di zucchero si ha bisogno di una straordinaria produzione di vapore. Oltre a quello occorrente ai motori per mantenere in movimento le macchine e gli apparecchi, non che per produrre l'illuminazione elettrica, occorre somministrare vapore agli apparecchi da cuocere i sciropi ed agli apparecchi di evaporazione. Ed il vapore vi è pure adoperato a scopo di riscaldamento sia degli evaporatori a bassa pressione, sia dei locali tutti dello stabilimento durante l'inverno.

La raffineria Say, che produce giornalmente 500 tonnellate di zucchero raffinato, è forse la più grande delle raffinerie di Europa, e presentemente essa possiede un'installazione di ben 68 generatori di vapore aventi complessivamente l'enorme superficie di riscaldamento di 15440 metri quadrati.

Non tutti questi generatori hanno la medesima data d'origine, nè sono tutti di un unico tipo. Interi gruppi furono anzi rinnovati, e radicalmente modificati, altri più recenti vennero aggiunti, e come ai primi è oramai annessa tutta una storia, molto istruttiva pei costruttori di caldaie, gli ultimi possiamo a ragione considerare come i tipi-modello da seguire, come la risultante di tutti gli studi e di tutte le osservazioni sperimentali con tanto amore eseguite sui tipi precedenti.

La raffineria Say non contava dapprima che 35 generatori in lamiera di ferro, dei quali 8 a lunghi bollitori, e 27 di sistema semitubolare, ossia in tutto 6100 m. q. di superficie di riscaldamento.

Ma le caldaie a lunghi bollitori, e conseguentemente con lunghi focolari, mantenute giorno e notte a fuoco vivo avevano dato luogo quattro anni sono in due raffinerie di Parigi ad esplosione per laceratura di lamiere sottoposte a colpi di

fuoco. Per cui venne allora senz'altro deciso di abolire le 8 caldaie ordinarie a lunghi bollitori (della superficie complessiva di 700 metri quadrati), e di sostituirle con 22 caldaie semitubolari d'acciaio, della complessiva superficie di 5214 metri quadrati.

Venessi così ad accrescere la superficie di riscaldamento di ben 4514 metri quadrati, ossia dei tre quarti di quella esistente. Ma due anni dopo furono impiantate 19 altre caldaie tubolari di acciaio, per modo che attualmente quello stabilimento possiede, come già si disse, 68 generatori semitubolari, aventi in totale 15,440 metri quadrati di superficie di riscaldamento.

Questi generatori sono riuniti in cinque batterie, ed occupano un'area di contorno un po' irregolare, ma che presenta tre grandi rettangoli, i quali permisero di avere batterie in linea retta e di sufficiente lunghezza. Un primo rettangolo ha la lunghezza di m. 52 e la larghezza di m. 41,50. Il secondo misura m. 76,50 per m. 17,50; il terzo è di m. 25 per 15. In tutto un'area di 3872 metri quadrati. Bastano queste cifre a dare un'idea della grandiosità di quell'impianto.

Le 68 caldaie per rispetto ai bisogni della raffineria possono dividersi in due categorie.

La prima comprende le 19 caldaie ultimamente costrutte, aventi la superficie di riscaldamento complessiva di 4826 metri quadrati lavoranti alla pressione di 7 atmosfere e destinate ad alimentare le macchine motrici e quelle per le dinamo elettriche.

La seconda comprende le altre 49 caldaie, lavoranti a 6 atmosfere, colla superficie di riscaldamento totale di 10614 m. q. e destinate ad alimentare gli apparecchi da cuocere i sciropi e quelli da evaporare.

E vi sono pure due distinte condotte del vapore, l'una a 7 e l'altra a 6 atmosfere, le quali alla loro origine hanno rispettivamente i diametri di 50 e di 60 centimetri.

Non vi sono che due camini, entrambi dell'altezza di 50 metri. L'uno del diametro di m. 2,50 alla sommità serve le 41 caldaie del primo grande rettangolo, ossia le 19 a 7 atmosfere e 22 altre a 6 atmosfere; l'altro camino del diametro di m. 2 riceve il fumo delle altre 27 caldaie.

Questi cenni sommarii sulla importanza della produzione del vapore nella raffineria Say renderanno, speriamo, anche più interessanti i seguenti particolari sulle nuove caldaie di acciaio ultimamente provvedute per quello stabilimento, una delle quali è come tipo rappresentata in disegno nella tavola VIII. Così il disegno come i particolari abbiamo dedotti da un'importante comunicazione fatta dal signor S. Périssé alla *Société des Ingénieurs civils*, e pubblicata nel fascicolo di giugno ultimo scorso. A tale pubblicazione rimandiamo quindi i lettori che desiderassero maggiori e più minuti ragguagli di quelli qui riassunti.

#### II.

##### Particolari dei generatori del vapore.

*Descrizione.* — Le 22 caldaie, di cui una è rappresentata nella tavola VIII, sono state costrutte nelle officine Carion-Delmotte, in Anzin, nel 1887, secondo le vedute dello stesso signor Périssé.

Ogni caldaia ha 237 m. q. di superficie riscaldata, è munita inferiormente di due bollitori, ed ha un gran corpo cilindrico tubolare sovrarmontato da un gran serbatoio del vapore. Tutta la costruzione è in acciaio saldabile del Creusot, ad eccezione dei soli chiodi ribaditi.

Il timbro della caldaia è di 6 chg. perchè questa batteria di 22 caldaie fa parte del gruppo di quelle destinate a dare vapore agli apparecchi da cuocere e da evaporare. Ma nella costruzione fu tenuto conto della eventualità di dover portare il timbro a 7 atmosfere.

Ecco le dimensioni principali:

**Bollitori:**

Diametro esterno . . . . .	m.	0,800
Lunghezza . . . . .	»	5,000
Spessore delle lamiere . . . . .	»	0,011
» del fondo anteriore . . . . .	»	0,020
» del fondo posteriore . . . . .	»	0,015
Spazio tra i due bollitori . . . . .	»	0,250

È da notarsi che la lamiera direttamente esposta ai colpi di fuoco è lunga da m. 3,70 a 3,80 per cui non havvi giunto nè sopra il focolare, nè vicino all'altare di laterizi. Il solo giunto trasversale è a m. 1,25 circa dalla testa posteriore del bollitore. Inoltre i bollitori non hanno supporti, ma sono sospesi al corpo cilindrico per mezzo dei loro tubi di comunicazione.

**Corpo cilindrico:**

Diametro . . . . .	m.	2,050
Spessore delle lamiere . . . . .	»	0,018
» delle piastre tubolari . . . . .	»	0,020
N. dei tubi . . . . .		125
Loro diametro esterno . . . . .	»	0,100
» lunghezza . . . . .	»	5,000
» spessore . . . . .	mm.	2,60

Le lamiere abbracciano tutta la circonferenza, la loro lunghezza è di m. 1,25, onde si ha un giunto longitudinale solo che riesce a destra per due delle quattro lamiere formanti la intiera lunghezza della caldaia ed a sinistra per le altre due. I giunti longitudinali sono verso la parte superiore all'infuori della zona direttamente lambita dai gas caldi.

I tubi, che non si fecero smontabili in vista della purezza dell'acqua di alimentazione, occupano, come si vede, una grandissima parte della superficie trasversale del corpo cilindrico. Non vi è che un massimo di 60 cent. tra l'ultima fila di tubi e la generatrice superiore del corpo cilindrico.

La caldaia riposa sui muri del forno per mezzo di 8 supporti di ghisa di grandi dimensioni. Le piastre tubolari, ad onta che i tubi sieno fissi, sono ancora trattenute da sei tiranti a vite.

Le *comunicazioni* di ciascun bollitore col corpo principale della caldaia sono pur esse di acciaio, ed in numero di tre; ond'è che il vapore prodotto arriva al corpo superiore per mezzo di sei tubi del diametro esterno di m. 0,440, e della lunghezza di m. 0,750.

**Serbatoio del vapore:**

Diametro . . . . .	m.	1,550
Lunghezza del cilindro . . . . .	»	2,680
Spessore della lamiera . . . . .	»	0,014
» del fondo anteriore . . . . .	»	0,020
» » posteriore . . . . .	»	0,016
Lunghezza totale . . . . .	»	3,140

Vi sono due *comunicazioni* verticali dalla caldaia al serbatoio del vapore le quali distano di m. 1,50 da asse ad asse, ed hanno il diametro esterno di metri 0,580 e la lunghezza di m. 0,520.

La superficie di riscaldamento per ogni generatore si compone delle seguenti parti:

Bollitori . . . . .	mq.	25,500
Corpo cilindrico . . . . .	»	25,200
Tubi . . . . .	»	182,500
Comunicazioni . . . . .	»	3,800
Totale	mq.	<u>237,000</u>

Lo spazio occupato dall'acqua è di mc. 22,300 e quello riservato al vapore è di mc. 31,250.

Le 19 caldaie costrutte due anni dopo, cioè nel 1889, e delle quali una è rappresentata nella tavola VIII, sono identiche come tipo e come costruzione alle 22 di cui abbiamo dato ora le dimensioni principali. Le poche differenze riguar-

dano l'aumento di m. 0,10 dato al diametro dei bollitori, che riesci così di m. 0,900 e l'aumento nella lunghezza del corpo principale che è di m. 5,40 a vece di 5, e di quella dei bollitori che è di metri 5,68. Queste caldaie sono timbrate a 7 atmosfere dovendo alimentare le macchine motrici. La superficie di riscaldamento di ogni caldaia è di 254 mq.; il volume dell'acqua è di mc. 26, e quello del vapore mc. 9 circa.

**Particolari di costruzione.** — La costruzione venne sorvegliata con molta cura nelle officine ad Anzin, per opera degli Ispettori dell'Associazione dei proprietari di caldaie a vapore del nord, la quale era allora diretta dal compianto ed illustre ingegnere Cornut.

Tra le più minute norme di costruzione osservate notiamo a mo' d'esempio che tutti i fori per le chiodature furono fatti al punzone sulle lamiere distese e col diametro di 19 mm., cioè di 6 mm. di meno del diametro definitivo. Questi 6 mm. furono poi levati colla miccia americana, lavorando ad un tempo sulle due lamiere riunite. Tutte le chiodature longitudinali e trasversali sono doppie ad eccezione degli attacchi dei fondi e delle comunicazioni. I chiodi ribaditi di ferro fino di qualità superiore hanno 25 mm. di diametro e sono ribaditi a pressione idraulica. Gli spessori dati alle lamiere d'acciaio sono gli stessi calcolati per lamiere di ferro. S'adoperò metallo basico extradolce, fabbricato col processo Martin-Siemens, escluso qualsiasi metallo proveniente dal convertitore. Il capitolato, redatto dal signor Cornut dell'Associazione dei proprietari di apparecchi a vapore di Lille, prescriveva che ogni lamiera non temprata e ricotta dopo la laminazione presentasse alla rottura per trazione la resistenza massima di 40 chg. per mmq. ed un allungamento minimo del 30 0/0, avanti rottura per saggi della lunghezza di 200 mm. Gli stessi saggi temprati nell'acqua a 28 gradi dopo essere stati portati al rosso-ciliegio, dovevano presentare la resistenza massima di 47 chg. e l'allungamento minimo del 18 p. 0/0. Ogni lamiera non temprata che resistesse a più di 40 chg. o che non presentasse l'allungamento del 30 0/0 veniva rifiutata. Onde permettere queste prove tutte le lamiere furono fatte più lunghe in modo da poter levare da ciascuna 2 saggi per la trazione ed alcuni pezzi per le prove di piegatura. Queste ultime si facevano su pezzi di lamiera lunghi 20 cm. e larghi 4. Temprati nel modo sovra indicato dovevano potersi ripiegare in due senza che presentassero lungo il dosso o sui margini alcuna screpolatura.

Tutti gli esperimenti hanno provato nell'acciaio adoperato per la costruzione delle caldaie una omogeneità perfetta ed una malleabilità che in nessuna lamiera di ferro potrebbesi riscontrare maggiore.

La lamiera d'acciaio saldabile extradolce fu somministrata dalle officine del Creusot nel 1887 in ragione di 28 lire il quintale, mentre le officine stesse non avrebbero potuto dare lamiera di ferro di qualità conveniente se non al prezzo di di 50 a 60 lire il quintale, e le lamiere inglesi, dette Low-moor sono state pagate fino a 90 lire. Ma il vantaggio più rilevante è sempre quello che l'acciaio presenta dal punto di vista della sicurezza e della resistenza al fuoco. E perciò è assolutamente necessario impiegare l'acciaio extradolce ed ottenuto su suolo basico o neutro di un forno Martin-Siemens.

**Apparecchi di sicurezza.** — Come la questione della sicurezza è stata sempre la preoccupazione principale degli Ingegneri della Raffineria Say, così ciascuna delle 68 caldaie trovansi munita di un certo numero di apparecchi di sicurezza, dei quali crediamo utile fare qui almeno la enumerazione. Vi sono cioè per ogni caldaia:

Due indicatori del livello a tubo di vetro disposti sulla facciata del forno, uno a destra e l'altro a sinistra;

Un terzo indicatore magnetico, sistema Lethuiller-Pinel

che si eleva sopra la muratura del forno e sull'asse della caldaia presso la parte anteriore;

Due valvole di sicurezza a scarica progressiva, di Lethuiller-Pinel, coll'orifizio di 90 mm. e munite ciascuna d'un tubo di scappamento del vapore al disopra del tetto;

Un grande manometro a quadrante del diametro di 30 cent. sulla fronte di ogni caldaia, oltre a parecchi manometri registratori per ciascuno dei due gruppi di caldaie fra loro comunicanti (l'uno a 6 e l'altro a 7 atmosfere);

Due valvole di ritenuta in testa dei bollitori;

Una di ritenuta del vapore, sistema Lethuiller-Pinel immediatamente dopo la presa del vapore;

Ed un'altra contro la tubolatura del collettore, la quale si ferma quando la pressione nella caldaia venisse ad essere inferiore a quella del collettore.

Come ognun vede, gli apparecchi di sicurezza sono molto più numerosi di quelli che i regolamenti prescrivono; essi inoltre sono messi in opera, e sorvegliati con una infinità di precauzioni lodevolissime.

*Apparecchi di alimentazione.* — Vi sono tre pompe a vapore, orizzontali, a stantuffo rifluitorie, disposte in un locale speciale, le quali spingono l'acqua in un circuito di tubi che percorre tutte le caldaie. Due sole sono mantenute in azione, una per ciascun gruppo di caldaie; la terza è di riserva. Ogni pompa è munita di valvola di sicurezza sulla parte di tubo premente, e la scarica dell'acqua quando la valvola funziona, ha luogo nel serbatoio dell'aspirazione.

La condotta dell'acqua formando un circuito chiuso, costituisce un vero serbatoio di alimentazione, munito di tratto in tratto di camere d'aria, di giunti per le dilatazioni, e del numero occorrente di valvole d'arresto per potere subito, in caso di accidenti, isolare qualsiasi parte della condotta. A tale effetto tutte le caldaie sono in grado di dare una produzione di vapore momentaneamente maggiore di quella normale.

La massima velocità dell'acqua nelle condotte di alimentazione è di 30 cent. per minuto secondo, ma in molti punti essa è inferiore a 10 cent.; epperò la perdita di carico vi è pochissima, e tutte le caldaie riescono alimentate in modo uguale.

L'acqua di alimentazione proviene in massima parte dalla condensazione del vapore negli apparecchi di riscaldamento o di evaporazione dello stabilimento. Appena un'ottava parte è presa direttamente dal pozzo artesiano (1). Allo scopo di eliminare ogni menoma parte di materie grasse, quelle acque sono fatte preventivamente passare attraverso un filtro a coke nel quale sono frapposti stracci di cotone.

L'acqua di alimentazione entra nella condotta colla temperatura di 85° ed è introdotta in ciascuna caldaia per mezzo dell'apparecchio Lethuiller-Pinel che agisce automaticamente ed a misura del bisogno. Ma anche il fuochista, manovrando un robinetto può alimentare a volontà la sua caldaia, nel caso in cui l'alimentazione automatica venisse a mancare o risultasse insufficiente.

L'introduzione dell'acqua nella caldaia ha luogo in testa di ciascun bollitore, superiormente al coperchio autoclave. Ed a tale effetto il tubo di alimentazione, che ha il diametro di 70 mm. si divide in due tubi di 50 mm. i quali penetrano nell'interno dei due bollitori, contornandone la superficie vengono nel punto più basso, e mantenendosi all'altezza di 4 a 5 cent. dal fondo vanno a sboccare all'estremità posteriore dei bollitori. Per questo medesimo tubo ha luogo il vuotamento delle caldaie.

(1) Il pozzo artesiano fu terminato nel 1870; la sua profondità è di 580 metri; il diametro del tubo è di 424 mm; la sua portata è attualmente ancora di 3800 litri per minuto; arriva all'altezza di 8 metri sopra il suolo.

*Graticole e combustibile.* — Le graticole hanno la larghezza di m. 2,10 per le caldaie di 237 mq. e di m. 2,20 per quelle di 254 mq.; la loro profondità o lunghezza non è che di m. 1,55. La loro superficie, di mq. 3,25 e 3,40 rispettivamente rappresenta l'1,37 per cento della superficie di riscaldamento.

Vi sono due porte per ogni graticola allo scopo di ripartire uniformemente il combustibile su tutta la superficie. Le sbarre Wackernie lasciano spazi liberi molto ristretti, di 7 mm. e quindi servono a bruciare combustibili minuti e magri. Le sbarre sono leggermente inclinate, cioè più basse all'estremità posteriore di 7 cent.

La massima quantità di carbone bruciato per mq. di graticola è di 50 chg.; ordinariamente non è che da 40 a 45 chg. Ad ogni modo il consumo del combustibile non oltrepassa 0,66 chg. per metro quadrato di superficie riscaldata. Il che è senza dubbio un notevole vantaggio di quest'impianto.

Il combustibile adoperato è un miscuglio di 60 per cento di fino magro, e 40 di fino grasso. La proporzione delle ceneri è dal 20 al 22 per cento.

I rifiuti della graticola cadono in una specie di tramoggia a piano inclinato ed una porta ne permette il discarico in una benna sospesa ad una ferrovia entro una galleria sotterranea. In grazia di questa disposizione la graticola si mantiene relativamente fresca, perchè le scorie e le ceneri sono immediatamente allontanate.

*Forno e camino.* — Il forno delle caldaie nuove di 254 mq. è identico a quello delle caldaie da 237 mq.; ed è quale risulta dalla tav. VIII. Esso ha tre condotti orizzontali. Nel primo le fiamme inviluppano interamente i bollitori; nel secondo i gas caldi retrocedono e riscaldano la superficie esterna del corpo cilindrico della caldaia; nel terzo vanno di bel nuovo verso la parte posteriore attraversando i tubi di 100 mm. per discendere poi verticalmente e recarsi nel canale collettore del fumo.

La sezione libera per le fiamme nel primo condotto è di m. 1,85, ossia è il 55 per cento della superficie della graticola. Il passaggio dal primo al secondo condotto presenta una sezione trasversale di mq. 1,65. Nel secondo condotto si ha una sezione di mq. 1,50, pari al 44 per cento della superficie della graticola. Il terzo condotto è costituito dai 125 tubi del diametro esterno di 100 mm. che presentano una sezione interna di mq. 0,88, pari al 25 0/10 della superficie della graticola.

La discesa del fumo verso il collettore ha luogo per mezzo di un condotto di sezione rettangolare che in alto ha la larghezza di m. 2,30 e questa va diminuendo fino a m. 1,60 ove esiste il registro a farfalla.

L'altra dimensione è di m. 0,61 costante per tutta l'altezza. A registro totalmente aperto si ha una sezione di efflusso nel collettore del fumo di mq. 0,80, il 23 per cento della superficie della graticola.

Il collettore orizzontale del fumo, della larghezza di 2 m. e dell'altezza di m. 2,50 con volta a pien centro, riceve il fumo di 18 caldaie aventi complessivamente 58 mq. di graticola; la sua sezione corrisponde quindi all'8 per cento della superficie della graticola.

Il camino ha due metri di diametro; riceve il fumo di 27 caldaie aventi complessivamente 80 mq. di graticola; la sua sezione è dunque il 4 per cento di quella delle graticole.

L'ampiezza delle sezioni assegnate ai condotti, oltre ad assicurare ai gas caldi velocità convenienti, rende ancora facilissima la visita e la pulitura delle parti esterne dei bollitori e del corpo principale della caldaia.

Nella costruzione dei primi condotti impiegaronsi mattoni

refrattari, e per le altre parti del forno furono prescritti mattoni ordinari ma si poco porosi, che immersi nell'acqua mloro peso non aumentasse oltre i 100 grammi per ogni il attone.

Gli spessori adottati risultano dai disegni; vedesi pure come il muro trasversale che sostiene la testa posteriore del corpo cilindrico principale non sia pieno, ma presenti un vano di 23 cent. per attenuare il disperdimento del calore.

Superiormente il forno ha un'impalcatura a mattoni su travetti di ferro, coperta da un pavimento; non vi sono che 18 cent. di spessore in tutto, ed il vano sottostante serve pure ad impedire il disperdimento del calore, ed a facilitare le visite esterne.

Nei muri longitudinali, come appare dalla fig. 2 sonvi tre robusti tiranti i quali fanno capo a due montanti di ghisa con nervature, alle due teste della caldaia.

Trasversalmente alle caldaie corrono quattro paia di tiranti, i quattro superiori appena sopra il corpo cilindrico principale, e quelli inferiori appena al disotto del pavimento. Gli uni e gli altri si vedono in sezione nella fig. 1.

A piedi del camino un apparecchio registratore Richard indica la temperatura dei gas caldi in quel punto; la temperatura si mantiene costantemente da 180° a 188°, essendo un pochino più elevata di notte, consumandosi maggior vapore per la illuminazione elettrica. Ove si noti che la temperatura dell'acqua nelle caldaie è di 170° se ne può concludere la impossibilità di raffreddare maggiormente i gas caldi. A questo risultato si è anzi arrivati facendo in ultimo passare i gas caldi a contatto di pareti sottilissime, lo spessore de' tubi non arrivando a 3 mm.

Le analisi dei gas caldi fatte più volte al giorno per mezzo dell'apparecchio Orsat dimostrano che la proporzione dell'acido carbonico varia da 10,75 a 11,5 per cento.

Ma da questa proporzione devesi naturalmente dedurre la quantità d'aria intempestivamente introdotta sulle graticole quando si aprono le porte per il governo del fuoco.

Il grado di aspirazione del camino è misurato alla base in due punti, cioè prima e dopo del registro, ed è rispettivamente di 6 a 6,5 mm. nel condotto, e di 20 mm. nel camino. Il registro è generalmente aperto per i  $\frac{2}{10}$  soltanto. Sarebbsi adunque potuto accontentare di camini molto meno elevati. Ma l'altezza di 50 m. era richiesta per non dar luogo a lagnanze da parte dei vicini.

E quindi potrebbesi approfittare all'occorrenza di tale eccesso di aspirazione bruciando a vece di combustibili minuti del buon litantrace, con che si raddoppierebbe la produzione del vapore.

*Produzione del vapore.* — Il risultato industriale di quattro anni di esercizio è dato dalle seguenti cifre:

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Produzione di vapore all'ora per ogni caldaia di 254 mq. . . . .                      | chg. 1200 |
| 2. Consumo di combustibile, contenente da 20 a 22 per cento di ceneri, all'ora . . . . . | » 170     |
| 3. Produzione di vapore per chg. di combustibile chg. 7 a 7.20                           |           |
| 4. Produzione di vapore per mq. di superficie riscaldata . . . . .                       | » 4,7     |

Quest'ultima apparirà senza dubbio esigua, dappoichè generalmente si ammette per caldaie semitubulari una produzione di 10 a 12 chg. di vapore per mq. di superficie riscaldata. Ma non vuolsi dimenticare il risultato economico che da così lenta produzione la Raffineria Say sa ritrarre, impiegando combustibili di poco valore.

Basterebbe impiegare buon litantrace, modificando opportunamente le graticole ed aprendo un po' di più il registro del camino per raggiungere con tutta facilità la produzione di 10 chg.

*Vuotatura e pulitura.* — Ogni giorno si cessa il fuoco di una caldaia che dev'essere vuotata e pulita; e siccome tale operazione esige tre giorni, così delle 68 caldaie tre sono sempre inattive.

Si cessa il fuoco e si chiude il registro; un'ora dopo si chiude la presa del vapore e si scarica il vapore per un apposito tubo di 40 mm. fino alla pressione di mezza atmosfera. Dieci ore dopo si scarica l'acqua. Successivamente si aprono i buchi d'uomo, ed apresi il registro del focolare per ottenere lentamente il raffreddamento della caldaia e dei condotti del forno. Tutte queste operazioni richiedono 24 ore.

Ogni caldaia funziona per 11 settimane, dopo di che si estraggono da 15 a 20 litri di deposito.

*Esercizio e risultati economici.* — Ogni fuochista attende a due fuochi; il combustibile gli è portato a piè d'opera. Il fuoco si sospende una volta per settimana per 12 ore del giorno festivo.

Nei tre anni che precedettero l'impianto del quale discorriamo, la spesa del combustibile era di fr. 3,15 per tonnellata di vapore. Questa spesa discese a fr. 2,25 dal 1889 al 1892 malgrado l'aumento di prezzo dei carboni avvenuto in conseguenza degli scioperi. Donde la economia effettiva del 30 per cento dovuta al nuovo impianto, e che tenuto conto del diverso prezzo dei carboni risulterebbe del 40 per cento.

Ogni caldaia d'acciaio di 254 mq. ha costato da 30 a 31000 franchi, compresi gli accessori, e le tubazioni. Tutto questo impianto è fatica e merito particolare del signor Létort, direttore del materiale, che ne studiò tutti i particolari, che ha presieduto alla esecuzione e che ne assicura il buon esercizio. E tuttociò sotto l'intelligente iniziativa e l'alta direzione del signor Cronier, Ingegnere-Capo di ponti e strade, amministratore delegato della Società della Raffineria Say.

G. S.

## GEOMETRIA PRATICA

### ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA LIVELLAZIONE TOPOGRAFICA E RELAZIONE PARTICOLAREGGIATA DI UN'OPERAZIONE ESEGUITA

*Continuazione e fine*

Prima di procedere alla livellazione fra il caposaldo del cortile del Valentino ed il C. S. di Cavoretto, abbiamo determinata la quota sul mare del C. S. del Valentino, collegandoci ad alcuni C. S. della livellazione di precisione dell'Istituto Geografico Militare, e si è appunto dal confronto dei risultati nostri con quelli dell'Istituto Geografico Militare che crediamo di aver ottenuto il miglior collaudo dello strumento e delle stadiè da noi descritte.

Nella prima tabella della pagina seguente abbiamo indicato il nome dei C. S. determinati dall'Istituto Geografico Militare e da noi livellati in andata e ritorno ed i risultati ottenuti.

Crediamo pure conveniente riprodurre, come esempio, il quadro I-II delle osservazioni fatte fra il C. S. di piazza Castello e quello di via della Zecca.

I numeri in esso registrati risultano dalla media delle letture fatte ai tre fili del reticolo già ridotte al filo centrale, e le lettere S e D rappresentano rispettivamente le letture fatte sulla graduazione sinistra e su quella destra della stadia.

Indicando rispettivamente con  $H_s^A$  e  $H_D^A$  le differenze di livello fra i capisaldi ottenuti nell'*andata*, considerando separatamente le graduazioni *sinistra* e *destra* della stadia, e con  $H_s^R$  e  $H_D^R$  le analoghe quantità ottenute nel ritorno, si trova:

Indicazione dei capi saldi	Quota assoluta dei capisaldi determinata dall'Istituto Geografico Militare	Differenza di livello fra i capisaldi dedotta dalle quote precedenti	Differenza di livello fra i capisaldi ottenuti colle nostre osservazioni	Discordanza fra i nostri risultati e quelli dell'I. G. M.
Circolo inciso sul parapetto del muro d'ala a valle della riva sinistra del Po . . . . .	223m,210			
Disco di zinco sul marciapiede di via della Zecca in corrispondenza del pilastro del Gabinetto di Geodesia dell'Università . . . . .	234,976	11m,766	11,7676	+1mm,6
Circolino inciso presso la soglia del cancello d'entrata del Palazzo Madama dalla parte di via Po . . . . .	238,504	3,528	3,5295	+1mm,5

I-II.

A N D A T A				R I T O R N O			
S	D	S	D	S	D	S	D
Contro-battute	Battute	Contro-battute	Battute	Contro-battute	Battute	Contro-battute	Battute
821,7	2405,0	2178,3	594,7	2162,7	1351,0	837,7	1648,7
1159,7	2295,2	1840,7	704,3	2334,0	1197,7	666,0	1801,7
1350,7	2161,6	1649,0	837,7	2410,7	823,7	589,3	2170,7
3332,1	6861,8	5668,0	2136,7	6907,4	3377,4	2093,0	5621,1

$$H_s^A = 3,5287 \quad H_s^R = 3,5300$$

$$H_d^A = 3,5313 \quad H_d^R = 3,5281$$

$$\frac{H_{s+d}^A}{2} = 3,5300 \quad \frac{H_{\frac{1}{2}(s+d)}^R}{2} = 3,5290$$

posto:

$$H = \frac{1}{2}(H^A + H^R) \quad ; \quad \Delta H = H^A - H^R$$

si ha:

$$H = + (*) m. 3,5295 \quad ; \quad \Delta H = mm. 1,5,$$

la linea livellata risulta di chilometri  $s = 0,400$  e si fece un numero di stazioni  $N = 3$ .

II-III. — Dal caposaldo di via della Zecca a quello sul parapetto del Po in Piazza Vittorio Emanuele si ottenne:

$$H_s^A = 11,7681 \quad H_s^R = 11,7691$$

$$H_d^A = 11,7670 \quad H_d^R = 11,7664$$

$$H^A = 11,76755 \quad H^D = 11,76775$$

$H = + 11,76765$  ;  $\Delta H = mm. 0,2$  ;  $s = Km. 1,300$  ;  $N = 10$ .

III-IV. — Dal caposaldo di Piazza Vittorio al caposaldo del monumento Garibaldi:

$$H_s^A = 0,4786 \quad H_s^R = 0,4791$$

$$H_d^A = 0,4783 \quad H_d^R = 0,4813$$

$$H^A = 0,47845 \quad H^R = 0,4802$$

$H = - m. 0,4793$  ;  $\Delta H = mm. 1,8$  ;  $s = Km. 0,490$  ;  $N = 4$ .

(\*) Il segno + indica che, procedendo nel senso dell'andata, il tratto è in discesa; il segno - indica che è in salita.

IV-V. — Dal caposaldo del monumento Garibaldi al vertice I della poligonale nel Giardino del Valentino:

$$H_s^A = 7,8824 \quad H_s^R = 7,8832$$

$$H_d^A = 7,8812 \quad H_d^R = 7,8839$$

$$H^A = 7,8818 \quad H^R = 7,8835$$

$H = - 7,88267$  ;  $\Delta H = mm. 1,75$  ;  $s = Km. 0,680$  ;  $N = 7$ .

V-VI. — Dal caposaldo vertice I della poligonale al caposaldo nel cortile del Castello del Valentino:

$$H_s^A = 1,8825 \quad H_s^R = 1,8829$$

$$H_d^A = 1,8837 \quad H_d^R = 1,8823$$

$$H^A = 1,8831 \quad H^R = 1,8826$$

$$H = + m. 1,88285$$

$\Delta H = mm. 0,5$  ;  $s = Km. 0,630$  ;  $N = 7$ .

VI-VII. — Dal caposaldo del cortile del Valentino al caposaldo situato sul marciapiede del ponte Isabella sul Po a monte, riva sinistra:

$$H_s^A = 3,84699 \quad H_s^R = 3,84633$$

$$H_d^A = 3,84648 \quad H_d^R = 3,84397$$

$$H^A = 3,84673 \quad H^R = 3,84515$$

$$H = - m. 3,84594$$

$\Delta H = mm. 1,58$  ;  $s = Km. 1,000$  ;  $N = 10$ .

VII-VIII. — Dal caposaldo del ponte Isabella al caposaldo della salita di Cavoretto:

$$H_s^A = 0,091685 \quad H_s^R = 0,091400$$

$$H_d^A = 0,091284 \quad H_d^R = 0,090966$$

$$H^A = 0,09148 \quad H^R = 0,09118$$

$H = - m. 0,09133$  ;  $\Delta H = mm. 3,0$  ;  $s = Km. 1,090$  ;  $N = 7$ .

Il tratto compreso fra il caposaldo della rampa di Cavoretto e quello della mira astronomica di Cavoretto venne suddiviso in 8 tratti minori, ciascuno dei quali si presenta a forte pendenza; accenneremo più sotto al procedimento da noi seguito onde poter applicare il metodo *dal mezzo* in tutta la sua esattezza anche in questo caso.

VIII-IX. — Dal caposaldo della rampa di Cavoretto a quello di Val Patonera:

$$H_s^A = 17,0892 \quad H_s^R = 17,0912$$

$$H_d^A = 17,0906 \quad H_d^R = 17,0893$$

$$H^A = 17,0899 \quad H^R = 17,09025$$

$$H = - m. 17,09007$$

$\Delta H = mm. 0,35$  ;  $s = Km. 0,420$  ;  $N = 9$ .

IX-X. — Dal caposaldo di Val Patonera al caposaldo del muro di controriva posto fra il ponte di Val Patonera e la villa N. 623:

$$H_s^A = 13,6166 \quad H_s^R = 13,6118$$

$$H_d^A = 13,6107 \quad H_d^R = 13,6120$$

$$H^A = 13,61365 \quad H^R = 13,6119$$

$$H = - m. 13,61275$$

$\Delta H = mm. 1,75$  ;  $s = Km. 0,200$  ;  $N = 6$ .

X-XI. — Dal caposaldo del muro suddetto al caposaldo della villa N. 623:

$$H_s^A = 21,7985 \quad H_s^R = 21,7933$$

$$H_d^A = 21,7987 \quad H_d^R = 21,7921$$

$$H^A = 21,79865 \quad H^R = 21,7927$$

$$H = - 21,7956$$

$\Delta H = mm. 5,9$  ;  $s = Km. 0,450$  ;  $N = 10$ .

XI-XII. — Dal caposaldo della villa N. 623 al caposaldo della strada Alberoni:

$$H_s^A = 30,0384 \quad H_s^R = 30,0423$$

$$H_d^A = 30,0398 \quad H_d^R = 30,0470$$

$$H^A = 30,0391 \quad H^R = 30,04465$$

$$H = - 30,041875$$

$\Delta H = mm. 5,5$  ;  $s = Km. 0,890$  ;  $N = 17$ .

XII-XIII. — Dal caposaldo Alberoni al caposaldo situato in Cavoretto:

$$H_s^A = 24,5346 \qquad H_s^R = 24,5420$$

$$H_d^A = 24,5347 \qquad H_d^R = 24,5400$$

$$H^A = 24,53465 \qquad H^R = 24,5410$$

$$H = -24,5278$$

$$\Delta H = \text{mm. } 6,4 \quad ; \quad s = \text{Km. } 0,750 \quad ; \quad N = 13.$$

XIII-XIV. — Dal caposaldo di Cavoretto al caposaldo di via della Parrocchia:

$$H_s^A = 1,0163 \qquad H_s^R = 1,0201$$

$$H_d^A = 1,0183 \qquad H_d^R = 1,0193$$

$$H^A = 1,0173 \qquad H^R = 1,0197$$

$$H = +1,0185$$

$$\Delta H = \text{mm. } 2,4 \quad ; \quad s = \text{Km. } 0,310 \quad ; \quad N = 5.$$

XIV-XV. — Dal caposaldo in via della Parrocchia al 2° gradino della porticina N. 57:

$$H_s^A = 13,846 \qquad H_s^R = 13,850$$

$$H_d^A = 13,845 \qquad H_d^R = 13,848$$

$$H^A = 13,8455 \qquad H^R = 13,849$$

$$H = -13,84725$$

$$\Delta H = \text{mm. } 3,5 \quad ; \quad s = \text{Km. } 0,370 \quad ; \quad N = 8.$$

XV-XVI. — Dal 2° gradino della porta N. 57 all'ultimo caposaldo situato sotto al pilastro della mira di Cavoretto:

$$H_s^A = 26,0305 \qquad H_s^R = 26,0318$$

$$H_d^A = 26,0305 \qquad H_d^R = 26,0294$$

$$H^A = 26,0305 \qquad H^R = 26,0306$$

$$H = -26,03055$$

$$\Delta H = \text{mm. } 0,1 \quad ; \quad s = \text{Km. } 0,620 \quad ; \quad N = 14.$$

L'altezza della faccia superiore della mira di Cavoretto sul sottostante caposaldo venne misurata direttamente colle canne e risultò di metri 5,81.

### Ricerca dell'errore medio chilometrico della linea livellata.

È noto che l'errore medio chilometrico di una linea livellata in  $n$  tratti, percorsi ciascuno in andata e ritorno, è dato da (\*):

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[ \frac{\Delta H \cdot \Delta H}{s} \right]}$$

Nel caso nostro risulta:

$$\Sigma s = \text{Km. } 9,600 \quad ; \quad \left[ \frac{\Delta H \cdot \Delta H}{s} \right] = 254,14 \quad ; \quad n = 15$$

perciò:

$$m = \pm \text{mm. } 2,05 \text{ per km. } 1.$$

La Commissione internazionale per la misura del Grado Europeo, radunatasi in Berlino nel 1864, ha stabilito che l'errore medio chilometrico non debba oltrepassare i 3 mm. per chilometro, con una tolleranza fino a 5 mm. per chilometro nei casi più sfavorevoli; considerando che gli ultimi 10 tratti da noi livellati, corrispondenti alla forte salita di Cavoretto, costituiscono appunto il caso di terreno sfavorevole, ci pare che in complesso i nostri risultati non lascino a desiderare in esattezza.

### La livellazione dal mezzo nel caso di terreno a forte pendenza.

Quando si pone il livello in un punto P equidistante da due altri punti (fig. 109) A e D in una strada in trincea, succede sovente che se la pendenza della strada è forte, come si verifica per molte strade di collina, l'asse ottico del cannocchiale colpisce l'estremità superiore della stadia situata in A, ma non colpisce quella in D, inquantochè interseca il terreno in un punto C assai prossimo a P.

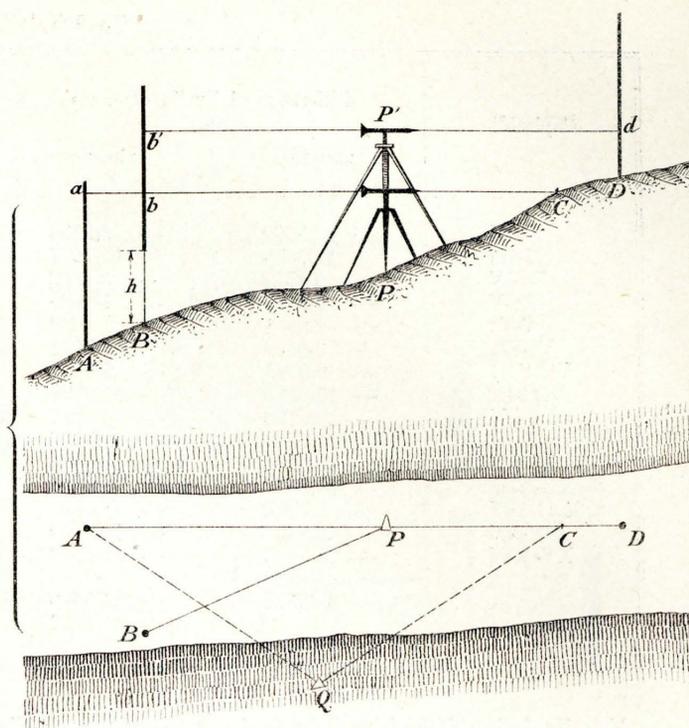


Fig. 109.

Se trasportiamo la mira da D verso P oltre al punto C, la stazione non risulta più dal mezzo, e se la distanza  $AP = PD$  è la minima alla quale si può leggere distintamente col cannocchiale, bisogna portare lo strumento in Q fuori del ciglio stradale, in modo che risulti  $QA = QC > AP$ .

Se la trincea è tale, come succede per la strada di Cavoretto, da non permettere il trasporto dello strumento fuori della strada, la stazione in P non si può eseguire.

In questo caso abbiamo proceduto nel seguente modo:

Lasciato lo strumento in P ad un'altezza dal suolo di circa 1 m., si è fatta la lettura sulla stadia in A, ed in un punto B prossimo ad A si è fatta situare la stadia che prima era in D, in modo che risultasse più alta di quella situata in A di una quantità  $h = 1$  m. circa. Ciò si può ottenere facilmente munendo le stadiie di un apposito bastone che scorra entro anelli fissi nella parte posteriore della stadia e che ad essi possa venir collegato con viti di pressione. Noi ci servimmo dei paracarri e dei muricci situati lungo il ciglio stradale.

La lettura  $b$  fatta su B equivale alla battuta avanti che si dovrebbe fare sulla stadia situata in D.

Ciò fatto, si solleva lo strumento alla posizione P' ad un'altezza dal suolo di circa m. 1,80, e corretto lo strumento, si fa la lettura  $b'$  sulla stadia in B, e questa lettura corrisponde evidentemente ad una controbattuta. Frattanto la stadia che era in A si è fatta disporre sul punto D, e la lettura  $d$  che le corrisponde si registra nelle battute avanti.

Con questo procedimento la stadia che è situata in B non deve essere rotata per fare le controbattute, ed è perciò evitato il pericolo dell'affondamento suo nel terreno per causa della rotazione.

Senza questo artificio non sarebbe stato possibile eseguire la livellazione dei due ultimi tratti XIV-XV, XV-XVI.

### Compensazione della livellazione.

Indicando con  $\Delta$  l'errore di chiusura totale della linea livellata con S la lunghezza della linea livellata ( $S = 9600$  metri) e con  $s$  la lunghezza di ciascun tratto, è noto che la differenza di livello fra ciascun caposaldo deve subire la correzione  $\frac{\Delta}{S} s$  (\*).

Nella tabella della pagina seguente diamo il calcolo della compensazione.

La distanza diretta fra il R. Osservatorio (piazza Castello) e la mira di Cavoretto è di m. 4488,91 (\*\*); questa distanza venne da noi percorsa con una linea livellata di 9600 metri e con 142 stazioni per l'andata ed altrettante per ritorno. In media si eseguivano 22 stazioni fra andata e ritorno per ogni 4 ore di lavoro giornaliero.

(\*) Esposizione del metodo dei minimi quadrati, per A. FERRERO.

(\*\*) A. DORNA, Supplemento al Bollettino ann. 1870 dell'Osservatorio. Memoria dell'Accademia delle Scienze, vol. XXVI e XXVII.

(\*) Cfr. W. JORDAN, Handbuch der Vermessung Kunde, pag. 391.

Quadro della compensazione.

Capisaldi	Differenze di livello ottenute in		s in metri	$\frac{\Delta}{S} s$	Differenze di livello corrette in	
	andata	ritorno			andata	ritorno
I-II	+ 3,5300	- 3,5290	400	0,0003	+ 3,5297	- 3,5294
II-III	+ 11,7675	- 11,7677	1300	0,0011	+ 11,7664	- 11,7689
III-IV	- 0,4784	+ 0,4802	490	0,0004	- 0,4788	+ 0,4797
IV-V	- 7,8818	+ 7,8835	680	0,0006	- 7,8824	+ 7,8828
V-VI	+ 1,8831	- 1,8826	630	0,0005	+ 1,8826	- 1,8832
VI-VII	- 3,8467	+ 3,8451	1000	0,0009	- 3,8476	+ 3,8441
VII-VIII	- 0,0915	+ 0,0912	1090	0,0009	- 0,0924	+ 0,0902
VIII-IX	- 17,0899	+ 17,0902	420	0,0004	- 17,0903	+ 17,0897
IX-X	- 13,6136	+ 13,6119	200	0,0002	- 13,6138	+ 13,6116
X-XI	- 21,7986	+ 21,7927	450	0,0005	- 21,7991	+ 21,7921
XI-XII	- 30,0391	+ 30,0446	890	0,0008	- 30,0400	+ 30,0437
XII-XIII	- 24,5346	+ 24,5410	750	0,0007	- 24,5353	+ 24,5403
XIII-XIV	+ 1,0173	- 1,0197	310	0,0003	+ 1,0170	- 1,0201
XIV-XV	- 13,8455	+ 13,8490	370	0,0003	- 13,8458	+ 13,8486
XV-XVI	- 26,0305	+ 26,0306	620	0,0005	- 26,0310	+ 26,0301
	- 141,0526	+ 141,0610	9600	0,0084	- 141,061	+ 141,061
		- 141,0526				- 141,061
		$\Delta = + 0,0084$				0,000

Nella livellazione di precisione della Baviera venne usato un livello dello stesso tipo di quello da noi descritto, ed in giornate favorevoli di 9 o 10 ore di lavoro si eseguivano dalle 40 alle 50 stazioni.

La quota della faccia superiore della mira di Cavoretto collegata col C. S. di piazza Castello risulta adunque di metri:

$$238,504 + 141,061 + 5,810 = 385,375.$$

La differenza di livello fra il C. S. nel cortile del Valentino e il piano di paragone della mira di Cavoretto risulta di m. 155,686.

Torino, maggio 1892.

Dal Gabinetto di Geometria Pratica della R. Scuola per gli Ingegneri di Torino.

Ing. V. BAGGI.

## NECROLOGIA

### Luca Carimini, Architetto

N. IL 13 MAGGIO 1830 IN ROMA E † IL 14 DIC. 1890.

Orfano del padre a 12 anni viene posto a lavorare da scalpellino. A 20 anni perde anche la madre, lo zio materno Baldassarre Bellucci prende a proteggerlo, gli apre bottega da scalpellino e lo fa collaboratore nei suoi lavori di capo-mastro imprenditore. Le ristrettezze della sua condizione non gli impediscono di frequentare la Scuola di Ornato presso l'Accademia di S. Luca e di addimostrarne il profitto con una nuova e graziosa semplicità nella parte ornamentale dei monumentini che escono dal suo laboratorio.

Non sono ancora trascorsi tre anni che muore anche lo zio. Ma Luca Carimini non si sgomenta, prosegue a studiare e lavorare con ardore, alla sua bottega affluiscono le commissioni e presto si vede circondato da una sessantina di giovanotti che ricevono da lui istruzione e lavoro. Ciò malgrado non cessa di alternare le dure occupazioni del mestiere collo studio prediletto dell'arte, e all'Accademia frequenta le scuole di pittura e di scoltura. Ed ecco uscire dal suo laboratorio lavori nei quali la squisitezza della parte ornamentale non è inferiore alla castigatezza delle linee architettoniche e alla nobiltà delle figure scolpite; lavori che nel cimitero di Campo Varano portano una nota nuova e paiono fatti dalle mani di cinquecentisti risorti.

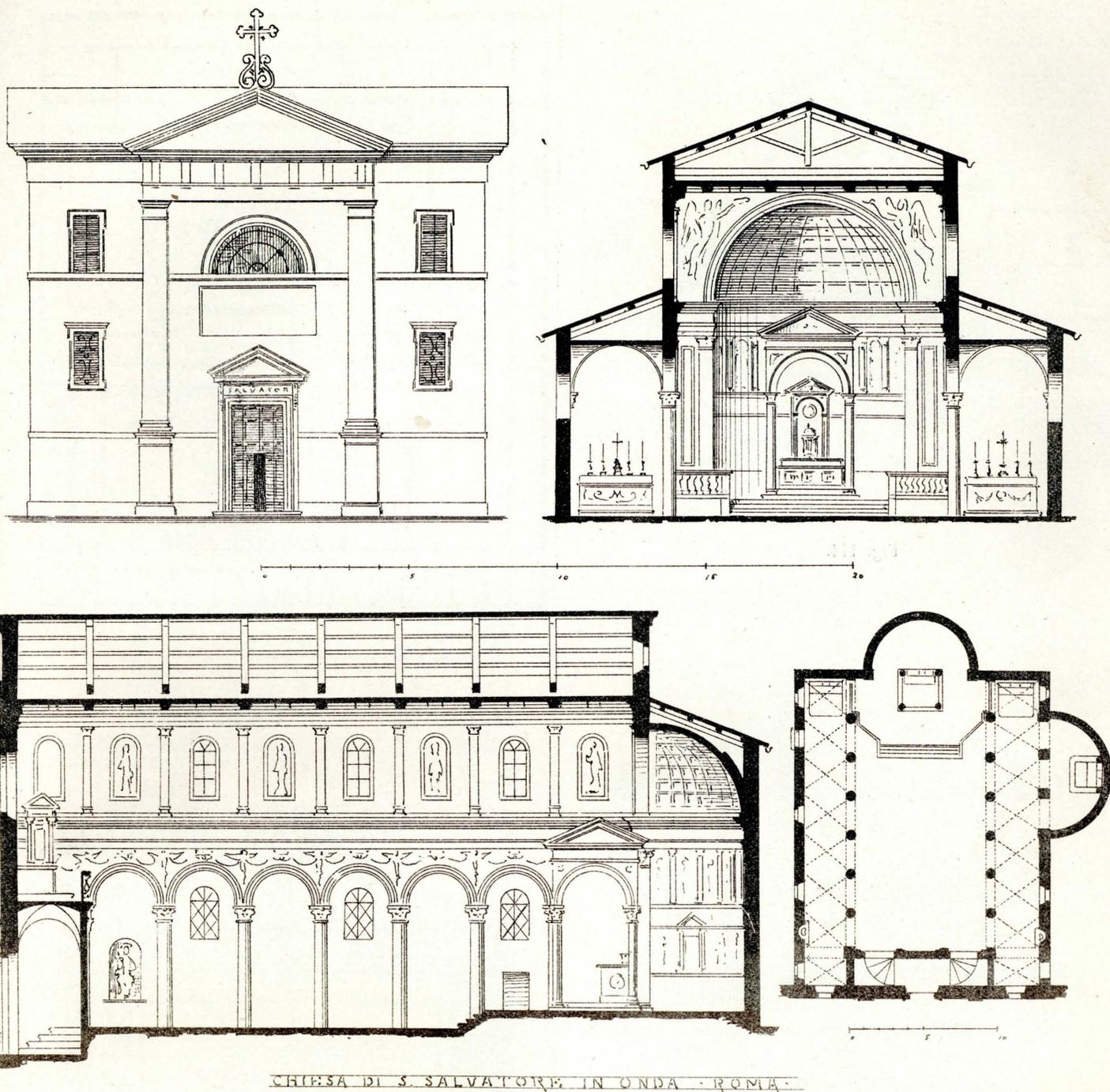
E quantunque sia arrivato a trattare la figura come i migliori scultori suoi coetanei, pure lui si sente attratto dall'architettura e solo, senza l'aiuto e lo sprone di alcuno, col suo intuito di artista cerca, scruta le fabbriche di Bacio Pontelli, di Bramante, del Pe-

ruzzi, del Sangallo, del Vignola, ne trae calchi, ne forma i disegni e quasi ne ruba il segreto che lui sa trasfondere nelle sue nuove opere.

Sulle prime solleva le ire e le proteste degli scolastici i quali non ammettono come motivi di studio che i monumenti dell'epoca del Panteon e del Teatro di Marcello; il Colosseo e le Terme di Caracalla sono banditi colla taccia di *decadenza* e dopo questi nell'arte è notte buia per sempre. Ma i committenti sono dalla sua, e le ordinazioni al Carimini si ripetono e si ingrandiscono, i suoi discepoli aprono altre botteghe, il suo esempio si propaga, e in Roma pare di assistere a un nuovo risorgimento del risorgimento. Da ultimo la corrente sfonda anche le porte dell'Accademia e ottiene la sanzione ufficiale. Intanto il Carimini passa dai monumenti alle cappelle funerarie, da queste alle chiese e da queste alle case e ai palazzi. Gli architetti esercenti in Roma lo guardano con sospetto e gli rimproverano la mancanza della povera veste di un diploma. Lui non si atteggia a vittima; prende parte a una sessione di esami all'Accademia; sul parere favorevole di architetti quali sono il Sarti, il Poletti, il Vespi gnani, riceve nel 1868 dal Governo Pontificio il diploma di *architetto* e prosegue trionfalmente la sua strada, ristaura e abbellisce vecchie chiese, fa nuovi monumenti, nuove chiese, nuovi palazzi e si mantiene sempre fedele alla sua scuola di cinquecentista convinto e non plagiario.

Arriva il 1870. Nuove e varie correnti prende l'opinione delle arti in Roma; ma lui si mantiene sicuro e fidente sulla sua vecchia strada; qualche nuovo venuto lo deride e lo rimprovera perchè, dice il nuovo venuto, *Carimini non sa fare che il cinquecento*. E lui per tutta risposta innalza nuove chiese e nuovi palazzi e prima di chiudere gli occhi per sempre dà gli ultimi tocchi al collegio di Santa Chiara (fig. 116) e al Convento di via Merulana (fig. 114, 115) che sono e rimarranno tra le più belle e più imponenti fabbriche della nuova Roma.

Complessivamente l'opera del Carimini può assomigliarsi a quella degli architetti romani Sarti e Poletti perchè, come essi, seppe essere nuovo e personale, attingendo dall'antico; ma questi attingono dal Romano e dal Greco e fecero opera fredda e scolastica; Carimini attinge ai cinquecentisti e fa opera quasi del tutto razionale e moderna nel vero senso della parola. Può anche il Carimini assomigliarsi al nostro Mella in questo senso che anche lui il Carimini fu il maestro di se stesso e ritrovò la strada dell'architettura disegnando dal vero e studiando i monumenti antichi. Nessuno poi degli architetti moderni gli assomiglia in questo che il Carimini fu a un tempo e architetto e scultore; e la scoltura adoperò con mano sicura e con parsimonia e mai a detrimento delle linee architettoniche.



CHIESA DI S. SALVATORE IN ONDA - ROMA -

Fig. 110-113.

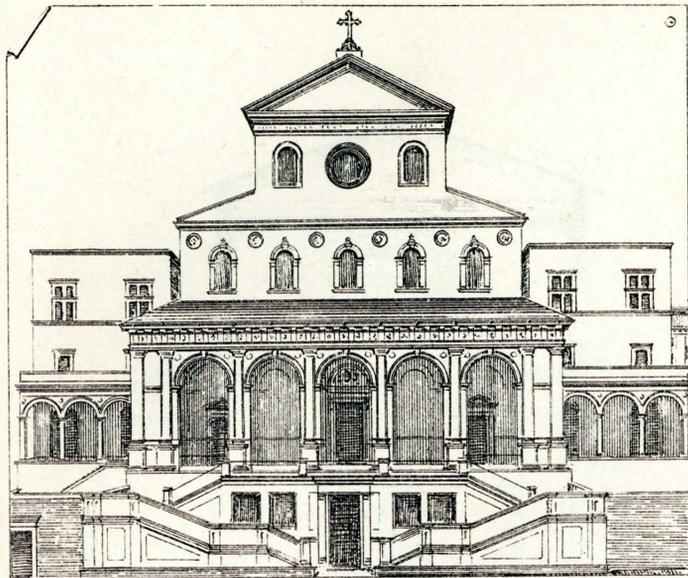
Con il corredo di disegni più copiosi e più autentici si potrebbe fare un esame critico dell'opera del Carimini e addimostrare più esattamente che gli spetta un posto nella storia dell'architettura contemporanea; forse furono confermati in questa opinione coloro che nelle sale del Circolo degli Artisti in Torino, ebbero occasione di ammirare la mole immensa di disegni originali, di stampe e di fotografie che, avute gentilmente in comunicazione da Merico Carimini figlio, furono presentate alla Sezione di Architettura nella riunione del 30 marzo 1892 dal socio scrivente.

È parimente per la gentilezza e permissione del figlio che ci è possibile presentare, riprodotti in piccola scala, alcuni saggi delle opere del Carimini e dare l'elenco quasi completo e quasi cronologicamente ordinato delle sue opere.

*Opere dell'arch. LUCA CARIMINI.*

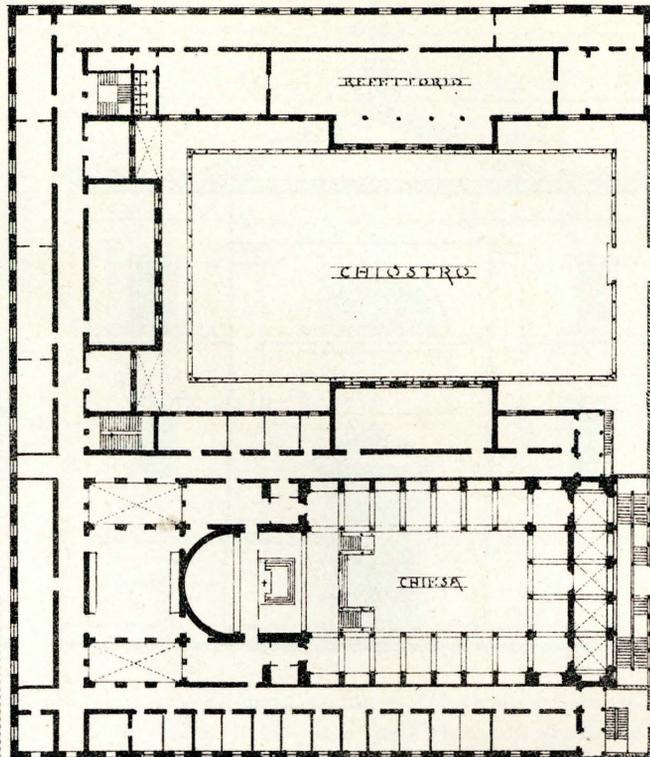
In Roma: Chiesa di S. M. in Aquiro, decorazione generale dell'interno, altare maggiore, edicola della Madonna e cappella Berardi con statue, con fusti di colonna interamente scolpiti, dei quali uno è riprodotto nella figura 120. — Ristauri della chiesa e nuova sacrestia della Madonna di Loreto. — Chiesa di S. Salvatore in Onda (fig. 110 a 113), decorazione generale dell'interno, confessione, cappella Cassetta. — Chiesa dei SS. XII Apostoli, lavori diversi. — Chiesa di S. Giacomo degli Spagnuoli, ricostruzione della chiesa e del collegio annesso (1882-87). — Convento e chiesa di S. Antonio in via Merulana (fig. 114 e 115). — Collegio di Santa Chiara e chiesa (1835-90) (fig. 113).

Palazzo Blumensthal sul Lungo Tevere. — Hôtel Marini al Tritone. — Ospedale di S. Grisogono. — Casa Emiliani al Babuino. — Ospizio delle Suore dei poveri a S. Pietro in Vincoli. — Seminario Francese



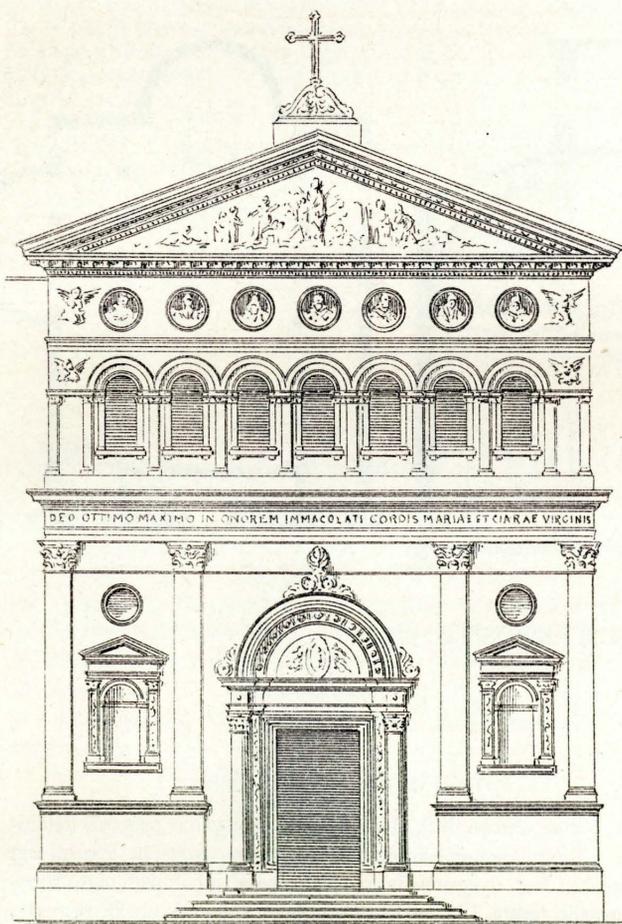
COLLEGIO di S. ANTONIO - ROMA.

Fig. 114.



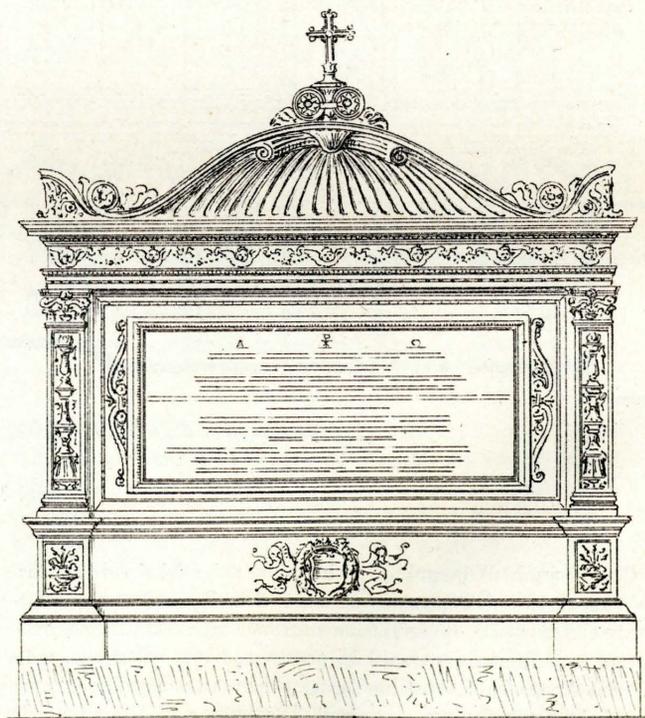
COLLEGIO di S. ANTONIO - ROMA.

Fig. 115.



CHIESA del COLLEGIO di S. CHIARA - ROMA.

Fig. 116.



MONUMENTO HARCOURT - ROMA.

Fig. 117.

alla Scrofa. — Monastero, educandato e chiesa delle Suore di Cluny. — Cappella della Retraite alla Trinità dei Monti. Monumento Cassetta nella chiesa di S. Nicola dei Prefetti. — Monumento Amerani in S. Carlo a Catinari. — Monumento Poggioli in

S. Francesco a Ripa. — Monumento dell'ambasciatore \*\*\* in S. Luigi dei Francesi. — Monumento mons. Level nella stessa chiesa (1871). — Monumento dell'ambasciatore \*\*\* in S. Antonio dei Portoghesi. — Altare Potoski nella stessa chiesa. — Monumento dell'ambasciatore Fi

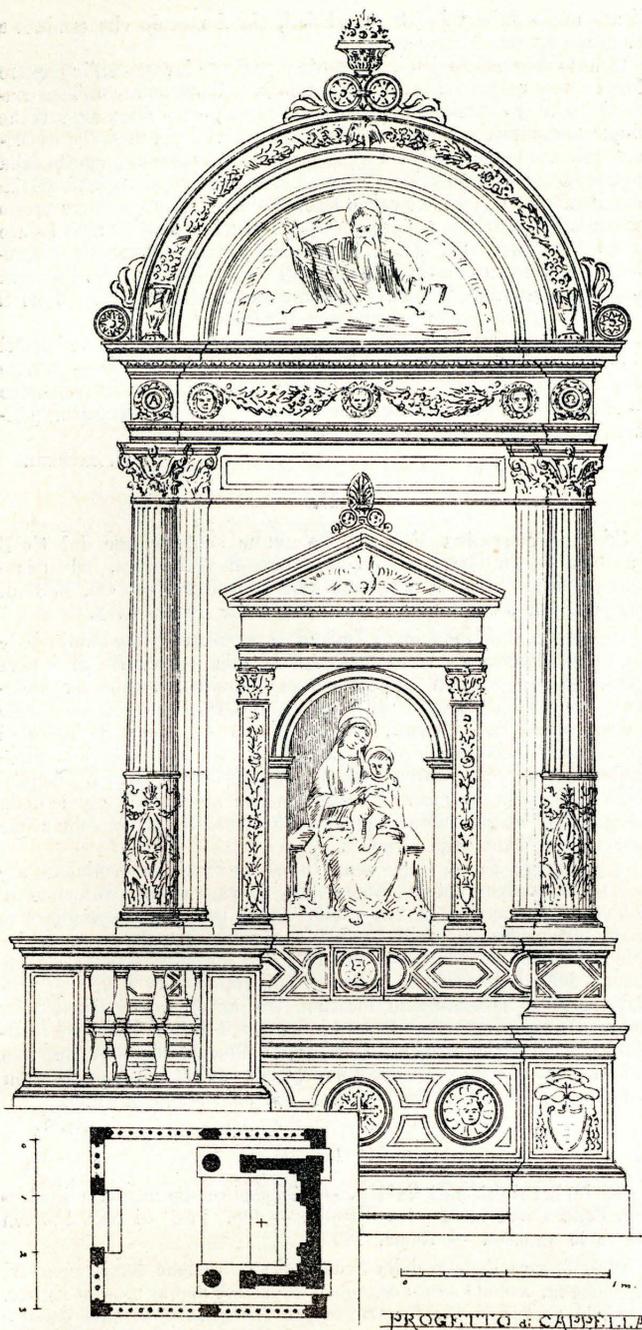


Fig. 118.

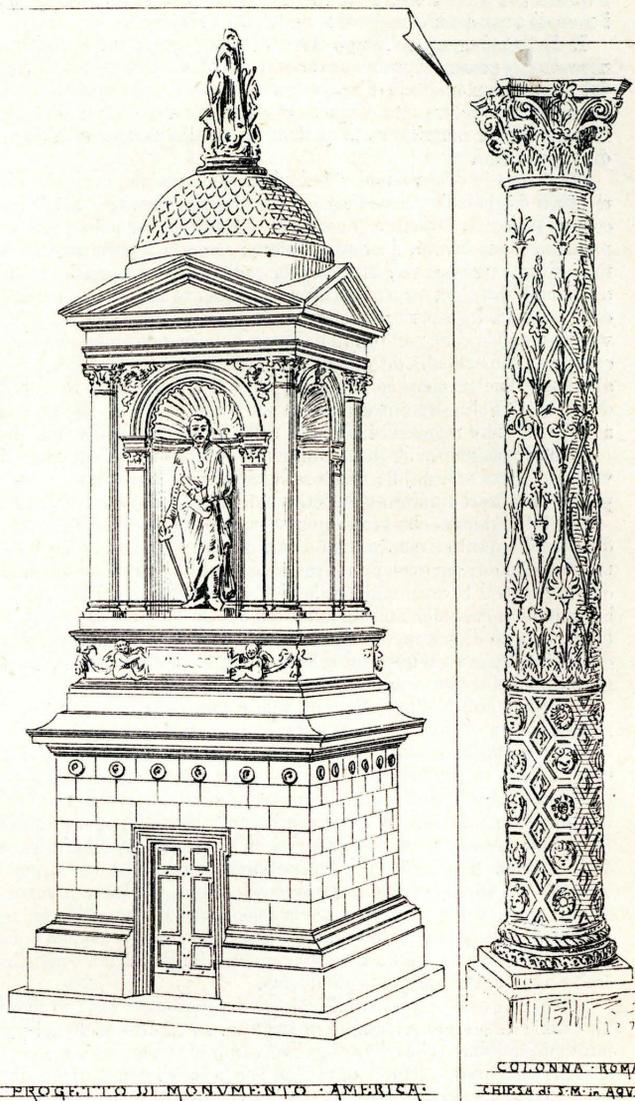


Fig. 119.

Fig. 120.

— Al Parà nel Brasile: Un altare monumentale con statue. — In Moravia: Due altari. — In Algeri: Due altari. — A Londra: Un camino artistico.

Progetti: — Monumento architettonico al Re Vittorio Emanuele in Roma. — Un'edicola per la Madonna di Trevi. — Una cappella (fig. 118). — Un monumento funerario (fig. 119) ed altri.

C. CASELLI.

gueredo nella chiesa di Monserrato (1868). — Monumento al duca di Harcourt in S. Maria del Popolo (1865) (fig. 117). — Tempietto ottagonale nel cimitero inglese.

Cappelle nel cimitero di Campo Varano: Vannutelli, Chiesi, Comunità dei Francesi, Avenoli, Lais, Scolopi, Cavaceppi, Blumensthal, Decetto, Carimini, Cassetta.

Monumenti nello stesso cimitero: Venier e Marignoli (1858), Matsatti (1858), Paris (1860), Bracci (1862), Sorgi (1864), Saulini (1864), Garofoli (1865), Colonna (1868), Lasagni (1871), Palomba (1873), Debernardi, D'Amico, Freyd, Saolini, Belardini, Rezzi, Tommaso, Lobin.

A Monte Campatri: la cattedrale e il monumento Nardello. — A Trevi: la Cattedrale. — A Bracciano: la chiesetta nel cimitero. — A Palo: il restauro del castello Odescalchi. — A Porto d'Anzio: un pulpito. — A Sutri: i monumenti Petrucci (1862, 1865). — A Tivoli: il monumento Petrucci (1864). — Ad Albano: il monumento Ciocca. — A Cagli (Pesaro): il monumento Mochi. — A Granata: Cappella in Riosas. — A Varsavia: Cappella Sobieski. — A Pernambuco: Una chiesa. — A S. Jago, Chilà: Un altare monumentale con statue.

## BIBLIOGRAFIA

### I.

**Misurazione dei corsi d'acqua.** — Estratto dal vol. XIV delle *Memorie illustrative della carta idrografica d'Italia*, pubblicate dalla Direzione generale dell'Agricoltura. — Op. in-8° gr. di pag. 45 con 5 tav. litogr. — Roma, 1892.

L'egregio ingegnere G. Zoppi, Capo della Divisione idraulica e miniere al Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, dopo lo studio del fiume Aniene, del quale abbiamo parlato a suo tempo in queste colonne, ebbe incarico di eseguire analogo studio sul regime degli importanti fiumi Nera e Velino.

Scopo precipuo ed essenziale di tali studi è di conoscere le vere portate di detti fiumi e a tale effetto l'ingegnere Zoppi volle seguire il metodo di misurazione riconosciuto il meno imperfetto, procedere cioè alla misurazione diretta delle velocità per mezzo del mulinello di Woltman perfezionato ed a segnali elettrici.

Ma l'egregio sperimentatore non tardò a persuadersi che tale strumento non poteva adoperarsi nelle grosse piene impetuose dei nostri fiumi e si trovò quindi indotto a ricercare quale degli altri metodi usati desse

risultati più attendibili, e per meglio riuscire nell'intento adoperò tutti i metodi conosciuti e ne pose a confronto i risultati.

Il distinto ingegnere Zoppi, che nell'adempire al suo compito sa tenere sempre presenti i problemi ancora insoluiti sulle leggi del movimento dei liquidi, non tralasciò d'interrogare i fenomeni che si offrivano al suo esame e di prendere nota di quelli che a lui parvero degni di considerazione e tali da contribuire in qualche parte alla soluzione di alcuno di detti problemi.

Ed invero le osservazioni e deduzioni sue appaiono arrivate a buoni risultati dappoichè scrisse l'egregio sperimentatore nella sua lettera al comm. Miraglia, Direttore generale dell'Agricoltura, colla quale accompagnava il suo lavoro, d'aver assodato: come la resistenza alla superficie di un corso acqueo, intorno alla quale molto disparate sono le opinioni degli idraulici, sia cagionata principalmente dalle resistenze al fondo e alle sponde. Le esperienze sono state numerose e mettendo a confronto variazioni liquide, nelle quali l'altezza delle sponde andasse man mano crescendo rispetto alla larghezza del fondo, si è rilevato che la resistenza alla superficie cresceva coll'aumentarsi dell'altezza delle sponde fino a divenire di molto superiore a quella sul fondo stesso. E ciò in un canale a pareti lisce e regolarissime, ossia nell'acquedotto dell'Acqua Marcia.

Come conseguenza di questa influenza delle sponde l'ingegnere Zoppi volle ricercare se il profilo trasversale del corso acqueo fosse curvo e non piano. E questo appunto gli risultò comprovato dalle esperienze fatte.

Ora è indubitato che tanto queste esperienze sui fenomeni del moto dei liquidi quanto il confronto dei vari metodi di misurazione delle portate riescono di particolare interesse agli studiosi dell'idraulica. E fece ottimamente il Direttore generale dell'Agricoltura ordinandone la pubblicazione in fascicolo a parte, tanto più che le cennate esperienze avrebbero condotto l'ingegnere Zoppi a deduzioni in qualche parte diverse da quanto finora si è ritenuto sulla legge della scala delle velocità nelle singole verticali d'una sezione di un corso d'acqua.

Si ritiene infatti dagli idraulici che in generale la velocità massima sia un poco al disotto della superficie, fino a 0,3 della profondità nelle esperienze sul Mississippi, e che la minima sia costantemente al fondo. Questo fatto si verifica in un corso d'acqua molto largo per rispetto all'altezza d'acqua, ed è dovuto in parte minima alla resistenza dell'aria, ma più essenzialmente alla resistenza che il fondo ingenera alla superficie. Ora questo fenomeno si verifica in modo ben diverso in vicinanza delle sponde. A misura che ci si avvicina ad esse il punto di massima velocità per una stessa verticale si trova sempre più basso. Questo fatto risulta pure, a dir vero, da tutte le esperienze di Darcy-Bazin, Baumgarten, Cunningham, Nazzani, ecc.; senza che però gli sia stata data la voluta importanza, essenzialmente perchè la larghezza del corso d'acqua era sempre grande rispetto all'altezza.

Invece l'egregio ingegnere Zoppi prese a ragionare così: supponiamo un canale di sezione rettangolare largo m. 10 ed alto m. 1, nel quale il punto di massima velocità per ogni verticale d'una stessa sezione risulti a pochi centimetri sotto la superficie per la larghezza centrale di m. 8, e nel quale l'effetto della sponda nell'aumentare la profondità del punto più veloce risulterebbe sensibile fino ad un metro da essa. Se restringiamo quel canale fino ad avere la larghezza di m. 2, sarà la sola verticale di mezzo quella che non sentirà l'effetto delle sponde. E se la larghezza è minore dei due metri, nel mezzo si sommeranno gli effetti di tutte due le sponde.

Per seguitare in quest'ordine d'idee occorre sperimenti in canali di poca larghezza in confronto dell'altezza. E questi esperimenti lo Zoppi ha voluto fare sull'acquedotto dell'Acqua Marcia con altezze d'acqua variabili da 3<sup>1</sup>/<sub>10</sub> a 8<sup>1</sup>/<sub>10</sub> della larghezza.

Le esperienze fatte, sebbene insufficienti a scoprire le leggi colle quali il fenomeno avviene, bastarono all'autore per constatare l'esistenza del fenomeno stesso e per verificare sperimentalmente che vi sono casi in cui la resistenza alla superficie diventa maggiore di quella del fondo; che nei corsi d'acqua stretti e profondi la curva delle massime velocità sta molto bassa anche nel mezzo della sezione, e in certi casi, è più bassa ancora che alle sponde; infine che il profilo trasversale del pelo acqueo è una curva convessa, di grande curvatura nel mezzo se il corso è largo, ma di curvatura assai sentita in vicinanza delle sponde, per cui quando queste si avvicinano, le due curvature sentite delle sponde si riuniscono, allora tutto l'intero profilo presenta una convessità risentita. Vuolsi per altro notare che la velocità massima nelle verticali non vicine alle sponde per quanto possa essere profondo il suo punto d'applicazione poco diversifica dalla velocità alla superficie; e che perciò misurate col galleggiante le differenti velocità superficiali se ne deduce con sufficiente approssimazione la velocità media nelle rispettive verticali, moltiplicando per un coefficiente le cui variazioni oscillano fra 0,87 e 0,98; il coefficiente minore è da adottarsi per corsi non profondi, veloci e larghi, e deve crescerci il coefficiente col crescere dell'altezza dell'acqua in confronto colla larghezza. All'ingegnere Zoppi per i corsi d'acqua da lui sperimentati, salvo per il Tevere, sarebbe risultato che il coefficiente medio è circa 0,92. Nell'acquedotto dell'Acqua Marcia, perchè stretto e profondo, il coefficiente fu trovato maggiore dell'unità.

Dei vari metodi noti per la misurazione della portata, e ritenute, ben inteso, come esatte le misurazioni fatte col mulinello là ove esso è applicabile, è pertanto risultato all'ingegnere Zoppi che quello di calcolare le velocità medie nelle singole verticali deducendole nel sovrain-

dicato modo dalle velocità superficiali, sia il metodo che conduce a maggiore approssimazione.

Quanto a proposito dell'intelligente e paziente lavoro dell'ingegnere Zoppi siamo venuti esponendo crediamo sufficiente a dare un'idea concreta del lavoro stesso e della sua importanza; e noi facciamo voti che di questi risultati non che del bisogno di nuovi e più metodici esperimenti abbiasi pure a tener conto nel dare l'ultima mano al progetto della grande Stazione idrometrica sperimentale che l'Amministrazione dei Canali Demaniali (Canali Cavour), ha in animo di fare costruire presso Santhià. Di quest'opera che siamo stati i primi ad annunziare e lodare (anno 1886, pag. 161, tav. XIV) abbiamo visto successivamente occuparsi con vivo interesse i più eminenti ingegneri d'Europa. Parecchi importanti giornali tecnici, segnatamente in Germania, lodarono il concetto e riprodussero il primitivo disegno.

E noi siamo lieti di cogliere la presente occasione per ripetere i nostri più caldi voti per la più sollecita attuazione di un'opera che — mentre provvederà ad uno scopo di alto interesse amministrativo ed economico — riuscirà ad un tempo di grande utilità alla scienza idraulica sperimentale, e ritornerà ad onore del nome italiano.

G. SACHERI.

## II.

**Carta idrografica d'Italia. Le acque sotterranee dei Colli Laziali.** — Pubblicazione del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, Direzione generale dell'agricoltura. — Op. in-8° di pag. 65, con 6 tav. litogr. — Roma, 1892. Prezzo L. 1.

Occorre al Municipio di Velletri di far eseguire uno studio delle acque sotterranee da immettersi nell'attuale acquedotto di quella città. Ma non era così facile risolvere il problema, senza far precedere uno studio generale delle acque sotterranee di tutto il cono vulcanico dei Colli Laziali, esaminando la struttura geologica di quei monti indispensabile a formarsi un concetto della loro idrografia interna ed a trarne una guida per determinare i fenomeni della circolazione acquee. Occorre inoltre precisare il regime della pioggia, dell'evaporazione e soprattutto delle manifestazioni delle acque sotterranee, ossia delle sorgenti.

L'ingegnere Zoppi, Capo della Divisione idraulica e miniere, che coll'autorizzazione del Ministero ebbe l'incarico dal Municipio di Velletri di procedere a tali studi, riuscì pertanto a compilare la carta idrografica dei Colli Laziali, che pubblicò nella scala di 1 a 100 mila, coll'indicazione di tutte le loro sorgenti, e segni convenzionali della loro portata. Il lavoro importantissimo e ricco di utili dati doveva naturalmente inserirsi tra le *Memorie illustrative della Carta idrografica d'Italia*, tanto più che le nozioni e riflessioni che lo accompagnano, e le leggi abilmente dedotte, non solo si riferiscono al cono vulcanico studiato, ma sembra che possano estendersi anche ad altri vulcani spenti, che abbondano in Italia.

G. S.

## III.

**Le irrigazioni nell'Egitto.** — Appendice alle memorie illustrative della Carta idrografica d'Italia. — Op. in-8° di pag. 115 con tre carte annesse. — Roma, 1892.

Il professore Benetti della Scuola di applicazione degli Ingegneri di Bologna, avendo avuto occasione di passare alcuni mesi in Egitto, visitò le principali opere costruite per l'irrigazione in quel paese e ne formò oggetto di accurata relazione. Dall'esame dei progetti adottati e degli effetti ottenuti possono scaturire utili ammaestramenti per quanto rimane ancora a fare in Italia.

G. S.

## IV.

**Prontuario dell'Ingegnere**, compilato sulle edizioni 14<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> del *Prontuario della Società «Hütte»*, per cura e sotto la direzione degli Ingegneri G. DE PAOLI e F. MAZZOLA. — Vol. II in 8° piccolo, di pag. 919. — Torino, 1892. — Editore Ermanno Loescher. — Prezzo L. 10.

È venuto finalmente alla luce il 2° volume di questo *Prontuario*, compilato sotto la direzione di due distinti ingegneri del nostro R. Museo Industriale, di uno dei quali, l'ingegnere Giuseppe De Paoli, abbiamo avuto a lamentare la perdita immatura.

Questo 2° volume contiene le seguenti Sezioni: I. Architettura navale; II. Strade ferrate; III. Costruzioni; IV. Siderotecnica; V. Tecnologia; VI. Eletticità; VII. Miscellanea (Legislazione tecnica, tabelle numeriche, ecc.).

La trattazione di ogni singola Sezione venne affidata a diversi Ingegneri, i cui nomi, riferiti nella Prefazione dell'Opera, sono una garanzia della esattezza dei numerosissimi dati pratici e recenti che in questo volume si trovano raccolti, e per cui il *Prontuario* va notevolmente distinto da altri consimili.

Raccomandasi di per sè agli Ingegneri italiani come uno dei migliori e più scientifici Manuali da tavolino.

G. S.

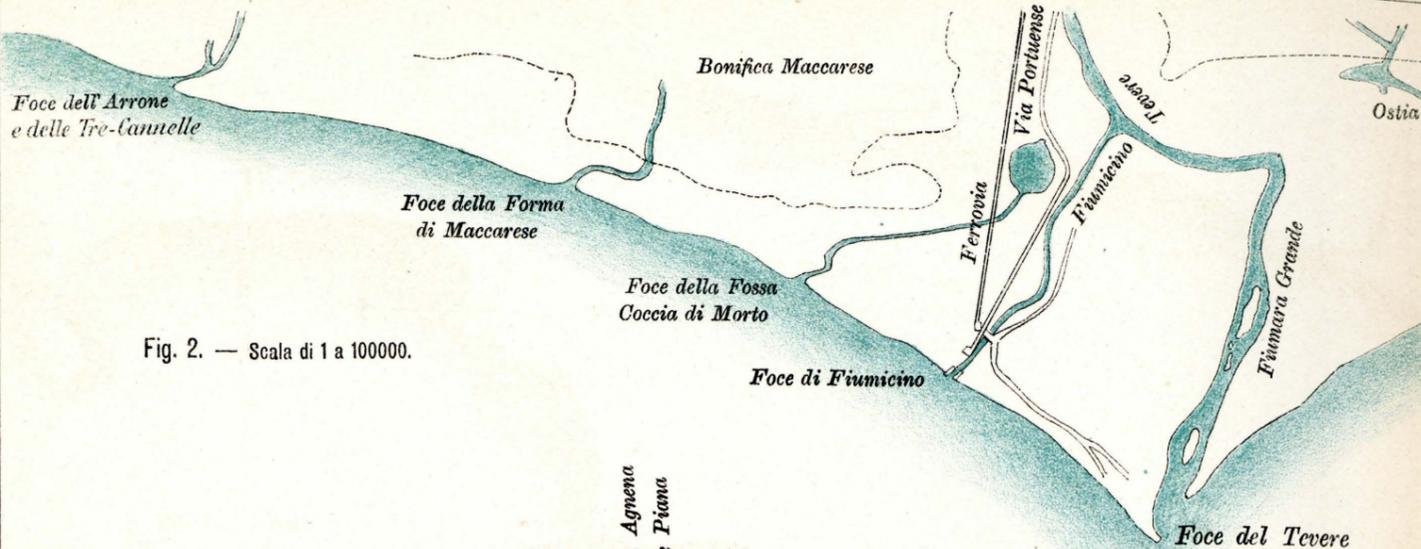
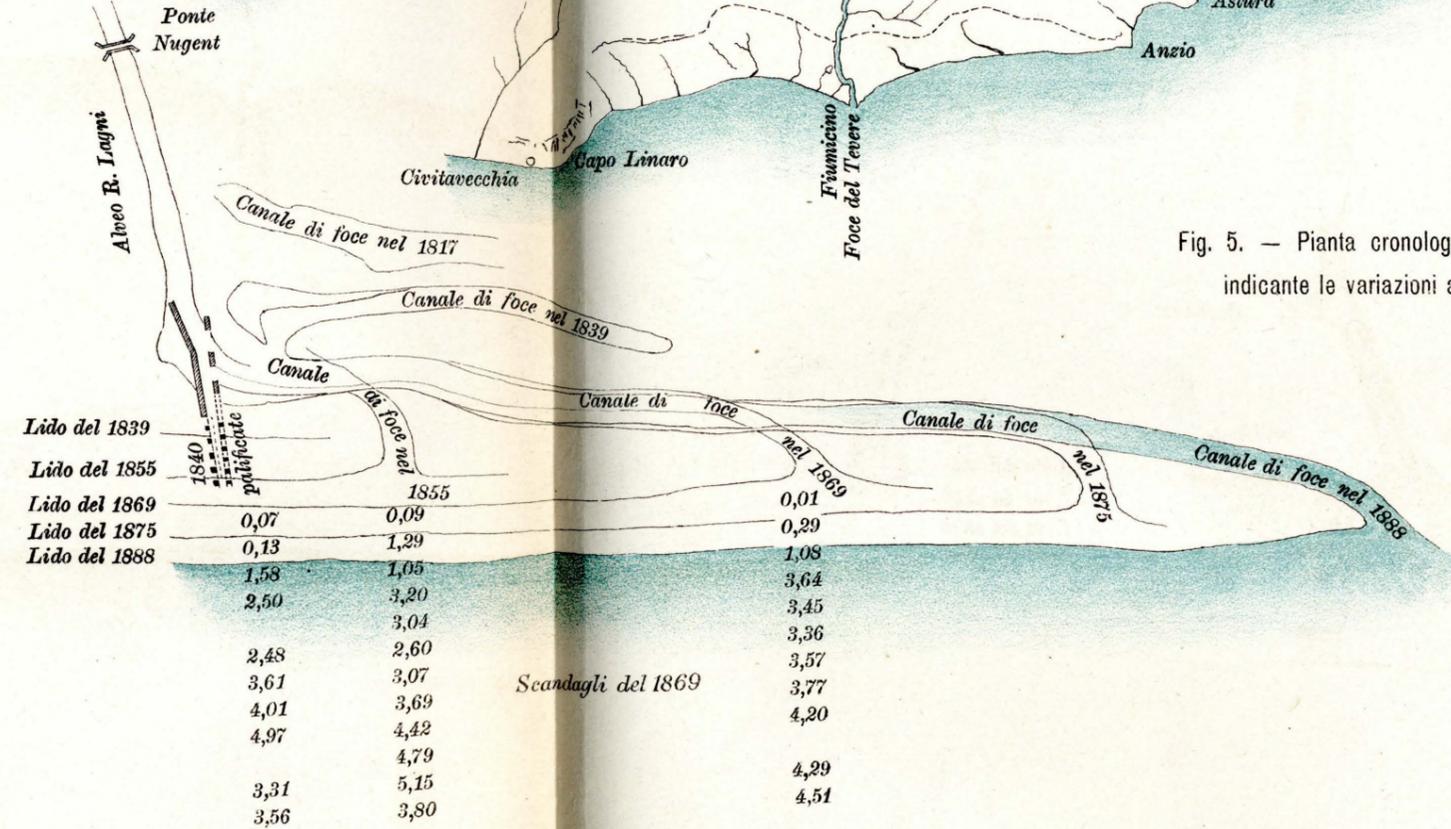
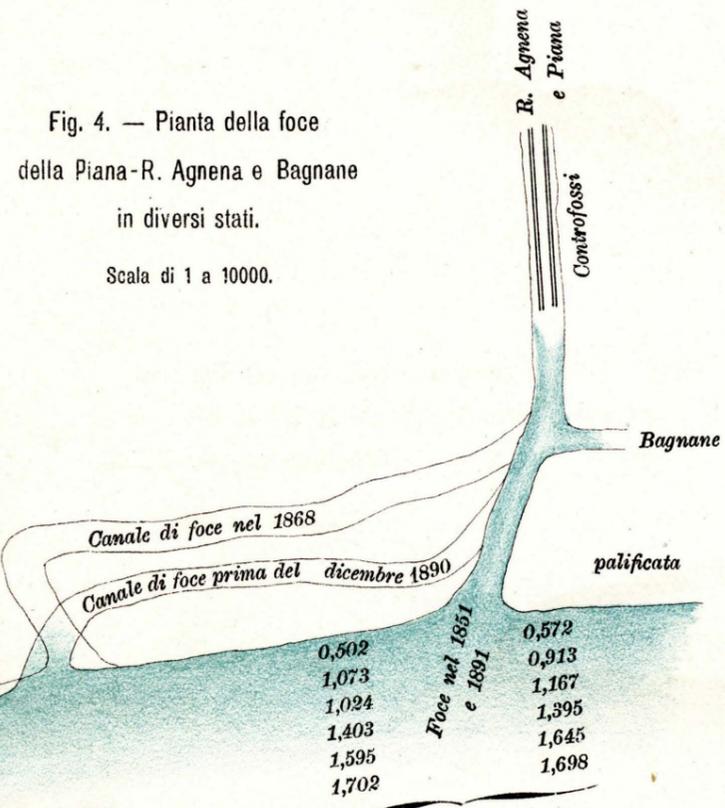


Fig. 4. — Pianta della foce della Piana-R. Agnena e Bagnane in diversi stati. Scala di 1 a 10000.



(Ufficio delle bonifiche - Napoli).

Scala di 1 a 10000.

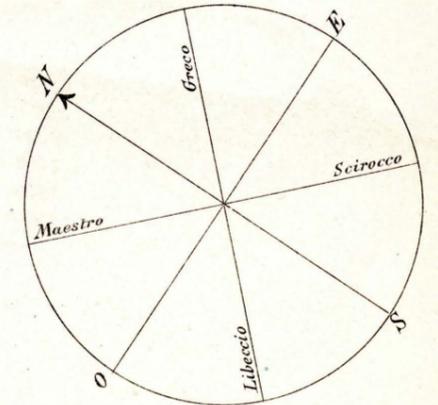


Fig. 3. Scala di 1 a 100000.

