

lavoro e quella di galleggiamento, chiudendosi contemporaneamente la valvola d'uscita di quest'ultima camera verso l'esterno, e togliendosi nel contempo il sovraccarico di ghisa. L'acqua penetrava nella camera di lavoro per la mancanza quivi dell'aria compressa, sfuggita da questa nella camera superiore, ed il sopraggiungere dell'alta marea permetteva al cassone di elevarsi, e di potere quindi essere rimosso, essendosi in precedenza chiuse le valvole di fondo della camera d'equilibrio, per farla funzionare da galleggiante.

Nei cassoni lavoravano, con turno di 6 ore, due squadre, ciascuna di n.º 25 operai con caposquadra ed assistente.—Per ogni giornata di lavoro si scavarono in media m.c. 29,667 di roccia pel molo nord, e m. c. 18,563 pel molo sud: si eseguirono similmente m.c. 41,432 di muratura al giorno pel molo nord, e m.c. 36,838 per quello sud. Si costruirono in tutto n.º 20 blocchi di fondazione, di cui n.º 15 pel solo molo sud.—Il volume medio della roccia scavata per ciascuna fondazione fu di m.c. 205: quello della muratura, di m.c. 777.

Il prezzo delle murature eseguite, dal piano variabile di fondazione (m. $0,71 \div 5,35$ sotto lo zero delle carte marine) a m. 1,50 sul livello delle basse maree, cioè in parte all'aria compressa ed in parte all'aria libera, fu di L. 70,49 a m.c., escluso però il costo per la fornitura del cemento Portland, che fu appaltata a parte.

Con simili sistemi di cassoni si è proceduto nel 1888 all'esecuzione dei due bacini di carenaggio pel porto di Genova, dalla medesima Ditta Zschokke e Terrier. È stata però quivi apportata un'importante innovazione, col sopprimere cioè il sovraccarico mobile di ghisa, e munire l'apparecchio di n.º 6 recipienti contenenti acqua, detti *pozzi regolatori*; nei quali potendosi variare, a seconda il bisogno, la quantità d'acqua, si poteva di conseguenza alzare od abbassare il cassone a piacimento, senza ricorrere ai verrini (*).

4.º — Cassoni per gallerie subacquee.

Un'altra importante applicazione del processo pneumatico è quella della costruzione di sifoni o gallerie subacquee, allorchè i terreni da perforare sono permeabili, per cui le infiltrazioni od invasioni d'acqua non si possono altrimenti combattere. Per avere un'idea del processo che si tiene in simili circostanze, citiamo due esempi di opere recentissime, quali sono quella del sifone di Clichy-Asnières presso Parigi, e l'altra della galleria Blackwall presso Londra.

(*) Pei particolari del processo del lavoro, si consulti la Memoria fattane dalla medesima Impresa (Ed. Forzani e Comp., tipografi del Senato. — Roma, 1889).

a) Sifone di Clichy-Asnières.

Tra le opere di bonificazione della città di Parigi va annoverata quella importantissima dell'acquedotto di Achères, il quale serve ad irrigare i campi di Achères con la massima parte delle acque di rifiuto della capitale, finora versate nella Senna.

Il primo tronco di quest'Acquedotto è costituito dal sifone di Clichy-Asnières, costruito sotto il letto della Senna, per non intercettare quivi la navigazione del fiume.

Il braccio corto del sifone è un pozzo verticale di diametro esterno m. 3,50 e profondo m. 24,00 comunicante con l'officina di Clichy (riva destra). Il ramo lungo è una condotta forzata di ghisa, di diametro utile m. 2,30 e di lunghezza m. 463,00, eseguita a m. 15,80 sotto il livello del fiume. Planimetricamente il tracciato è formato da due allineamenti rettilinei, raccordati tra loro da una curva di m. 100 di raggio: altimetricamente un primo tratto ha il pendio del 7 ‰, ed il tratto successivo verso Asnières (sotto la riva sinistra del fiume) va con 1'80 ‰.

Il collettore principale sbocca nell'officina di Clichy: le macchine elevano le acque nel pozzo di carico, ed il sifone (della portata di m.c. 9,75 a 1") le fa pervenire all'acquedotto libero che gli fa seguito.

Il rivestimento del pozzo è formato da anelli di ghisa di spessore $\frac{m}{m}$ 30, alti m. 1,00, tra loro inchiodati: quello della galleria è formato da anelli di ghisa di spessore $\frac{m}{m}$ 25 e di lunghezza m. 0,50, parimenti congiunti con chiavarde, componendosi ogni anello di n.º 6 elementi cilindrici (di cui uno più piccolo forma chiave) con nervature interne per la loro unione. Gli sporti però dei collaretti e delle nervature sono stati poi tutti livellati da uno spesso intonaco di cemento, per modo che la superficie interna del sifone è perfettamente continua e liscia, con diametro netto di m. 2,30.

Questa galleria è stata eseguita col sistema pneumatico, il cui armaggio funzionante da cassone (*bouclier*) si avanzava quasi orizzontalmente; epperò non potendo in tal caso giovare la forza della gravità all'avanzarsi di quello, si è dovuto ricorrere all'azione di alcune presse idrauliche, come si dirà.

Questa specie di cassone *a* (v. fig. 38), era di forma cilindrica e di lamiera, con diametro di m. 2,56: un poco maggiore cioè del diametro esterno degli anelli *b* di rivestimento della galleria. Esso era munito di un coltello d'acciaio *c*, ed aveva nel suo fondo una portella *d* pel passaggio degli operai che lavoravano al taglio del terreno. Le presse idrauliche *p* in n.º di 5, fissate sopra l'ultimo anello messo a posto nella galleria, agivano contro il fondo del cassone, spingendolo in avanti. A misura che il cassone s'avanzava, venivano armati gli anelli della galleria, i quali si sviluppavano in tal modo a guisa di un tubo da cannocchiale.

La camera d'equilibrio era posta a m. 35 dall'origine del sifone, ed assicurata allo stesso: essa era formata da un parallelepipedo di cemento, vuoto nell'interno, e chiuso alle due estremità da robuste portelle di lamiera di $\frac{m}{m}$ 30 di spessore, giacchè l'aria era compressa a n.º 3 atmosfere.

I terreni incontrati lungo il percorso sono stati varii: marne, calcare con larghi crepacci ripieni di terre alluvionali, sabbie verdi e gialle, conglomerati e grès silicei. Lo sterro veniva dai manovali trasportato in piccoli vagoni alla base del pozzo, dove era innalzato da montacarichi. Al ritorno, i vagonetti portavano sul posto le piastre degli anelli e le chiavarde per armarli.

L'avanzarsi del cassone lasciava un vuoto di circa 3 centimetri attorno al rivestimento della galleria, essendo quello, come si è detto, di diametro un po' maggiore degli anelli del sifone. Tale vuoto veniva riempito di malta, a mo' di cappa, che, iniettata da un serbatoio speciale con la forza dell'aria, compressa a n.º 3 fino a 4 atmosfere, per mezzo di un tubo flessibile munito di lancia, era introdotta in alcuni buchi praticati al centro di ogni piastra. Questa iniezione procedeva dalle piastre inferiori alle superiori, e terminava alla chiave. Per impedire poi che la malta non sfuggisse verso l'avanzamento del lavoro, di tratto in tratto esteriormente alla galleria si costruivano delle piccole corone di muratura, formanti come delle briglie circolari.

L'avanzamento massimo della galleria è stato di m. 2,50 in 24 ore.

Questi lavori, iniziati nell'ottobre del 1892, e terminati nell'ottobre del 1894, sono stati eseguiti dall'Ing. Berlier, sotto la direzione dell'Ing. Capo sig. Bechmann e del sig. Launay, ingegnere del Risamento di Parigi.

b) Galleria Blackwal.

La nuova via che da Kent dovrà menare a Middlesex, passa in sifone sotto il Tamigi, e servirà di transito per vetture e pedoni. I lavori, iniziati nel 1892 dai signori Pearson, non sono stati ancora espletati.

L'opera consta di due tratti in trincea, ai due estremi, e di un tratto in galleria intermedio; ma di questo tratto intermedio solo la parte centrale si costruisce propriamente in traforo; giacchè i rimanenti tratti di galleria sono stati eseguiti mediante anelli di fabbrica in trincea, con struttura di mattoni posti a cemento, smaltati nel paramento visto. Questi anelli sono stati garentiti esternamente da uno strato di asfalto di spessore centimetri 3, e poscia sono stati ricoperti di terra.

La lunghezza di tutto il manufatto è poco meno di 2 chilometri: il tratto scavato in traforo coi cassoni ad aria compressa (per scacciarne l'acqua invadente) è di circa m. 800. Nel totale percorso vi

sono dei leggieri cambiamenti di direzione e dei cambiamenti di livellette: la pendenza massima (agli estremi della galleria) è circa del 3 %.

Il cassone adoperato pel traforo della galleria (v. fig. 39) è circolare, di diametro esterno m. 9,20, poco diversificando dai cassoni pneumatici ordinarii: esso è diviso però in quattro piani, ciascuno suddiviso in tre scompartimenti; per modo che il lavoro viene attaccato contemporaneamente in dodici punti dell'avanzata. Questo cassone, del peso di tonn. 230, è stato armato in cantiere presso il pozzo n.º 4, in una specie di bacino all'uopo scavato, comunicante col detto pozzo. Chiuso il cassone ai suoi estremi, e riempito d'acqua il bacino ed il pozzo, si è trasportato il cassone galleggiante nella verticale di questo, e si è fatto quivi discendere al fondo, abbassando man mano il livello dell'acqua.

La galleria praticata col detto cassone vien rivestita con anelli circolari di ghisa di diametro esterno m. 9,00 e di lunghezza ognuno centimetri 75, formati da n.º 14 segmenti a flange, i quali vengono imballonati tra loro, e da una robusta chiave che ha la faccia intradossale un po' più larga di quella d'estradosso, e ciò per agevolarne la sua montatura. Gli anelli hanno lo spessore di centim. 5 per un tratto della galleria e centim. 3 per un altro tratto: le flange o nervature corrispondenti sono di centim. 30 e centim. 25. Un anello completo del 1º tipo pesa tonn. 16,50: uno del 2º tipo, tonn. 11,75.

Per colmare il vuoto tra il terreno e la parete del rivestimento, si inietta del cemento da varii buchi praticati nella detta parete, e chiusi poscia con tappi a vite. Nella faccia interna degli anelli verrà eseguito uno strato speciale di cemento a superficie smaltata.

L'ammontare totale dell'opera è previsto per 6 milioni di lire.

CAPO VI.

Costo delle fondazioni pneumatiche.

a) Considerazioni.

Il costo unitario per una fondazione completa sott'acqua, eseguita cioè alla presenza dell'aria compressa, è molto differente da un'opera all'altra; dacchè esso è subordinato precipuamente alle speciali condizioni locali, vale a dire alle difficoltà inerenti al sito d'impianto (altezza e velocità dell'acqua, gorghi ed escavazioni dovuti alle correnti, distanza dell'opera a farsi rispetto alla terraferma, ecc.), alla natura dei terreni da attraversare, nonchè alla profondità di affondamento da raggiungere: varia pure col variar del tempo, e da luogo a luogo, tanto pel costo delle materie prime, che per la quota di retribuzione al personale addetto ai lavori.

Per uno stesso lavoro il costo unitario varia poi a seconda il tipo del