

R. ISTITUTO SUPERIORE D'INGEGNERIA (R. POLITECNICO) - MILANO

SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE
PER LE COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO

PROF. ING. GIUSEPPE STELLINGWERFF

PROTEZIONE DEI FABBRICATI DAGLI ATTACCHI AEREI

CON PARTICOLARE RIGUARDO ALLE
APPLICAZIONI DEL CEMENTO ARMATO

QUARTA EDIZIONE AMPLIATA, AGGIORNATA

*e corredata di una raccolta di progetti di ricoveri a. a.
e dei dati legislativi in materia*

61 figure e 5 tabelle

EDITORE — ULRICO HOEPLI — MILANO

1938 - XVI

II. - Protezione dagli aggressivi chimici.

Per quanto riguarda la protezione dei ricoveri dagli aggressivi chimici gassosi, essi possono dividersi in ermetici, in filtranti ed a rigenerazione d'aria.

Generalmente gli aggressivi liquidi e solidi non penetreranno nei ricoveri (se dotati di anche modeste chiusure) ma richiederanno solo bonifica ed imporranno solo, eventualmente, la permanenza nei ricoveri stessi fino a che tale bonifica esterna non sarà stata eseguita. Avere ricoveri attrezzati per resistere all'offesa chimica gassosa varrà a rendere ancor meno probabile il manifestarsi dell'offesa stessa che, per le ragioni esposte, non è certo quella che può dare maggior utilità all'attaccante. Da essa inoltre è relativamente facile il proteggersi, ed assai meglio nelle città che per l'esercito in campagna.

I ricoveri di tipo ermetico, se sufficientemente vasti rispetto al numero degli occupanti, potranno servire senz'altro, dopo essere stati resi impermeabili; se poi saranno relativamente angusti, dovranno avere invece sistemi di rigenerazione dell'aria, con immissione di ossigeno e con eliminazione di anidride carbonica e di vapor d'acqua prodotti dalla respirazione.

I filtranti, che potranno anche non avere pareti e chiusure rigorosissimamente stagne, sono muniti di dispositivi atti ad otte-

nere il rinnovo dell'aria. Normalmente nel loro interno viene generata una soprapressione che impedisce la eventuale entrata dei gas tossici, specie in caso venga a mancare la tenuta stagna di pareti e porte.

Esaminiamo ora, sotto i vari aspetti, tali diversi tipi. Cominciamo con il rilevare, per quanto riguarda i ricoveri chiusi ermeticamente, che essi potranno solo convenire, là dove sia possibile o necessario adattarli in fabbricati esistenti, sempre che si abbia una buona quantità di aria disponibile per ogni occupante. In nuovi edifici in cui si dovesse adottare tale tipo di ricovero, si calcolerà almeno 1 mc. di aria per occupante-ora e possibilmente di più se il ricovero dovrà servire per importante destinazione, come, ad esempio, se dovrà permettere di lavorarvi a persone che debbano poter pensare e decidere senza alcun gravame od oppressione fisica.

I tipi a rigenerazione d'aria, a loro volta, consistono nell'introdurre o nel produrre ossigeno, in modo da mantenerne nell'ambiente la necessaria quantità, ed a togliere per contro anidride carbonica ed umidità prodotta dalla respirazione. Però, nel respirare e nel vivere in un ambiente, si generano anche altre sostanze, per quanto di minore importanza, e principalmente si immettono nell'ambiente stesso delle tossine e questo specialmente durante quello stato di orgasmo che generalmente si avrà durante l'occupazione del ricovero.

Sia qui detto, ed abbia valore qualunque sia il tipo di ricovero adottato, che sarà bene eliminare, per quanto si potrà, ogni sorgente estranea di consumo di ossigeno e di produzione di sostanze irrespirabili, specie se dannose, come ad esempio lampade ad olio o petrolio, candele, ecc. Peraltro, anche in questo, non si deve esagerare. Buon tipo di illuminazione sussidiaria sarà quello a ricettacolo, tipo polveriere, con adeguate chiusure, ed in comunicazione con l'aria esterna per l'aspirazione e per l'espulsione: il calore della fiamma sarà in genere più che sufficiente ad attivare la circolazione dell'aria.

I ricoveri non ermetici sono generalmente filtranti e cioè prendono l'aria esterna e la introducono sotto pressione, dopo che sia passata attraverso appositi filtri, che neutralizzano od assorbono le sostanze aggressive nell'aria stessa contenute. In alcuni

casi però, specialmente per grandi ricoveri, come potrebbe essere ad esempio l'adattamento di una completa rete urbana di metropolitane, potrà essere possibile ricorrere ad un migliore e più completo sistema di aerazione, prendendo aria a distanza, in zone alte, lontane dai centri urbani, e quindi sicure, ed immettendola così nel ricovero. Questo è, sempre che possibile, da fare, anche per avere aria che non contenga altri gas nocivi, che abbiamo visto poter essere, mediatamente o direttamente, prodotti o liberati dagli scoppi e dagli incendi.

Accanto alle condutture dell'aria respirabile dovranno essere quelle che aspirano l'aria viziata, tenendo quindi nell'interno sempre aria respirabile. La percentuale di CO_2 ammissibile nell'aria delle abitazioni, potrà essere superata, e sensibilmente, nel caso di ricoveri e questo per ragioni simili a quelle che abbiamo già esposte in merito alla superficie da assegnare ai ricoveri stessi: si potrà pertanto giungere normalmente al $15 \div 20 \text{ ‰}$, ed anche più fino ad un massimo del 40 per mille, senza che ne risulti danno grave e questo tanto più se si considera che l'occupazione del ricovero avviene per un tempo generalmente limitato. Potrà, in altri termini, essere tollerata aria non igienicamente buona, ma pur sempre sufficiente e adatta alla necessità della respirazione di persone in riposo. Quanto abbiamo ora detto ha grande importanza agli effetti del calcolo dell'aria, che occorrerà immettere in un ricovero, per ora di occupante. Però dette cifre hanno valore quando i ricoverati stiano inerti, seduti, in attesa della cessazione dell'attacco, non in ricoveri in cui gli occupanti debbano comunque lavorare: in tal caso la percentuale massima ammissibile di anidride carbonica sarà inferiore a quella su riportata e dovrà essere tanto minore quanto più faticoso od importante dovrà essere il lavoro stesso.

Ricordiamo che un uomo in riposo inspira circa 500 litri di aria all'ora ed espira circa 20 litri di anidride carbonica (1).

Per uomini, che compiano lavori manuali, questi dati aumentano sensibilmente, tanto che possono quasi raddoppiarsi. Per adolescenti, sui 15 anni, subiscono una riduzione del 25% circa e del 50% circa per i fanciulli sui 7-8 anni.

(1) Per maggiori dati vedi: A. Izzo: *Guerra Chimica*, 3^a edizione. Milano, Hoepli, 1938.

Il consumo di ossigeno, sempre per uomo in riposo, può, in media, considerarsi di 25 litri per ora: vi è sensibile aumento per persone che esercitino lavoro manuale; diminuzione per adolescenti e per fanciulli. Forti diminuzioni di consumo si hanno durante il sonno.

Adulti occupati in lavori manuali emettono, all'ora, circa

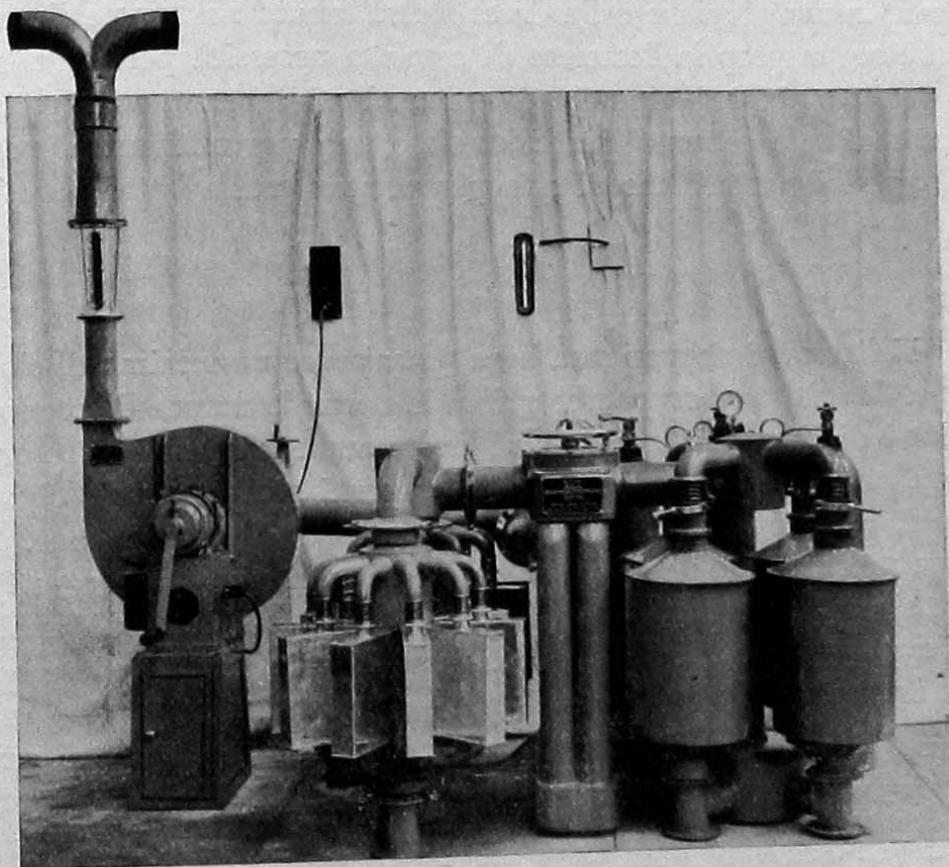


Fig. 19. - Tipo di apparecchio per filtrazione e rigenerazione di aria in un grande ricovero.

70 gr. di vapore acqueo; in riposo circa 45; circa 25 se adolescenti e circa 15 se fanciulli.

In base a tali dati di massima, per gli impianti da fare ex-novo, dovremo preventivare un fabbisogno di almeno $1 \div 2$ mc/ora di aria per persone adulte, in riposo; di $2 \div 3$ per adulti intenti a lavoro manuale; di 5 e più per persone occupate in alto lavoro intellettuale. Per adolescenti e per fanciulli potranno essere ap-

portate le consuete riduzioni, rispettivamente del 25% e del 50%. Per malati i dati varieranno a seconda della malattia e dell'acutezza di essa.

Per i ricoveri occasionali, da apprestare con adattamenti e quindi in condizioni di necessità, potrà anche essere ammissibile — al limite — un minimo di aria di 0,50 mc/ora a persona, minimo fissato in una riunione della Croce Rossa tenuta nel 1929 a Roma, e che segna proprio l'estremo di assoluta necessità per un uomo in perfetto stato di riposo e di quiete. Però è bene non raggiungere mai tale estremo limite inferiore, ma preventivare almeno 1 e possibilmente 2 mc di aria per persona/ora.

Nei comuni ricoveri sarà bene poter avere un minimo di circa 2 mc. di aria per occupante; quindi la normale durata di occupabilità è di circa due ore; ma può essere aumentata fino a tre ore, senza pregiudizio della vita degli occupanti stessi, sempre che si cerchi, almeno, di fissare il CO_2 prodotto dalla respirazione. Si tenga presente che un'aria, che contenga un minimo del 17 ÷ 18% di ossigeno, è sempre respirabile. In casi estremi si può anche arrivare al 15 ÷ 16% di ossigeno. Dopo occorrerà provvedere con aria immessa dopo averla purificata o con generazione di O. Come diremo in appresso, vi sono altri metodi di rigenerazione e di parziale bonifica dell'aria respirabile. Altro sistema è quello dell'aerazione, che può avvenire sia spingendo aria dall'esterno verso l'interno (pulsione) che espellendo l'aria dall'ambiente in modo da generare una depressione tale che richiami aria dall'esterno (aspirazione).

Data la opportunità di avere una soprapressione nell'interno del ricovero, per modo che, anche con eventuali leggere fessurazioni o comunque mancanza di assoluta impermeabilità, non sia possibile l'entrata di gas asfissianti, sarà da preferire la pulsione. I due sistemi potranno anche essere abbinati.

Massime nella stagione rigida, il calore naturale prodotto dalle persone ricoverate potrà facilitare l'aerazione in modo non trascurabile, ma non è il caso, nel progettare gli impianti, di fare su di esso alcun assegnamento.

I filtri dovranno non solo fissare o neutralizzare gli aggressivi che possono essere lanciati dal nemico, ma anche quelle sostanze gassose nocive che possono essere liberate o prodotte da bombardamenti e incendi, specie CO e CO₂.

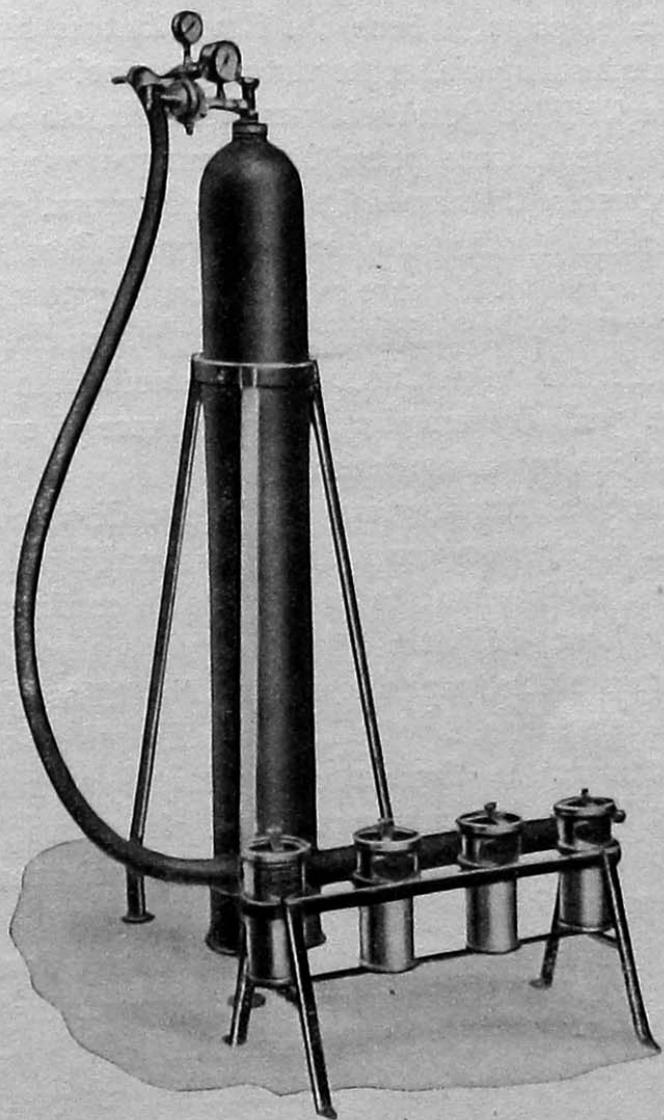


Fig. 20. - Un tipo di apparecchio economico per rigenerazione d'aria, e riserva di ossigeno.

Le torrette di presa, dato che la concentrazione degli aggressivi gassosi diminuisce con l'altezza, dovranno essere possibilmente alte e munite di apposite mitre per evitare che liquidi aggressivi possano penetrare nelle condutture, sia per spruzzamento da bombe scoppianti sui tetti o terrazzi, che per lancio mediante

rirorazione. Si dovrà peraltro tener presente che canne alte di ventilazione possono essere maggiormente soggette a danneggiamento, specie in seguito a crolli delle strutture su cui poggiano o delle strutture vicine. Il problema andrà quindi esaminato caso per caso, valutando i vari fattori in giuoco.

Qualora si possa, è bene che il ventilatore sia azionabile a mano, cosa questa specialmente vantaggiosa nei piccoli ricoveri da costruire negli edifici. Questo sia per economia, sia perchè l'energia azionante il ventilatore potrebbe comunque venire a mancare.

Per accrescere l'altezza delle bocche di presa, quando non sia possibile servirsi di solide ciminiere, campanili, torri, ecc., si potrà studiare la possibilità di usare semplici tubi aggiunti, ad elementi collegati tra di loro ermeticamente ed opportunamente sorretti e controventati: così, se non altro, sarà ottenuto una minore usura dei filtri, nei quali dovremo impiegare sostanze di cui non avremo certo, in guerra, sovrabbondanza.

Ad evitare che troppo grave sia l'effetto di un colpo in pieno, che venga a colpire una conduttura, sia inutilizzandola solo, sia squarciandola, si dovranno tenere doppie le condutture stesse, il più possibile l'una dall'altra distanti, indipendenti, site in zone relativamente protette, capaci ciascuna di poter assicurare da sola la necessaria aereazione. Inoltre le canne di ventilazione dovranno avere, opportunamente disposte, delle valvole o saracinesche, che ne assicurino l'agevole sicura e completa chiusura in caso di rottura della conduttura superiore, in modo da assicurare comunque la buona impermeabilità del ricovero.

Valvole di sicurezza, porte ed altre chiusure, dovranno essere semplici e sicure, tali da risentire il meno possibile per colpi che scoppino nelle vicinanze, anche immediate.

In genere due porte, anche se di modesta resistenza, varranno meglio di una sola, sia pure assai robusta.

In genere delle due porte si assegna all'esterna funzione anti-scoppio ed all'interna funzione di chiusura ermetica ai gas tossici.

Come abbiamo accennato mentre i grandi ricoveri ermetici a generazione di ossigeno presentano notevoli vantaggi, presentano per contro lo svantaggio che, in tempo di guerra, potranno assai spesso scarseggiare, se non mancare del tutto, le sostanze che possono dar luogo a tale produzione, e che, del resto, possono trovare

altro e più urgente impiego nelle necessità industriali belliche. Non egualmente dicasi dei piccoli ricoveri per i quali può essere approntato fino dal tempo di pace quanto occorre, in modo da poter assicurare la permanenza in essi, per alcune ore, degli occupanti.

Interessante potrà essere lo studio per approvvigionare i singoli occupanti di quanto (sicuramente conservato e di poco costo) possa produrre, nell'ambiente ermetico, l'ossigeno necessario per respirare un paio d'ore, e possa almeno fissare il CO_2 prodotto dalla respirazione in tal periodo, lasciandone nell'ambiente non più di una percentuale del $2,5 \div 3\%$.

Impianti di riscaldamento, di refrigerazione e simili, camere di calma, ecc., per quanto opportune siano, dato il loro costo, avranno impiego del tutto eccezionale. Così pure potrà essere ammessa, nelle condutture una velocità di aria assai superiore a quella che di norma si considera; nei ricoveri, massime in quelli che si dovranno improvvisare all'atto del pericolo, anche mancando una camera di calma o altra riduzione, si potrà immettere l'aria con una velocità fino a $2,50 \div 3 \text{ m"}$, disponendo però opportuni schermi, ad evitare che la corrente investa direttamente gli occupanti. Con tale velocità di efflusso, in un ricovero per 100 persone, per un consumo previsto di 2 mc. a uomo/ora, avremo, per ciascuno dei due condotti occorrenti, una sezione di circa 0,02 mq.: tubazioni del genere potranno quindi essere facilmente costruite, sovrapponendole, o meglio, potendo, incassandole nelle murature. Naturalmente, per grandi impianti e con riduzioni terminali, tali velocità potranno essere sensibilmente aumentate.

Però in ricoveri preventivati in edifici da costruire si dovranno adottare sezioni sensibilmente maggiori, dal che risulterà anche una certa diminuzione delle resistenze incontrate: sarà opportuno, come di norma si pratica, introdurre dal basso l'aria pura ed avere in alto le bocche di uscita di quella viziata.

Nell'ubicazione e nella disposizione dei ricoveri, dobbiamo anche tener conto dei danni che possono derivare da rotture di condutture, specie di gas e d'acqua.

Le porte di accesso dovranno avere non solo infissi a chiusura ermetica e sicura, ma anche facile e rapida; nei grandi ricoveri pubblici e collettivi sarà pure necessario, come abbiamo detto, avere doppia porta a ciascuna entrata in modo da potere, tra le

due, formare come una camera stagna in cui accogliere i ritardatari e, previa bonifica dell'ambiente ed eventualmente degli entranti, massime se ipritati, introdurli poi nel ricovero (antiricovero).

Come abbiamo visto per l'aereazione, nel caso più generale occorrerà prendere l'aria esterna per quanto possa essere stata inquinata dai gas: dovremo dunque introdurla nel ricovero dopo averla, mediante opportuni filtri, depurata, a meno l'autorità fissi che gli occupanti siano muniti di maschera. I filtri saranno introdotti nelle canne di ventilazione, in appositi alloggiamenti, con telai che sbarrino completamente le condutture, in modo che tutta l'aria debba attraversare detti filtri. Le doppie condutture saranno, per questo, ancor più necessarie, in quanto permetteranno di poter fare eventualmente a meno di uno dei filtri, cosa indispensabile anche per il fatto che uno dei predetti filtri o sistema di filtri può diventare comunque inservibile e quindi dovrà essere sostituito (operazione che potrà anche dover essere effettuata durante l'attacco) o rigenerato. Circa superficie e spessore dei filtri le ditte fornitrici potranno darci i dati relativi, in modo da progettarne gli alloggiamenti nelle convenienti dimensioni. È bene che gli elementi costituenti il filtro siano di peso non esagerato, in modo che possano facilmente essere messi in opera e possano essere, al bisogno, rapidamente sostituiti con elementi di ricambio.

Per occupare meno spazio i filtri potranno essere meno larghi e profondi, ma notevolmente più alti. In tal caso la velocità di attraversamento sarà sensibilmente maggiore. È bene che gli apparecchi siano disposti in opportuni ambienti e non occupino spazio nel ricovero.

Naturalmente condutture, ecc., dovranno essere munite di valvole di sicurezza.

Come abbiamo già detto, nell'interno dei ricoveri è bene regni una certa soprapressione; sempre come dati di larga massima, detta soprapressione dovrà essere, a 4 m. di profondità dal suolo, di 50 ÷ 60 mm. di colonna d'acqua, aumentando di circa 5 mm. per ogni metro di maggiore profondità.

Per il calcolo dei ventilatori occorrenti dovremo inoltre aggiungere a dette pressioni quelle assorbite dalle resistenze passive delle condutture e specialmente dei filtri. Queste ultime, per i

normali tipi, possono approssimativamente essere considerate in mm. 50 di colonna d'acqua, o poco superiori.

Senza indugiare oltre in argomento, sul quale torneremo nelle conclusioni, limitiamoci ad un rilievo e cioè che i conglomerati cementizi, o i materiali in fibro-cemento, specialmente se impermeabilizzati, sono i maggiormente adatti per canne di ventilazione, camere di alloggiamento dei filtri, ecc., e questo sia per la loro durezza e resistenza; sia per l'averne pareti lisce e spigoli vivi e netti; sia per la facilità di provvederli, adattarli e ripararli; sia infine per la loro pratica indifferenza agli incendi, che possono prodursi.

Bocche di presa d'aria non dovranno essere in vicinanza di tubazioni di gas, che potrebbero essere rotte durante l'attacco.

Se per i ricoveri a rigenerazione di O e fissazione di CO₂ ed H₂O vi è, specie per la prima funzione, una certa difficoltà di avere, in guerra, in grande quantità, le sostanze occorrenti, non meno sentiti sono i difetti dei tipi a filtrazione di aria. Ed infatti anche per questi potremo mancare delle sostanze occorrenti ed, inoltre, i filtri abbisognano di una continua manutenzione e sorveglianza, sia meccanica che chimica. E pertanto praticamente, anche in considerazione dei criteri di impiego dell'offesa chimica e dei fattori economici, dovrà essere seriamente apprezzato il ricovero ermetico, con almeno 1,5 ÷ 2 mc. d'aria a persona; volume riducibile a 1 ÷ 1,5 mc. qualora si abbiano sostanze atte a fissare il CO₂, come soda e simili. Si tenga ben presente, come si è ripetutamente affermato, che potremo anche dover provvedere a proteggerci da altri gas, specie CO e CO₂ liberati o prodotti per scoppi, rotture di tubazioni, incendi, ecc. Questi gas, subito dispersi in zone aperte, possono essere molto pericolosi in ambienti chiusi o semichiusi.

Importante la questione delle porte. Le metalliche sono in genere robuste, ma presentano pure sentiti svantaggi.