

G 83

TUBI DI CONDOTTA

DISSERTAZIONE E TESI

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

della Regia Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino

DA

VINCENZO ROGNA

DA MIRABELLO-MONFERRATO

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

INGEGNERE LAUREATO

—
1869
—

TORINO

TIPOGRAFIA G. CANDELETTI SUCCESSORE CASSONE

VIA SAN FRANCESCO DA PAOLA, 6

—
1869

ALLA SACRA E VENERATA MEMORIA

DEL PADRE

QUESTO GIORNO CONSACRO

A MIA MADRE

E A CHI MI AMA

QUESTO TENUE PEGNO D'AFFETTO

DEDICO

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF TORONTO

Acquired from the University of Toronto
Library of the University of Toronto

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

1911

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

1911

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

1911

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

TUBI DI CONDOTTA

Cenno sulla determinazione dello spessore da assegnarsi alle pareti dei tubi.

La teoria della resistenza dei tubi, dedotta dalla teoria della resistenza dei solidi all'estensione, conduce alla determinazione dello spessore da assegnarsi alle loro pareti quando si conosca la pressione effettiva a cui devono essere assoggettate. Supponendo il tubo cilindrico e dicendo:

s lo spessore domandato,

D il diametro interno espresso in metri,

p la pressione effettiva in chilogrammi, differenza fra la pressione interna e l'esterna,

n' il coefficiente di stabilità, il quale può ritenersi di $\frac{1}{6}$,

R' la resistenza alla rottura, per trazione, della sostanza di cui il tubo è formato, in chilogrammi, e riferita al metro quadrato.

Stabilendo l'equazione di equilibrio fra le forze che tendono a staccare una parte del tubo dall'altra, e risolvendola rispetto all'incognita s trovasi (*)

$$s = \frac{p D}{2 n' R'} \quad (a)$$

in cui ben soventi per p suolsi prendere la sola pressione interna.

(*) V. CURIONI, *Resistenza dei materiali*, dispensa 1°.

Ove le pressioni interna ed esterna siano espresse in atmosfere, l'espressione (a) resta così modificata:

$$s = \frac{v A D}{2 n' R'}$$

in cui v è il numero di atmosfere corrispondenti alla pressione effettiva p ed A il numero di chilogrammi che danno la pressione di un'atmosfera su un metro quadrato, il qual numero si può assumere di 10,330 chilogrammi.

Assegnando ai tubi lo spessore che la teoria insegna, non si può essere abbastanza assicurati sulla buona loro riuscita, poichè non è sufficiente sapere che le cause immediatamente agenti non causeranno la rottura, od anche che l'azione permanente o ripetuta di queste forze non produrrà alterazioni che, progredendo col tempo, conducano al completo dissesto; sibbene è ancora da aversi riguardo, per quanto è possibile, alle cause di deperimento provenienti da azioni chimiche. L'umidità tende senza posa a distruggere i tubi di legno, la ruggine attacca i tubi di ghisa, gli acidi si combinano col piombo, e va dicendo. Determinare lo spessore dei tubi avendo riguardo a queste azioni di cui il fatto solo o le previsioni chimiche provano l'esistenza, e di cui la intensità non può essere nota per lo svariato intervento di cause sì intrinseche che estrinseche, non può essere problema risolto che dalla esperienza di tutto maestra. Quantunque con diligenza consultata a quest'uopo, a tubi che fecero mala prova sostituendo altri di altra materia, indagando con accurato esame le cause del cattivo successo, non poté finora dare risultati che possano escludere il vantaggio d'ogni ulteriore esperimento. Ad ogni modo, siccome è cosa essenzialissima avere una regola a seguirsi nelle diverse circostanze che si possono presentare, non v'ha altra via che determinare colle formole sopra riferite lo spessore del tubo; questo paragonare a quello che in pratica dà buoni risultati, ed aggiungere nell'espressione di s un termine costante s' variabile

da materia a materia, il quale esprima almeno approssimativamente quello spessore che in nessun altro modo si saprebbe determinare, ond'è che le formole diventano

$$s = \frac{p D}{2 n' R'} + s'$$

$$s = \frac{v A D}{2 n' R'} + s'$$

Il Morin, per le condotte d'acqua, fondandosi su quanto l'esperienza ha insegnato essere più conveniente, assegna ad s' i seguenti valori

Pei tubi di ferro	0,0030
» » di ghisa	0,0085
» » di rame laminato	0,0040
» » di piombo	0,0050
» » di zinco	0,0040
» » di legno	0,0270
» » di pietre naturali	0,0300
» » di » artefatte	0,0400

Quest'eccesso di spessore, mentre previene le dannose conseguenze da qualunque causa possano derivare, assicura la maggiore durabilità delle condotte ed il minor numero di guasti a cui saranno soggette, donde minore la spesa di riparazioni e di manutenzione, e minore perciò la quota di ammortizzazione.

Tubi per le condotte d'acqua.

Esaminando le materie che finora si sono impiegate per la costruzione dei tubi di condotta per l'acqua, non sarà difficile scorgere quali di queste abbiano maggior numero di requisiti necessari e quali siano i difetti che in ciascuna di esse prevale per una esclusione più o meno assoluta.

Accennerò fin d'ora che i tubi i quali servono alle condotte delle acque potabili, oltre al soddisfare alla condizione essenziale di opporre sufficiente resistenza alle cause, qualunque siano, che tendono a distruggerli, devono ancora presentare caratteri speciali per cui l'acqua che in essi transita non sia per diventare nociva all'economia animale; inoltre per le diramazioni negli edifizi devono esser tali da potersi piegare convenientemente alle esigenze dei muri che debbono percorrere od attraversare. Che, se ufficio dei tubi debba essere quello di esportare liquidi nocivi, la loro natura non deve da questi poter soffrire alterazione alcuna.

Tubi di legno.

Le condotte per la distribuzione dell'acqua nei diversi quartieri di Londra e di Parigi erano altra volta tutte in legno. La facilità con cui il legno posto in terra si putrefa, la difficoltà di trovare alberi sani e che presentino una resistenza uniforme, l'impossibilità di assoggettarli a pressioni maggiori di due atmosfere, per le fughe che si manifesterebbero su tutti i punti e le vegetazioni interne a cui danno luogo, fecero proscrivere l'uso dei tubi di legno per lunghe condotte, ed oggidì non vi ha più traccia di essi nè a Londra nè a Parigi. Ove però l'acqua non provi pressione maggiore dell'accennata e per condotte isolate, può tuttavia essere impiegato il tubo di legno. Nei paesi di montagna sono molte le condotte fatte con pino, le quali riescono della massima economia per il vantaggio che hassi colà di potersi provvedere di questa pianta conifera, la quale si presta ad essere facilmente forata.

Tubi di terra cotta, di cemento e di pietra naturale.

I tubi pei quali lo spessore dato dalla teoria può ritenersi sufficiente sono quelli in muratura; per essi nessuna causa particolare esiste di distruzione che con quelli di legno e di metallo abbia analogia. Se sono fatti con muratura di mattoni, per la porosità di questi, che si modifica con uno strato di cemento idraulico, è impossibile evitare fughe considerevoli quando la pressione interna superi di molto la pressione atmosferica, e per soprappiù, dovendo servire per acqua potabile, per le accennate porosità e fra i giunti si stabilisce nelle epoche di siccità una corrente che dall'interno va all'esterno con diminuzione nella portata, ed in epoche di abbondanti piogge l'acqua che circonda il condotto s'immischierà colla interna e reciprocamente, con grave incomodo degli utenti. Lo stesso fenomeno avrebbe luogo ove attiguo al condotto per l'acqua si trovassero filtrazioni di materie nocive all'economia animale, nel qual caso la condotta diverrebbe affatto inservibile.

Il condotto che porta l'acqua potabile da Torino al Parco è fatto in muratura di mattoni, ha sezione quadrata, ed oltre agli inconvenienti ora detti uno ne presenta il quale meglio d'ogni altro prova la poca convenienza nell'adottare questo sistema; voglio accennare all'inconveniente prodotto in esso dalle radici delle piante che possono avere stanza nelle vicinanze in cui è stabilito; le quali radici, così il Borio (1), colla loro prepotente forza organica di formazione valgono a penetrare fra dure rocce, in sode pareti, in terre compatte..... ond'è che dicesi aver le radici potenza di disgregare la terra soda, — Questa potenza a cui non può

(1) *Economia e stima*, pag. 19.

opporsi la forza di coesione delle malte e dei mattoni è cagione per cui, se una radice si fa strada attraverso ai giunti od ai pori dei mattoni formandosi in grosse masse nell'interno del condotto, questo in breve tempo rimane otturato e si manifestano perdite considerevoli nella portata per le inevitabili fughe. Questi fatti si sono più volte avverati nell'accennata diramazione da Torino al Parco.

Parlando dei condotti di struttura laterizia cade in acconcio accennare ai tubi da drenaggio destinati a ricevere per le commissure l'acqua che filtra dalle pareti del terreno in cui sono collocati, ed in virtù del pendio che è dato alla fogna, ove essi giacciono, portano l'acqua in tubi di maggior diametro, o collettori, i quali alla lor volta la smaltiscono fuori del fondo che con tal processo si fu proposto di risanare. I tubi fabbricati per drenaggio non richiedono certamente le cure che è indispensabile avere per quelli destinati a condotte d'acqua, e ciò facilmente emerge ove si consideri l'ufficio loro ed il modo con cui vogliono essere posati. Il piccolo spessore da essi richiesto, la facilità del processo della loro fabbricazione, permettono al fabbricante di metterli in commercio a L. 25 a 35 al migliaio per diametro fra 0^m,03 a 0^m,049.

Vengono dopo questi i tubi di terra cotta smaltata i quali, quando la loro resistenza nulla lasciasse a desiderare, sotto il punto di vista igienico presenterebbero preziosissime qualità. Quando l'arte ceramica sia giunta al grado di perfezione a cui era anticamente, è a sperarsi provvederà il commercio di tubi che, se non presenteranno quel grado di resistenza proprio del ferro e della ghisa, questi rimpiazzeranno nel più dei casi con notevoli vantaggi. Non essendo soggetti a notevoli variazioni di diametro per mutate temperature sarà facile provvedere al modo di loro unione; per la loro natura meglio d'ogni altra materia si acconciano sia per le acque potabili che per qualsiasi liquido nocivo. Mi riferisco, in ciò dire, ai tubi Doulton di cui la materia trattata in

grande rende possibile la sostituzione loro alle fogne in muratura di sì lunga esecuzione, soggette a guasti ed a continue e costose riparazioni. Opperman afferma risultarne grande l'economia quand'anche costoso l'impianto, ed interessare grandemente la salubrità e le finanze delle città. Parigi e le principali città di Francia già adottarono questi tubi, ed il parco dell'esposizione universale in cui le fogne erano fatte con tubi Doulton diede prova della buona loro riuscita, poichè pezzi di essi, che avevano servito allo scolo d'ogni sorta di liquido, non avevano, malgrado il difficile servizio, subito alterazione alcuna.

Nei dipartimenti della Meurthe e della Mosella esistono grandi tronchi di condotta costrutti dal signor Fleuret col processo ch'egli svolge nella sua opera sui cementi e sulla pietra artificiale. Questi tubi possono o costruirsi nel sito istesso in cui devono funzionare, oppure la loro costruzione può essere anticipata alla loro posa. Nel primo caso il metodo suggerito da Fleuret consiste, vuoi nel disporre un nucleo cilindrico, di diametro eguale a quello che deve avere la condotta, e rivestirlo tutt'attorno di cemento, vuoi nel preparare il fondo e le pareti laterali del condotto in cemento, ricoprirlo con lastre di pietra o tegole e nel deporvi sopra uno strato di cemento. Nel secondo caso i tubi sono fatti con apposito stampo e portano ad una delle loro estremità un intaglio sulla loro circonferenza esterna corrispondente ad analogo intaglio nella circonferenza interna del tubo con cui devono essere uniti, e l'uno all'altro è suggellato col cemento stesso con cui vennero costrutti. Il metodo esposto dal signor Fleuret fu applicato ultimamente a Milano lungo la via Romagnosi per una lunghezza di 150 metri circa per un canale di sezione ovoidale costruito con calcestruzzo di cemento idraulico, il cui impasto fu fatto con tre parti di ghiaia vagliata, di due di sabbia e di uno di cemento idraulico bergamasco della miglior qualità. Per la costruzione di questo condotto furono adottati due si-

stemi voluti dalla necessità di poter lavorare in trincea o di essere costretti a lavorare in galleria per lasciar libero il passaggio nella via soprastante. Potendosi lavorare in trincea si impiegarono centinature di legname della precisa forma del condotto, compreso di questo lo spessore, le quali servivano di guida nelle escavazioni. Compiuta la escavazione di un tratto di via, si preparava il fondo con uno strato di calcestruzzo coperto da granito; un modello pure in legname destinato a servire di *anima* si posava su questo e tutt'attorno si versava il calcestruzzo che si veniva di mano in mano battendo colla mazzaranga per comprimerlo fra l'anima e la terra fino a raggiungere lo spessore di 0^m,30. Si riempiva poi con terra la trincea, e trascorsi due o più giorni, dipendentemente dallo stato dell'atmosfera, si estraeva il modello, il quale perciò era disposto in modo da potersi, mediante cunei, far abbassare la sua parte superiore, per proseguire la stessa operazione pel tratto successivo della via. Il sistema adottato per le parti in galleria fu il seguente: il condotto veniva costruito nel cantiere dell'impresa con cunei di cemento idraulico, e lo scavo era sostenuto mediante una armatura formata da tavole disposte secondo la curva dell'estradosso e portata da un martinetto. Gli operai procedevano protetti dalla suddetta armatura al collocamento dei cunei ed al loro collegamento con cemento, avanzando per anelli della lunghezza di 0^m,80.

In quanto alla resistenza del calcestruzzo di cemento impiegato, il risultato di 27 esperienze eseguite in agosto dello scorso anno 1868 fu di potersi assumere di 104 chilogrammi per centimetro quadrato, e quindi considerevolmente maggiore di quella degli ordinarii mattoni di qualità forte che si suol ritenere di 70 chilogrammi per centimetro quadrato.

Fra i due sistemi proposti dal Fleuret, relativi al modo e al tempo della fabbricazione, pare senz'altro doversi dare la preferenza a quello che suggerisce di fabbricarli sul sito in cui devono essere impiegati, conciossiachè è sempre cosa

utile e senza dubbio di molto vantaggio l'evitare le connessioni, le quali, per quanto accuratamente sieno fatte, non possono presentare la resistenza che presenta la parte di tubo non interrotta; ma per effetto del costringimento proveniente dall'essiccazione del materiale impiegato, non essendo prudente cosa l'accelerare di troppo la costruzione, che anzi essendo uso nel passare da tronco a tronco di 10 metri ciascuno, concedere al tronco costruito quel tempo che reputasi necessario perchè nessuna fenditura, per l'accennata causa, possa aver luogo, si va incontro ad inconvenienti, fra cui grave è quello di dover per più giorni lasciare aperti gli scavi nelle vie per fare le giunzioni, e più ancora alla difficoltà d'innestare sui tubi in opera le diramazioni minori.

Allorchè si trattò di condurre le acque dell'Ivette a Parigi il signor Molard aveva proposto di costrurre dei tubi in pietra forata di 4 metri di lunghezza e di 0^m,08 di diametro. Proponeva egli di eseguire il foro dal basso all'alto per mezzo dell'ago da minatore; in tal guisa la parte che si staccava cadeva per proprio peso; ed ove si credesse più conveniente eseguire il foro dall'alto al basso, per togliere i detriti formati dalla barra da mina aveva immaginato di far discendere al fondo della parte già forata un vaso portato da tre piedi ed in cui, per mezzo di un foro praticato nel suo mezzo, per dar passaggio ad un tubo soffiante, cadeva la pietra in polvere ed in piccoli frammenti. Nulla constandomi sulla natura della pietra adoperata e sulla convenienza dei tubi in tal modo lavorati, che quanto ho qui voluto riferire, mi passo di questi, per dire più a lungo dei tubi di serpentino che al dì d'oggi si consigliano cotanto per le condotte sia d'acqua potabile, sia di liquidi contenenti sostanze acide od altre, di cui la composizione nuocia ai tubi di cemento o d'altra materia.

Sulle rive del lago d'Orta si è da pochi anni utilizzata la cava d'Oira in serpentino per la fabbricazione di tubi. Le

moltissime fenditure da cui trovasi intersecata la roccia non permette l'estrazione di massi di considerevole volume, ond'è che le massime dimensioni dei tubi di questa pietra sono di 0^m,28 di diametro e poco più di 1^m di lunghezza. I parallelepipedi che si estraggono dalla cava sono perforati da una macchina, di cui l'organo principale è un cilindro in ghisa portante ad un estremo punte d'acciaio; questo cilindro messo in moto da una turbine, gira ed il blocco posato su un piano inclinato vien fatto premere ed avanzare contro di esso. Altra volta il cilindro di ghisa è verticale ed il blocco girando discende rimanendo perforato ed infilzato in esso. Ne risulta un primo tubo greggio alla superficie esterna e liscio e cilindrico internamente. La parte di blocco che si ricava da questa prima operazione è cilindrica e liscia onde può essere assoggettata a somministrare altri tubi di diametro sempre decrescente, il cui numero dipende evidentemente dalla grossezza del blocco primitivo. Come già dissi, il massimo diametro che si possa ricavare è di 0^m,28 liscio internamente e di variabile spessore e gretoso alla parte esterna; altri tubi di diametro minore possono o non presentare liscia la superficie esterna ad eccezione di quelli il cui diametro è di 0^m,05 o meno, che esclusivamente sono lavorati sì internamente che esternamente. Non v'ha dubbio che quelli greggi, qualunque sia il loro diametro, presentano maggior resistenza dei lisci essendo lo spessore di questi, per tutti i diametri, di 0^m,015 a 0^m,020, mentre per quelli sarà questo limite il minimo che forse si potrà assegnare solo per alcuni punti del tubo: egli è perciò che ove il loro collocamento non renda necessarie costose demolizioni ed ove non si debba curare l'apparenza, saranno preferibili. La lunghezza di questi tubi varia; puossi però in media ritenere, come garantisce il fabbricante, che il numero delle connessioni non è mai per sorpassare il doppio della lunghezza espressa in metri, meno uno. Le congiunzioni si fanno a mezza-grossezza, per cui ogni tubo porta

ad una estremità un intaglio sulla sua circonferenza esterna ed all'altro un simile intaglio internamente, come già accennai pei tubi di cemento; un po' di cemento o qualunque altro mastice efficace compie la saldatura dei due pezzi.

Il serpentino è sempre assai tenero, si può tagliare, segare e tornirlo con facilità, il suo peso specifico varia da 2,5 a 2,6; esposto al fuoco, anche violento, non si decompone; gli acidi i più energici, come il solforico ed il cloridrico, non hanno su esso azione scomponente, e l'acqua anche bollente non ha su di esso azione disgregante; le variazioni repentine e replicate di temperatura a cui si provò assoggettarlo, facendolo passare da 2° a 100°, non diedero luogo nè a screpolature nè a sfogliamenti.

Per la loro composizione, i tubi di serpentino sono molto adatti per condotte d'acque calde o solforose, nè queste, pel contatto di essi, possono soffrire alterazioni che le rendano nocive o ne modificchino le proprietà curative. Importante applicazione di questi tubi è la loro sostituzione a quelli di terra cotta nelle canne dei cessi: i quali per la loro natura e per la poca resistenza che presentano alle cause di distruzione, richiedono bene spesso noiose riparazioni, e quel che è più, danno luogo, per infiltrazione, ad imbrattamento dei muri con danno nella loro stabilità.

I tubi di serpentino, quando si sia sicuri che in essi non esistono fughe, eliminano tutti gli inconvenienti di quelli finora adoperati, e devono perciò per tale ufficio essere tenuti in molto pregio dai costruttori. Il loro uso va estendendosi anche per le condotte d'acqua; a Pallanza il condotto che porta acqua potabile al Penitenziario è fatto di questi tubi.

Si lamenta però in essi l'inconveniente di dar luogo a troppo frequenti unioni, inevitabili per la ragione sopra riferita, ond'è che la solidità del condotto sarà in ragione della bontà delle saldature e della mancanza totale di difetti della pietra, che cagionarono alcuna volta la rottura

di tubi soggetti a pochissima pressione. Questi difetti provenienti da fessure nascoste o da altra qualsiasi cagione possono essere eliminati assoggettando i tubi ad una diligente e coscienziosa prova prima del loro impiego.

La resistenza meccanica allo schiacciamento può ritenersi di 30 chilogrammi per centimetro quadrato, risultato comprovato da esperienze appositamente stabilite su un tubo di cui lo spessore della parete era di 0^m,015 e il diametro interno di 0^m,09.

Quanto all'economia di questi tubi relativamente a quelli di ghisa può ritenersi essere del 50 %, chè il loro costo per diametri da 0^m,035 a 0^m,28 varia da L. 2,75 a 15,40 per metro lineare; onde per pressioni leggiere non è il caso di non voler approfittare del beneficio pecuniario da essi offerto.

All'esposizione dei prodotti dell'industria nazionale tenutasi in Torino furono presentati, come riferisce il professore Curioni, relatore: « tre modelli di tubi in pietra
« della fabbrica d'Arco nel Trentino per condotte d'acque,
« per cessi e simili. Questi tubi sono ben lavorati e costituiscono un prodotto utile nell'arte edificatoria quando
« sia possibile averli con diversi diametri e con diversi spessori. La fabbrica d'Arco mette in commercio dei tubi del
« diametro da 4 a 16 centimetri al prezzo di 3 a 12 lire
« cadun metro lineare. La stessa fabbrica è pure in grado
« di somministrare tubi di maggior diametro. »

Tubi di piombo.

Anticamente si fecero tubi di piombo di grande diametro; la poca tenacità di questo metallo, che obbliga a dare alle pareti dei tubi grossezze enormi, affinchè non si deformino pel proprio peso, ed affinchè possano reggere alle pressioni, e l'elevato prezzo di esso, furono le cagioni per cui oggidì non si adoprano con diametri eccedenti i 0^m,10. Alla con-

dizione di potersi i tubi adattare alle esigenze di risentite risvolte succedentisi talvolta ad intervalli di poca lunghezza nei muri degli edifizi, i tubi di piombo soddisfano meglio che qualsiasi altra materia. Altra volta venivano fabbricati per stiramento sopra un calibro di ferro fra cilindri scanne-
nellati. Colando il piombo in forme di ghisa nell'asse delle quali si trovava un calibro di ferro del diametro che si voleva internamente assegnare, si otteneva un cilindro di piombo di grosse pareti e dell'altezza di 0^m,6 a 0^m,7, le quali venivano assottigliate passando frammezzo a cilindri stiratori analoghi a quelli che servono per lo stiramento delle barre di ferro. Importante perfezionamento nella fabbricazione di questi tubi si è introdotto da pochi anni. Trattando il piombo come l'argilla per la confezione dei tubi da drenaggio, si fa sortire, fortemente premuto per mezzo d'uno strettoio idraulico, da una filiera circolare nella quale è impegnata un'anima che forma il nucleo del tubo; per facilitare quest'operazione si scalda leggermente il recipiente che contiene il piombo. Lo spessore dei tubi è in tal modo uniforme ed il tubo perfettamente cilindrico. La lunghezza loro varia col loro diametro, poichè essi contengono in piombo la quantità che trovavasi nel recipiente. Le unioni, ove occorrono, si fanno per incastratura senza lasciare parte vuota fra le due estremità che si compenetrano, ed avvolgendoli di saldatura ad oggetto di evitare le fughe.

I tubi di piombo, per quanto il nuovo metodo di fabbricazione diminuisca il loro costo, non si adoperano che per le diramazioni negli edifizi per la ragione di cui sopra ho detto; inoltre per essere il metallo sprovvisto di elasticità non potrebbe adattarsi a sopportare colpi d'ariete di qualche entità. Dirò ancora a questo riguardo che, per il fatto per cui è esteso il loro uso nelle condotte d'acqua potabile per gli edifizi, non è a dirsi saluberrimo. L'acqua porta disciolto ossigeno ed acido carbonico, e quello e questo

intaccando il piombo danno origine a composti che, come tutti i sali di piombo, non possono essere innocui all'economia animale.

Quando si trattò di somministrare acqua potabile alla città di Torino, un industriale francese, per interesse proprio e pel benessere dei cittadini, venne a stabilire costà la sua industria, per cui venivano somministrati i tubi di piombo stagnati internamente; lo smercio dei suoi tubi non corrispondendo forse alla sua aspettativa, per la differenza in più nel costo, alquanto sensibile, fra i tubi stagnati ed i non stagnati, in breve tempo abbandonò Torino, lasciando che quivi si impiegassero assolutamente tubi non stagnati. La quantità minima dei composti deleterii formantesi in questi tubi, sensibile nel caso in cui per lungo tempo l'acqua vi sia stazionariamente racchiusa, insensibilissima e, quasi direi, nulla quando entro vi scorre effluendo senza interruzione, è il motivo per cui non è proscritto il tubo di piombo non stagnato, almeno finchè il costo di quelli stagnati possa decidere gli utenti ad essere scrupolosissimi difensori contro ogni minimo incomodo da quelli proveniente. Buona pratica per gli utenti dell'acqua potabile percorrente tubi di piombo non stagnati, è quella di non usufruire per uso interno quella quantità d'acqua che puossi giudicare essere da lungo tempo stazionaria, preparando quel composto nemico della vita.

Tubi di cartone bitumato.

In Alemagna ed in Inghilterra, e più tardi anche in Francia, in breve tempo nacque e prese voga la fabbricazione di tubi di cartone imbevuto di bitume. Tralasciando del grande servizio che può prestare il cartone bitumato per rivestimento e copertura di edifizii, dirò quanto è a mia conoscenza relativamente ai tubi per condotta, i quali,

quando siano di buona costruzione, hanno qualità incontestabili; posati d'ordinario sotto terra, in sostituzione dei tubi di ghisa o di lamiera, hanno su questi numerosi vantaggi senza essere soggetti agli inconvenienti a cui non possono sottrarsi i cartoni adoperati per le coperture, non essendo, per le condizioni stesse del loro uso, esposti a dannose siccità e intensi calori. La loro solidità e la loro forma è dovuta al modo con cui sono costruiti e colati, ed un perfezionato processo permette di farli densi, compatti e resistenti; se ne fabbricano di quelli capaci di resistere alla pressione di 15 atmosfere. Paragonati ai tubi di ghisa, oltre al presentare un peso quattro volte minore, presentano una economia del 35 %/o. L'officina costruita a Bow in Inghilterra, ne mette in commercio quantità considerevoli per sostituzione a quelli di ghisa e di piombo per le condotte dell'acqua e del gaz, e tutte le società filotecniche di Londra ne raccomandano l'uso. Inattaccabili dalle acque contenenti acido solforico libero o solfato di rame in dissoluzione, ed inossidabili, sembrano questi tubi chiamati a rendere grandi servizi per le miniere alla costruzione dei tubi delle pompe e per la ventilazione.

Tubi di vetro.

I tubi di vetro non riceverono finora applicazione in scala un po' grande perchè all'estrema loro fragilità riuniscono altri difetti, quali le difficoltà di costruirli con diametri grandi, di renderli resistenti, di riunirli e forarli all'uopo. L'arte della fabbricazione dei vetri, nei suoi meravigliosi progressi, non ha ancora potuto risolvere il difficilissimo problema di provvedere le industrie di tubi che possano soddisfare alle esigenze generali dei tubi di condotta per l'acqua, e mentre grande ne ridonderebbe il beneficio per alcune industrie, è indubitato che messi in opera negli stabilimenti idraulici, permettendo, per la loro trasparenza,

l'esame attento e pratico dei fenomeni che in essi succedono, assicurerebbero un grande progresso nella scienza idraulica.

Tubi di zinco e di rame.

L'uso dei tubi di zinco per le condotte d'acqua fu sempre limitatissimo. Altra volta servirono per le condotte d'acque solforose, a cui presentemente a meraviglia si adatterebbero i tubi di serpentino per le qualità sopra accennate. Quanto ai tubi di rame, tacendomi della loro applicazione per le caldaie delle locomotive, dirò essersi impiegati nei termo-sifoni inverniciandoli esternamente, poichè colla superficie metallica il potere riscaldante vien scemato di metà. La loro efficacia è pressochè eguale a quella del ferro fuso; li fece preferire la possibilità di adoperarli a lamine ben sottili e la facilità di poterli lavorare, racconciare e rivendere con poca perdita quando fossero guasti.

Il rame e lo zinco hanno prezzi troppo elevati perchè la costruzione di tubi possa prendere una certa importanza; il rame è bensì usato per le piccole diramazioni interne, ma dovendo essere stagnato affinchè non comunichi principii troppo nocivi all'acqua, e dovendo essere piegato e saldato in lungo, e non essendo flessibile, viene sostituito dai tubi di piombo con molto profitto nella solidità e nel prezzo.

Tubi di ghisa.

Per quanto i tubi di cui ho tenuto fin qui parola possono prestare grandi servizi per condotte di importanza secondaria o per tratti di condotta da cui sono richiesti, non ebbero finora applicazioni su grande scala quali ebbero i tubi di ghisa. Non è gran tempo nelle fonderie di

ghisa i tubi venivano gittati in stampi orizzontalmente od obliquamente posti; la materia fluida spostando il nucleo e sollevandolo faceva sì che lo spessore del tubo riuscisse minore da una parte che dall'altra e fosse soggetto ad essere ovale piuttostochè rotondo; inoltre le bolle d'aria e le scorie elevandosi alla parte superiore formavano delle fessure che molto nuocevano alla bontà loro. Nessuna meraviglia quindi se alla prova a cui erano assoggettati pochi erano quelli che potevano soddisfare alle condizioni che il loro uso esigeva. L'amministrazione del servizio delle acque in Parigi per migliorare la fabbricazione dei tubi di ghisa esigeva, non ha guari, che fossero colati verticalmente; con questa prescrizione fu concesso di diminuire il loro spessore sulla sicurezza di averlo più uniforme.

I tubi di ghisa hanno in loro favore una esperienza secolare; tutti i fonditori sanno fabbricarli, tutti i piombai possono posarli, unirli, forarli e ripararli; i loro frammenti, quando si scartino dal servizio, hanno valor venale non ispregievole. Il diametro loro varia a seconda dello stampo, il loro spessore può rendersi tale da sopportare la pressione a cui devono essere soggetti; la lunghezza loro al dì d'oggi oscilla fra 2^m e 2^m,70 ordinariamente, nell'intento di diminuire il numero delle connessioni, le quali, oltre al grave inconveniente che già rimarcai per tutti gli altri tubi, hanno influenza grande sulla spesa, conciossiachè uno dei primi elementi della spesa pei tubi di ghisa risulta appunto dal modo di loro unione.

Benchè la ghisa non si ossidi facilmente, è certo però ch'essa è attaccata all'interno dai depositi salini che vi si formano e più fortemente all'esterno dalle acque che si infiltrano attraverso il suolo. Allorchè si tolgono antiche condotte si trova quasi sempre la parte esterna avviluppata d'uno strato di terra o di sabbia che vi si è agglutinata per opera dell'ossido di ferro formatosi, ond'è che anche per questi tubi bisogna contare su una perdita di spessore per

l'ossidazione della parete. Per rallentare l'effetto di questa ossidazione e della porosità di cui è dotata la ghisa, stimasi dai pratici assai ben fatto il coprire i tubi internamente ed esternamente di uno strato di catrame, il quale affinché riesca ben aderente alle pareti è mantenuto liquefatto in una caldaia entro cui viene ad immergersi il tubo di ghisa tenuto dapprima in un forno alla temperatura di 150° circa; la soluzione bituminosa penetra la parete del tubo per oltre un millimetro. Juncker nei tubi di condotta delle macchine a colonna d'acqua stabilite a Huelgout, per impedire la formazione dei depositi che sempre formano le acque, tendenti ad ostruire il tubo od almeno a diminuire di molto la portata, con uno strettoio idraulico li impregnava di un olio essiccativo.

Prima d'essere messi in commercio i tubi di ghisa si assoggettano ad esperimento mettendoli ad uno ad uno in comunicazione con una tromba ad acqua, o meglio con uno strettoio idraulico. Riempito il tubo d'acqua, questa vi si comprime finchè un manometro disposto convenientemente segni il prescritto numero di atmosfere. Si procura di mantenere per alcuni minuti la pressione costante, e si percuote leggermente il tubo tutt'attorno per riconoscere se vi siano difetti; quando il tubo non si sia spaccato o non siansi manifestati trapelamenti può essere accettato. Se il tubo si spacca, ancorchè ciò non succeda su tutta la sua lunghezza, non è prudente consiglio accettare la porzione ancor incolume senza sottoporla ad una nuova prova. Se i trapelamenti sono di poca entità vi si rimedia od allargando un po' il foro e piantandovi dentro un chiodo che si ribadisce, oppure, e ciò è meglio, tagliando la parte difettosa, chè i pezzi rimanenti serviranno sempre purchè abbiano una lunghezza di $0^m,50$ almeno. In questo esperimento tutti concordano nel doversi rifiutare:

1° I tubi di cui lo spessore invece d'essere uniforme si constata di $0^m,002$ minore da una parte che dall'altra;

2° Quelli di cui il contorno sì interno che esterno invece d'essere circolare è ellittico con un diametro maggiore dell'altro di 0^m,003;

3° Quelli in cui si riconosce la presenza di screpolature tendenti a diminuire la resistenza alla rottura e che si constatata facilmente battendoli con un martello;

4° Quelli che sottomessi ad una pressione di 100^m di altezza d'acqua manifestano sul loro contorno tracce di umidità. E qui dirò come la presenza di un sottil velo di umidore potrebbe essere originata dalla differenza di temperatura fra l'aria esterna e l'acqua con cui si sperimenta la bontà del tubo, ed i fabbricanti ben sanno, nel loro interesse, doversi far uso di acqua avente l'esterna temperatura.

La prova della resistenza e bontà dei tubi, fatta generalmente alla fonderia per evitare le spese di trasporto dei pezzi difettosi, deve ripetersi prima di collocarli in opera, poichè molte volte gli urti e i colpi a cui i tubi vanno soggetti durante il viaggio fanno comparire dei difetti che nella prima esperienza non si erano manifestati.

Ho detto doversi ricorrere all'acqua e non all'aria perchè l'operazione è più spedita e meno pericolosa; l'aria infatti essendo eminentemente elastica, se un tubo si rompe ne proietta i frantumi a grande distanza e con molta veemenza, mentre coll'acqua appena si apre un meato, ogni sua elasticità cessa coll'istante diminuire della pressione. Il numero di atmosfere di pressione a cui devono reggere i tubi alla prova è generalmente doppio di quello a cui devono sottostare normalmente quando siano in opera.

Sulla qualità della ghisa da impiegarsi per la confezione dei tubi di condotta, mi sia concesso di rimandare i miei lettori a quanto dice il Sobrero nel suo *Manuale di chimica applicata*, mio scopo essendo specialmente di considerare quelli prima del loro impiego e quando già furono gettati.

Tubi di lamiera, sistema Chameroy.

Per quanto fosse nota nella lamiera una resistenza alla tensione molto maggiore di quella che può presentare la ghisa, non furono di grande uso i tubi di lamiera, poichè per ottenerli solidi e durevoli si esigevano cure che di molto ne accrescevano il prezzo relativamente ai tubi di ghisa. Nelle industrie per cui era necessario avere recipienti di grandissima resistenza si usava formarli con lastre di ferro riunite assieme con chiodi ribaditi; lo stesso sistema si tenne per costruire alcuni tubi per condotte d'acqua, ed esempio non lontano del loro impiego bene appropriato abbiamo nella condotta fatta a Bardonecchia per portar l'acqua del canale alle grandiose macchine immaginate per accelerare il gigantesco lavoro del traforo delle Alpi; la condotta essendo breve, ed i tubi essendo esposti a scosse provenienti dal chiudersi delle valvole, non potevansi, senza pericolo di frequenti rotture, impiegare tubi di ghisa, e fu buon consiglio formarli con lamine di ferro di considerevole spessore, diligentemente lavorate e guarentite contro l'ossidazione da una spalmatura di minio ed olio seccativo replicata a seconda del bisogno.

Da pochi anni soltanto il signor Chameroy di Parigi trovò il modo di difendere i tubi di lamiera dall'ossidazione pronta a cui sono soggetti pel contatto delle acque e delle terre, e di provvedere al modo di effettuare le loro unioni. Col processo del signor Chameroy, la lamiera viene inverniciata ed in seguito ribadita e saldata; sulla superficie interna si distende uno strato di vernice composta di bitume e di cera, e la superficie esterna viene avviluppata di uno strato di bitume analogo a quello che si adopera nel fare i marciapiedi, dello spessore da 1 a 2 centimetri, a seconda del diametro dei tubi, il quale poi mediante cordicina av-

volta ad elica sul tubo è tenuto ad esso aderente. Questo bitume, destinato principalmente a preservare il ferro dall'ossidazione, impedisce le deformazioni dei tubi nelle diverse manovre da eseguirsi per la loro posa, e quando sono a sito resiste alla pressione delle terre dando al tubo quella rigidità di cui altrimenti sarebbe sprovvisto. D'ordinario il tubo avendo circa quattro metri di lunghezza si compone di tre fogli di lastra, onde vi sono delle file di chiodi longitudinali ed altre trasversali. Un'estremità del tubo è maschia e l'altra è femmina per potersi riunire ad imbuto. Queste parti sono di una composizione metallica dolce, facilmente fusibile e venute di getto, in maniera da poter fare dei giunti precisi. La vernice interna applicata con mezzi speciali, è dura ed inalterabile all'acqua, ma assai fragile e facile a scrostarsi. La prova di questi tubi si fa col processo che ho detto seguirsi per quelli di ghisa, prima di verniciarli internamente e di coprirla esternamente di asfalto.

Sulla bontà di questi tubi le opinioni sono assai divise; il successo che con essi si è ottenuto, per quanto si può decidere dal breve tempo che sono in uso, insegnò doversi procedere con somma cura sia nella scelta, che nella posa e nel modo di forarli per diramazioni. A Torino la condotta d'acqua potabile è fatta di questi tubi, le lusinghiere prospettive che venivano d'oltr'Alpe, e le dichiarazioni rilasciate al signor Chameroy da persone autorevoli avevano deciso l'amministrazione ad accettare assolutamente questi tubi per l'intera condotta. Dire che questa scelta non diede luogo a scontenti nei primi giorni in cui fu data al pubblico la saluberrima acqua del Sangone, sarebbe voler travisare fatti troppo recenti: l'acqua che dilavava in alcuni punti le vie della città accennava a spaccatura avvenuta nella condotta, ed incuteva timore (*). L'insuccesso però non

(*) Ai tubi di lamiera rotti si sostituirono tubi di ghisa.

fu quale altri si sarebbe creduto ; queste rotture non totalmente alla qualità dei tubi, ma ad altre cagioni si dovettero attribuire; l'osservazione fatta che le fughe là avevan luogo ove si era innestato un tubo per le diramazioni, indusse a credere che ivi il tubo si fosse scrostato. E lo era realmente, onde libero campo all'ossidazione che, incominciata in punto, la vernice e la stagnatura non arresta nel rapido suo procedere.

L'avidità di grossi benefizii fa trascurare sovente dagli impresarii quelle cautele che sono indispensabili per ottenere buoni risultati, e così si riscontrano tubi, che eccellenti nell'officina, divennero inservibili pegli urti e le scosse ricevuti nel loro trasporto sui cantieri; altra volta sono lasciati al sole ardente che fa rammollire l'asfalto esterno e la vernice interna, e sovente per mancanza d'operai coscienziosi e capaci sono collocati in opera da gente mal pratica a furia di grandi colpi di mazza.

L'innestare quindi le piccole diramazioni di piombo destinate pei consumatori, pregiudica assai alla conservazione dei tubi, pel martellamento che fa scrostare la vernice interna. Il fare queste prese all'officina, prima ancora di dare la vernice interna, se aumenta il prezzo dei tubi, assicura d'altra parte un largo compenso nella sensibile differenza fra il costo di una presa fatta all'officina, e di una fatta sui tubi in opera, e nella maggior durata della condotta. Forando la lastra col trapano, ed innestandovi un tubo di piombo del diametro interno di 2 centimetri, e della lunghezza di 10 a 12 centimetri coll'estremità fuori del tubo diligentemente chiusa con buona saldatura, e, per soddisfare a tutte le esigenze, facendo prese di 4 centimetri sopra i tubi che dovranno collocarsi negli incrocicchi delle vie, innanzi a stabilimenti od edifizii pubblici, ed in ogni altro sito in cui sia necessaria una grossa diramazione per bocche da incendio, per getti e simili, ed inverniciandoli così forati, si ovvia ai gravi inconvenienti che presentano

le prese sui tubi in opera. Che se per qualsiasi cagione si dovesse praticare una presa in sito non previsto, o in condotte non provviste di esse, si potrà seguire il metodo adottato a Torino. Con un trapano si pratici sul tubo un foro del diametro preciso della presa che si vuol fare, si passi la lima per togliere tutte le sbavature, e si rivesta con saldatura tutt'attorno l'orlo del foro; quindi allargato un poco a forma di imbuto il tubo di piombo ad una estremità, questo si applichi sul foro e si faccia una buona saldatura con resina per unirlo al tubo di ferro. Con questo metodo si evita di fare il foro troppo grande a danno della resistenza del tubo, non si ricorre al martello a danno della vernice interna, e si ottiene il più essenziale vantaggio, quello di impedire l'ossidazione della lastra.

La via della Rocca in Torino attesta quanto sia necessario prodigare a questi tubi ogni possibile cura e prima di posarli e nel posarli; in essa i tubi furono messi come ad esperimento con tutte le precauzioni che la scienza ed un disinteressato ufficio prescrive, ed il buon successo che fino ad oggi si è ottenuto in vista della pressione che quivi sopportano maggiore che in altri punti della città, ha potuto convincere gli uomini dell'arte, i quali con zelo vi si dedicarono, che le rotture che si sono altrove manifestate sui primordii furono cagionate piuttosto da imperizia e da poca cura nel farvi tutte le operazioni indispensabili allo stabilimento di una condotta d'acqua, che per mancanze nella lamiera delle qualità a tal uopo richiedentisi.

Nella condotta stabilitasi l'anno scorso per provvedere Rivali d'acqua potabile si adottarono i tubi Chameroy, e non mancheranno certamente di fare buona riuscita, essendosi quivi avute le precauzioni dettate dall'esperienza per la vicina Torino, e non essendo essi soggetti a pressioni troppo grandi.

Non io certamente dirò in modo assoluto della bontà dei tubi Chameroy, l'esperienza deciderà col tempo sulla

convenienza loro, a me basti l'averli annoverati fra i varii sistemi di tubi di condotta.

Un cenno ancora sul modo di posare i tubi e sulla convenienza d'adoptare piuttosto l'una che l'altra delle diverse materie di cui ho detto potersi essi costruire. Doversi preparare un buon letto di posa su cui possano stabilmente avere i tubi la loro sede è la cagione per cui i costruttori sono d'accordo nell'ammettere essere fra certi limiti conveniente, nelle condotte esterne alle città, procurare che la condotta percorra preferibilmente una strada, trascurando la maggiore spesa a cui si va incontro nel darle maggiore sviluppo per poter quella raggiungere. Quivi è appunto ove il terreno è predisposto, perchè battuto, a dare più sicura sede ai tubi, ed è inoltre evidente risultarne più facile la manutenzione, schivandosi le espropriazioni e le corrispondenti indennità. Prudente consiglio è pur quello di far riposare i tubi sopra una piccola platea fatta o con mattoni o con pietre, conciossiachè una delle cause le più frequenti e forse la più potente della rottura delle condotte è il cedimento del suolo prodotto quasi sempre dalle fughe che hanno luogo fra i giunti; allorchè il suolo si abbassa non può la condotta seguirne il movimento in modo abbastanza completo; in alcuni tratti resterà il tubo appoggiato solo in pochi punti, e premuto dal carico della terra che sopra gli sta non resisterà a lungo, chè il passaggio, ad esempio, d'un pesante carico ne cagionerà la rottura. In alcune città, a prevenire gli effetti dell'avvallamento del suolo ed insieme dell'ossidazione, si sono posati i tubi in cunicoli ed acquedotti facendoli portare da apposite mensole; questo sistema, ove sia conciliabile colla grande spesa che importerebbe, è a consigliarsi, poichè scopo di esso è di facilitare l'ispezione dei tubi e la loro riparazione, scansando di praticare costosi sterri ed ingombri continui nelle vie in cui dovrebbero effettuarsi. I tubi però collocati negli acquedotti sono più sog-

getti agli effetti dei cambiamenti di temperatura, i quali possono arrecare grave nocimento massime se l'acqua non è di sorgente ma di rivo che geli e trasporti ghiacci come il Rodano a Lione. Quando i tubi devono collocarsi entro terra l'esperienza dimostrò essere convenientissima la profondità di un metro, essendo a questa quasi costante la temperatura, per cui sono impediti i geli nei rigidi inverni e le nocive dilatazioni sotto l'influenza dei cocenti raggi del sole estivo. Una tale profondità serve anche a preservare i tubi da scuotimenti e pressioni sensibili provenienti dal passaggio di pesanti carichi. L'eccedere la profondità di due metri, oltrechè è cosa dispendiosa molto, può far incorrere nel pericolo di eliminare i segni che sogliono indicare il luogo in cui sonvi fughe, voglio dire l'umidità che si manifesta alla superficie del suolo, la quale difficilmente vi potrebbe giungere ed affatto non manifestarsi in quei terreni che per la loro natura permeabile portassero l'acqua in siti che da quella potessero soffrirne il grave danno che le acque arrecano sempre ove non sono nel loro corso scrupolosamente custodite.

A Torino i tubi sono interrati, e le acque potabili che in essi hanno corso regolarissimo nel loro lungo percorso di 21 chilometri, non essendo mai esposte all'aria esterna arrivano in città poco presso alla temperatura di + 10° Réaumur che hanno alla loro origine; di qui l'immenso vantaggio che anche nei piccoli tubi di piombo delle diramazioni l'acqua non gela purchè, aperti i rubinetti estremi, sia lasciato all'acqua un piccolo movimento.

Decidere finalmente sulla scelta dei tubi da impiegarsi non è cosa che spetti alla scienza; agli amministratori della cosa pubblica incombe il dovere di paragonare la bontà dei tubi coi mezzi economici che stanno a loro disposizione. Riconoscere ad una categoria di tubi i migliori pregi è pur facile cosa quando si confrontino i risultati ottenuti dall'esperienza, ma adottarli non è sempre cosa possibile ed

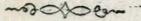
a prima giunta economica. È indubitato che i tubi Chameroy danno su quelli di ghisa un'economia del 35 %; ma quest'economia è essa distrutta dalla minore durata, dalla spesa maggiore di manutenzione e simili? perchè si riconosce ai tubi di piombo stagnati eccellentissime qualità e pur non si adottano? L'economia pecuniaria, a cui tutto s'informa, ha grande parte nei lenti progressi che si sono fatti pei tubi di condotta; nessuna amministrazione vuole essere la prima ad adottare un sistema non prima bene sperimentato, o se pure il fa, si limita a un piccolo tratto insufficiente nel più dei casi a darne norme precise sui pregi e difetti che può presentare una applicazione in grande dello stesso sistema; la buona riuscita d'altronde non sarà proclamata che dopo alcuni anni almeno dal suo primo impiego, per cui, chi ha capitali disponibili difficilmente tenta una prova che, certamente, non è per compensarlo, se pur non lo rovini, che dopo un tempo che le speculazioni dei privati non possono concedere. D'altra parte qual'è quella amministrazione che azzardi i suoi capitali ad una prova su grande scala all'unico intento di promuovere le industrie? I quesiti sono della massima importanza; a me non spetta studiarne la soluzione, e conchiuderò dicendo che a soddisfare ai bisogni dei popoli, i quali non hanno limite, ogni scienza ed ogni arte deve progredire, e che dal rapido progresso loro attende soluzione ogni problema di cui lo scopo sia di ottenere il miglior effetto colla minima spesa.

VINCENZO ROGNA.

TESI LIBERE

Costruzioni civili, idrauliche e stradali.

Resistenza viva dei tubi; teoria del generale Menabrea.



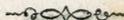
Meccanica applicata ed idraulica pratica.

Convieni, nelle condotte d'acqua, a tubi di diametri variati, sostituire un tubo di diametro unico.



Macchine a vapore e ferrovie.

L'equazione del movimento d'un gas entro un lungo tubo, nei casi di pressioni molto considerevoli, è insufficiente.



Geometria pratica.

Formola di Simpson per la misura delle superficie del terreno.

