

#### 4.º—Camere d'equilibrio—Camere d'estrazione—Betoniere.

##### a) Generalità.—Tipo primitivo della camera d'equilibrio.

Le *camere d'equilibrio* o *d'aria* (*écluses, cloches à air, sas à air*), quelle *di estrazione* o *di scarico* dei materiali e le *betoniere* completano (a parte il meccanismo per l'elevazione dei materiali ed i compressori d'aria) l'apparecchio per fondazioni ad aria compressa. Esse, convenientemente disposte, formano un sol tutto, e vengono montate sui camini di servizio, di cui si è parlato precedentemente: le stesse sono sempre fatte con lamiera di ferro.

Il tipo primitivo e più semplice della camera di equilibrio (adoperata pel solo passaggio degli operai) è quello di un cilindro di lamiera di ferro, chiuso con diaframmi anche di ferro alle due basi, ed innestato ad imbuto, mediante un segmento rovescio di cono tronco, all'orlo superiore del pozzo di servizio. Nel diaframma inferiore è praticato un occhio di luce circolare di diametro circa m. 0,60, munito al disotto di portella o *valvola* (*soupape*), del diametro pochi centimetri maggiore del vano, e guernito nel lembo di anello di gomma, per rendere ermetica la chiusura del fondo. Questa valvola, che vien chiusa allorquando nella camera d'equilibrio l'aria deve mettersi alla pressione atmosferica, è fermata *a tenuta d'aria* contro il bordo del diaframma, cioè dalla differenza di pressione tra i due mezzi, ossia dalla forza dell'aria compressa, che la spinge da sotto (\*).

Altra portella simile è posta sulla parete, ovvero sul soffitto di questa camera, per l'entrata e l'uscita dal cassone: essa funziona egualmente come l'accennata valvola del fondo. Per equilibrare l'ambiente della camera con l'aria compressa, ovvero con la pressione atmosferica, e quindi rendere possibile il transito degli operai addetti al lavoro, vi sono due robinetti nell'interno di detta camera, comunicanti l'uno col sottostante camino, l'altro con l'ambiente esterno: la manovra è facile a comprendersi, osservando la fig. 17.

Con questo tipo di camera d'equilibrio, facevasi uso, per l'estrazione del materiale di scavo, di una *noria a cucchiaie* (*drague à godets*), la quale con apposito armaggio di guida, detto *elinda* (*élingue*), si faceva salire in altro pozzo ed alla pressione ordinaria. Un esempio lo porge l'apparecchio usato pel ponte sul Reno a Kehl (v. fig. 5).

---

(\*) Per la continuità d'immissione dell'aria compressa nella camera di scavo, al fine di evitare disgrazie, bisogna abbondare in precauzioni, munendo la camera d'equilibrio di opportune valvole automatiche atte ad opporsi a qualunque perdita d'aria in caso di guasti nei tubi di alimentazione.

b) **Modifiche ed aggiunzioni al tipo primitivo.**

Col progresso delle modificazioni si smise l'uso della noria, e si adottarono i *secchioni* o *benne* (*bennes*) (\*) nell'innalzamento del materiale: essi vengono tirati su nella camera di equilibrio, alla presenza dell'aria compressa, salendo pel camino che comunica con detta camera, e che serve anche di transito agli operai.

Con questo nuovo sistema sorse la necessità (allo scopo, se non di evitare del tutto, di ridurre al minimo possibile la perdita d'aria compressa, durante la manovra di scarico) di aggiungere un'anticamera pel passaggio degli operai, ed una o due camerette per lo scarico dei materiali.

1) **Anticamera.**—L'anticamera, di più piccole dimensioni della camera centrale, ed a questa annessa (v. fig. 18 e 19), funziona propriamente da camera di equilibrio. Essa va munita di portella di accesso con relativo robinetto, come più sopra si è detto, ed altra portella con robinetto ha sul tramezzo comune; sicchè chiudendo questa seconda comunicazione (portella e robinetto), ed aprendo il robinetto che comunica con l'ambiente atmosferico, l'aria nell'anticamera si equilibra alla pressione ordinaria, ed è facile l'apertura dell'uscio d'ingresso: chiudendo poi questa comunicazione (portella e robinetto), ed aprendo gradatamente il robinetto di comunicazione con la camera centrale d'equilibrio, si porta l'aria dell'anticamera alla pressione dell'aria interna, e quindi è reso possibile l'accesso nella camera d'equilibrio.

L'anticamera si fa ordinariamente dell'altezza di m. 2,00, ed atta a poter contenere quattro o cinque persone.

2) **Camera centrale.**—La camera centrale, pel suo ufficio modificato, cioè per l'aggiunzione dell'anticamera, non è più una vera camera d'equilibrio, mantenendosi in essa l'aria compressa a pressione

---

(\*) Le benne, ordinariamente della forma d'un cono tronco capovolto, e della capacità di  $\frac{1}{8}$  ad  $\frac{1}{12}$  di metro cubico, sono per lo più di lamiera di ferro o di rame, con manico mobile di ferro.

Il sollevamento delle benne può esser fatto dagli operai, ovvero da una motrice qualunque, sia a vapore, che idraulica; epperò la motrice sta sempre fuori l'apparecchio. Per la trasmissione della forza si fa passare l'asse della puleggia al di fuori della campana, attraverso una scatola a stoppa, per evitare perdite d'aria compressa (v. fig. 18, 19 e 20).

Alcune volte alle benne vien sostituito il tiro a noria ad aria compressa. Leggesi a questo proposito la descrizione della *noria Zschokke*, ideata nel 1887 dall'ing. C. Zschokke per l'elevamento dello sterco e per la discesa dei materiali occorrenti alla costruzione della muratura, funzionando in queste due manovre da campana d'equilibrio: tale descrizione è riportata negli *Annali della Società degl' Ing. ed Arch. Italiani*. Fasc. II (1887), e nelle *Fondazioni pneumatiche* del Pozzi — Cap. III, § 12.

costante; nondimeno conserva la primitiva forma cilindrica, con soffitto piano od a calotta (v. fig. 18 e 19). Al suo fondo s'innestano ad imbuto i pozzi di servizio e di sollevamento dei materiali. Le benne, mosse quasi sempre da ruotismo posto sotto il cielo di detta camera, vi pervengono, per essere poi direttamente scaricate nelle camere d'estrazione. L'altezza della camera medesima è in generale di m. 2,00 ÷ 3,00: il suo diametro è per lo più di m. 2 circa.

3) Camere d'estrazione o di scarico.—Le camere d'estrazione (v. fig. 18 e 19) servono per lo scarico dei materiali dello scavo. Esse sono d'ordinario dei cilindri ad asse inclinato, ovvero ad asse verticale con gomito all'ingiù raccordato, per facilitare l'espulsione del materiale. Sono munite di fondi a valvola; la valvola interna, orizzontale, è a tenuta d'aria, ed è munita del relativo robinetto, aprendosi perciò dal basso in alto: la valvola esterna, non potendosi altrimenti aprire che da dentro in fuori, è tenuta ferma con viti a pressione, ed è manovrata dagli operai che stanno all'esterno, dietro segnali degli operai interni.

Pel ponte sul Po a Mezzanacorti, tale valvola era foggata in maniera che la sua chiusura veniva agevolata e garentita dalla forza stessa dell'aria compressa.

4) Betoniere.—Per la facile e pronta introduzione del calcestruzzo di fondazione nel cassone, allorchè è ultimato il lavoro dello scavo, e sempre allo scopo di ridurre al minimo possibile la perdita d'aria compressa durante quest'operazione, si sono aggiunte altre piccole camere o tramogge, denominate *bettoniere*, o meglio *betoniere* (*bétonnières*), le quali sono di forma semicilindrica o cilindrica, e si collegano direttamente alla camera d'equilibrio, od al camino di servizio. La seconda disposizione è migliore dell'altra pel modo facile e pronto come il calcestruzzo è mandato giù.

In entrambi i tipi le betoniere sono munite di doppia valvola e robinetto per essere equilibrate, secondo i casi, con l'aria compressa o con la pressione ordinaria dell'aria esterna. Nel primo tipo la betoniera è ad asse verticale con fondo inclinato: la valvola esterna è a tenuta d'aria, girando da sopra in sotto; la valvola interna parimenti è a tenuta d'aria, ed è adattata sulla parete della camera d'equilibrio; i robinetti vengono manovrati dagli operai interni. Il modo di funzionare di tale betoniera è facile a comprenderlo osservando la fig. 19.

Nel secondo tipo la betoniera è ad asse inclinato (v. fig. 20), e la valvola esterna gira da sotto in sopra, tenuta chiusa da viti di pressione: così si utilizza tutta la capacità della betoniera, e si ha una

piccola perdita d'aria compressa. La manovra è tutta eseguita dagli operai esternamente (\*).

La capacità di tali camerette per l'introduzione del calcestruzzo è in generale di m.c.  $0,20 \div 0,25$  (\*\*).

c) **Dati pratici.**

Per altri cenni relativi alle camere d'equilibrio ed ai loro accessori, nonché al modo come quelle sono state nella pratica utilmente modificate, valgono le seguenti brevi notizie di fatto.

1.<sup>o</sup> — *Ponte sul Serchio.* — Per la costruzione delle pile di questo ponte, il cassone era munito di due pozzi, comunicanti entrambi con la camera d'equilibrio, la quale era provvista d'anticamera e camera di scarico (v. fig. 22). In ciascun pozzo scendeva e saliva, con moto alternato, una benna; giacchè ambedue le benne erano affidate agli estremi di una catena girante intorno ad un tamburo posto sotto il cielo della campana d'equilibrio: l'asse di questo tamburo, attraversando, mediante cuscinetti a perfetta tenuta d'aria, la parete metallica, era mosso dall'esterno.

Con una squadra di dieci operai, di cui cinque addetti allo scavo, due a raccogliere il materiale nelle benne, e tre a vuotarle, si esaurivano, in media, m. c. 1,25 di materiale all'ora.

2.<sup>o</sup> — *Ponte a Mezzanacorti sul Po.* — Anche per questo ponte il cassone aveva una coppia di camini (v. fig. 23); ma il materiale cavato, anzichè versarsi direttamente nella camera di estrazione, si versava in un carrello contenuto in detta camera: questa aveva la capacità di un metro cubico, il carrello la capacità di dmc. 300, e le benne la cubatura quarta parte del carrello, ossia dmc. 75. Per tale manovra la perdita d'aria compressa per ogni metro cubico di scavo era quindi di m. c. 2,30 circa.

Le benne erano attaccate ai due estremi di una fune, la quale girava in una ruota posta sul soffitto della camera d'equilibrio, il cui asse era mosso all'esterno, mediante un rocchetto, da opportuno ingranaggio animato dall'acqua compressa a n.º 10 atmosfere.

3.<sup>o</sup> — *Ponte a Pontelagoscuro sul Po.* — La camera d'equilibrio aveva un unico pozzo, nel quale scendeva e saliva la benna, di cubatura dmc. 50. Questa per essere vuotata veniva posta in uno speciale carrello che, manovrato dall'esterno, poteva muoversi in

---

(\*) Un buon apparecchio ad aria compressa per colare il calcestruzzo nella camera di scavo, è quello ideato dal sig. *Jandin*: il tipo è riscontrabile nelle *Fondazioni pneumatiche* del Pozzi (a pag. 179).

(\*\*) Pel ponte San Luigi sul Mississipi il calcestruzzo veniva manipolato nella camera di scavo direttamente.

una cassa a tenuta d'aria, e ricevere una benna vuota, prima di fare uscire quella piena.

La specialità dell'apparecchio consisteva però nel modo come veniva innalzata la benna (v. fig. 24). Questa era attaccata ad una fune che, guidata da due pulegge di rimando, si avvolgeva intorno a due altre simili, ad una delle quali era fissato il secondo capo della fune: l'altra puleggia formava sistema con un'asta di stantuffo che correva entro un cilindro verticale di diametro centim. 25, mosso dall'aria compressa. È chiaro che avvolgendo una o più volte la fune intorno alle due pulegge succennate, lo spazio percorso dalla benna risultava eguale a quello della corsa dello stantuffo moltiplicato pel doppio numero di volte che la detta fune s'avvolgeva sulle pulegge: per modochè l'avvolgimento della fune era regolato a seconda la profondità dello scavo. Inventore di questo meccanismo fu l'Ing. Moreaux.

4.<sup>o</sup>—*Ponte a Sesto Calende sul Ticino.*— Per le grandi dimensioni dei cassoni occorsi nella costruzione di questo ponte, furono usate per ogni cassone due camere di equilibrio indipendenti l'una dall'altra, ed avente ciascuna una coppia di camini.

Le benne, di capacità dmc. 300, funzionavano in modo alternato, girando la catena su di una ruota fissata sotto il soffitto della campana, e mossa da una motrice ad aria compressa situata al disopra del soffitto medesimo: col mezzo di una leva, la motrice era regolata dagli operai dall'interno stesso della camera d'equilibrio (v. fig. 18). Anche dall'interno era manovrata la valvola inferiore della camera di scarico con una leva speciale: e così fu ovviato al grave pericolo che per qualche falsa manovra avrebbe potuto avverarsi, di essere cioè aperta dagli operai esterni, non a tempo debito, la detta valvola.

Questo congegno, che è riportato nel Turazza (*Lavori subacquei ad aria compressa*. Cap. III § 9), e di cui la fig. 25 mostra i particolari, consta di una leva *m*, che si può muovere a mano, ma che gira sul suo perno *o*, all'aprirsi della valvola interna della camera di scarico. Girando ed alzandosi questa leva, essa, mediante una nottola *n*, tira un'asta *p*, la quale fa muovere una leva *g* a braccio, a cui è attaccato a snodo un catenaccio *v*:— questo catenaccio, passando attraverso un'appendice della valvola esterna, impedisce l'apertura della stessa. Sicchè tale valvola non poteva essere aperta, se prima non si chiudeva la valvola interna della camera di scarico.

5.<sup>o</sup>—*Ponte S. Luigi sul Mississippi.*— Nella costruzione delle fondazioni di questo ponte, le camere di equilibrio furono situate

a piè dei rispettivi pozzi, nella camera di scavo: al pozzo principale, di diametro m. 3,05, corrispondeva una camera d'equilibrio del diametro m. 1,83, ed ai sei pozzi secondarii, di diametro m. 2,45, una camera d'equilibrio per ciascuno del diametro m. 1,45.

Pel cassone della spalla est le dimensioni di tali camere furono ingrandite per la comodità degli operai: al camino centrale furono messe due camere d'equilibrio di diametro ciascuna m. 2,44, ed ai due camini secondarii una camera per ognuno di diametro m. 2,44 similmente.

Con l'aver poste le camere d'equilibrio a piedi dei pozzi, fu ridotto il consumo dell'aria compressa, e furono evitate le manovre delle riprese (v. fig. 14).

*d) Camera di equilibrio perfezionata — tipo Zschokke.*

Merita particolare menzione il tipo di camera d'equilibrio ideato dall'Ing. *Zschokke*: le piccole dimensioni della detta camera d'equilibrio, ed il modo facile e spedito di funzionamento dell'apparecchio, manovrato da soli operai esterni, hanno dato in pratica ottimi risultati.

La camera d'equilibrio (v. fig. 20) di diametro eguale a quello del camino, ne forma il proseguimento, a partire da un ferro ad angolo che aggetta in giro per dieci centimetri dalla parete cilindrica, al quale va ad appoggiarsi un disco, di cui si dirà.

La benna, di capacità un metro cubico circa e della forma di un cono tronco capovolto, è sospesa a due perni orizzontali, formanti asse di rotazione, quasi a metà altezza di un telaio di ferro, col quale forma sistema una parete semicilindrica di lamiera: sicchè quella può oscillare e piegarsi per il versamento del materiale di scavo.

Al detto telaio è connesso un disco circolare di ferro, di diametro pochi centimetri in più del vano al fondo della camera d'equilibrio, per modo ch'esso, quivi giunto, venga a combaciare contro il ferro ad angolo suddetto: la chiusura è resa perfetta da un anello di gomma, che è fissato sotto l'aggetto del medesimo ferro ad angolo. Il succennato disco di base è munito, a sua volta, di una valvola di diametro centim. 50 circa, che si apre di sopra in sotto, e serve pel passaggio nell'inferiore camera di scavo.

Il ruotismo di sollevamento consta di una od anche due pulegge, il cui asse fa sistema con un ingranaggio esterno animato da una motrice; intorno alle pulegge girano le funi metalliche, alle quali sono attaccati gli anelli di sospensione dell'armaggio della benna mediante una traversa di ferro con molle a balestra.

La camera di equilibrio, all'altezza di arrivo della benna, cioè poco sopra il proprio fondo, ha una portella di larghezza ed altezza circa m. 0,80, orlata di gomma, che, munita di rotelline, può scorrere lungo la parete cilindrica. Finalmente un tubetto esterno di comunicazione

tra la detta camera ed il sottostante pozzo, con robinetto che vien mosso da una leva a gomito comunicante nell'interno della camera, serve ad equilibrare l'ambiente della camera superiore con la pressione nel cassone o con quella ordinaria.

Osservando la figura, ben si comprende come la benna piena di materiale, giunta in alto, chiude il fondo della camera d'equilibrio; a tal punto la motrice agendo un altro istante, in virtù delle molle a balestra, solleva un poco gli anelli della benna, i quali vanno ad urtare la leva del robinetto. Questo allora si apre, e mette la camera in comunicazione con l'aria esterna: — contemporaneamente la chiusura del fondo è resa ermetica dalla sottostante contropressione pneumatica.

Gli operai di fuori, non appena l'aria compressa comincia a scaricarsi dal robinetto, intercettano la comunicazione della motrice, aprono facilmente la portella, vuotano la benna, e la rinchiudono immediatamente. Cessata la tensione della fune, la leva scende, ed il robinetto chiude la comunicazione della camera con l'aria esterna, aprendo invece l'altra comunicazione con l'aria compressa; e così la benna scende nella camera di scavo, per essere di nuovo riempita.

Un'ultima innovazione è stata apportata dal costruttore per ridurre al minimo il volume d'aria compressa che si perdeva ad ogni vuotamento di benna; conformando cioè la parte alta della camera d'equilibrio in modo da involuppare a breve distanza il meccanismo interno (\*).

### CAPO III.

#### **Applicazioni dell'apparecchio.**

##### **I.º — Particolari della camera di caricamento.**

###### **a) Descrizione.**

La camera di caricamento, come si è accennato nel Capo precedente, serve a poter costruire a cielo libero parte della muratura di fondazione, ed agevolare così col peso di questa, la discesa del cassone. Essendo essa completamente del cassone, le sue pareti, ordinariamente di lamiera di ferro, vengono sviluppate quasi sempre in prolungamento delle pareti della sottostante camera di lavoro. Non dovendo però quelle subire le forti pressioni a cui son soggette le

---

(\*) Ai lavori di fondazione dei muraglioni lungo il Tevere e del ponte Garibaldi a Roma, si è adoperato utilmente il descritto congegno *Zschokke*. Pel detto ponte, con benne della capacità di mezzo metro cubico, in 24 ore di lavoro si esaurivano in media m.c. 40 di materiale scavato.