

I pregi speciali del sistema lo stesso Schmoll li riassume così. Il relativo piccolo peso e quindi il tenue costo: la forma maneggevole delle singole lastre e la loro rigidità, ossia la loro capacità a resistere alle inflessioni durante il carico e lo scarico: la data possibilità di una pronta montatura durante l'affondamento pneumatico, e ciò a causa delle serie orizzontali di lamiera di un metro di altezza, ed al bisogno anche di altezza minore: la possibilità di ottenere una tura, ossia un involuppo a tenuta d'acqua: l'unione orizzontale e longitudinale di tutte le piastre e dei singoli scompartimenti fra loro: ed infine la facilità di montatura e di estrazione dell'involuppo.

Riguardo all'economia, che può valutarsi a circa lire 10 a m.q. d'involuppo estraibile, essa è realizzabile solamente se, come si è detto, lo stesso materiale si possa adoperare circa n.º 10 volte, e se si abbia occasione e tempo disponibile per eseguire le fondazioni l'una di seguito all'altra, e non già contemporaneamente.

Nondimeno resta sempre all'involuppo fisso il vantaggio della maggiore sicurezza per le fondazioni, come già s'è cennato altrove; garantendo esso la muratura fresca, e riparandola dall'effetto delle acque correnti.

3.º—Cassoni galleggianti.

a) Tipi primitivi.

È opportuno, per completare la rassegna fatta dei diversi tipi di cassoni, tenere qui parola anche dei cassoni *amovibili* o *galleggianti* (*caissons flottants*), i quali permettono di costruire sott'acqua mediante l'aria compressa. Tali cassoni, mentre costituiscono un'altra applicazione alle fondazioni subacquee, formano in loro stessi un progresso della primitiva *campana da palombaro*, già perfezionata dall'Halley; ed infatti essi possono servire al ricovero del marangone per eseguire qualsiasi esplorazione, o per fare un lavoro di salvataggio, od un lavoro manuale. Nel caso, per esempio, di escavazioni di dure rocce, meglio che con le semplici campane, col cassone galleggiante può farsi lo scavo, preparare le mine, rimuovere il materiale, ed eseguire così qualsiasi altra operazione.

Tra i sistemi più recenti e più sicuri, indichiamo quelli riportati nelle due figure 33 e 34. Le parti che compongono essenzialmente l'apparecchio del primo, sono: un cassone cilindrico A'' di lamiera di ferro di spessore $\frac{m}{m}$ 12, avente m. 4,00 di diametro e l'altezza di m. 2,20, che contiene una camera A' di sezione triangolare, nell'interno della quale s'introduce dell'acqua o dell'aria, secondo che la campana debba affondare od emergere. La cassa è sormontata da un tubo C di m. 1,00 di diametro e m. 6,00 di altezza, all'estremità del quale, fuori acqua, sono aggiunte due camere cilindriche B , di

cui una funziona come camera d'aria, e permette di far uscire i materiali e gli operai senza interrompere il lavoro: la camera *A* riceve luce per mezzo di n.º 8 *hublots* fissi di centim. 20 di diametro.

La fig. 34 rappresenta poi un cassone che si può adattare a diverse profondità, per essere il pozzo di servizio formato da segmenti cilindrici scorrevoli a canocchiale.

Si comprende a prima vista come tali campane pneumatiche possano adoprarsi per esplorazioni e lavori subaquei.

Un altro cassone amovibile è quello ideato dall'Ing. *Kohler* (1880), mediante il quale possono eseguirsi lavori d'escavazione sott'acqua, oppure all'asciutto a grandi profondità. Esso consta di un cassone ordinario coi relativi pozzi di servizio per gli operai e per l'estrazione o l'introduzione dei materiali; con l'aggiunta però di un controdiagramma mobile a quello fisso che forma soffitto della camera di lavoro.

Il soffitto porta alcuni apparecchi a compressione d'aria o d'acqua, gli stantuffi dei quali fanno discendere il controdiagramma che ad essi è affidato. In tal modo si può comprimere il materiale introdotto nella camera di lavoro, e sollevare benanche il cassone per estrarlo dal sito in cui trovasi profondato.

Quest'apparecchio si presta utilmente pei lavori di garentia alle arginature fluviali, vale a dire per intercettare con diaframmi di terre impermeabili gli strati permeabili sostanti alle arginature ed alle golene dei fiumi (*).

b) Cassone amovibile Zschokke e Terrier.

Una delle più recenti applicazioni è quella del cassone adoperato dai signori *Zschokke* e *Terrier* per la sistemazione del fondo dell'avamposto commerciale di Cherbourg, e pei lavori dei moli al nuovo porto della Pallice a La-Rochelle (1883): — essa segna il maggiore perfezionamento dei cassoni galleggianti, finora raggiunto.

Le dimensioni del detto cassone (v. fig. 35) sono di m. 10,00 × 22,00 in pianta, e m. 3,80 in altezza. Esso è diviso in due parti da un soffitto metallico di lamiera di spessore $\frac{m}{m}$ 6: lo scompartimento inferiore forma la camera di lavoro, di altezza m. 1,80, e quello superiore, chiuso in alto da un secondo soffitto metallico detto *ponte*, di $\frac{m}{m}$ 6 di spessore, forma come una cassa stagna, che serve per far galleggiare o per zavorrare il cassone, a seconda che questa è ripiena di

(*) Nelle *Fondazioni pneumatiche* del Pozzi (Cap. III, § 12), a proposito delle invenzioni del Kohler, oltre alla descrizione di questo tipo di cassone amovibile, è riportata la descrizione di un nuovo apparecchio elevatore degli sterri e di una tura metallica smontabile.

aria, ovvero di acqua. Tale scompartimento vien chiamato perciò *camera di galleggiamento o di equilibrio*.

I due soffitti son collegati tra loro, e ben robustati da grosse travi a traliccio di m. 2,00 di altezza, distanti tra di loro per m. 1,00.

Le pareti della camera di lavoro, di lamiera di ferro da $\frac{m}{m}$ 8, sono rafforzate da montanti e mensoloni di ferro ad esse collegati ed alle travi del soffitto. Il lembo inferiore del cassone è munito di coltello di acciaio di $\frac{m}{m}$ 200 × 25. La camera di galleggiamento è suddivisa da tramezzi stagni, di lamiera da $\frac{m}{m}$ 4, in n.º 6 scompartimenti, i quali, a mezzo di portelle a tenuta d'acqua, di cui le pareti sono munite, possono essere messi in comunicazione tra loro, ovvero separati.

La camera di lavoro comunica con le camere ad aria per n.º 4 pozzi di servizio tra loro indipendenti, terminante ciascuno in cima con una di dette camere ad aria: due di essi, di diametro m. 0,70, muniti di betoniere, servono al passaggio degli operai ed all'introduzione del calcestruzzo; altri due di diametro m. 1,05 servono per la manovra delle benne, che sono mosse da verricelli posti sul cielo della corrispondente camera ad aria, i quali a loro volta possono essere animati dalla forza pneumatica. A livello delle camere ad aria, che si trovano alte per m. 11,00 sul lembo inferiore del cassone, cammina una piattaforma di servizio, che è unita al cassone sottostante con armaggio a traliccio di ferro, e sulla quale sonovi dei verricelli fissi, serventi a manovrare le catene per l'ancoraggio del cassone.

La camera di galleggiamento, a mezzo di robinetti e valvole, può essere messa in comunicazione con la sottostante camera di lavoro, ovvero con l'esterno: le valvole vengono manovrate dalla piattaforma di servizio. A prescindere dal corpo d'acqua che s'introduce allorchè si vuole zavorrare od affondare il cassone, si aggiunge un sovraccarico mobile, costituito da salmoni o sacchetti ripieni di ghisa, che vengono poggiati sul ponte della camera di galleggiamento.

Inoltre sul soffitto metallico della camera di lavoro, non che nel vuoto tra i mensoloni, si costruisce un sovraccarico permanente di muratura, che serve all'equilibrio stabile del cassone, col portarne cioè più in basso il baricentro.

Il peso proprio di tutto l'apparecchio del descritto cassone è di tonn. 146
 il sovraccarico fisso di muratura » 260
 il sovraccarico mobile dei salmoni di ghisa. » 230

Peso totale. tonn. 636

Nell'interno della camera di lavoro a mezzo di robusti sostegni conici di ferro, terminati da madreviti di bronzo, e fissi alla trava-

tura del soffitto, vi sono n.º 24 verrini (*crics*) con gambi di acciaio foggiate a viti, di diametro $\frac{m}{m}$ 75 (oltre lo spessore del verme): la parte inferiore del gambo è unita ad un piatto di ghisa di m. 0,60×0,60. Ogni verrino vien girato da una leva di legno, per modo che il piatto possa abbassarsi od alzarsi, secondo i casi. I piatti dei verrini si fanno poggiare sulla muratura che si costruisce nell'interno del cassone: a misura quindi che quella si eleva, vengono manovrati i verrini nell'interno stesso della camera di lavoro. Il carico trasmesso dai verrini alla muratura, pel numero e per la disposizione di essi, non supera kg. 6 per centimetro quadrato.

Data questa sommaria descrizione dell'apparecchio, è facile intendere come ordinariamente si esegue il lavoro nella camera inferiore.—Si comincia per nettare e spianare il piano stabile di posa del manufatto a costruirsi, indi si eleva un primo letto di fabbrica di spessore m. 0,80 all'incirca: manovrando i verrini, si solleva di m. 0,40 il cassone, facendo poggiare i piatti sulla muratura eseguita; per il che si adoprano anche dei cunei di legno, i quali servono di rinforzo, allorchè, elevandosi la muratura, si manovrano parzialmente i verrini. Gli strati di fabbrica vengono eseguiti di m. 0,40 di spessore ciascuno; e quindi il cassone si eleva man mano di eguale altezza, fino a che, raggiunto il limite corrispondente alla profondità di galleggiamento, si aspetta la fase di alta marea per condurlo ed ormeggiarlo in altro sito, dove bisogna continuare o fare altra opera di fondazione (*).

I lavori pei moli al porto della Pallice procedettero nel seguente modo. Il cassone veniva trasportato al sito del lavoro, dove con forti catene era affidato a n.º 6 grandi boe d'ormeggio, zavorrandolo con un carico d'acqua nella camera di galleggiamento e con un sovraccarico di ghisa di tonn. 230, come già si è detto. Spinta quindi l'aria compressa nella camera di lavoro, vi discendevano gli operai, i quali cominciavano per spazzare il fondo roccioso della melma, e scavavano in seguito il primo strato di cappellaccio che si presentava tutto disgregato e fenduto. Scoperta la roccia resistente, si procedeva all'esecuzione del masso murario con malta di cemento Portland, a strati, siccome si è accennato nella precedente descrizione generica, fino a giungere con la muratura alla quota di m. 1,20÷1,50 sopra le basse maree. Si profittava poi dell'alta marea (quota m. 5 circa) per togliere il cassone e trasportarlo al sito accosto per l'esecuzione del successivo masso.

S'intercettava a tal uopo la comunicazione dell'aria compressa, e si aprivano invece le valvole di comunicazione tra la camera di

(*) Leggasi l'Oppermann: *Nouvelles Annales de la Construction*. (Paris) IV Série, Tome 7. — Avril 1890.

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).