

L'INGEGNERIA CIVILE

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.

CONSIDERAZIONI TEORICHE E RISULTATI SPERIMENTALI
dell'Ingegnere CARLO FOSSA-MANCINI.

I.

Spesso avviene che per provvedersi di acqua potabile sia necessario ricorrere alle acque del sottosuolo, praticando dei pozzi attraverso la nappa acquifera. Il poter conoscere in precedenza la quantità d'acqua che da un dato terreno si può ottenere per mezzo di un pozzo, presenta dal punto di vista pratico un notevole interesse. Pur nondimeno pochi sono gl'idraulici che se ne sono occupati, ed i risultati ottenuti non solamente non danno una soluzione completa della questione, ma neanche si accordano fra loro.

Ciò mi ha dato animo alla compilazione di questo breve lavoro, sicuro che là dove poco si è fatto, ogni poco che si aggiunga non può mancare di pratica utilità.

Il fenomeno dell'alimentazione dei pozzi è talmente complesso che sarebbe impossibile interpretarlo analiticamente senza ricorrere ad alcune ipotesi più o meno accettabili.

Il Dupuit suppone la nappa acquifera limitata superiormente da un piano orizzontale e tutto attorno da una superficie cilindrica circolare. Al di là di detta superficie si suppone un recipiente d'acqua inesauribile d'altezza costante.

Estraendo l'acqua dal pozzo, la superficie della nappa inizialmente piana si trasforma in una superficie curva, convessa verso l'alto, avente i punti più depressi in contatto col pozzo, ed accordantesi sensibilmente col piano primitivo ad una distanza L dal centro del pozzo.

Siano:

R il raggio del pozzo;

L il raggio della massa filtrante;

h_0 l'altezza dell'acqua nel pozzo al disopra dello strato impermeabile;

H l'altezza della nappa acquifera;

q il volume d'acqua estratto dal pozzo nell'unità di tempo.

Il Dupuit avendo riscontrato con l'esperienza che la velocità in uno strato acquifero è proporzionale alla inclinazione superficiale, ottiene fra le quantità sunnominate la relazione seguente:

$$q = \frac{\pi}{\mu'} \frac{H^2 - h_0^2}{\log_e \frac{L}{R}} = \frac{2\pi}{\mu'} \frac{H - h_0}{\log_e L - \log_e R} \frac{H + h_0}{2}$$

nella quale μ' è un coefficiente numerico dipendente dalla permeabilità del terreno acquifero.

Il Dupuit non dà alcuna norma per la determinazione di L; solo fa osservare che il suo valore è sempre grandissimo di fronte ad R. Da ciò deducesi che: « la portata di

» un pozzo, per la formola del Dupuit, è proporzionale al

» carico $H - h_0$, allo spessore medio $\frac{H + h_0}{2}$ dello strato

» permeabile e dipende pochissimo dal diametro del pozzo » e dall'estensione della massa filtrante ».

Per quanto l'influenza di L sul valore di q sia molto piccola, presentandosi L sotto il simbolo del logaritmo, pur tuttavia per avere il valore di q è necessario conoscere L. La determinazione sperimentale di questa quantità non può farsi direttamente. Si può ottenere approssimativamente il valore di L quando si conosca la portata di un pozzo situato a breve distanza da quello che si progetta.

Si vede bene che una tale condizione di cose ammette presso a poco risolto il problema stesso che si cerca di risolvere.

*

Il signor Thévenet, in una Memoria sulla portata dei pozzi (*Annales des ponts et chaussées*, 1884, vol. I, pagina 200), partendo da ipotesi iniziali alquanto differenti, ottiene dei risultati notevolmente diversi da quelli ottenuti dal Dupuit.

Il Thévenet, come il Dupuit, suppone la superficie della nappa acquifera inizialmente limitata da un piano orizzontale, ma ritiene che questa superficie piana si mantenga sempre tale non ostante che si faccia l'estrazione dell'acqua dal pozzo.

Ammette inoltre perfettamente impermeabile la superficie cilindrica del rivestimento del pozzo, di modo che l'alimentazione non abbia luogo che nel fondo.

Dietro tali ipotesi, ecco com'egli trova la portata del pozzo.

Sia H (fig. 10) la profondità a cui trovasi il bordo inferiore del pozzo dal piano che limita la nappa acquifera;

h la distanza di detto bordo dallo strato impermeabile;

c il carico;

r il raggio del pozzo.

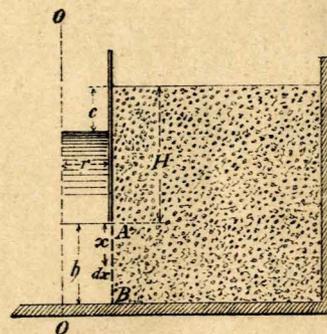


Fig. 10.

« Consideriamo (dice il Thévenet) la superficie cilindrica » generata dalla linea AB, prolungamento della generatrice » del pozzo, e cerchiamo la portata che attraversa questa » superficie.

« Consideriamo perciò un elemento circolare di questa » superficie, di altezza infinitamente piccola dx , preso alla » distanza x dal bordo inferiore del pozzo.

« La velocità, secondo la teoria di Darcy e Dupuit, è pro- » porzionale al carico e in ragione inversa della lunghezza » di filtro attraversata.

« Essa sarà dunque per l'elemento considerato uguale a:

$$\frac{c}{\mu(H+2x)}$$

» e la portata elementare avrà per espressione:

$$dQ = \frac{2\pi r c}{\mu} \times \frac{dx}{H+2x} \times m$$

» m essendo un coefficiente che indica il rapporto del vuoto » al pieno nel filtro considerato.

« La portata totale sarà dunque:

$$Q = \int_0^h \frac{2\pi r m c}{\mu} \times \frac{dx}{H+2x} = \frac{m\pi r c}{\mu} \log_e \left(1 + \frac{2h}{H} \right)$$

» il che fa risaltare la legge di proporzionalità al carico ed » al diametro del pozzo ».

Il Thévenet verificò sperimentalmente queste leggi operando su d'uno strato di sabbia reso artificialmente acquifero.

Ecco come egli descrive le sue esperienze nella Memoria poco sopra citata.

« Una cassa di zinco (fig. 11) di 1,50 di lato e di 0,50 di » profondità era riempita di sabbia... Questa sabbia bene » calcata era costantemente imbevuta d'acqua fornita da un » recipiente superiore. Il livello dell'acqua di imbibizione » era regolato in modo presso a poco costante per mezzo di » un largo sfioratoio praticato in uno dei lati della cassa. » Si affondavano verticalmente in questo terreno artificial- » mente acquifero, verso il mezzo della cassa, dei pozzi con- » sistenti in manicotti cilindrici di zinco, aperti alle loro » estremità; si toglieva con la mano la sabbia dall'interno » il più vicino possibile dal bordo inferiore del pozzo. Si » uguagliava con cura la superficie superiore della sabbia » e la si lasciava ricalcare completamente.

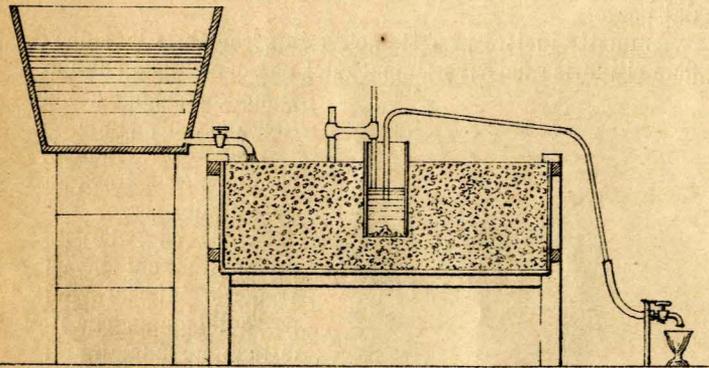


Fig. 11.

« S'introduceva allora nel mezzo del pozzo il braccio più » corto di un sifone di vetro, il cui braccio più lungo por- » tava alla sua estremità un rubinetto; una leggera aspi- » razione da questa estremità faceva adescare il sifone; si » apriva leggermente il rubinetto e l'estrazione cominciava.

« Un regolo diviso in millimetri, e che potevasi con- » durre a strofino dolce ad affiorare il livello dell'acqua nel » pozzo, permetteva, con una livellazione antecedente della » superficie dell'acqua esterna, di seguire l'abbassamento » successivo dell'acqua interna al principio dell'estrazione, » e di misurare il carico definitivo quando il livello del- » l'acqua nel pozzo era divenuto stazionario.

« L'acqua del sifone era ricevuta in un recipiente gra-

» duato durante 5, 10, 20 secondi, secondo la grandezza » della portata, poi pesata esattamente. Si misurava dunque » così per ciascun pozzo la portata corrispondente a carichi » determinati, portata che si faceva variare aprendo più o » meno il rubinetto del sifone.

« Io constatai, per mezzo di numerose esperienze, che se- » condo la legge già conosciuta, la portata di un pozzo è » proporzionale al carico.

« Trovai inoltre che la portata era in ragione diretta del » diametro dei pozzi, e per conseguenza in ragione diretta » della loro circonferenza.

« Sembrava dunque che il bordo inferiore del pozzo fun- » zionasse come uno sfioratore circolare, e questa osserva- » zione mi portò a pensare che chiudendo la parte centrale » del fondo, non si diminuirebbe sensibilmente la portata.

« Feci allora adattare alla parte inferiore del pozzo un » diaframma circolare di zinco, attaccato alla parete cilin- » drica per mezzo di laminette di zinco, in modo da non » lasciare libero per l'introduzione dell'acqua che uno spazio » anulare di m. 0,006 di larghezza al bordo inferiore del » pozzo.

« Si ricominciarono le esperienze di estrazione in queste » condizioni, sotto dei carichi varianti da m. 0,05 a m. 0,20 » ed io constatai con mia grande sorpresa che non sola- » mente la portata sotto un dato carico non era inferiore a » quella del pozzo aperto, ma che la sorpassava in propor- » zioni variabili dal 5 al 25 per cento.... ».

Dal modo come furono condotte le esperienze e dai risul- » tati delle medesime appariscono chiaramente due fatti:

1° L'alimentazione dello strato acquifero, la quale aveva » luogo per disopra, doveva essere sempre notevolissima di » fronte alla portata dei pozzi, altrimenti si sarebbe verificato » un abbassamento del livello dell'acqua in vicinanza ai me- » desimi. Ciò fa supporre l'esistenza di un sottile strato di » acqua libero, moventesi verso lo sfioratoio;

2° Stante la difficoltà notevole di accostare la sabbia » ai manicotti in modo da non lasciare interstizi maggiori di » quelli che esistono tra grano e grano nel corpo dello strato, » è molto probabile che a regime stabilito una specie di velo » idrico corra tutto attorno al manicotto, il quale velo ripie- » gandosi al disotto del bordo inferiore e seguendo la super- » ficie interna del manicotto vada a formare la quasi totalità » della portata. Ciò spiega benissimo perchè la chiusura della » parte centrale del fondo non porti diminuzione nella por- » tata.

E se il signor Thévenet avesse fatto esperienze, nelle » quali tenendo costanti le altre quantità avesse fatto va- » riare la profondità del fondo impermeabile sotto il bordo » inferiore del pozzo, avrebbe probabilmente constatato la » nessuna influenza di questa variazione sulla portata del » pozzo.

Le condizioni speciali che si verificarono nelle esperienze » eseguite dal signor Thévenet, non si riscontrano ordina- » riamente in natura; non mi pare quindi che le leggi da lui » trovate relativamente alla portata dei pozzi possano essere » generalmente accettate.

II.

Consideriamo un bacino fluviale costituito da terreno al- » luvionale permeabile capace di contenere una nappa acqui- » fera.

Supporremo che la direzione del moto della nappa acqui- » fera sia normale al *talweg* e che l'acqua sotterranea sbocchi » direttamente nel corso d'acqua superficiale che attraversa il » bacino.

Questa supposizione si verifica d'ordinario in natura, particolarmente poi nelle località dove si ha occasione di praticare dei pozzi.

Riterremo inoltre che lo strato impermeabile su cui corre la nappa acquifera sia orizzontale e trovisi in corrispondenza al fondo del corso d'acqua.

Sia Ox (fig. 12) l'intersezione di un piano verticale normale alla direzione del canale collettore con lo strato impermeabile.

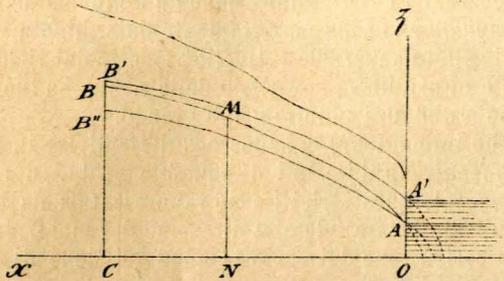


Fig. 12.

$OA = h$ l'altezza dell'acqua nel canale e Q la portata della nappa per unità di lunghezza misurata secondo la direzione del canale.

Per determinare la curva di livello della nappa acquifera riferiamola agli assi Ox, Oz , e consideriamo un punto qualsiasi M della medesima.

Se diciamo v la velocità media che possiede l'acqua nel passare per la sezione MN abbiamo :

$$Q = \varphi z v, \quad \dots (1)$$

dove φ è il rapporto del vuoto al pieno nello strato acquifero.

Le esperienze del Darcy e del Dupuit ci danno :

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

dove k è un coefficiente da determinarsi con l'esperienza e dipendente dal grado di permeabilità dello strato acquifero.

Sostituendo questo valore di v nella (1), si ha :

$$Q = \varphi k z \frac{dz}{dx}.$$

che integrata ci dà :

$$x = \frac{\varphi k}{Q} \frac{z^2}{2} + \text{const.}$$

Determinando la costante con la condizione che per $x = 0, z = h$ e risolvendo rapporto a z si ha :

$$z = \sqrt{\frac{2Q}{\varphi k} x + h^2} \quad \dots (2)$$

equazione d'una parabola avente per asse l'asse delle x .

La velocità v_m nel punto in cui l'acqua sotterranea sbocca nel canale collettore è per la (1) :

$$v_m = \frac{Q}{\varphi h}.$$

Quest'equazione stabilisce il limite del rapporto $\frac{Q}{h}$. Difatti per ogni terreno esiste un valore massimo della velocità v_m superato il quale l'equilibrio è turbato ed una parte

del materiale costituente lo strato acquifero viene trascinato dall'acqua.

Dalla (2) si ottiene :

$$Q = \frac{\varphi k}{2x} (z^2 - h^2) \quad \dots (3)$$

la quale ci dà la portata Q quando si conoscano le coordinate di due punti qualsiasi della parabola AB .

La curva AMB nell'interno dello strato acquifero varia col variare di h e col variare di Q .

Se si differenzia la (2) considerando x costante si ottiene :

$$dz = \frac{h}{\sqrt{\frac{2Q}{\varphi k} x + h^2}} dh,$$

la quale ci fa vedere che per una data variazione nell'altezza d'acqua del canale collettore la variazione corrispondente nell'ordinata della superficie della nappa è tanto più piccola quanto più il punto che si considera si trova distante dal canale collettore. In altri termini le regioni della nappa notevolmente lontane dal corso d'acqua non sono sensibilmente influenzate dalla variazione di livello che in detto corso d'acqua si verificano.

*

Per conoscere approssimativamente il tempo occorrente perchè la curva di livello passi dalla posizione AB alla posizione $A'B'$, riteniamo che durante questo tempo il canale collettore non fornisca acqua allo strato acquifero, e la portata costante Q venga impiegata nell'empire lo spazio $ABB'A'$ compreso fra le due curve di livello e le sezioni normali AA', CB' .

Dicendo y l'ordinata CB , S l'area $OABC$, e ponendo $OC = b$ si ha :

$$S = \frac{y^3 - h^3}{y^2 - h^2} \cdot \frac{2b}{3} \quad \dots (4)$$

Si ha parimenti per l'area $OA'B'C$:

$$S' = \frac{y'^3 - h^3}{y'^2 - h^2} \cdot \frac{2b}{3}.$$

Facendo nella (2) $x = b; z = y$ si ottiene :

$$y = \sqrt{\frac{2Q}{\varphi k} b + h^2}.$$

Sostituendo questo valore nella (4) si ha :

$$S = \frac{\varphi k}{3Q} \left[\sqrt{\left(\frac{2Q}{\varphi k} b + h^2 \right)^3} - h^3 \right].$$

Parimente se indichiamo con h' l'altezza OA' abbiamo per l'area S' :

$$S' = \frac{\varphi k}{3Q} \left[\sqrt{\left(\frac{2Q}{\varphi k} b + h'^2 \right)^3} - h'^3 \right];$$

donde si ottiene per l'area cercata :

$$S' - S = \frac{\varphi k}{3Q} \left[\sqrt{\left(\frac{2Q}{\varphi k} b + h'^2 \right)^3} - \sqrt{\left(\frac{2Q}{\varphi k} b + h^2 \right)^3} - h'^3 + h^3 \right].$$

Uguagliando il volume corrispondente a quest'area al volume d'acqua versato nel tempo t si ha :

$$Q t = (S' - S) \varphi$$

da cui :

$$t = (S' - S) \frac{\varphi}{Q}.$$

Essendo d'ordinario il valore di b molto notevole ed i valori di k e Q molto piccoli, l'ultima formola trovata ci mostra che il valore di t dev'essere d'ordinario molto grande. Le modificazioni dunque che hanno luogo nel livello della nappa per le variazioni nel livello del corso d'acqua inferiore si producono molto lentamente.

*

Consideriamo il tratto di strato acquifero compreso tra le sezioni $x = 0$; $x = b$: e supponiamo che ad un dato istante cessi l'alimentazione da parte del tratto di nappa che trovasi a monte della sezione considerata ($x = b$).

Sia Q la portata variabile della nappa;

AB la superficie di livello della medesima dopo un tempo t ;

AB'' la superficie di livello dopo un tempo $t + dt$.

Uguagliando la quantità d'acqua uscita nel tempo dt con il volume lasciato libero dalla medesima si ottiene:

$$Q dt = \phi \text{ area } ABB'' = - \phi dS \dots (6)$$

Indicando con S l'area $OABC$ abbiamo:

$$S = \frac{y^3 - h^3}{3} \frac{2b}{y^2 - h^2} \dots (7)$$

dove y rappresenta l'ordinata variabile del punto B .

Differenziando la (7) relativamente ad y si ha:

$$dS = \frac{2b}{3} \frac{3y^2(y^2 - h^2) - 2y(y^3 - h^3)}{(y^2 - h^2)^2} dy.$$

Facendo nella (3) $z = y$; $x = b$ si ha:

$$Q = \frac{\phi k}{2b} (y^3 - h^3).$$

Sostituendo otteniamo dalla (6):

$$dt = - \frac{4b^3}{3k} \frac{y(y+2h)}{(y-h)(y+h)^2} dy$$

che integrata ci dà:

$$t = \frac{b^3}{3k} \left[\frac{3}{2} \log_e \frac{y+h}{y-h} + \frac{1}{y+h} + \frac{1}{(y+h)^2} \right] + C \quad (8)$$

dove la costante si determina con le condizioni iniziali che per $t = 0$ si abbia $y = y_0$.

Questa formola fa vedere che quando b abbia un valore notevole l'abbassamento nel livello della nappa si opera molto lentamente.

Per mezzo di considerazioni del tutto analoghe possiamo ritenere che nel caso di un aumento nella portata l'innalzamento del livello della nappa si verifica del pari con notevole lentezza.

Dietro ciò nel problema della determinazione della portata dei pozzi supporremo la superficie di livello della nappa acquifera indipendente dal tempo.

III.

Si abbia una nappa acquifera $M_1 DF$ (fig. 14), di cui sia Q la portata per unità di lunghezza.

L'equazione della parabola $M_1 DF$ riferita agli assi Ox , Oz , risulta:

$$z = \sqrt{\frac{2Q}{\phi k} (x+l) + h^2} \dots (1)$$

essendo:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{Q}{\phi k \sqrt{\frac{2Q}{\phi k} (x+l) + h^2}} = \frac{Q}{\phi k z} \quad (2)$$

Nel punto D pratichiamo un pozzo sino a raggiungere lo strato impermeabile Ox .

Se la distanza F_0O è abbastanza notevole, come noi supporremo, la (2) ci fa vedere che l'inclinazione della tangente nel punto D deve essere molto piccola.

Sia R il raggio del pozzo, h_0 l'altezza dell'acqua nel medesimo.

A regime stabilito corrispondente alla portata costante P la superficie di livello della nappa si sarà depressa tutt'attorno al pozzo, ed avrà assunto, dopo un tempo sufficientemente grande, una forma perfettamente determinata. L'accordo fra la nuova superficie di livello prodotta dal richiamo del pozzo e la primitiva superficie della nappa ha luogo in ogni senso a distanza infinitamente grande.

Possiamo immaginare la nappa acquifera divisa in tanti filetti elementari infinitesimi di eguale portata. In proiezione orizzontale questi filetti sono rappresentati da tante rette equidistanti parallele alla direzione del moto. In seguito alla costruzione del pozzo la configurazione di detti filetti resta modificata.

Considerando che a distanza infinita non ha luogo modificazione e che la direzione dei filetti al loro sbocco nel pozzo dovrà essere presso a poco radiale, possiamo approssimativamente disegnare l'andamento generale dei filetti, come vedesi nella fig. 13.

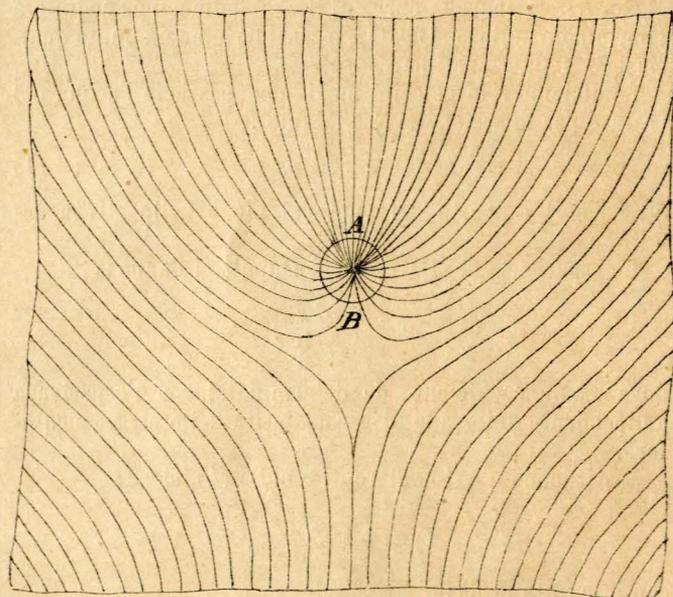


Fig. 13.

Evidentemente la parte di pozzo rivolta a monte raccoglierà una quantità d'acqua maggiore della parte rivolta a valle, e la portata per unità di lunghezza (misurata sullo sviluppo della circonferenza) sarà differente secondo il punto in cui verrà considerata. Essa sarà quindi massima in A e minima in B .

La differenza tra questi due valori risulterà tanto minore quanto più il richiamo dal pozzo sarà notevole di fronte alla portata della nappa acquifera.

Per ottenere la portata unitaria nel punto A consideriamo il filetto $M_1' O' M_0$ (fig. 14). Partendo dal punto O' il filetto essendo soggetto all'azione predominante del pozzo, avrà una forma triangolare e conserverà questa forma sino al punto M' dove la velocità della nappa comincia ad assumere una qualche importanza pel tiraggio del pozzo. A seconda che ci allontaniamo da O' l'azione del pozzo va dimi-

nuendo, di modo che per il punto M_1 , posto a distanza notevolissima, essa è sensibilmente uguale a zero. A partire da questo punto il filetto presenta una forma rettangolare ed è identico ad un filetto della nappa acquifera avente la portata q .

Noi non conosciamo nè la forma della curva che congiunge il punto M al punto M_1 , nè la relazione che lega la grandezza dell'angolo $C'O'G = \theta$ con la larghezza $M_1M_0 = b$ che il filetto presenta a distanza grandissima.

Stante però la piccolezza dell'angolo θ possiamo approssimativamente supporre che la curva accordatrice si riduca ad un punto, o in altri termini che i punti M ed M_1 combinino in C .

Dietro questa ipotesi distingueremo il filetto in due tronchi, nel tronco a valle pel quale consideriamo semplicemente l'azione del pozzo e nel tronco a monte dove terremo conto soltanto del moto della nappa acquifera.

Ciò ammesso, la superficie di livello del tronco di filetto $C'O'G$ sarà tale che qualunque piano verticale passante per O' la taglierà secondo la stessa ed identica curva.

Immaginiamo di aver scelto per piano secante il piano delle xz .

Siano x, z le coordinate della curva di livello; q la portata del filetto. Si avrà evidentemente:

$$q = \varphi x^\theta z v$$

e per essere:

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

$$\frac{dz}{dx} = \frac{q}{\varphi k x^\theta z} \dots (3)$$

La quale integrata dà:

$$\log_e x = \frac{\varphi k \theta}{q} \frac{z^2}{2} + \text{cost.}$$

Detto R il raggio del pozzo, h_0 l'altezza del livello dell'acqua nel medesimo, si ha:

$$\text{cost} = \log_e R - \frac{\varphi k \theta}{q} \frac{h_0^2}{2}$$

donde:

$$z^2 = \frac{2q}{\varphi k \theta} \log_e \frac{x}{R} + h_0^2.$$

Se diciamo x_0 ed H le coordinate del punto C si ha:

$$H^2 = \frac{2q}{\varphi k \theta} \log_e \frac{x_0}{R} + h_0^2 \dots (4)$$

da cui si ottiene:

$$q = \frac{\varphi k \theta}{2} \frac{H^2 - h_0^2}{\log_e \frac{x_0}{R}} \dots (5)$$

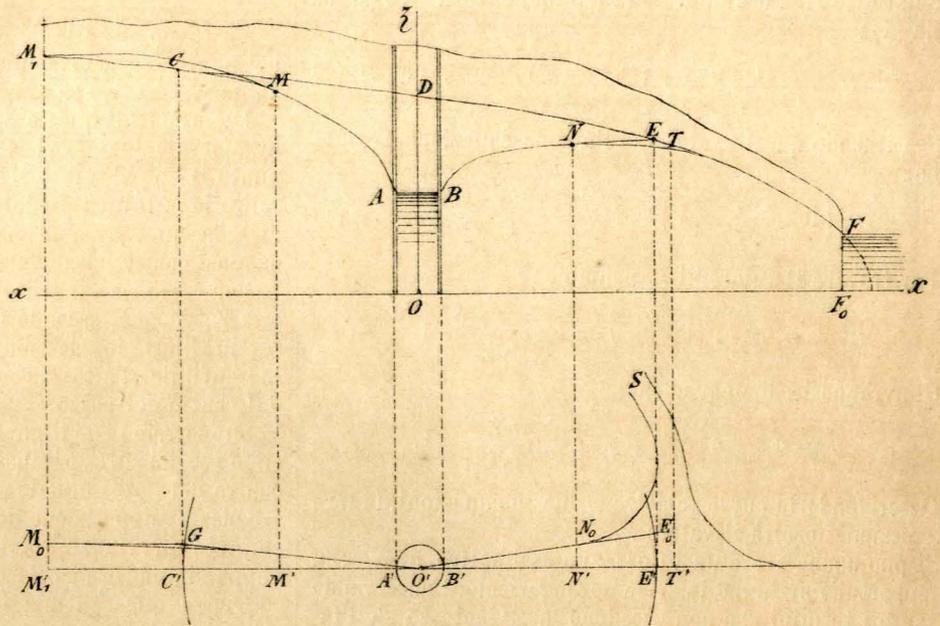


Fig. 14.

Nel tratto rettangolare del filetto la superficie di livello sarà quella corrispondente alla nappa acquifera, sarà quindi rappresentata dall'equazione:

$$z = \sqrt{\frac{2Q}{\varphi k} (x + l) + h^2}$$

Per il punto C si avrà:

$$H = \sqrt{\frac{2Q}{\varphi k} (x_0 + l) + h^2} \dots (6)$$

Essendo b la larghezza della parte rettangolare del filetto sarà evidentemente:

$$q = b Q = x_0^\theta Q \dots (7)$$

Da questa equazione si ottiene:

$$\frac{q}{x_0^\theta} = Q$$

e dividendo l'uno e l'altro membro per $\varphi k H$:

$$\frac{q}{\varphi k x_0^\theta H} = \frac{Q}{\varphi k H}.$$

Ora $\frac{q}{\varphi k x_0^\theta H}$ è uguale al $\frac{dz}{dx}$ della logaritmica nel punto C ; $\frac{Q}{\varphi k H}$ è uguale al $\frac{dz}{dx}$ della parabola nello stesso punto C , dunque le due curve sono tangenti nel detto punto.

Si giunge a questo stesso risultato osservando che due filetti i quali hanno la stessa portata e la stessa sezione devono anche avere la stessa velocità.

Eliminando H tra le equazioni (4) e (6) si ottiene:

$$\frac{2q}{\varphi k \theta} \log_e \frac{x_0}{R} + h_0^2 = \frac{2Q}{\varphi k} (x_0 + l) + h^2.$$

Nella quale ponendo in luogo di $q, x_0^\theta Q$ si ha:

$$\frac{2Q x_0}{\varphi k} \log_e \frac{x_0}{R} + h_0^2 = \frac{2Q}{\varphi k} (x_0 + l) + h^2.$$

Se si dice H_0 l'ordinata della parabola per $x=0$ si ha dalla (1):

$$Q = \frac{\varphi k}{2l} (H_0^2 - h^2) \quad . \quad . \quad (7)$$

Sostituendo questo valore nell'ultima equazione trovata si ha:

$$x_0 \left(\log_e \frac{x_0}{R} - 1 \right) = l \frac{H_0^2 - h_0^2}{H_0^2 - h^2} = c. \quad (8)$$

Per trovare il valore di x_0 poniamo:

$$x_0 = x \quad ; \quad y = \log_e \frac{x_0}{R} - 1.$$

Si avranno le due equazioni:

$$x y = c \quad ; \quad y = \log_e \frac{x}{R} - 1.$$

Descrivendo le curve relative a queste equazioni, la loro intersezione fornirà il valore x_0 .

Si può anche avere un valore approssimativo di x_0 con un opportuno sviluppo in serie del logaritmo. Conservando soltanto i termini che non eccedono la 2^a potenza dell'incognita si ottiene:

$$x_0 = \frac{R e}{\frac{c}{R e} + 2 - \sqrt{\left(\frac{c}{R e} + 2\right)^2 - 3}}$$

dove e è base dei logaritmi neperiani.

Facendo in questa formola $c = \infty$ si ha $x_0 = \infty$.

Col diminuire il valore di c diminuisce quello di x_0 . Il valore minimo di c si ottiene nel caso in cui il punto A (fig. 14) si trovi sulla parabola; in questo caso si ha:

$$h_0'^2 = H_0^2 - \frac{H_0^2 - h^2}{l} R.$$

Sostituendo il trovato valore di h_0' al valore di h_0 nell'equazione (8) si ha:

$$x_0 \left(\log_e \frac{x_0}{R} - 1 \right) = -R.$$

La quale è soddisfatta per $x_0 = R$.

Trovato il valore di x_0 si ottiene immediatamente la q dalla:

$$q = \theta x_0 Q.$$

Se diciamo q_a la portata unitaria nel punto A si ha:

$$q_a = \frac{q}{\theta R} = \frac{x_0}{R} Q. \quad . \quad . \quad (9)$$

Quando $x_0 = R$, la portata unitaria nel punto A diviene $q_a' = Q$.

In tal caso la quantità totale d'acqua che attraversa il pozzo è $2 R Q$.

Da ciò si può arguire che solamente quando il tiraggio del pozzo è piccolissimo di fronte all'inclinazione della nappa la portata può ritenersi proporzionale al diametro.

La q_a si ottiene pure dalla (5) sostituendo ad H il valore desunto dall'equazione della parabola. Si ha per tale sostituzione:

$$q_a = \frac{\varphi k}{2 R} \frac{H_0^2 + \frac{2 Q}{\varphi k} x_0 - h_0^2}{\log_e \frac{x_0}{R}} \quad . \quad . \quad (10)$$

*

Passando ora alla determinazione della portata unitaria nel punto B consideriamo il filetto T' O' S (fig. 14) in cui si abbia $N' O' N_0 = \theta$.

La sezione di questo filetto fatta col piano zx risulterà in generale quale vedesi nella predetta figura. Ossia dal punto B fino al punto N la curva potrà assomigliarsi alla solita logaritmica prodotta dal tiraggio del pozzo; al di là di N la curva avrà un massimo T, quindi discenderà accordandosi con la parabola.

Per essere la tangente in T orizzontale e quindi la velocità dell'acqua, secondo Ox , uguale a zero, possiamo figurarci il filetto in questione come alimentato da un recipiente inesauribile, d'altezza costante, posto ad una distanza O' T' dal centro del pozzo.

Supporremo che il punto N coincida con T e che quest'ultimo trovisi sulla parabola nel punto E ad una distanza dal centro del pozzo uguale ad x_0 .

Questa supposizione del tutto gratuita può ammettersi soltanto in via approssimativa quando la velocità della nappa sia molto piccola di fronte al tiraggio del pozzo.

Dietro quest'ultima ipotesi, se diciamo q_b la portata unitaria nel punto B, avremo in corrispondenza a ciò che si ottenne pel punto A:

$$q_b = \frac{\varphi k}{2 R} \frac{H_0^2 - \frac{2 Q}{\varphi k} x_0 - h_0^2}{\log_e \frac{x_0}{R}} \quad . \quad . \quad (11)$$

Come la formola fa chiaramente vedere, i valori di q_b possono riuscire tanto positivi quanto negativi.

Nel caso in cui non si estragga acqua dal pozzo, le portate positive e negative si equivalgono, di modo che si ha:

$$q'_a = -q'_b.$$

Ciò, del resto, si comprende a priori.

Quando le portate unitarie q_a, q_b non differenziano notevolmente fra loro, possiamo ottenere approssimativamente la portata del pozzo prendendone la media aritmetica. Detta q_m questa media sarà:

$$q_m = \frac{q_a + q_b}{2} = \frac{\varphi k}{2 R} \frac{H_0^2 - h_0^2}{\log_e \frac{x_0}{R}}.$$

Donde la portata totale:

$$P = 2 \pi R q_m = \pi \varphi k \frac{H_0^2 - h_0^2}{\log_e \frac{x_0}{R}} \quad . \quad . \quad (12)$$

che può anche scriversi per le (7) ed (8):

$$P = \frac{2 \pi Q}{\log_e \frac{x_0}{R}} c \quad \text{dove} \quad c = l \frac{H_0^2 - h_0^2}{H_0^2 - h^2}.$$

Nella formola che ci dà la portata totale le quantità φk si desumono dalla qualità del terreno permeabile; R, H_0 ed h_0 sono dati del problema; non resta quindi a trovarsi che il valore di x_0 , il quale, come si disse, è fornito dalla (8) in funzione di l ed h .

La misura diretta di questa quantità sarebbe se non completamente impossibile, certamente però molto difficile ed incerta. Per ovviare a questo inconveniente sia α l'inclinazione della parabola nel punto D, si ha:

$$\alpha = \frac{Q}{\varphi k H_0}.$$

Si è inoltre trovato:

$$Q = \frac{\phi k}{2l} (H_0^2 - h^2).$$

Eliminando Q fra queste due equazioni, si ottiene:

$$2 \alpha H_0 = \frac{H_0^2 - h^2}{l}.$$

donde si ha:

$$c = \frac{H_0^2 - h_0^2}{2 \alpha H_0}.$$

La determinazione di α riesce estremamente facile, bastando a tal uopo praticare tre fori di trivella nella località dove vuol farsi il pozzo.

Stante la piccola curvatura che ha la parabola nel punto D , si può, senza errore sensibile, sostituire alla superficie di livello il piano tangente nel detto punto. La posizione di questo piano è determinata quando si conoscono le coordinate di tre punti qualsiasi.

La tangente trigonometrica dell'angolo che la linea di massima pendenza del piano fa con l'orizzonte ci fornisce il valore di α .

Ritornando alla memoria il modo con cui siamo giunti a trovare la (12) possiamo concludere che detta formola deve essere considerata come una formola approssimativa, la quale tanto più si accosta al vero quanto più il tiraggio del pozzo è notevole di fronte alla portata della nappa acquifera.

Il tiraggio del pozzo può ritenersi, in certo qual modo, proporzionale a:

$$\frac{H_0^2 - h_0^2}{x_0}$$

mentre la portata della nappa lo è a:

$$\frac{H_0^2 - h^2}{l};$$

ne segue che il risultato fornito dalla formola (12) sarà tanto più esatto quanto maggiore sarà il valore del rapporto:

$$y_0 = \frac{\frac{H_0^2 - h_0^2}{x_0}}{\frac{H_0^2 - h^2}{l}} = \frac{H_0^2 - h_0^2}{2 H \alpha x_0} = \frac{c}{x_0}.$$

Nel caso che la c fosse molto grande, di maniera che per la x_0 si avessero dei valori straordinariamente notevoli, il valore di P dato dalla (12) potrebbe riuscire inferiore al reale.

Di fatto in questo caso si deve considerare che prima che si stabilisca il regime permanente deve correre un tempo notevole, e durante questo tempo, stante l'estensione del bacino artificiale formato dalla nappa, non si può completamente fare astrazione dall'alimentazione diretta che ha luogo nella medesima, e che tende a stabilire un regime delle acque sotterranee differente da quello che si aveva in precedenza alla costruzione del pozzo.

Per determinare il tempo necessario perchè si stabilisca il regime permanente, supporremo la superficie della nappa acquifera orizzontale posta ad una altezza H_0 dallo strato impermeabile.

Sia $A C$ (fig. 15) la superficie variabile dell'acqua in prossimità del pozzo dopo un tempo t .

Supporremo che il punto C si muova allontanandosi da O' con una velocità uguale alla velocità media dell'acqua nella sezione CF .

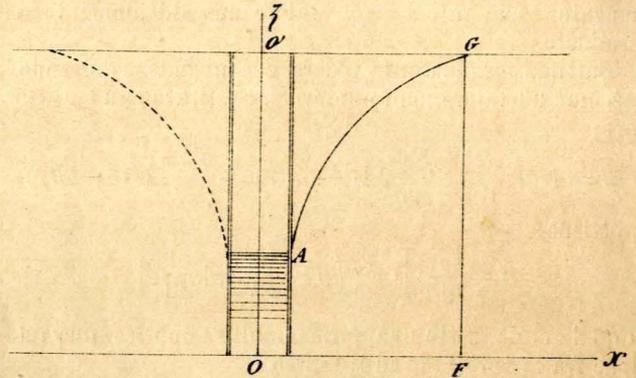


Fig. 15.

Chiamando v questa velocità media, abbiamo, com'è noto, in valore assoluto:

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

Dalla (3) si ottiene:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{q}{\phi k \theta z x}.$$

Sostituendo a q il valore tratto dalla (5) si ha:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{H^2 - h_0^2}{2 \log_e \frac{x_0}{R}} \cdot \frac{1}{z x}.$$

Pel punto C , essendo $H = H_0$; $x_0 = x$; $z = H_0$, si ha

$$\frac{dz}{dx} = \frac{H_0^2 - h_0^2}{2 \log_e \frac{x}{R}} \cdot \frac{1}{H_0 x}$$

donde:

$$v = \frac{k (H_0^2 - h_0^2)}{2 H_0} \cdot \frac{1}{x \log_e \frac{x}{R}}.$$

Abbiamo, inoltre, indicando con v la velocità del punto C diretta nel senso delle x positive:

$$v = \frac{dx}{dt}$$

quindi:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k (H_0^2 - h_0^2)}{2 H_0} \cdot \frac{1}{x \log_e \frac{x}{R}}.$$

Che integrata ci dà:

$$\alpha t = \frac{1}{4} x^2 (2 \log_e x - 1) - \frac{1}{2} x^2 \log_e R + \text{cost}$$

dove:

$$\alpha = \frac{k (H_0^2 - h_0^2)}{2 H_0} = \frac{h}{2} \left[(H_0 - h_0) \left(1 + \frac{h_0}{H_0} \right) \right].$$

Se si suppone che per $x = R$ sia $t = 0$, si ha:

$$\text{cost} = \frac{1}{4} R^2.$$

Sostituendo e riducendo, si ottiene:

$$t = \frac{1}{2 \alpha} \left[\frac{1}{2} x^2 (2 \log_e x - 1) - x^2 \log_e R + \frac{1}{2} R^2 \right]$$

$$t = \frac{1}{2 \alpha} \left[x^2 \left(\log_e \frac{x}{R} - \frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} R^2 \right].$$

Volendo il tempo necessario per ottenere il regime permanente, basta fare $x = x_0$, valore antecedentemente determinato.

L'ultima formola ci fa vedere che quando x_0 è grande, t assume un valore molto notevole. Sostituendo ad x ; $R e^y$, dove:

$$y = \log_e \frac{x}{R} = \frac{\phi k \theta}{2 q} (H_0^2 - h_0^2) = \frac{\phi k \pi}{P} (H_0^2 - h_0^2)$$

si ottiene:

$$t = \frac{R^2}{2 a} \left[e^{2y} \left(y - \frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \right]$$

la quale ci dà, sotto una forma molto semplice, una relazione fra la portata P ed il tempo t .

Si vede immediatamente che perchè si verifichi una piccola diminuzione nella portata occorre un tempo notevolissimo.

IV.

Per potere avere un'idea del grado di fiducia presentato dalle formole (12), (8), ho creduto opportuno fare alcune esperienze su piccola scala e confrontare i risultati ottenuti dalle medesime con quelli desunti dalle predette formole.

Le disposizioni dell'apparecchio destinato all'esecuzione delle esperienze sono rappresentate nella fig. 16.

Una cassa di legno ricoperta internamente di latta lunga 1^m,50, larga 1^m,00, alta 0^m,50 è divisa in tre scompartimenti per mezzo di due diaframmi. Questi diaframmi risultano di una tela metallica sostenuta da una intelaiatura in ferro.

Nello scompartimento centrale sopra uno strato di argilla di 0,04 fu posta accuratamente per strati paralleli una quantità sufficiente di sabbia sino a pochi centimetri dal bordo superiore della cassa.

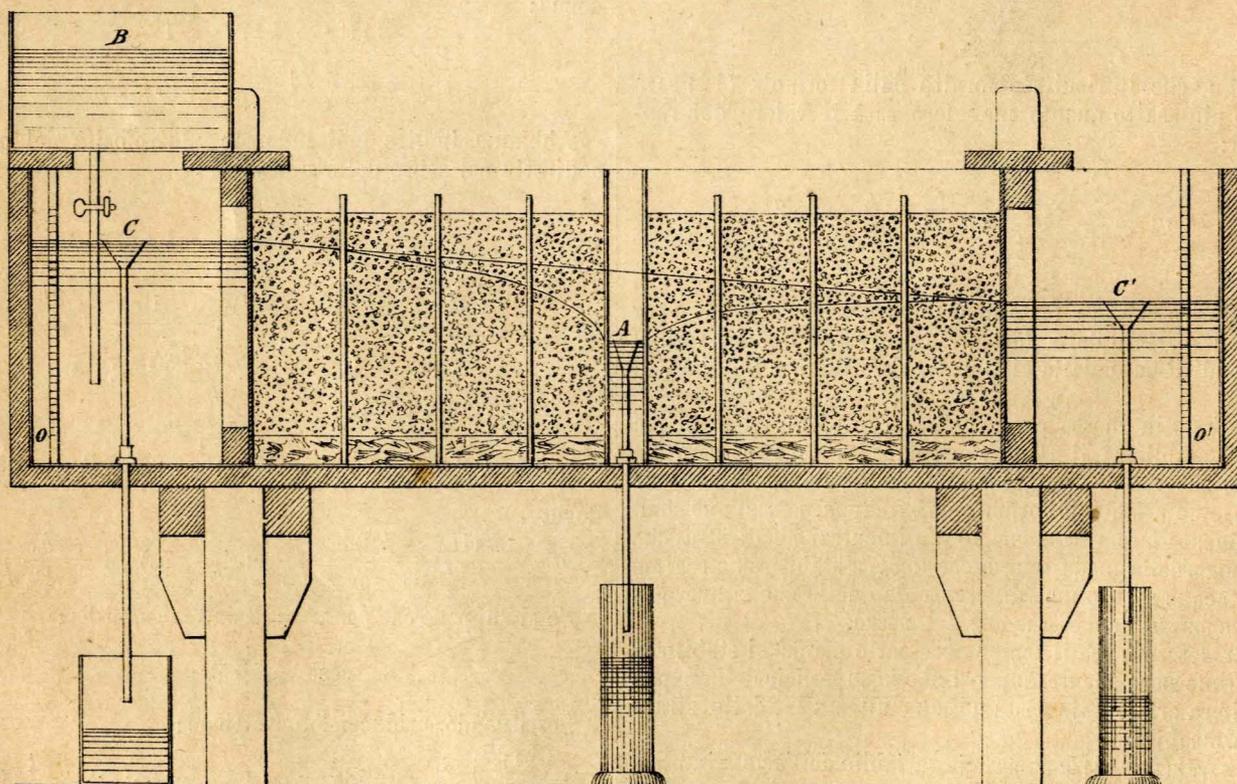
Antecedentemente al collocamento della sabbia, furono infissi nell'argilla 9 tubi di ottone minutamente forati per potere rilevare il livello dell'acqua nell'interno dello strato permeabile. Sei di questi tubi vennero collocati nel piano mediano, secondo il quale si immagina fatta la sezione rappresentata dalla fig. 16, gli altri tre si trovano in un piano normale al primo, passante per il centro della cassa.

Lo scompartimento a sinistra, posto a monte dello strato acquifero, costituisce il recipiente alimentativo a livello costante. La costanza del livello si ottiene per mezzo di un tubo sfioratore C, posto nel centro del recipiente destinato a smaltire l'acqua in eccesso, ed un vaso alimentatore B. Questo vaso è munito di un tubo di caucciù, nel quale una pinza a vite regola l'efflusso. Una scala graduata, posta nell'interno dello scompartimento, fa conoscere l'altezza del livello dell'acqua. Il tubo C non è fisso alla cassa, ma scorre dentro un tubo saldato nella medesima. L'unione ermetica fra i due tubi in ottone si ottiene per mezzo di un tubo di caucciù, che, a guisa di manicotto, riveste l'uno e l'altro. La mobilità del tubo C permette di fissare il livello dell'acqua nello scompartimento di sinistra a qualsiasi altezza.

Lo scompartimento di destra, posto a valle dello strato acquifero, costituisce il recipiente di scarico. Un tubo sfioratore C', del tutto simile al tubo C, permette di fissare il livello dell'acqua all'altezza che si vuole. Questa altezza è registrata da un'apposita scala graduata. Gli zeri delle due scale trovansi nello stesso piano orizzontale.

Il centro dell'apparecchio è destinato al collocamento dei pozzi. Questi pozzi risultano di manicotti in latta minutamente forati, che si affondano nello strato acquifero sino a raggiungere lo strato impermeabile di argilla.

Un tubo sfioratore A, costruito alla stessa guisa di quelli già descritti, permette di smaltire l'acqua del pozzo a qualsiasi livello.



Scala di 1:10

Fig. 16.

Una prima serie di esperimenti fu eseguita nello scopo di determinare la portata unitaria dello strato acquifero in corrispondenza a diversi livelli del recipiente alimentatore e del recipiente di scarico, onde poi, per mezzo di detta portata, ottenere il valore del coefficiente $\mu = \phi k$.

Introdotta l'acqua nel recipiente a monte e stabilito il regime permanente, la quantità d'acqua uscente da tubo C' forniva la portata totale dello strato acquifero.

Per misurare detta portata, si sottoponeva all'orificio inferiore del tubo un recipiente graduato e si misurava esattamente il tempo impiegato per ottenere un certo volume.

Per unità lineare fu scelto il millimetro.

Per unità di volume, il millimetro cubico.

Per unità di tempo, il minuto secondo.

Chiamando H l'ordinata del livello d'acqua nel recipiente alimentatore relativamente ad un piano di riferimento posto a 0,04 al di sopra del fondo della cassa;

h l'ordinata del livello d'acqua nel recipiente di scarico;

2l la lunghezza dello strato acquifero;

Q la portata per millimetro di larghezza, si ebbero i risultati riportati nell'unita tabella:

H	h	l	Q	$\mu = \phi k$	k
242.4	195	500	1.5150	0,1461	0,0004383
325.0	265	»	2.4070	0,1340	0,0004020
261.0	170	»	2.9750	0,1526	0,0004588
275.0	100	»	4.5450	0,1385	0,0004155

I valori di μ sono stati calcolati per mezzo della formola :

$$\mu = \phi k = \frac{4 Q l}{H^2 - h^2} = \frac{Q}{\alpha H_0}$$

la quale si ottiene dalla (3), del § 2, facendo nella medesima $z = H$; $x = 2 l$.

Si osserva che i valori di k non sono costanti, ma diffe-

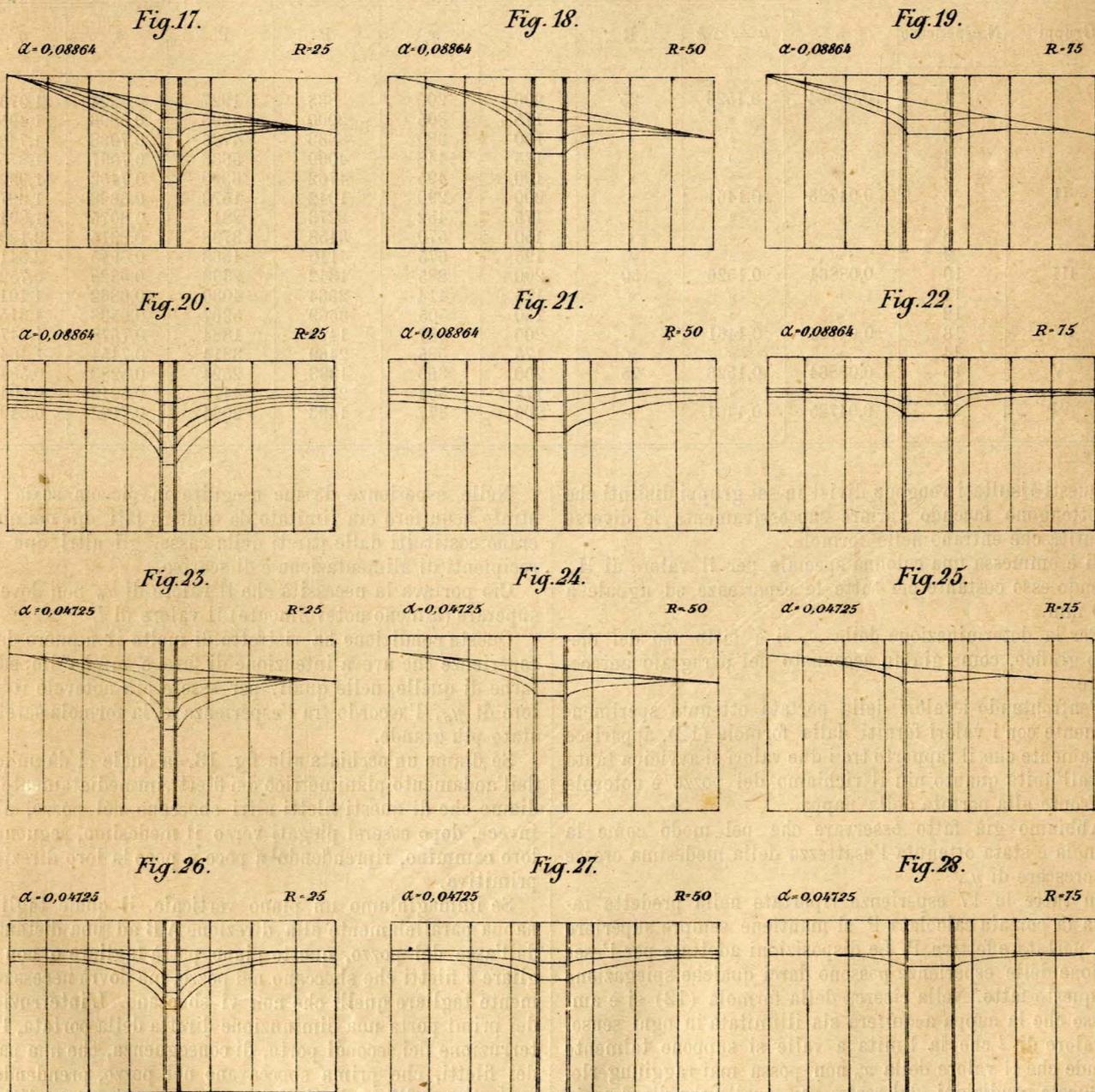


Fig. 17-28.

renziano alquanto fra loro. Ciò dipende sia dalle formole per se stesse approssimate, sia dagli errori di osservazione che accompagnano sempre un tal genere di esperienze.

I valori k di riferiti al metro, in luogo che al millimetro, vengono ottenuti dai valori di μ dietro la determinazione sperimentale di ϕ .

Il valore del rapporto ϕ tra il vuoto e il pieno fu trovato per la sabbia, di cui fecesi uso nelle esperienze, uguale a 0,332, ossia a circa $\frac{1}{3}$.

Il valore medio di k corrispondente alle quattro esperienze, è di 0,0004287.

Valore compreso fra quelli ottenuti dal Darcy, il quale per una sabbia grossa, avente 0,38 di vuoto, ebbe:

$$k = 0.0008$$

e per una sabbia fina, con 0,30 di vuoto:

$$k = 0.000174.$$

La seconda serie di esperienze riguarda la portata dei pozzi.

Ottenuto il regime permanente nella portata della nappa, si apriva il tubo A, dando così efflusso all'acqua del pozzo. Dopo un tempo sufficientemente lungo, si faceva la misura della portata con le stesse norme già descritte per la misura dell'acqua fornita dallo strato acquifero. Il valore della portata era ottenuto prendendo la media di cinque osservazioni.

Contemporaneamente, per mezzo dei tubi idrometrici, si rilevava la superficie dell'acqua nell'interno dello strato permeabile.

Le fig. (17) (18) (19) (23) (24) (25) mostrano l'andamento di detta superficie secondo il piano longitudinale, mentre le fig. (20) (21) (22) (26) (27) (28) si riferiscono al piano trasversale.

Convieni osservare che le curve rappresentate nelle dette figure corrispondono molto bene, specialmente in prossimità del pozzo, alle logaritmiche desunte dai calcoli.

I risultati delle esperienze, unitamente a quelli ottenuti dall'applicazione delle formole (12) ed (8), sono registrati nell'annessa tabella.

Gruppi	N.esperienze	α	$\mu = \phi k$	R	h_0	x_0	P	P'	λ	y_0
I	1	0,08864	0,1526	25	200	200	833	1927	0,4324	1,076
	2	"	"	"	175	305	2000	3393	0,5896	1,495
	3	"	"	"	150	380	3333	4736	0,7038	1,748
	4	"	"	"	125	448	4000	5636	0,7097	1,875
	5	"	"	"	100	495	4762	6390	0,7452	1,992
II	6	0,04725	0,1461	"	200	290	1042	1573	0,6623	1,397
	7	"	"	"	175	452	2273	2815	0,8075	1,894
	8	"	"	"	150	570	3158	3798	0,8315	2,190
	9	"	"	"	125	675	4110	4563	0,8985	2,341
III	10	0,08864	0,1526	50	200	285	1342	2303	0,5828	0,752
	11	"	"	"	175	414	2564	4030	0,6362	1,101
	12	"	"	"	150	505	3509	5367	0,6538	1,315
IV	13	0,04725	0,1461	"	200	387	1429	1884	0,7578	1,047
	14	"	"	"	175	585	2469	3314	0,7454	1,464
V	15	0,08864	0,1526	75	200	366	1333	2524	0,5283	0,584
	16	"	"	"	175	504	2778	4472	0,6212	0,904
VI	17	0,04725	0,1461	"	200	477	1493	2084	0,7162	0,849

Questi risultati vengono divisi in sei gruppi distinti che si ottengono facendo variare successivamente le diverse quantità che entrano nelle formole.

Si è ommessa una colonna speciale per il valore di H_0 , essendo esso costante per tutte le esperienze ed uguale a 220 mm.

Per la determinazione della x_0 si è fatto uso del metodo grafico, come già fu accennato nel paragrafo antecedente.

Confrontando i valori della portata ottenuta sperimentalmente con i valori forniti dalla formola (12), apparisce nettamente che il rapporto tra i due valori si avvicina tanto più all'unità quanto più il richiamo del pozzo è notevole di fronte alla portata della nappa.

Abbiamo già fatto osservare che pel modo come la formola è stata ottenuta l'esattezza della medesima cresce col crescere di y_0 .

In tutte le 17 esperienze riportate nella predetta tabella la portata calcolata P' si mantiene sempre superiore alla portata effettiva P . Le disposizioni adottate per l'esecuzione delle esperienze possono darci qualche spiegazione su questo fatto. Nella ricerca della formola (12) si è ammesso che la nappa acquifera sia illimitata in ogni senso. Il valore di l che la limita a valle si suppone talmente grande che il valore della x_0 non possa mai raggiungerlo.

Queste condizioni, del resto, son quelle che d'ordinario si verificano in natura.

Nelle esperienze da me eseguite in piccola scala, lo strato acquifero era limitato da quattro lati, due dei quali erano costituiti dalle pareti della cassa, gli altri due dai recipienti di alimentazione e di scarico.

Ciò portava la necessità che il valore di x_0 non dovesse superare (almeno notevolmente) il valore di l .

Questa condizione ha ristretto di molto il numero delle esperienze che aveva intenzione di fare e mi ha impedito farne di quelle, nelle quali, per essere più notevole il valore di y_0 , l'accordo fra l'esperienza e la formola sarebbe stato più grande.

Se diamo un'occhiata alla fig. 13, la quale ci dà un'idea dell'andamento planimetrico dei filetti, immediatamente vediamo che di questi filetti altri sboccano nel pozzo, altri invece, dopo essersi piegati verso il medesimo, seguono il loro cammino, riprendendo a poco a poco la loro direzione primitiva.

Se immaginiamo un piano verticale, il quale tagli la nappa parallelamente alla direzione AB ad una distanza l dall'asse del pozzo, questo piano potrà tagliare o non tagliare i filetti che sboccano nel pozzo, ma dovrà necessariamente tagliare quelli che non vi sboccano. L'interruzione dei primi porta una diminuzione diretta della portata, l'interruzione dei secondi porta, di conseguenza, che una parte dei filetti, che prima sboccano nel pozzo, prendendo il posto di quelli tagliati, detraggono una certa quantità di acqua alla portata totale. In ogni modo, dunque, la limita-

zione della nappa, nel senso trasversale, alla direzione AB, produce una diminuzione nella portata del pozzo.

La limitazione dello strato acquifero prodotta dai recipienti di alimentazione e di scarico, dà luogo invece ad un leggero aumento nella portata. Se la x_0 non è di molto superiore ad l (il che si verifica in tutte le esperienze riportate nell'ultima tabella), l'aumento di portata riesce trascurabile.

Difatti, l'aumento di portata, che ha luogo solamente per filetti centrali, può considerarsi proporzionale a:

$$\frac{1}{\log_e \frac{l}{R}} - \frac{1}{\log_e \frac{x_0}{R}} = \frac{\log_e \frac{x_0}{l}}{\log_e \frac{l}{R} \left(\log_e \frac{l}{R} + \log_e \frac{x_0}{l} \right)}$$

Quantità veramente piccola, quando si considera che R è sempre assai minore di l , ed l poco differente di x_0 .

Devesi finalmente osservare che pei diametri di 100 e specialmente di 150, le dimensioni dell'apparecchio diventano eccessivamente piccole; non deve quindi fare meraviglia, se i risultati sperimentali relativi a questi ultimi diametri non si accordino così bene coi risultati teorici come quelli relativi al diametro di 50 millimetri.

Nelle circostanze che si presentano in pratica, il valore di α è sempre più piccolo di quello verificatosi nelle eseguite esperienze, ne segue che il valore di y_0 sarà più grande, e che quindi il rapporto fra la portata reale e quella fornita dalla formola riuscirà maggiore del valore massimo trovato sperimentalmente, ossia maggiore di 0,89.

Questo grado di approssimazione nell'apprezzamento della portata è più che sufficiente per gli usi pratici, e giustifica pienamente l'impiego delle formole (12), (8), le quali, conservando la stessa semplicità della formola del Dupuit, si basano su di una ipotesi più conforme alla realtà e non lasciano nulla di indeterminato.

Jesi, 27 febbraio 1889.

MATERIALI DA COSTRUZIONE

FORNACE

AD AZIONE CONTINUA ED A CANALE RETTILINEO

(Veggasi la Tav. II)

Potrebbe sembrare ai più opera nè utile nè modesta tentare di introdurre nell'industria un nuovo sistema di fornaci ora che quelle di sistema Hoffmann, universalmente diffuse e di incontestata superiorità economica, sono entrate nel dominio pubblico, e vanno sempre più estendendosi e perfezionandosi.

Ancorchè il nuovo sistema fosse provato migliore di quello a canale di forma anulare, pure non mancherebbero osservazioni critiche più o meno giustificate e mosse da parte di tanti produttori cui non sorrideresse di avere a soggiacere a nuove concorrenze.

Giova però notare che ormai, nell'industria della produzione di laterizi, non meno che in quella di calci e cementi, la spesa del combustibile rappresenta una parte molto piccola del costo totale della produzione e che quindi, sull'economia d'un impianto, più che il sistema di forni adottato, influiscono le diverse condizioni locali. Ciò è tanto vero che, ad esempio, il prezzo dei mattoni in Italia varia di molto da città a città, mentre dappertutto vi sono fornaci Hoffmann e la concorrenza è vivissima. E tutti sanno benissimo che, se non è abbastanza grande lo smercio di

materiali, una fornace Hoffmann può anche riuscire meno conveniente di una fornace comune, sebbene con questa si debba consumare il triplo del combustibile occorrente ad una fornace continua.

Amesso adunque, cosa del resto evidente, che l'economia d'un sistema di fornaci dipenda non solo dal consumo di combustibile che in esse si verifica; ma anche da un complesso di circostanze estrinseche, ne verrà di conseguenza che, entro certi limiti di consumo del combustibile, sarà migliore quel sistema che meglio è adattabile a queste circostanze.

La portata del problema è quindi assai limitata e contenuta nel campo puramente pratico dal quale non avrò d'uopo di scostarmi in questa breve nota.

*

Dall'epoca nella quale ebbero principio i miei studi sui diversi sistemi di fornaci da laterizi (marzo 1885) sino ad ora, non ho pur troppo potuto avere notizie di sorta su fornaci a focolaio fisso ed a carica mobile all'infuori di qualche descrizione molto sommaria; ed anzi sino all'epoca in cui intrapresi la costruzione di una fornace del mio sistema a Fermignano, presso Urbino, ignorai anche che tentativi di questo genere fossero già stati fatti.

Ciò fu causa che io, privo ancora di esperienza, e senza l'aiuto de' consigli di una pratica intelligente, mi trovai a dover risolvere tutte quante le difficoltà del problema e, per l'ansietà di veder subito qualche risultato, mi trovai pure a tentare la prova in condizioni punto favorevoli. Difatti la costruzione della mia fornace di Urbino fu cominciata verso la fine dell'ottobre 1887, e nel dicembre successivo, durante la peggiore stagione invernale, vi fu tenuto il fuoco.

Fortunatamente l'esito della prova non fu inferiore all'aspettativa. Ed anzi le successive esperienze avendomi dato risultati anche migliori di quelli che avrei osato sperare, mi hanno deciso a pubblicare questi appunti che desidero vengano spassionatamente esaminati e giudicati dai pratici della materia, essendochè non è vanagloria il motivo del mio lavoro, bensì l'utile mio e di tutta la classe dei produttori.

*

Il problema di costruire una fornace a focolaio fisso e carico mobile che presentasse tutti i vantaggi inerenti al sistema, e dei quali parleremo in seguito, si riduceva a questo: Trovare un mezzo di locomozione pei materiali da cuocersi che presentasse una solidità tale da sopportare grandissimi pesi, una sicurezza quasi assoluta, tale che nessun accidente potesse intervenire ad arrestarne il movimento e nessuna parte del meccanismo fosse soggetta a subire deformazioni per causa dell'alta temperatura.

Tutto ciò dovevasi ottenere con una spesa assai limitata, tanto pel primo impianto quanto per la manutenzione.

Il problema adunque, sebbene di indole affatto pratica, era tutt'altro che semplice poichè, nel medesimo tempo, dovevasi soddisfare alle condizioni generali per qualsiasi sistema di fornaci di rendere possibile una cottura uniforme e sufficiente del materiale, senza una soverchia trasmissione e coll'impedire la formazione di correnti perturbatrici.

Tutte le accennate difficoltà e moltre altre ancora di ordine pratico e scientifico, che qui non sarebbe il caso di enumerare, risultarono felicemente risolte nel tipo di fornace rappresentato dall'unita tavola di disegno.

La fornace è formata da una galleria, ad asse rettilineo e con pendenza del 15 per mille. La galleria è aperta ai 2 estremi, il camino trovasi a monte e una fila di 12 boc-

chette *bb*, situate circa a metà lunghezza servono per la carica del combustibile.

Supposta la galleria piena di materiali e chiuso con una paratoia l'imbocco a monte, l'aria dovrà entrare dall'altro imbocco e percorrere tutta la galleria prima di arrivare al camino.

Attivato adunque il fuoco ed ammesso che tutto quanto il materiale entro la galleria possa spostarsi da monte a valle, è chiaro che, allo stato di regime la fornace funzionerà in modo continuo e con completo ricupero di calore, poichè i materiali cotti, posti a valle delle bocchette, cederanno il loro calore all'aria, ed i prodotti della combustione, prima di arrivare al camino, saranno raffreddati passando attraverso il materiale da poco introdotto.

Quando i materiali sotto il fuoco saranno cotti si aprirà l'imbocco a monte e, dopo avere introdotto a monte un carro già carico di materiali si abbasserà di nuovo la paratoia.

Intanto, dall'imbocco a valle sarà uscito un carro carico di materiali cotti e già freddi mentre che altri materiali crudi saranno venuti sotto l'azione del fuoco. I carri saranno a tal uopo caricati in modo che, quando giungano nella regione delle bocchette, alle medesime corrispondano appositi pozzetti destinati a ricevere il combustibile, come praticasi nelle fornaci Hoffmann.

*

Un tale sistema di fornaci presenta i seguenti vantaggi:

1. Risparmio di spesa e maggiore comodità nell'infornatura e sfornatura.

2. Risparmio di combustibile pel fatto che la combustione avviene sempre in uno spazio ad altissima temperatura.

3. Costanza della temperatura in ogni punto della fornace e quindi risparmio nelle spese di manutenzione ed in quelle di impianto, giacchè basterà fare di grande spessore soltanto la parte di galleria nella quale sta il fuoco.

4. Facilità di potere quandochessia aumentare con piccola spesa la produzione, poichè a tal uopo basterà allungare la galleria ed aumentare il numero delle bocchette.

Per questa stessa ragione la fornace è facilmente adattabile a qualunque quantità di produzione per essere la spesa quasi proporzionale alla quantità di materiali da cuocere.

5. Risparmio nelle spese d'impianto su fornaci di qualunque altro sistema, giacchè, come vedesi dalla pianta e dalle sezioni longitudinale e trasversale, il volume delle murature è assai piccolo, e si potrebbe anche farne buona parte in materiale crudo, essendovi un piccolo tratto soltanto della galleria soggetto all'azione del fuoco. Il tiraggio è, senza confronto, più facile che nelle Hoffmann e basta per ciò un camino di poca altezza.

La parte metallica della fornace ossia il materiale per la ferrovia e pei carri, costa press'a poco quanto le numerose bocchette e valvole delle Hoffmann.

6. Facilità di potere, ove sia necessario, abbandonare l'impianto con lievissima perdita giacchè tutta la parte di maggior costo è trasportabile.

Questo vantaggio ha speciale importanza per le costruzioni ferroviarie per le quali debbonsi il più delle volte costruire fornaci provvisorie. In tali casi, se si fa la fornace in materiale crudo ed il camino in lamiera di ferro, la spesa d'impianto si può ridurre a poco più di un migliaio di lire e quindi si potrà trovare convenienza a costruire apposite fornaci anche per un solo milione di mattoni là ove questi occorran e vi sia terra adatta per fabbricarli, cosa che in Italia si verifica assai frequentemente.

In tali casi è anche impossibile la concorrenza d'impianti fissi bene avviati ed abbastanza prossimi al lavoro, poichè basta che una fornace disti soltanto 3 o 4 chilometri dal

luogo d'impiego dei materiali, perchè occorran spese di trasporto assai sensibili.

Il vantaggio della facilità di trasportare la fornace ha anche importanza pel caso, pur troppo non raro, che, dopo fatto un impianto di fornaci si riconosca che la località o la qualità dell'argilla siano poco adatti.

*

Nell'annessa tavola è disegnato uno dei carri sui quali vengono caricati i materiali da cuocersi.

Esso è formato da 2 rotaie Vignole sulle quali sono fissati trasversalmente due ferri a T. Sulle flangie orizzontali di tali ferri viene costruito un primo pavimento di mattoni cotti che si rimbecca con malta, e sul quale ne vengono poi costruiti altri due di mattoni crudi. Messi due carri uno di seguito all'altro e uniti fra loro a mezzo di stecche come si pratica nell'unione delle rotaie nell'armamento delle ferrovie; per costruire il primo pavimento nella campata di congiunzione, i mattoni cotti si poseranno sull'ultimo ferro a T di uno dei carri e sul primo dell'altro. I pavimenti superiori di mattoni crudi potranno essere congiunti in modo da formarne uno solo e così quando tutta l'estensione della galleria sarà occupata da carri si verrà a formarvi un pavimento continuo e mobile, a perfetta tenuta d'aria.

Lungo i fianchi del carro, ed inchiodati agli estremi dei ferri a T trasversali, corrono 2 ferri d'angolo che, colla flangia più lunga, vanno a pescare in apposito canale formato sui fianchi della galleria e ripieno di sabbia, come vedesi nella sezione trasversale ABC. Si viene così ad impedire ogni passaggio d'aria dalla parte inferiore alla superiore della galleria.

I tre pavimenti, fatti nel modo sopraindicato, rendono quasi nulla la trasmissione del calore tanto che, anche sotto il fuoco, i carri hanno una temperatura di 100 a 150 gradi al massimo, e lo spazio sottoposto ai medesimi è facilmente praticabile.

Ogni carro è lungo tre metri e quindi, nella lunghezza totale della galleria ne entrano venti, restando il primo e l'ultimo sporgenti di 25 centimetri.

Tale sporgenza serve per posare la paratoia sopra il pavimento, per effettuare la congiunzione dell'ultimo carro entrato con quello che sta caricandosi e per poter staccare l'ultimo carro uscito.

Quando un carro sia stato scaricato dei mattoni cotti che conteneva, si guasta la parte di pavimento compresa fra esso ed il carro seguente, indi lo si fa andare sopra un carrello piatto a ruote, mediante il quale lo si porta, su apposita ferrovia, all'imbocco a monte.

I pavimenti possono servire anche più d'un anno ed il disfacimento e la ricostruzione del piccolo tratto, compreso fra due carri consecutivi, richiede il lavoro di pochi momenti.

In due ore quattro operai riescono a caricare un carro contenente circa 2000 mattoni ed in un'ora lo scaricano. Sette minuti circa sono sufficienti per eseguire tutte le operazioni per far entrare un carro nella fornace.

Si ha adunque un notevole risparmio nelle spese d'infornatura e sfornatura, risparmio che può anche rendersi maggiore, disponendo il cantiere in modo che l'imbocco a monte sia presso le aie di lavoro e quello a valle presso il deposito dei materiali cotti.

In più grande scala venne pure rappresentato un carrello di rulli formato da una staffa di ferro lunga m. 1,50, sulla quale sono impernati 2 rulli di ghisa.

La staffa non serve ad altro che a far sì che lungo tutta la galleria e su apposite guide a doppia rotaia, i rulli vengano ad essere disposti ad uniforme distanza di 75 centimetri.

Sopra i rulli, e frammezzo alle 2 nervature a forma di toro, corrono le rotaie longitudinali della piattaforma del carrello che viene così a poggiare sempre su 8 rulli i quali, guidati dalla doppia ferrovia, guidano a lor volta e fanno muovere la piattaforma stessa.

Il movimento, favorito dalla pendenza della galleria, può ottenersi spingendo l'ultimo carro a monte a mezzo di un argano, di una binda o di una pressa a vite od idraulica.

Nell'annessa tavola fu disegnato soltanto uno zatterone di legname sul quale potrebbe essere montata una vite di pressione.

Con tale sistema il moto si ha per semplice sviluppo e, non essendovi assi, esso è sicuro e regolare anche se sopra ogni carro venissero caricati 10 o 15 mila mattoni.

I pezzi sono tutti di grande resistenza e di fattura assai grossolana e non richiedono quindi nessuna cura nè spese di manutenzione.

La fornitura completa dei carri per la fornace rappresentata in disegno costerebbe circa 6 mila lire e con altre 2 mila lire si può provvedere a tutta la restante parte metallica.

Complessivamente adunque tale fornace, che potrebbe dare circa 12 mila mattoni al giorno, costerebbe meno di diecimila lire.

*

Venendo ora a dire dei risultati pratici ottenuti, bisogna notare anzitutto che le dimensioni dei mattoni cotti nella mia fornace di Urbino sono di m. $0,32 \times 0,16 \times 0,06$ e quindi essi hanno un volume quasi doppio di quelli delle dimensioni ordinarie di m. $0,24 \times 0,12 \times 0,06$.

Inoltre questi mattoni vengono fabbricati con argilla contenente più del 32 % di calcare. Tale argilla, che a priori dovrebbe giudicarsi inadatta a fabbricare mattoni, all'atto pratico serve invece discretamente.

Sarebbe forse interessante lo studio del fenomeno che si verifica con tale argilla poichè i mattoni, se molto cotti, reggono bene alla pressione ed anche al gelo purchè però entro 2 giorni dalla sfornatura siano abbondantemente inafiati, giacchè altrimenti si riducono tutti in polvere.

Poichè si sa che la quantità di calore occorrente per la cottura cresce in ragione anche maggiore di quella del volume, resta sin d'ora stabilito che le quantità di combustibile consumate nella mia fornace sono per lo meno il doppio di quelle che ordinariamente occorrerebbero con mattoni delle altre dimensioni, e ciò senza tener conto delle seguenti cause di maggior consumo:

1° Qualità dell'argilla che richiede molta cottura.

2° Lunghezza della fornace di soli 42 metri e quindi perdita di calore tanto al camino quanto alla bocca di sforno. Difatti al camino la temperatura superava i 400 gradi ed i mattoni uscivano dalla fornace ad una temperatura tale che più volte una paratoia di legno posta alla bocca di sforno cominciò a bruciare.

3° Troppo piccola sezione della galleria, essendo tale sezione quella il di cui profilo venne segnato in linea punteggiata. Anche l'inclinazione dei piedritti era causa di perdita perchè i materiali dovendo essere caricati a sponde verticali, si veniva a lasciar libero al passaggio dell'aria un grande spazio.

4° Poca pratica dei fuochisti dei quali uno non aveva neppure idea di che si fosse una fornace Hoffmann; ma che era però un provetto fornaciario. Egli nelle sue 6 ore di guardia consumava qualche volta anche il doppio del combustibile occorso al suo collega. Tale maggior consumo era reso anche facile pel fatto che bruciavasi legna la quale, come si sa, non lascia deposito incombusto, come farebbe il carbone, quando la carica fosse troppo abbondante.

5° Legna non sempre bene stagionata.

Ciò premesso ecco un estratto del registro delle annotazioni giornaliere dell'agosto 1888.

Data	CONSUMO		MATTONI sfornati	CONSUMO TOTALE ridotto a carbone	CONSUMO per 1000 mattoni
	Legna Kg.	Carbone Kg.			
4	700	—	—	—	—
5	1600	—	—	—	—
6	2450	—	—	—	—
7	3600	—	—	—	—
8	4000	—	—	—	—
9	3700	50	4000	—	—
10	2000	250	2000	—	—
11	800	400	4000	800	200
12	1000	350	4000	850	212
13	1600	200	4000	1000	250
14	1300	280	4000	930	232
15	1200	300	4000	900	225
16	1300	280	4000	930	232
17	1400	260	4000	960	240
18	1600	240	4000	1040	260
19	1800	120	4000	1020	255
20	1800	—	4000	900	225
21	1040	280	4000	800	200
22	675	400	4000	737	184
23	1800	210	4000	1110	277
24	1800	210	4000	1110	277
25	1800	210	4000	1110	277
26	1850	210	4000	1135	283
27	1900	210	6000	1160	193
28	1900	210	4000	1160	290
29	1900	210	6000	1160	193
30	1800	250	4000	1150	287
31	1800	300	4000	1200	300

Il fuoco, come si vede, vi fu attivato il giorno 4 e l'11 la fornace poteva ritenersi allo stato di regime. Il consumo medio, ragguagliato a carbone, risultò da quell'epoca di kg. 242 per ogni 1000 mattoni ossia di kg. 121 per ogni 1000 delle dimensioni ordinarie. Esso è adunque uguale se non inferiore a quello medio delle Hoffmann.

Supposto che colla fornace rappresentata nella già citata tavola si possano guadagnare solo 200 gradi pel maggior raffreddamento ai due estremi, si potrebbe logicamente dedurre che vi sarebbe risparmio di almeno $\frac{1}{5}$ di combustibile, mentre un altro quinto potrebbe ottenersi pel fatto che nella nuova fornace ogni carro conterrebbe $\frac{1}{3}$ di mattoni di più che nell'attuale. Ammesse queste supposizioni, che del resto sono più che legittime, il consumo sarebbe ridotto a kg. 145 per ogni 1000 mattoni di $0,32 \times 0,16 \times 0,06$ ossia kg. 73 per ogni mille mattoni di dimensioni ordinarie.

Si avrebbe dunque un notevole risparmio di combustibile sulla Hoffmann, spiegabile dal fatto che il fuoco resta sempre in uno spazio ad altissima temperatura analogamente a quanto fu verificato da Siemens nei forni a riverbero con libero sviluppo di fiamma, coi quali si ottiene un risparmio del 50 % circa, perchè la fiamma non subisce il contatto delle materie da fondersi e che sottrarrebbero calore.

Dall'esame del precedente prospetto, i pratici potranno rilevare anche un grande risparmio nella spesa di avviamento, ciò che ha la sua importanza per quelle fornaci che lavorano solo alcuni mesi dell'anno.

Dopo ciò non ho nè credo necessario altro argomento per raccomandare ai pratici tale sistema di fornaci.

Ancona, gennaio 1889.

Ing. LUIGI FALASCONI.

CRONACA

Il ponte Garibaldi sul Tevere a Roma. — Gli *Annali della Società degli Ingegneri e degli Architetti italiani* in Roma, nell'ultimo fascicolo del 1888, contengono tra altre cose disegni e notizie particolareggiate del nuovo ponte sul Tevere, costruito nella località detta la Regola, per riunire il popolatissimo Trastevere col centro di Roma, e che venne aperto al pubblico il 5 giugno dello scorso anno.

Come disegno, quel ponte è fuori dubbio assai infelice, attalchè non è facile immaginare come e perchè sia stato approvato.

Due arcate di ferro leggerissime e svelte e bene ideate, in quanto a linee generali, con un intradesso di m. 55 cadauna e m. 4,94 di saetta, vengono ad impostarsi contro un pilone massiccio, tutto di tufo e travertino, della incredibile grossezza di m. 13,40 alla base e m. 12 all'imposta delle arcate, il quale per giunta alzasi pieno e massiccio fino alla carreggiata stradale, fiancheggiato dai timpani vuoti, a semplici sbarre di quelle sveltissime arcate.

Di fronte ad una enormità di tale natura, e ad un contrasto tra la pila e gli archi che riesce di un effetto estetico il più disgustoso, abbiamo cercato invano nella pregevole monografia dell'egregio ingegnere P. Bonato una qualsiasi giustificazione delle linee adottate. La più attenta lettura di quella monografia non ci ha suggerito nulla, che valga, a parer nostro, anche solo ad attenuare quella infelice disposizione di cose.

Anche il disegno delle arcate metalliche non può dirsi del tutto immune da pecche, sebbene alquanto minori. Non entreremo qui nella difficile questione di arcate colle imposte a cerniera, con e senza cerniera alla chiave. Si comprende come le cerniere siano state ideate più per rimediare alla insufficienza della teoria, e facilitare le operazioni di calcolo, che per rispondere a reali esigenze della pratica. Si comprende pure che dieci o dodici anni fa l'imposta del ponte di Coblenza, che fu una delle prime imposte a cerniera, venisse per precauzione o meglio per facilitare la messa in opera del ponte, assicurata da cunei laterali e ridotta provvisoriamente ad un vero piano d'imposta; e che successivamente, o per precauzione o per paura, siansi poi sempre mantenute quelle biette laterali; delle quali, ad ogni modo, il nuovo ponte di Coblenza non ha più avuto traccia; ma non si comprende la ripetizione di quella antica e mal decisa disposizione nel nuovo ponte sul Tevere in Roma, come non si comprendono certi particolari di attacco, e di chiodature all'imposta delle arcate che troppo ricordano alla mente il nuovo ponte di Coblenza, mentre là erano destinate ad uno scopo che qui non esisteva.

Tutto ciò abbiamo creduto notare in merito di un'opera monumentale e di costo ragguardevolissimo, stata naturalmente approvata da un Consiglio Superiore di Lavori pubblici, e costruita nella capitale del regno d'Italia, sotto gli occhi di indiscutibili competenze tecniche. E lo abbiamo fatto collo scopo solo di far rilevare una volta più ciò che andiamo dicendo da tanti anni.

In Italia la parte teorica dell'ingegneria è studiata sufficientemente e coltivata con amore; ma risentesi di tutti gli inconvenienti con cui viene insegnata, essendo essa insegnata in astratto, e senza quei criteri direttivi che debbono essere suggeriti dalla pratica. E gli inconvenienti lamentati non sono che il frutto della mancanza di nesso che esiste fra l'insegnamento della teoria e l'insegnamento della pratica; non sono che il frutto della importanza affatto secondaria che alla parte essenzialmente pratica si ostinano a dare i Direttori delle nostre Scuole di ingegneria. A che vale intitolarle scuole di applicazione, se in realtà più non sono che facoltà di matematiche convenientemente progredite coi tempi?

*

Il R. Museo Commerciale di Torino. — Abbiamo testè ricevuto l'Annuario per il 1889 del R. Museo Commerciale, che venne istituito in Torino con decreto ministeriale del 9 settembre 1884, e che per ora risiede nel R. Museo Industriale Italiano, in infelicissimo locale. Lo scopo del Museo è di avviare e sviluppare il commercio dei nostri prodotti all'estero e di eccitare la concorrenza dei nostri industriali. Al quale scopo si cominciò dall'ordinare a catalogo una copiosa raccolta

campionaria delle merci le quali trovano favore su determinate piazze estere, e che i nostri industriali possono a loro piacimento esaminare a fine di potere anche essi concorrere ov'è possibile cogli stranieri a produrre la medesima merce a un prezzo minore. Al Museo Commerciale è pure annesso un ufficio di informazioni zelantissimo, il quale fornisce al pubblico notizie sui dazi doganali, sulle tasse marittime, sui prezzi di trasporto e sul prezzo stesso dei prodotti dei quali si ha il campionario.

L'Annuario che abbiamo ricevuto è un lavoro interessante e di pregio. Oltre al decreto di formazione ed all'elenco del personale di amministrazione, esso contiene la classificazione delle collezioni in 16 categorie, ognuna delle quali è divisa in sezioni, ed il catalogo delle collezioni stesse ordinate per provenienza di consumo; è un lavoro eseguito con molta cura, e che riesce molto utile agli industriali ed ai commercianti.

Attualmente, il R. Museo Commerciale di Torino contiene più di ottomila campioni ed una biblioteca speciale, buon numero di periodici e statistiche commerciali.

Auguriamo alla nascente e già forte istituzione di continuare sulla buona via fin qui percorsa, ancorchè il moltissimo che si è fatto non abbia, a quanto pare, soddisfatto il giornale *L'Industria* di Milano, che nel numero del 17 febbraio scrisse un poco benevolo giudizio di questo nostro Museo. Non siamo in grado di far paragoni, dappoichè non ricevevamo alcun annuario del Museo Commerciale di Milano; ma questo essenzialmente crediamo, che l'esistenza di un museo non può nuocere ad un altro, e noi vorremmo anzi vederne sorgere uno in ogni regione italiana, se egli è vero che da consimili istituzioni si abbia a ripromettere utili sensibili alle esportazioni nostre.

G. S.

NOTIZIE

Preservazione del ferro contro la ruggine. — Il costruttore John Head di S. Francisco di California, nell'effettuare lo spostamento di un gasometro, osservò che nelle vecchie lamiere profondamente intaccate dalla ruggine, i punti in cui erano state apposte le marche al momento della spedizione, si erano conservati intatti. Lo stesso fatto più volte riscontrato, gli ispirò l'idea di provare la trementina e la cerussa per dare al ferro un primo strato protettore. Egli riconobbe che impiegando la cerussa, finamente polverizzata, diluita con essenza di trementina, non si produce nè corrosione nè scagliamento del metallo nei punti ricoperti da tale preparazione.

La coloritura ordinaria ad olio di lino sarebbe, secondo lui, troppo densa per riempire ed otturare i pori ed i difetti della superficie del metallo, mentre che la trementina e la cerussa impiegate in liquido meno denso, penetrano ovunque. Nel secondo caso, l'intonaco protettore raggiungendo tutte le parti esposte al contatto dell'aria o dell'acqua, le isolerebbe realmente, mentre che la coloritura costituisce uno strato apparente senza impedire alla corrosione di svilupparsi al disotto.

È facile assicurarsi dell'esattezza di tali riflessioni, alle quali non si può negare una certa verosimiglianza.

(Rivista di Artiglieria e Genio).

La produzione industriale dell'alluminio. — Questo metallo che fino a questi ultimi tempi è rimasto una curiosità di laboratorio, sta per prendere il posto che gli spetta fra i metalli d'uso comune. Tutti sanno quanto siano diffusi sulla terra i minerali che lo contengono. Scisti ed argille altro non sono che composti di ossido d'alluminio. Ma alla produzione industriale, in grande scala, dell'alluminio si opponeva finora la difficoltà della riduzione dei minerali, ossia della separazione del metallo dagli altri corpi coi quali trovasi in natura combinato.

I progressi della elettricità hanno oramai offerto i mezzi di vincere anche queste difficoltà.

L'officina della Ditta Cowles & C., a Cleveland negli Stati Uniti, fondata or sono due anni, e quella della Società Metallurgica Svizzera, presso Sciaffusa, apertasi nello scorso luglio, producono l'alluminio per elettrolisi, la mercè di macchine dinamo-elettriche poderose. L'impianto di questi stabilimenti ha avuto per effetto immediato di far abbassare il prezzo dell'alluminio a meno di 90 lire il chilogrammo. L'alluminio viene così a costare la metà dell'argento; ma siccome il peso specifico (del decimetro cubo) per l'alluminio è 2,6 mentre per l'argento è 10,5, così ognuno vede che un oggetto d'alluminio viene ora a costare otto volte meno del medesimo oggetto fatto di argento. Oltrechè è presumibile che il prezzo dell'alluminio abbia ancora a diminuire.

In confronto dell'argento, del rame, del nichelio, l'alluminio gode di proprietà preziose. Ha lo splendore e la bellezza del primo e la tenacità dell'ultimo; prestasi assai bene a tutte le forme della lavorazione, ossia riunisce in sé le diverse qualità che isolatamente appartengono all'uno o all'altro dei metalli più adoperati. E gode per di più di una leggerezza che non è comune ad alcun altro.

In conclusione, non andrà molto che l'alluminio prenderà un posto importante nelle applicazioni industriali e nell'arte decorativa. E tra le moltissime non vuole essere dimenticata la sua applicazione alla costruzione degli strumenti da disegno. Gli strumenti d'alluminio non sono più una novità, essendochè se ne costruiscono da molto tempo. Ma il loro prezzo era talmente elevato da doversi considerare come rarità ed oggetti di lusso. Attualmente una busta di compassi d'alluminio non potrà venire a costare molto di più di quelli uguali d'ottone; d'altronde i vantaggi nel disegno ritraibili dall'impiego di strumenti leggerissimi meritano anche di passare sopra ad una differenza nel prezzo di 10 a 20 lire.

(La Semaine des Constructeurs).

Nuova lega per spirali da orologi. — I signori H. Ostermann e C. Lacroix di Ginevra hanno preso la privativa per una lega destinata a sostituire l'acciaio nella fabbricazione di diversi pezzi degli orologi, come spirali e bilancieri, nello scopo di evitare i gravi inconvenienti della calamitazione e della ossidazione.

La lega si comporrà di 30 a 40 parti d'oro, di 30 a 40 parti di palladio, di 0,1 a 5 parti di rodio, di 10 a 20 parti di rame, di 0,1 a 5 parti di manganese, di 0,1 a 5 parti di argento, e di 0,1 a 5 parti di platino.

Dapprima si procede alla fusione del rame e del manganese, e poi si uniscono gli altri metalli; ed ancora tutti i metalli componenti si mettono insieme nel medesimo crogiuolo, col manganese in fondo.

(Moniteur industriel).

R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GLI INGEGNERI E GLI ARCHITETTI IN PALERMO

Classificazione dei laureati nell'anno scolastico 1887-88.

Numero progressivo	CASATO E NOME	LUOGO DI NASCITA	Voti rip. massimo N. 100
IN INGEGNERIA			
1	Basile Eduardo (*)	Palermo	100 e lode
2	Alfieri Francesco (*)	Cianciana	100
3	Bentivegna Rosario (*)	Palermo	100
4	Ferraro Corrado (*)	id.	100
5	Castiglia Gabriele (*)	Termini Imerese	99
6	Caruso Domenico (*)	Messina	98
7	Urgos Francesco (*)	Palermo	98
8	Maniscalco Giovanni (*)	id.	95
9	Savagnone Francesco (*)	id.	95
10	Zingales Giacomo (*)	Sassari	95
11	Compagno Giuseppe	Porto S. Giorgio	90
12	Scimone Luigi	Palermo	90
13	Tuccio Francesco	id.	90
14	Vulpitta Giuseppe	id.	90
15	Picone Alfonso	id.	85
16	Sala Saverio	id.	85
17	Scordato Filippo	Bagheria	85
18	Abramo Leopoldo Eugenio	Palermo	80
19	Cardilicchia Vincenzo	Girgenti	80
20	Notarbartolo Gaetano	Cerda	80
21	Renzi Antonino	Palermo	80
22	D'Arone Domenico	id.	77
23	Mascari Antonio	Campobello di Mazzara	75
24	Perroni Gaetano	Castoreale	75
25	Venuti Gaetano	Bavuso	75
26	Aversa Enrico	S. Stefano Camastra	70
27	Prestopino Felice	Messina	70
IN ARCHITETTURA			
28	Lacca Francesco Paolo	Palermo	80
29	Rumore Vittorio	Cefalù	75

(*) Abilitati alla scelta del tema.

R. SCUOLA DI APPLICAZIONE

PER GLI INGEGNERI IN BOLOGNA

Elenco degli Allievi che nell'anno scolastico 1877-88 conseguirono il diploma di Ingegnere Civile.

Numero progressivo	COGNOME, NOME E PATERNITÀ	LUOGO DI NASCITA
1	Alessandri-Guazzi Regoli Angelo di Bernardino	Montisi (Siena)
2	Aliprandi Emanuele di Giovanni	Badia Polesine (Rovigo)
3	Almici Alessandro fu Mario (*)	Coccaglio (Brescia)
4	Berna Armando di Gioacchino (*)	Senigallia (Ancona)
5	Bernardi Massimo di Francesco (*)	Parma
6	Bertè Giorgio fu Eugenio	Parma
7	Bonaccorsi Giuseppe di Giamb. (*)	Tredozio (Firenze)
8	Braglia Attilio di Romualdo	Modena
9	Brizzi Adolfo di Pietro	Borgo S. Donnino (Parma)
10	Brusi Pompilio di Luigi (*)	Lugo (Ravenna)
11	Burzi Adolfo di Raffaele (*)	Bologna
12	Cantoni Guglielmo di Cesare	Parma
13	Carpi Arturo fu Alberto	Bologna
14	Casalini Domenico fu Francesco	Bologna
15	Cavazza Alfonso di Cesare (*)	Bologna
16	Ceramelli Raffaello di Francesco	Colle di Val d'Elsa (Siena)
17	Colbertardo Giovanni di Giuseppe	Biadene (Treviso)
18	Conti Giovanni di Giacomo	Forlì
19	Corda Pietro di Marco	Calangianus (Sassari)
20	Costantini Giuseppe di Achille	Chiusdino (Siena)
21	Cuoghi Carlo di Pier-Elia	Modena
22	D'Aumiller Clemente di Alessandro	Polesella (Rovigo)
23	Donini Luigi di Giambattista (*)	Bologna
24	Drei Giovanni di Giuseppe	Faenza (Ravenna)
25	Fedozzi Achille di Luigi (*)	Fabriano (Ancona)
26	Franceschi Anselmo di Lorenzo (*)	Castelgoffredo (Mantova)
27	Fralocchi Augusto di Luigi	S. Elpidio a mare (Asc. Pic.)
28	Frugoni Angelo fu Pietro	Savona (Genova)
29	Fucci Giuseppe di Pietro (*)	Macerata Feltria (Pesaro)
30	Fucini Ugo di Giacobbe	Empoli (Firenze)
31	Gullini Arrigo di Francesco (*)	Bazzano (Bologna)
32	Imperatori Giovanni di Luigi	Macerata Feltria (Pesaro)
33	Lucioli Quintilio di Leopoldo (*)	Chiusi (Siena)
34	Maccaferri Carlo di Giuseppe	Borgo Panigale (Bologna)
35	Malavasi Antonio di Lodovico	Modena
36	Manghetti Pompeo di Raffaele	Forlì
37	Metz Ferdinando fu Carlo	Firenze
38	Monti Giuseppe di Giovanni (*)	Forlì
39	Padoa Abramo Umberto di Pellegr.	Venezia
40	Pagliuzzi Giovanni fu Carlo	Alba (Cuneo)
41	Parmigiani Alberto di Stefano	Cortemaggiore (Piacenza)
42	Passarelli Ferdinando di Gennaro	Isernia (Campobasso)
43	Pellini Leonardo fu Giorgio	Milano
44	Pietri Giovanni Gius. di Stefano	Ozieri (Sassari)
45	Pizzorno Venceslao di Francesco (*)	Bologna
46	Ponti Virginio fu Floriano	S. Lazzaro Parmense
47	Pozzi Luigi di Carlo	Modena
48	Ragazzi Gaetano fu Giovanni	Mirandola (Modena)
49	Reggiani Francesco fu Alessandro	Bologna
50	Rossi Sergio fu Luigi	Siena
51	Rusconi Cesare di Carlo (*)	Bologna
52	Saladini de' Moreschi Franc. di Pietro	Verona
53	Signori Alfredo di Giuseppe	Cremona
54	Sofia Giovanni di Pasquale	Ascoli Piceno
55	Soncini Gino fu Giuseppe (*)	Poviglio (Reggio Emilia)
56	Tralli Antonio di Primo	Felonica (Mantova)
57	Ugolotti Sincero di Giuseppe	Langhirano (Parma)
58	Vaccari Amanzio fu Tancredi (*)	Nonantola (Modena)
59	Vaccari Camillo fu Tancredi (*)	Nonantola (Modena)
60	Veronesi Giulio di Giovanni	Cona (Ferrara)
61	Vismara Giulio fu Gerolamo	Milano
62	Vita-Finzi Carlo fu Giacobbe (*)	Ferrara
63	Zotti Umberto di Antonio (*)	Finale dell'Emilia (Modena)

(*) A termini dell'art. 11 del Regolamento interno della Scuola i segnati con asterisco conseguirono la facoltà della scelta del tema per l'esame finale di diploma.

BIBLIOGRAFIA

I.

Ing. ANTONIO VIAPPANI. — *Le analisi dei prezzi applicate alle costruzioni in genere ed alle ferroviarie in ispecie.* — Volume in-8° piccolo, di 224 pag. — Torino, 1889. — Lire 4,50.

Al noto e sì giustamente apprezzato *Manuale del Costruttore*, l'egregio ingegnere Viappani ebbe l'ottima idea di far seguire un manuale di *Analisi dei prezzi*, compilato, per così dire, sul luogo stesso dei lavori, col lume della propria scienza ed esperienza, tenendo ben presenti i pregi e difetti, il superfluo e le lacune dei libri precedentemente stampati, ed i quali tutti risentono del tempo e del modo in cui furono compilati, quando, cioè, i mezzi celeri e speditivi di sviluppare i lavori ed i più utili sussidi meccanici non erano ancora ben noti, e le analisi si compilavano più sulle ipotesi di qualche studioso di gabinetto, che non sui risultati poco conosciuti, e meno ancora studiati, degli intraprenditori.

Non è un semplice trattato, che insegni il modo di procedere nella formazione delle analisi, con le relative colonne di cifre in bianco, o quanto meno a puntini. Ma sono analisi fatte, con tutti i loro dati numerici, le loro formule, il loro esempio, le loro avvertenze. Chi vi ricorre, trova tutto ciò che gli occorre; non ha più d'uopo d'interrogare nè terraiuoli, nè capo-mastri, nè fornitori od impresari; chè le interrogazioni sono già state fatte, controllate, discusse, paragonate, rifatte. Ed a chi ne sa meno del libro che consulta, ciò che quasi sempre avviene per coloro che consultano libri, non accade di trovare mancare quello appunto che cerca. Naturalmente, un così ottimo libriccino è suscettibile di subire perfezionamenti, e suscettibilissimo anche di invecchiare. Ma il Viappani è ancor troppo giovane per dormire sugli allori, e le numerose edizioni che si succedono del suo *Manuale del Costruttore* non ci lasciano dubitare che altrettanto non abbia a succedere di queste sue *Analisi dei prezzi*, che noi raccomandiamo di gran cuore all'attenzione di quanti attendono all'arte delle costruzioni, vuoi come compilatori di progetti o periti, vuoi come imprenditori, direttori di lavori, assistenti, ecc.

G. S.

II.

— *Progetti di massima per il risanamento di Catania.* — Relazioni compilate dal prof. cav. F. Fichera, Ingegnere Vice-Direttore dell'Ufficio d'Arte. — Op. in-8° di pag. 184, con 10 tavole in atlante separato. — Catania, 1887.

— *Piano regolatore per il risanamento e l'ampliamento della città di Catania.* — Progetto del barone B. Gentile-Cusa, Ingegnere dell'Ufficio d'Arte. — Op. in-8° di pag. 496, con una planimetria. — Catania, 1888.

— *I lavori del nuovo Porto di Catania.* — Monografia tecnica di Enrico Simoncini, Ingegnere del Genio Civile marittimo, Direttore dei lavori, pubblicata a cura del Municipio di Catania. — Op. in-4° di pag. 57, con due tavole litografate. — Catania, 1888.

*

Catania è una delle poche città italiane nelle quali le cose si studiano a fondo, e tutto lo studiato si pubblica. L'ingegnere Fichera, che nel 1886 aveva pubblicato un molto grosso volume col titolo: *Risanamento delle città con applicazione a Catania*, pubblicava nel 1887 tre relazioni di progetti di massima, il primo relativo alle fognie, il secondo alle acque, ed il terzo alle strade. Nella prima Relazione si propugna l'abolizione dei pozzi neri permeabili, la fognatura della città col sistema tubolare separatore, a circolazione libera, e la utilizzazione delle acque di fogna per la irrigazione di praterie artificiali. Nella seconda Relazione si proporrebbe la chiusura dei pozzi, l'alimentazione di fontane pubbliche colle acque della Reitana, e la distribuzione dell'acqua di Valcorrente per i servizi di inaffiamento di strade, giardini, ecc., e per la fognatura. Infine, nella terza Relazione si propugna la sistemazione con lastricato delle strade scoperte, la riforma degli acquedotti per convogliare le sole acque di pioggia, e la sistemazione dei servizi di spazzamento, lavature ed inaffiamenti.

Non è a dire che le tre Relazioni si completano a vicenda e mirano tutte tre all'unico scopo di rimuovere le precipue cause di insalubrità che in Catania presentano una importanza speciale, come le pessime condizioni della fognatura, la cattiva qualità delle acque potabili e la mancanza di coperture della maggior parte delle vie urbane.

*

Altra causa essenzialissima di insalubrità è la infelice disposizione e la difettosa struttura dei caseggiati di varie sezioni urbane, segnata dalle case abitate dai meno abbienti. E lo studio di un piano regolatore edilizio coi relativi progetti di risanamento e di ampliamento, con diradamento di caseggiati, allargamento di vie, ecc., è stato il compito speciale dell'ingegnere Gentile, il quale stimò bene di prendere le mosse da un complesso di notizie storiche con fatica raccolte dallo sviluppo della Catania greco-romana, per venire su su attraverso tutti i secoli, ed alle successive catastrofi dell'Etna che obbligarono a vere ricostruzioni, fino al secolo nostro, per il quale sono date

notizie più particolareggiate, essendo alla Relazione annessa la planimetria della città quale era nel 1830, e molto bene descritto il progresso meraviglioso che Catania, al pari delle altre città italiane, ha potuto iniziare dopo il 1860 coll'annessione delle Due Sicilie al nuovo regno d'Italia, siccome in parte risulta da più recenti planimetrie. E invero, per i progressi edilizi in questo ultimo quarto di secolo compiuti, Catania appare ben degna di rivaleggiare colle più importanti città della penisola italiana.

Ma se già si è fatto assai, rimane ancora moltissimo da fare in quanto a lavori di risanamento e di ampliamento. E constatiamo con piacere che i piani regolatori di diversi quartieri della città sono stati dall'ingegnere Gentile redatti in base a larghe vedute economiche, di abbattere e riedificare a nuovo, previa espropriazione totale, sulle aree rimaste libere, soddisfacendo alle esigenze dell'igiene e degli usi moderni, anzichè accontentarsi di allargare vie, creando con parziali tagli e nuove facciate certi ibridi siparii destinati a mascherare e peggiorare le condizioni di una accozzaglia di ambienti che sono cause perseveranti del male ed un impedimento a qualsiasi impresa di pubblica o privata utilità. E soprattutto troviamo utile e previdente il progettato ampliamento a nord-est della città, conciossiachè prima d'espropriare e abbattere convenga con allettamenti di nuove e migliori residenze, nonché colla comodità di piazze, mercati, scuole, ecc., preparare e favorire quel movimento spontaneo di espansione e di trasmigrazione nel quale è già una gran parte assicurata di quel successo pratico che non potrebbe essere affidato soltanto al cammino delle idee.

*

Ma l'opera più ragguardevole per la città di Catania e per la grandiosità del concetto cui venne informata, e per la entità dei mezzi che si sono dovuti adoperare per eseguirla, è senza dubbio l'opera del nuovo porto. Sin dai primordi della costituzione del regno d'Italia, quando si erano fatti gli studi per migliorare e completare le opere esistenti colla costruzione di un antemurale, la cittadinanza catanese dimostrò il bisogno e la volontà di avere un porto assai più ampio e comodo e tale da poter soddisfare alle esigenze sempre crescenti del commercio. Ed è un fatto che va a tutta lode di quel Municipio se il progetto Fiocca, opportunamente riveduto e modificato dall'Ufficio del Genio Civile, è venuto a sostituirsi al progetto dell'antemurale, e se già presso ad 8 milioni si sono spesi dal 1874 in poi, a vece dei tre che erano preventivati per l'antemurale. Ed ora che il nuovo porto, da tanti anni agognato, è divenuto un fatto compiuto, l'egregio Simoncini, ingegnere del Genio Civile marittimo e direttore dei lavori, ne scrisse una breve ma importante monografia tecnica, che il solerte Municipio di Catania con savio accorgimento pubblicò per le stampe.

In questa monografia, premesso un rapido cenno storico del porto antico, si descrivono le condizioni idrografiche e nautiche di quel litorale, le opere componenti il progetto Fiocca, le modificazioni apportate ai particolari di esecuzione, i fatti e le esperienze che le consigliarono. Con ordine cronologico, ma con brevità e chiarezza si discutono gli effetti prodotti dalle mareggiate sulle opere costruite od in corso di esecuzione, mostrando la necessità dell'accresciuto volume dei massi di coronamento, che da 10 metri cubi si portarono a 18 metri cubi caduno, affinchè resistessero meglio ai forti marosi di quei paraggi, e la convenienza di un ulteriore prolungamento del molo, e della costruzione di banchine ed opere di rinforzo su tutta la sua lunghezza. Per le quali opere, preventivate a L. 1,610,000, ed approvate non solo dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ma dal medesimo vivamente raccomandate per la loro pronta attuazione, rimane tuttora da risolversi la questione finanziaria. Con tutto ciò non è a credere che il forzato ritardo possa ispirare timori per la esistenza delle opere eseguite, che fortunati eccezionalissimi hanno anzi messo a buona prova; sebbene il procrastinare poi di troppo non possa dirsi nemmeno una soluzione economica, quando si vedono ogni anno accresciute le spese di mantenimento dell'attuale stato di cose. Infine è d'uopo ancora che le opere costrutte siano rifornite di quei mezzi che le rendono proficue allo scopo principale per il quale si sono volute, ed in modo da rispondere perfettamente alle esigenze moderne della navigazione e del commercio.

G. S.

Sono pure pervenute a questa Direzione le seguenti pubblicazioni dai loro autori od editori:

Ing. Carlo Baccari. — *Edifici di scuole primarie per la città di Napoli.* — Op. in 8° di pag. 48, con 10 fotolitografie. — Napoli, 1888.

R. Scuola di Applicazione degli Ingegneri in Bologna. — *Notizie concernenti la Scuola, monografia di gabinetti, delle collezioni, ecc.* — Bologna, 1888. — Op. in 4° di pag. 222, pubblicato dalla Direzione della Scuola, essendosi col 31 ottobre 1887 compiuto il primo decennio di detta Scuola, e celebrandosi l'VIII centenario della Università di Bologna.

R. Scuola di Applicazione per gli Ingegneri e per gli Architetti in Palermo. — *Programmi di insegnamento per l'anno 1888-89 ed effermeridi dell'anno scolastico precedente.*

