

## L'EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA IMPIANTISTICA AL SERVIZIO DEGLI EDIFICI OSPEDALIERI

Dott. ing. Giovanni Uguccioni della Ing. Uguccioni & Associati E.H.E. s.r.l. - Bellocchi di Fano (PU)

### 1) PREMESSA

Negli ultimi 10 anni gli edifici ospedalieri hanno avuto una evoluzione notevolissima dettata sia dalle nuove tecnologie sanitarie in continua evoluzione sia dalla ricerca di condizioni di elevata sterilità e sicurezza per gli utenti delle strutture ospedaliere.

Le aree ad elevata tecnologia tendono continuamente ad aumentare mentre le aree destinate alle degenze tendono a diminuire come percentuale di superficie dell'ospedale (i giorni medi di degenza tendono a diminuire continuamente) ma aumentano le prestazioni che si richiedono anche alle aree di degenza.

In base a tale evoluzione l'incidenza di costo e di spazio al servizio degli impianti aumenta continuamente.

Valutando tale aspetto in paesi tecnologicamente più avanzati rispetto al nostro aumenta sempre più l'incidenza degli impianti sul costo di costruzione di un ospedale. (es. negli Stati Uniti la 1° voce è quella relativa agli impianti meccanici pari al 30% del totale).

Tale aumento di costi è dovuto, come detto, all'aumento delle prestazioni degli impianti, all'aumento degli spazi dedicati ad essi anche nell'ottica della futura gestione e manutenzione.

### 2) SPAZI TECNICI DESTINATI AGLI IMPIANTI

#### La progettazione architettonica degli ospedali in rapporto alla progettazione impiantistica

Si riporta di seguito una sintesi della interessantissima relazione presentata dal Prof. Gianfranco Carrara (Ordinario di Architettura tecnica e direttore del Master di II livello di Architettura, Tecnologia e Organizzazione dell'Ospedale presso l'Università degli studi di Roma - La Sapienza) in occasione del Seminario sulla Sanità svolto a Pavia presso il Policlinico S. Matteo il 12 maggio 2005.

#### 2.1) *Problematiche progettuali*

La progettazione architettonica nei suoi aspetti funzionali, distributivi ed ecologici e formali è strettamente legata alle scelte in merito agli impianti tecnologici, condizionandone le caratteristiche ed essendo da queste a sua volta condizionata.

Fin dall'inizio del processo di progettazione, in fase preliminare, vanno prese decisioni "strategiche" che difficilmente potranno essere modificate nelle fasi successive, riguardanti in generale tutti i tipi di impianti, ma che risultano determinanti soprattutto per gli impianti meccanici.

L'ubicazione delle macchine di condizionamento risulta tanto più efficace quanto più queste sono prossime ai punti di utilizzazione, sia per la riduzione del costo delle canalizzazioni, sia per la riduzione delle perdite di carico.

In realtà il problema della localizzazione dei macchinari e delle linee di distribuzione risulta più ampio di quello legato ai soli impianti di condizionamento, e riguarda sia gli aspetti costruttivi, sia quelli gestionali e manutentivi, sia soprattutto quelli relativi alla flessibilità d'uso dell'intero complesso ospedaliero e delle sue aree funzionali.

Infatti l'ospedale, inteso come una macchina estremamente complessa, è soggetto a continue trasformazioni durante tutto l'arco della vita utile d'esercizio, spesso localizzate a singoli ambienti e a reparti specifici, meno spesso, ma con maggiore incisività sull'insieme, interessanti interne aree funzionali.

Dette trasformazioni possono riguardare l'ammodernamento di servizi esistenti (quali ad esempio le trasformazioni strumentali all'interno di un laboratorio di analisi) ma anche modificazioni sostanziali quali quelle legate all'inserimento di nuove apparecchiature per la diagnosi e/o la terapia (vedesi l'esempio di collocazione in una struttura esistente di un servizio di RMN, o di una PET), ovvero infine l'ampliamento di intere aree di servizi sanitari.

Innanzitutto in rapporto alle zone funzionali dell'ospedale vanno definiti quali tipi di controllo ambientale si ritiene necessario attuare; e con quali caratteristiche.

*Le aree ad alta tecnologia* - che includono i reparti operatori, di terapia intensiva e rianimazione, di diagnostica di immagine, di medicina nucleare, di radioterapia, di laboratorio - pur con diverse esigenze di ricambi e di purezza, richiedono che il controllo ambientale venga interamente effettuato strumentalmente mediante adeguata dotazione impiantistica e l'involucro deve, di principio, minimizzare i flussi energetici con l'esterno.

*Le aree a media tecnologia* - che includono degenze ordinarie e di day-hospital, ambulatori, servizi generali, uffici amministrativi, tecnici e direttivi, atri e percorsi generali - sono quelle che per funzione e ruolo, richiedono il massimo livello di umanizzazione e di interazione con l'ambiente esterno. In questo caso il controllo ambientale, anche per motivi economici, può essere integrato tra sistemi passivi di involucro, e sistemi attivi impiantistici, riducendo la necessità di un condizionamento integrale. Ciò comporta adeguate scelte di composizione delle masse, di orientamento delle superfici esterne, di dimensionamento dei rapporti volumi/superfici, di morfologia di involucro e di materiali, sia in termini di qualità architettonica che di efficienza energetica.

La scelta dei tipi di impianto in rapporto sia alle esigenze delle aree funzionali interessate sia alla forma, caratteristiche e materiali dell'involucro, si riflette sulla ubicazione delle centrali, sulla collocazione delle macchine di condizionamento, nonché sulle scelte della distribuzione delle canalizzazioni.



**Fig. 1** - *Nuovo Ospedale della Versilia: il rivestimento in cotto dei volumi tecnologici posti in testa all'edificio*

Va preferito, quando possibile, specialmente nei casi di nuova edificazione di un intero complesso, ubicare tutte le centrali tecnologiche in apposite aree, esterne all'edificio ospedaliero propriamente detto (**Fig. 1**, **Fig. 2**). Ciò si riflette sulla convenienza funzionale (si evitano interferenze con i percorsi di servizio e con il traffico dei mezzi di manutenzione e approvvigionamento, riducendo l'impatto acustico sulla attività sanitaria), sulla convenienza strutturale (si può realizzare un edificio industriale monopiano con maglia strutturale adeguata) e sull'impatto ambientale (potendo schermare adeguatamente l'area tecnologica).

**Fig. 2** - *Nuovo Ospedale della Versilia: il fronte dell'edificio su cui si attestano i volumi dei servizi tecnologici.*



L'esigenza di flessibilità nei confronti di trasformazioni funzionali si coniuga, come già detto, con l'esigenza di poter effettuare una manutenzione continua ed efficace nel rispetto della continuità del servizio sanitario riducendo al minimo l'interferenza con le attività ospedaliere evitandone l'interruzione.

## 2.2) *Impianto Tecnico*

Per risolvere questi problemi nel modo più efficiente è stato introdotto fin dagli anni '70. una soluzione particolarmente efficace basata sull'inserimento di uno o più *interpiani tecnici* contenenti le apparecchiature impiantistiche e le reti di distribuzione.

Per interpiano tecnico si intende uno spazio pienamente accessibile e percorribile, dell'altezza netta di almeno due metri, compreso tra il pavimento del piano sovrastante e il soffitto del piano sottostante.

Questo spazio è destinato alla distribuzione di impianti meccanici, elettrici e di comunicazione e in alcuni casi a sistemi di trasporto di materiali, quali tubi pneumatici o nastri trasportatori; si ottiene così l'effetto di ridurre la necessità di accesso agli impianti dagli spazi occupati sottostanti (con le conseguenti disfunzioni operative) nei casi nei quali sia necessario realizzare modifiche o riparazioni. La piena accessibilità è una

caratteristica importante nella progettazione di interpiani tecnici. Non vengono quindi considerati come edifici dotati di interpiani tecnici veri e propri quegli ospedali realizzati con solai attrezzati, accessibili solo parzialmente attraverso passerelle.

È importante considerare che gli interpiani tecnici sono stati sviluppati in primo luogo negli ospedali a causa della necessità di rispondere rapidamente e con minimi costi alle esigenze in continua evoluzione delle tecnologie diagnostiche e terapeutiche.

Tale soluzione, di grande impatto sulla progettazione architettonica, ha generato, specialmente in Italia, controversie sulla sua reale convenienza e, talvolta, accese polemiche.

I fautori dell'uso dell'interpiano tecnico hanno sostenuto (per la verità sempre un po' sommessamente) che il suo impiego comporta notevoli vantaggi, schematicamente qui riassunti:

- vantaggi di progettazione, consentendo di localizzare funzioni diverse a diversi piani senza dover dipendere dalla sovrapposizione vincolante di cavedi impiantistici;

- vantaggi di carattere costruttivo, potendosi procedere alla parallela realizzazione ed installazione delle opere edilizie interne e degli impianti senza interferenze nei cicli di lavorazione;

- vantaggi manutentivi, potendosi provvedere alla manutenzione delle opere di distribuzione degli impianti senza interferire nelle attività ospedaliere (diagnostiche, terapeutiche o alberghiere);

- vantaggi gestionali, facilitando la trasformabilità degli spazi d'uso al variare delle esigenze funzionali.

Per contro gli antagonisti rispondevano replicando:

- che il maggior costo dell'interpiano tecnico non è compensato dal valore economico di tale vantaggio;

- che il maggior volume complessivo dell'edificio, dal 20% al 40 %, comporta problemi di carattere urbanistico e ambientale;

- che, comunque, l'adozione di interpiani tecnici, comportando un maggior costo unitario di costruzione e riducendo conseguentemente la dimensione dell'intervento realizzabile con un determinato finanziamento, benché forse utile non è attuabile.

Così di ospedali dotati di veri e propri interpiani tecnici in Italia se ne sono fatti assai pochi, e con interpiani tecnici interposti ad ogni piano utile, nessuno.

È realmente giustificata questa posizione? Credo che oggi questo quesito vada riproposto e mediato con attenzione. Infatti, rispetto al passato vi è qualcosa di nuovo. Il decreto 321/89 ha posto infatti come elemento fondamentale per il giudizio positivo al fine del finanziamento di ciascuna "opera maggiore", uno studio di fattibilità, da cui emerga la convenienza alla realizzazione dell'intervento in termini di confronto tra costi e benefici, ove tra i costi vanno computati tutti quelli del *life-cycle*, la somma cioè dei costi di investimento e dei costi di esercizio, tra cui in primis i costi di manutenzione e di gestione.

In tale prospettiva deve (o meglio dovrebbe) essere superato l'angusto limite del solo costo di investimento, in genere ulteriormente limitato dalla suddivisione rigida tra costi di costruzione e costi di attrezzature e impianti speciali biomedicali.

Si apre perciò, almeno in teoria (perché le consuetudini sono dure a morire anche quando si dimostrano perdenti) un ampio spazio per riconsiderare l'impiego parziale o totale dell'interpiano tecnico nella progettazione di nuovi complessi ospedalieri, in rapporto ai vantaggi complessivi e alle controindicazioni che questo può apportare in rapporto alla totalità delle fasi del processo edilizio e delle voci di costo che vi vengono coinvolte.

Risulta pertanto a mio avviso di estremo interesse una ricerca sistematica che prenda in esame:

- quali aree funzionali di un ospedale sono soggette con maggiore probabilità a modificazione di superficie e di tecnologie in una prospettiva temporale definita, quale è l'onere di un investimento prevedibile per queste modificazioni, quali oneri gestionali può comportare il non effettuarle, ed esaminare infine quanto sopra in termini di costi/benefici;

- quali sono i costi ordinari di manutenzione impiantistica in assenza di interpiano tecnico, includendovi i costi di interruzione del servizio o di molestia alle attività ad esso conseguenti, paragonati ai costi corrispettivi in presenza di interpiano tecnico;

- quale è il costo di costruzione di un ospedale ordinario oggi in Italia e il corrispondente costo in presenza di interpiano tecnico per ciascun livello dimensionale (posti letto) e di dotazione di servizi considerabili.

In base a quanto sopra può essere indicato in forma attendibile se e quali aree funzionali traggono benefici (funzionali, gestionali, costruttivi, manutentivi), in rapporto agli eventuali maggiori oneri economici, dalla presenza di un interpiano tecnico.

Non c'è dubbio l'interpiano tecnico conviene, se si verificano alcune condizioni intrinseche al progetto:

- sia per esso prevedibile una tendenza a trasformazioni qualitative e quantitative in un futuro non remoto,

- sia un edificio ad elevata complessità tecnologica, includendo in ciò il condizionamento integrale,

- sia richiesta una rapida entrata in servizio.

Al contempo vi devono essere altre condizioni al contorno:

- il progettista deve sapersi adeguare ad una *philosophy* progettuale più impegnativa che integri e coordini tutti gli aspetti, dall'impiantistica alle strutture, alle opere edilizie, all'immagine architettonica;

- il committente deve sapersi impegnare in un processo continuo di manutenzione nonché di individuazione ed attuazione tempestiva delle modifiche necessarie ad evitare l'obsolescenza dell'opera.

Come si vede il problema della convenienza dell'impiego dell'interpiano tecnico non è né facile né di immediata soluzione.

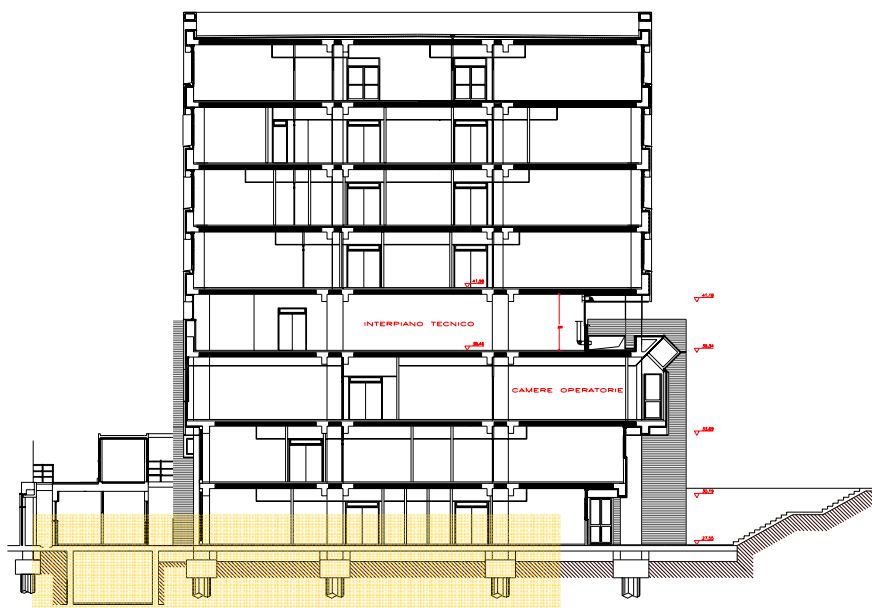
È necessario tuttavia, a mio giudizio, in una prospettiva di evoluzione dei nostri servizi e delle nostre strutture operative per adeguarsi al confronto (non solo tecnologico ed economico) con i paesi europei (ed extraeuropei), che le amministrazioni e i tecnici si impegnino in un processo di attenta e cosciente valutazione di tutte le opzioni che consentono un adeguato innalzamento dei benefici del servizio sanitario in rapporto dei costi complessivi valutati sul ciclo vitale degli investimenti. E l'impiego dell'interpiano tecnico non è l'ultima tra le opzioni da considerare.

### **2.3) Ospedale Regionale di Torrette - Ancona (progetto Carrara - Costa - Elias)**

Quando nel 1985 la Regione Marche richiese il completamento e l'ampliamento dell'ospedale iniziato nel 1970 secondo uno schema a poliblocco ormai desueto, furono esaminate varie alternative, specialmente per la definizione di un nuovo vasto corpo di fabbrica che doveva ospitare degenze in parte intensive e semintensive cardiologiche e un vasto reparto operatorio di 18 camere chirurgiche ad elevata tecnologia.

In seguito a numerose considerazioni, legate in larga parte ai condizionamenti derivanti dal complesso esistente e dal rustico da completare, fu deciso di posizionare il reparto operatorio al 2° livello fuori terra, al di sopra dell'area ambulatoriale al piano terreno, e sopra di esso tre piani di degenze.

Si poneva così il problema di come servire impiantisticamente il vasto piano delle 18 camere operatorie (circa 5.000 metri quadri), garantirne la manutenzione continua e consentirne agevolmente le probabili modifiche in rapporto all'evoluzione tecnologica richiesta in particolare per la cardiocirurgia con trapianto. Si preferì di inserire tra il piano operatorio e il superiore corpo delle degenze chirurgiche un intero interpiano tecnico (**FIG. 3**), di notevole altezza libera interna (m 3.20) ove fu installato un gruppo di condizionamento per ogni camera operatoria sottostante, con relativo riciclo ad alto volume orario secondo un modello di produzione industriale di ampia diffusione commerciale.



**Fig. 3** – Ospedale Torrette di Ancona: sezione trasversale che evidenzia la funzionalità dell'interpiano tecnico posto al di sopra del blocco operatorio.

L'interpiano tecnico nell'ospedale di Ancona, completato nel 2002, funge così da "separatore" tra il blocco degenze e il reparto operatorio, assolvendo a diverse funzioni complementari: consente lo spostamento verticale dei discendenti dei servizi igienici incolonnati nel blocco soprastante, che avrebbero interferito con l'area operatoria; consente di mantenere in loco le canalizzazioni di mandata e di estrazione dell'aria dall'operatorio, con riduzione dei percorsi verticali ed eliminazione dei corrispondenti cavedi, consente di alloggiare i locali pompe, quadri elettrici etc. in sede adeguata in prossimità dei gruppi condizionatori; consente ampio spazio di manovra per la manutenzione e la sostituzione di materiali e apparecchiature.



**Fig. 4** – Ospedale Torrette di Ancona: un'immagine esterna del fronte dell'edificio che accoglie il blocco operatorio; molto evidente la differenziazione formale tra i piani delle degenze e il piano delle camere operatorie divise dall'interpiano tecnico

In termini architettonici il nastro vetrato dell'interpiano tecnico, arretrato rispetto al filo della facciata, costituisce cesura formale tra il compatto volume delle degenze e il sottostante reparto operatorio marcato da un'ampia fascia piena sovrastante la arretrata trasparenza degli ambulatori (**Fig. 4**).

2.4) Padiglione malattie infettive, laboratori medicina nucleare e farmacia . Ospedale di Careggi – Firenze (progetto Carrara Manetti Stoppioni)

Il nuovo padiglione polifunzionale dell'ospedale di Careggi, progettato nel 1990 e realizzato in 2 tranches entro il 1997, presentava numerose peculiarità: innanzitutto un piano destinato a reparto di 80 letti di malattie infettive, il primo progettato in Italia per malati di AIDS, con la consulenza del prof. Elio Guzzanti, con le implicazioni ambientali e impiantistiche ben note; un piano sottostante, di circa 3.000 metri quadri, destinato ai laboratori dell'intero presidio ospedaliero di Careggi (circa 2.000 letti); un ulteriore piano sottostante agli altri due, destinato ad ambulatori e a servizio di medicina nucleare; infine, a livello seminterrato, la farmacia generale dell'ospedale.

La complessa interrelazione delle funzioni, la necessità di prevedere adeguamenti e modificazioni nel tempo dei sistemi funzionali e conseguentemente impiantistici, la necessità di effettuare una efficiente manutenzione dei sistemi integrati di servizio alle differenti aree funzionali, hanno condotto ad uno schema progettuale che coniuga le soluzioni distributive con le scelte strutturali in termini di espressione architettonica.

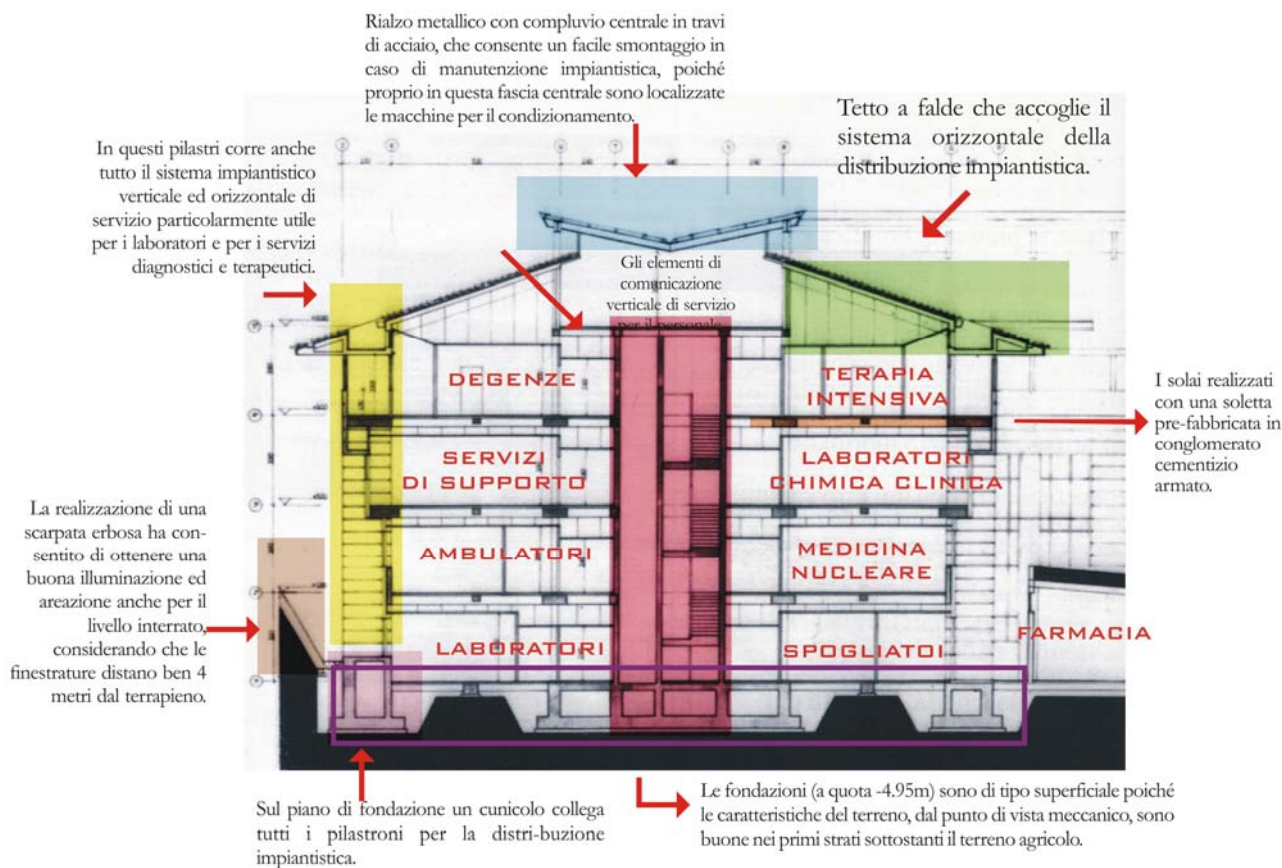
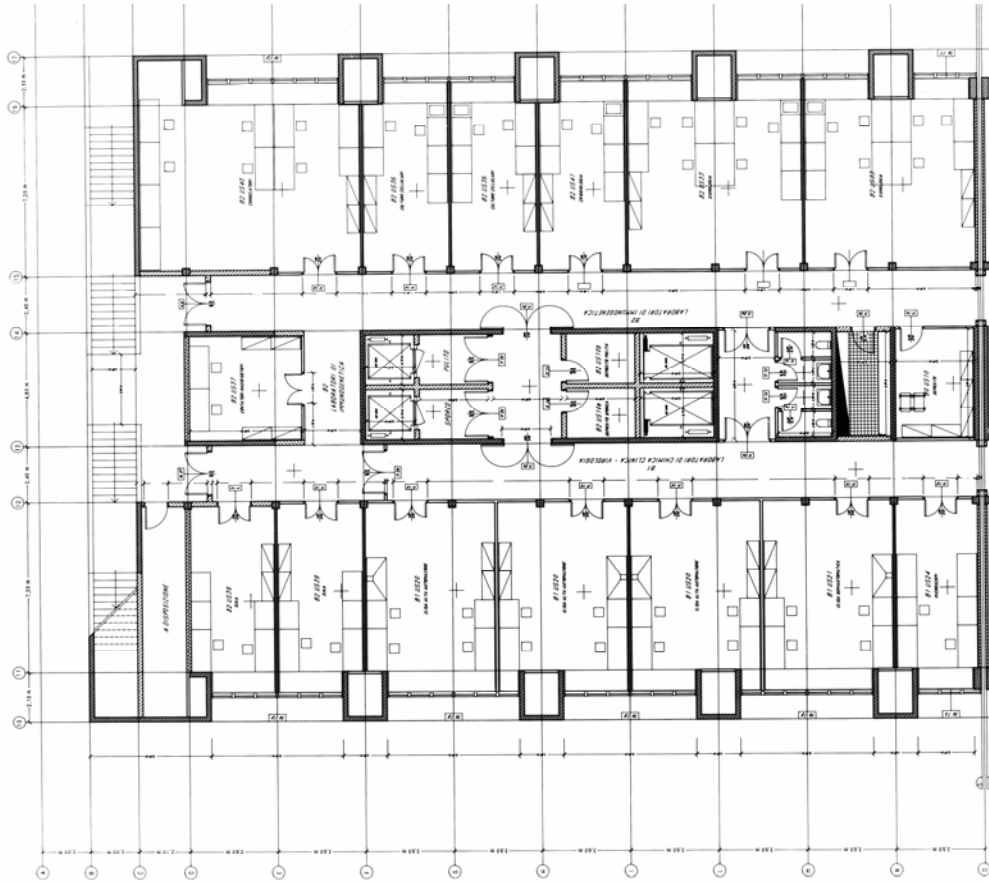


Fig. 5 – Padiglione malattie infettive dell'Ospedale di Careggi: sezione trasversale che illustra il sistema di distribuzione impiantistica perfettamente integrato con le altre scelte progettuali (architettonico-edilizie e strutturali)

Lo schema è basato su un corpo quadruplo di grande spessore (circa 22 metri) impostato al perimetro su grandi colonne in calcestruzzo quadrate cave (di circa 2.50 metri di alto) costituenti l'ossatura dell'edificio assieme con una doppia spina centrale di pilastri entro i quali sono situati i cavedi verticali. In copertura, a tetto, una controfalda in struttura di acciaio smontabile alloggia un intero piano tecnico che corre a spina lungo tutto il corpo di fabbrica a C (Fig. 5).



**Fig. 6** – Padiglione malattie infettive dell’Ospedale di Careggi: un’immagine interna del piano tecnico superiore.

Ne consegue una organizzazione al tempo stesso architettonica, strutturale e impiantistica fortemente integrata.

Il lungo prospetto, di circa 120 metri, marcato superiormente dal ballatoio visitatori delle degenze-infettivi, è scandito dai piastroni quadrati che definiscono un ordine gigante che altera e riduce le proporzioni dell’edificio. In grande tetto sporgente, di chiaro riferimento fiorentino, è ribadito sul colmo da una lunga asola schermata, anch’essa tendente a modificare le proporzioni figurative del complesso. Al contempo nei grandi pilastri cavi, percorribili internamente dal personale di servizio, sono alloggiare tutte le reti delle canalizzazioni a servizio dei laboratori di analisi e degli ambulatori. I gruppi di condizionamento, di notevole importanza, stante anche le particolari esigenze del reparto infettivi, sono collocati nel piano tecnico superiore (**Fig. 7**) e le canalizzazioni dell’aria discendono nei cavedi modulari posti nella spina centrale.

La smontabilità, anche parziale, della struttura di copertura garantisce la sostituibilità degli elementi impiantistici dal basso mediante una gru semovente.



**Fig. 7** – Padiglione malattie infettive dell’Ospedale di Careggi: un’immagine interna del piano tecnico superiore

### **3) EVOLUZIONE NORMATIVA E PROBLEMATICHE LEGATE ALLA PROGETTAZIONE**

#### **3.1) Impianti Trattamento Aria - Generalità**

La normativa italiana sull'edilizia ospedaliera è stata come "ingessata" fino all'avvento del cosiddetto Decreto Bindi D.P.R. 14 Gennaio 1997. Precedentemente si faceva riferimento alle normative straniere ed a norme di buona tecnica: anche le norme UNI non hanno dato contributi significativi fino a quegli anni, per cui i progettisti più aggiornati facevano riferimento a normative estere ed in tale eventualità gli impianti progettati risultavano nettamente più costosi rispetto a chi si limitava a rispettare i pochi riferimenti normativi presenti nel ns. paese come la Circolare LLPP n. 13011/74.

Con il decreto D.P.R. 14 gennaio 1997 si stabilirono alcuni punti fermi come ad esempio per le camere operatorie ove fu scritto che erano necessari 15 Vol/h di aria esterna ma si diceva anche che non era ammesso ricircolo.

Tale affermazione contraddiceva ciò che in molti paesi si stava già facendo per cui le successive Linee Guida dell'ISPESL del 23/07/1999 ammettevano, che fatti salvi i 15 Vol/h di aria esterna, si potevano incrementare i ricircoli di aria utilizzando anche aria di ricircolo limitata alla singola sala operatoria: in altre parole si può ricircolare aria della stessa sala operatoria, ma non si può ricircolare aria di una sala operatoria e portarla in un'altra. Tale affermazione vale soprattutto per gli impianti a flusso laminare o misti (vedi capitolo I3(4) ed in particolare la nota 1.

Con la possibilità di ricircolo le ns. sale operatorie sono state equiparate a quelle progettate ed installate nei paesi più evoluti (Svizzera, Germania, Paesi Scandinavi e Stati Uniti) potendo ottenere camere operatorie classificate ISO5 o migliori come da norma ISO14644 senza un dispendio esagerato di energia.

L'applicazione di tale tecnologia ha portato alla realizzazione di U.T.A. di elevata complessità, molto frazionate (soluzione ideale n. 1 sala operatoria) e di notevoli dimensioni.

Con l'utilizzo di impianti a tutt'aria con le portate di cui sopra, le canalizzazioni hanno dimensioni notevoli per cui è necessario avere un piano tecnico al servizio delle aree ad elevata tecnologia (sale operatorie, terapie intensive, ostetricia, infettive, radiologia, tac, rmn, pet, medicina nucleare, ematologia, etc...) o in mancanza di piani tecnici si ha necessità di avere zone controsoffittate di notevole spazio sopra il controsoffitto e cavedi tecnici.

Il D.P.R. 14 gennaio 1997 non da parametri precisi per altre zone ad elevata tecnologia, però ormai i progettisti hanno preso dimestichezza con i parametri previsti da altre normative e norma UNI 10339 ha stabilito parametri per varie zone dell'ospedale colmando un vuoto normativo.

Anche le aree adibite a degenza, pur non essendovi normative specifiche, hanno avuto un notevole sviluppo tecnologico in questi anni.

Le norme ancora presenti si riferiscono alla circolare 13011/74 dei LL.PP. per cui è prescritto solo un ricambio d'aria di 2 Vol/h senza prevedere l'obbligo del condizionamento.

La tendenza attuale è, avendo l'ospedale climatizzato nelle aree ad alta tecnologia, di climatizzare anche le degenze.

Normalmente si escludono gli impianti a tutt'aria che per garantire il condizionamento richiederebbero 6-8 Vol/h e relativi canalizzazioni di notevoli dimensioni; gli impianti previsti sono gli impianti ad aria primaria (che rispettano i limiti della circolare dei LLPP n. 13011/74) con elemento statico idronico costituito e da travi fredde, induttori o soffitti radianti (soluzione che garantisce il massimo confort ma che ha il costo più elevato). Tutte queste soluzioni richiedono notevoli spazi tecnici per le canalizzazioni, tubazioni, sottocentrali termiche, centrale termofrigorifera e centrali trattamento aria.

#### **3.2) Impianti Trattamento Aria per le Degenze**

La Circolare dei LL.PP. n. 13011/74 impone per le degenze aria di rinnovo (aria esterna) pari a 2 volumi.

Con tale valore non si riesce ad ottenere il condizionamento per cui è necessario integrare l'impianto ad aria con elementi idronici.

Si escludono i ventilconvettori in quanto, causa la presenza dei filtri richiedono una notevole manutenzione e possono essere causa di infezioni, oltre al fatto avendo ventilatori inseriti nel mobiletto a causa di deposito di polvere si sbilanciano e creano rumorosità.

Altra soluzione potrebbe essere impianto a tutt'aria, ma richiedendo almeno 6 vol/h i canali risulterebbero di elevate dimensioni con difficoltà di inserimento.

Si analizzano di seguito alcune tipologie previste per le degenze:

##### **3.2.1) Impianto ad aria primaria più induttori da canale (si analizza tale utilizzato nella ristrutturazione di un reparto DEA)**

###### **Degenze inserite in reparto DEA denominato di Medicina d'urgenza**

In tale tipo di reparto D.E.A. che ha caratteristiche strategiche e di pubblica utilità (il reparto DEA deve essere concepito che anche in caso di catastrofe naturale (esempio evento sismico) deve mantenere la sua funzionalità) molto importante è la valutazione della interconnessione degli impianti nella struttura.

Nel caso in esame, trattandosi di edificio storico che deve avere caratteristiche di elevata resistenza agli eventi sismici, ha avuto molta importanza la determinazione e la scelta di come realizzare le aperture sui muri portanti e sui solai.

Per la realizzazione dell'impianto di condizionamento si è prevista la seguente realizzazione:

- Impianto ad induttori canalizzati più aria primaria.

La scelta di tale tipo di impianto è stato dettato dal seguente vincolo:

- realizzare un impianto di condizionamento limitando i ricambi aria al minimo previsto dalle normative.

Tale scelta è stata vincolata dalla necessità di avere canali più piccoli possibile per evitare lacerazioni sui muri portanti e sui solai e per poterli poi inserire nei pochi cavedi che all'interno dell'edificio si sono realizzati.

Il numero di aria di rinnovo minima necessaria è dettata dalla Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 13011/74 che per le degenze è pari a 2.

Nel progetto in esame si è progettato con 3,5 volumi/h di aria esterna e 2,5 vol/h di estrazione per avere poi l'impianto in pressione.

L'induttore inserito nel canale induce poi almeno altri 2,5 vol/h per cui l'aria in movimento all'interno dell'ambiente è pari a 6 vol/h, quantità d'aria sufficiente per ottenere anche un buon condizionamento estivo.

Si è optato per tale scelta scartando le soluzioni alternative di seguito indicate per i seguenti motivi:

- ventilconvettori + aria primaria (tale soluzione è stata abbandonata per motivi legati alla manutenzione dei filtri che difficilmente viene effettuata, alla presenza di bacinella di scarico condensa che può essere fonte di infezione e dalla rumorosità dovuta ai ventilatori che nel tempo se non puliti causa deposito di polvere determinano dei piccoli dissanamenti e quindi rumorosità).

- Impianto a pavimento + aria primaria (in quanto lo spessore del massetto non garantisce la realizzazione di tale impianto ed anche per la contrarietà della Direzione Sanitaria che non gradiva la presenza di una fonte fredda sotto i piedi di malati che se deambulanti hanno ciabatte e quindi sono molto sensibili).
  - Impianto a soffitto radianti + trave fredda (per la non possibilità di realizzare ovunque un soffitto radiante causa la presenza di strutture in calata).
  - Impianto a tutt'aria (per limitare le dimensioni dei canali nella ristrutturazione già molto invasiva).
- Analizziamo ora il tipo di impianto realizzato e le problematiche relative.

**Descrizione induttore e particolari di installazione (Fig. 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13).**

L'induttore è costituito da un corpo cilindrico in acciaio inox L304 che contiene uno scambiatore di calore acqua-aria in rame stagnato a elevata efficienza e monta all'estremità d'uscita dell'aria, un ugello calibrato amovibile in polipropilene.

Lo scambiatore, che ha struttura a spirale a doppio stadio, è isolato dal corpo cilindrico a mezzo di schiuma poliuretanic ed è rivestito, per cataforesi, in resina epossidica contro l'aggressione delle condense acide (batterie fredde).

Esso è collocato a monte dell'ugello calibrato ed è attraversato solo dall'aria primaria (efficacemente filtrata in UTA), pertanto non è soggetto ad intasamento.

Questo aspetto è di grande rilevanza infatti, a differenza di quanto avviene in altri sistemi che sfruttano l'effetto induttivo, in induttore lo scambiatore non è mai attraversato dall'aria ambiente, che è sempre inevitabilmente inquinata da contaminanti di varia natura; questi ultimi vengono diluiti ed eliminati rapidamente senza potersi depositare e accumulare nello scambiatore, inficiandone l'efficienza e trasformandolo in ricettacolo di polveri e di sporco.

Nella parte inferiore del corpo cilindrico, a valle dello scambiatore, un orifizio consente il drenaggio continuo sotto pressione (200 Pa circa) della condensa, pertanto sono assenti fenomeni di accumulo.

La struttura rettilinea microcanalizzata, consente allo scambiatore di rettificare il flusso dell'aria in transito, evitandone brusche accelerazioni ed eliminando quindi fenomeni di trascinamento di particelle di condensa.

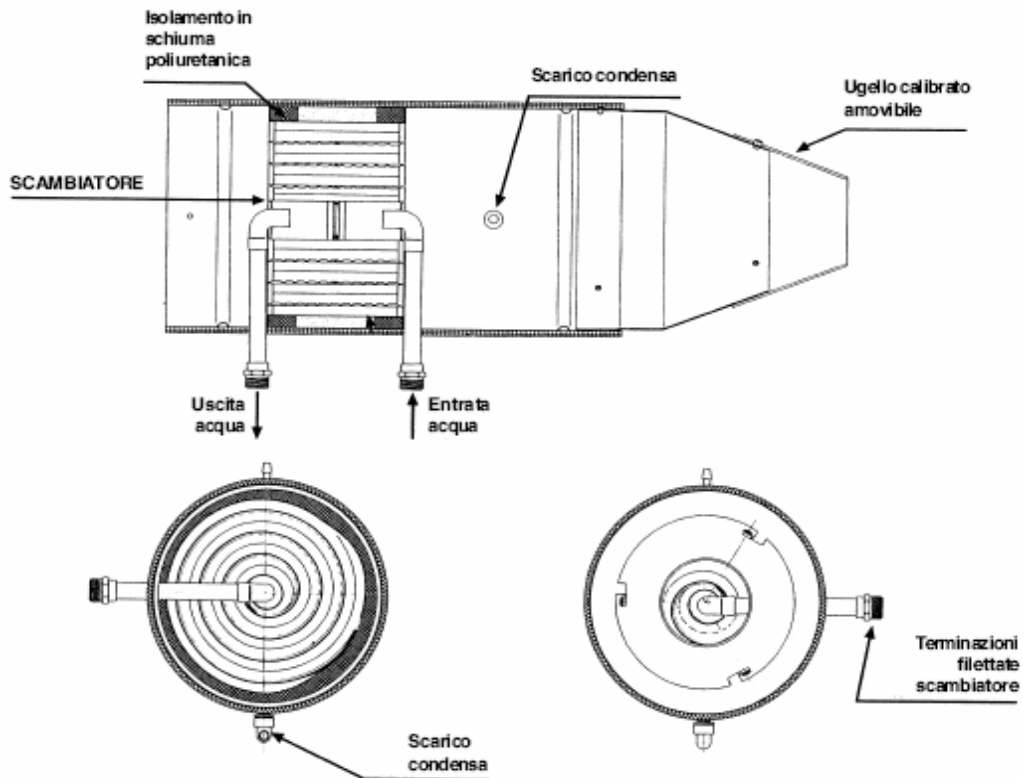


Fig. 8



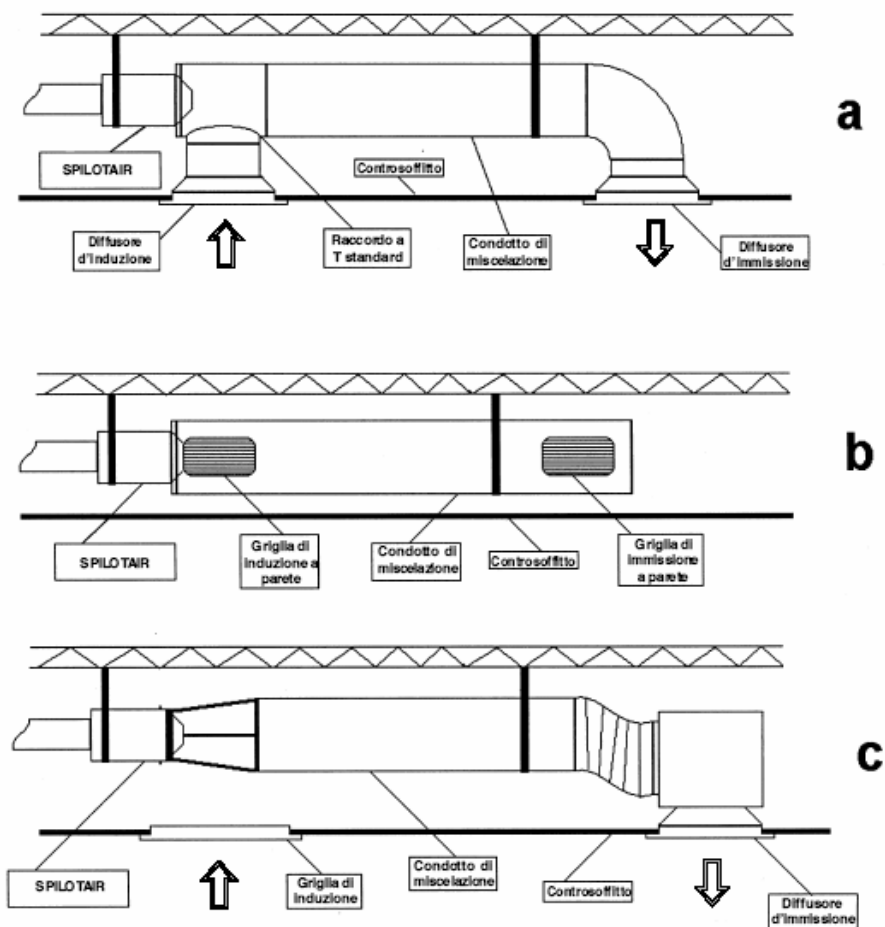


Fig. 9 - Particolare installazione induttori

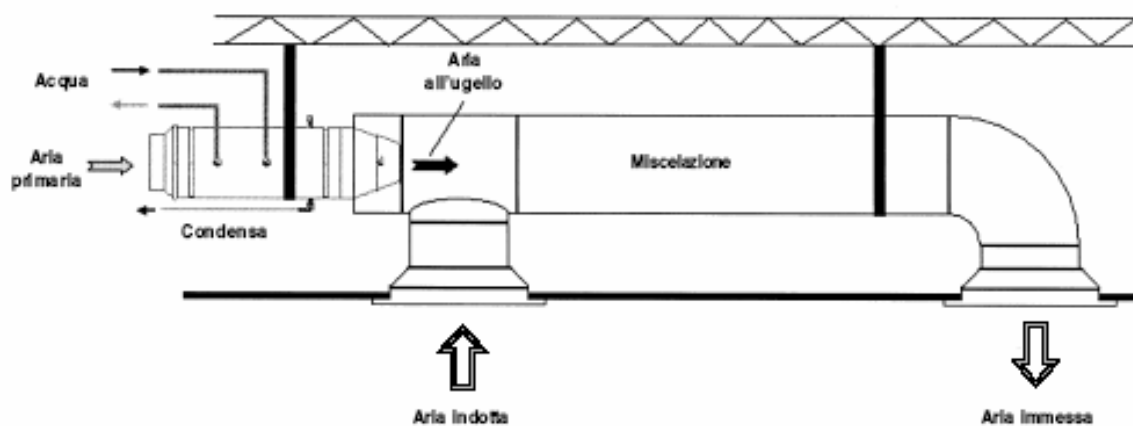


Fig. 10 - Principio di funzionamento

L'aria primaria trattata in UTA attraversa lo scambiatore dell'induttore, dove subisce il secondo trattamento e giunge all'ugello dove viene accelerata.

All'uscita dell'ugello la pressione dinamica dell'aria ad alta velocità (15 m/s circa) supera la pressione totale creando una depressione statica che richiama dal diffusore d'induzione l'aria ambiente.

Quest'ultima si miscela progressivamente con l'aria all'uscita dell'ugello decelerandola lungo il condotto di miscelazione fino a giungere al diffusore d'immissione ad una temperatura prossima alla temperatura ambiente.

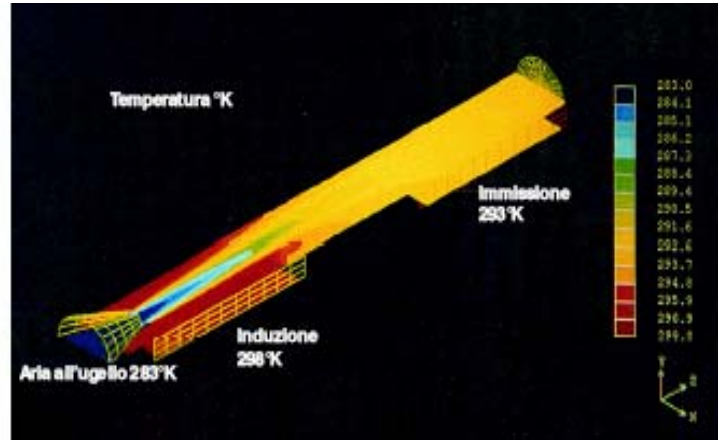
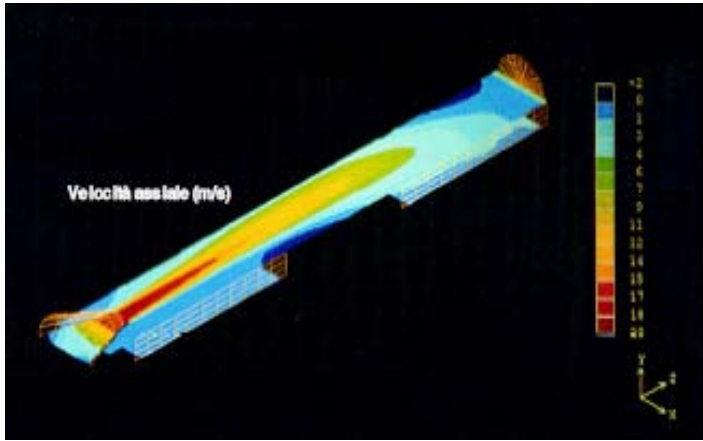


Fig. 11

Due sono le conseguenze di questo principio:

- **la quantità d'aria immessa in ambiente risulta considerevolmente aumentata rispetto alla quantità d'aria primaria fornita dalla UTA**, ciò consente di incrementare la ventilazione del locale, evitando deleteri fenomeni di ristagno.

L'induttore incrementa la portata d'aria immessa in ambiente rispetto alla portata d'aria primaria, di un fattore  $t$ , detto tasso d'induzione.

- **l'aria primaria viene immessa in ambiente con un salto termico contenuto**, ciò costituisce un grande vantaggio infatti, fenomeni di caduta in raffreddamento e fenomeni di stratificazione in riscaldamento risultano in tal caso facilmente controllabili e ne scaturisce una uniforme distribuzione della temperatura e della velocità dell'aria.

L'induttore riduce il salto termico tra aria ambiente e aria immessa di un fattore  $t$ , detto tasso d'induzione.

**Esempio realizzazione**

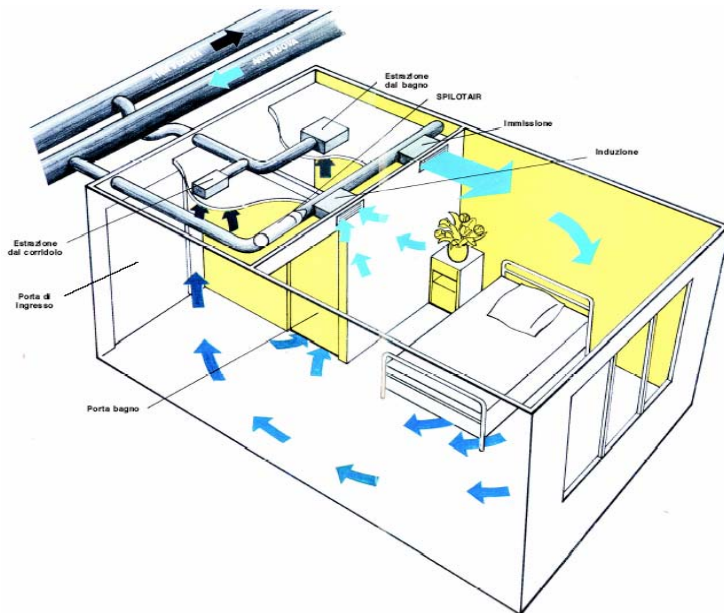
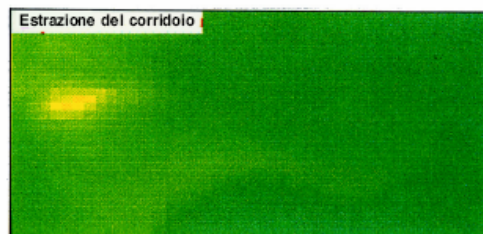
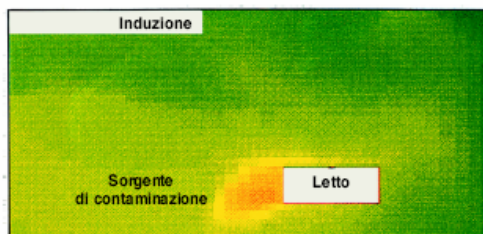
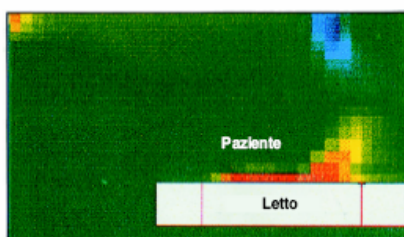


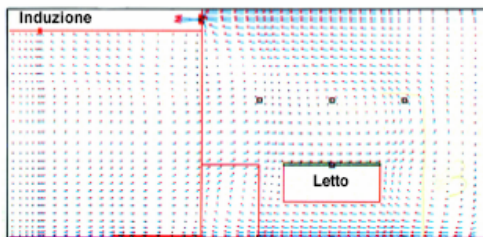
Fig. 12



L'aria inquinata (arancione) viene rapidamente estratta; assenza di zone di ristagno dove gli inquinanti si accumulano



Termografia: grande uniformità di temperatura



Campo di velocità: assenza di correnti

Fig. 13

### **Silenziosità**

Per quanto un motore elettrico possa essere silenzioso, esso rappresenta sempre una sorgente crescente di rumore, a causa dell'usura dei relativi supporti e a causa dei fastidiosi fenomeni di attacca-stacca.

L'induttore è privo di organi meccanici in movimento, pertanto è estremamente silenzioso e conserva questa qualità nel tempo.

Le prove effettuate in camera riverberante (CETIAT n. 920289/7) e le misurazioni eseguite in locale campione lo hanno confermato.

Il livello di pressione sonora in ambiente dipende da molti fattori: dalla potenza sonora a monte, dall'attenuazione propria e dalla potenza sonora propria (rumore secondario) dell'induttore, dalla tipologia di installazione e dalle caratteristiche dell'ambiente (superficie equivalente, fattore di direttività, posizionamento e tipo di diffusori utilizzati).

L'attenuazione sonora propria dell'induttore è tipicamente di 3-5 dB (a seconda della distribuzione spettrale di potenza sonora a monte), mentre la potenza sonora propria mostra una modesta componente alle basse frequenze e ciò favorisce l'attenuazione dovuta al locale.

In definitiva sono possibili selezioni, a mezzo di software dedicato, per 38-35-30 dBA in ambiente, corrispondenti a livelli di silenziosità normali/medi/alti.

Ogni selezione tiene conto della portata d'aria primaria, delle relative condizioni termoigrometriche, di una stima della potenza sonora complessiva rete-induttore, dell'attenuazione dovuta all'ambiente (valutata 6 dB) e della pesatura "a".

### **Assenza di manutenzione**

L'induttore non richiede praticamente manutenzione: l'assenza di motori elettrici e in generale di organi meccanici in movimento, l'assenza di elementi filtranti che richiedono una sostituzione periodica, l'adozione di un solo ugello calibrato in luogo di una serie di microugelli di facile intasamento, l'adozione di uno scambiatore rivestito (lato aria) in resina epossidica, che non viene mai attraversato dall'aria ambiente, concorrono a ridurre la manutenzione praticamente a zero e a rendere l'induttore particolarmente affidabile.

### **Requisiti**

Il diametro d'uscita dell'ugello viene calibrato al fine di avere una caduta di pressione totale (somma della caduta sullo scambiatore più la caduta sull'ugello) pari a 250/300/350 Pa (SAM-C, SAM-F, SAM-CF) +/- 25 Pa, alla portata nominale, con aria primaria nelle condizioni termoigrometriche di progetto.

Questa condizione deve corrispondere al punto di lavoro dell'induttore (primo requisito).

In queste condizioni, l'aria all'uscita dell'ugello ha energia sufficiente per vincere 15 Pa max. di caduta di pressione sull'induzione (secondo requisito) e 25 Pa max. di caduta di pressione sull'immissione (terzo requisito).

Soddisfatti questi tre requisiti, l'induttore consente di raggiungere un tasso d'induzione  $t$  prossimo a 2,5.

Da quanto sopra esposto le particolarità da rispettare nell'installazione sono:

- tale tipo di realizzazione prevede che tra l'induttore ed il diffusore di immissione vi sia una condotta di automiscelazione spiroidale la cui lunghezza deve essere  $\geq 6 \times D$  (vedi **Fig. 14**);
- prima di tale condotta va realizzato un canale in griglia perforata e sotto di essa una griglia che permetta induzione e aspirazione;
- come si vede dallo schema ogni induttore che serve una stanza è dotato di proprio regolatore comandato da sonda di temperatura.
- Per quanto riguarda lo scarico condensa vi è una camicia esterna collegata a tubazione di scarico condensa che come aspetto positivo ha il fatto che la condensa causa pressione viene subito espulsa e non staziona in bacinella.

Nella realizzazione di tale impianto si è verificato che non sempre è possibile rispettare la distanza richiesta per il condotto di automiscelazione.

Aspetto delicato nella realizzazione di tale impianto è la garanzia di tenuta del canale in quanto è richiesta una pressione di 300pa il che determina la presenza di ventilatori ad alta prevalenza che possono indurre rumorosità se non vengono applicati tutti gli accorgimenti necessari.

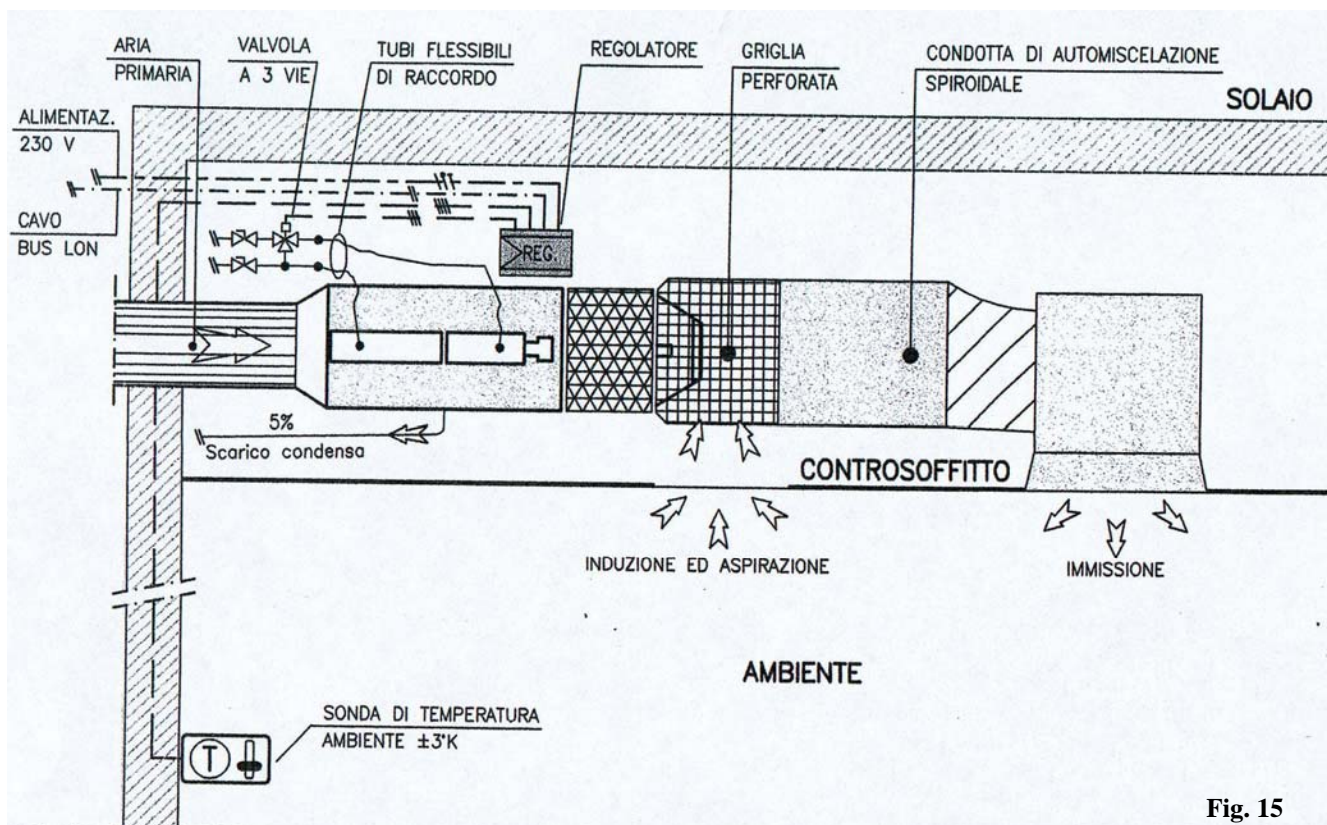
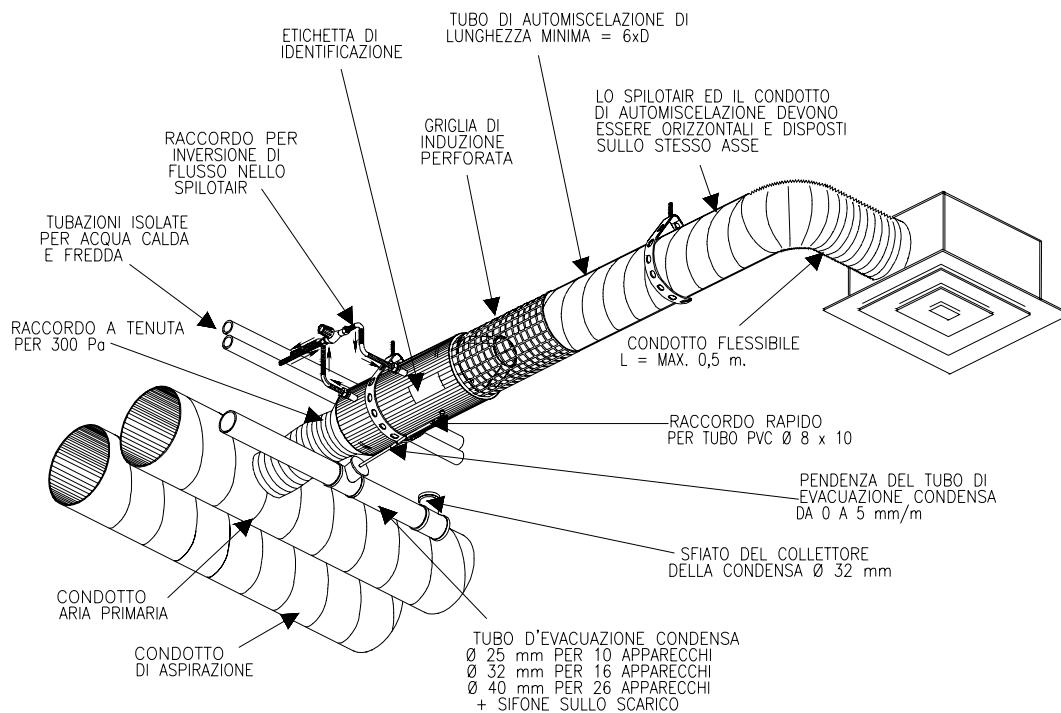
Nell'applicazione in oggetto particolarmente impegnativo è stato lo studio per l'installazione delle UTA ed i provvedimenti necessari per limitare al massimo la diffusione sonora.

Per installare le UTA previste nell'intervento ed in quelli successivi si è prevista la realizzazione di una passerella metallica su un lato, con la presenza di una cofanatura dotata di materiale assorbente atto a limitare la diffusione sonora verso gli ambienti limitrofi e di una torre tecnologica sopra il nuovo vano scala di sicurezza su lato opposto.

Per quanto riguarda la cofanatura che funge da barriera antirumore, all'interno della stessa vi è materassino in lana di basalto a fibra lunga tipo idrorepellente per esterno da 60 mm di spessore. Con tale materiale si ottengono i seguenti dati:

	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
$\alpha$ =coefficiente di assorbimento acustico	0,18	0,60	0,97	0,90	0,78	0,88

**Fig. 14 - PARTICOLARE INSTALLAZIONE INDUTTORE**



**Fig. 15**

**Fig. 16 - Scarico condensa**



Per quanto riguarda i provvedimenti per ridurre la rumorosità delle macchine, dato che le stesse sono poste in prossimità di ambienti ospedalieri da un lato e di abitazioni separate da una strada interna dall'altra, le pareti delle UTA sono così composte:

- Come pannellatura della UTA si è prevista una realizzazione con pannelli in poliuretano da 54 mm di spessore per tutte le sezioni ove non si hanno ventilatori (in tali sezioni la diffusione del rumore è limitata ed è prevalente la problematica legata alla riduzione delle dispersioni termiche).

- Per le sezioni con ventilatore si sono previste pannellature con 54 mm di lana di roccia ed interposta lamina di piombo.

Si allegano di seguito i dati relativi agli attenuamenti della potenza sonora per i pannelli della UTA con prove eseguite presso Politecnico di Milano.

	Bande d'ottava (dB)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Pannello plastificato/Zincato standard								
<b>PANNELLO 25 POL.</b>	-11	-11	-15	-17	-19	-21	-30	-33
<b>PANNELLO 54 POL.</b>	-11	-11	-17	-19	-18	-31	-38	-39
PANNELLO 54 LANA	-15	-15	-22	-22	-23	-31	-39	-39
<b>Lamina di piombo</b>	-2	-2	-9	-9	-12	-13	-17	-16

### 3.2.2) Impianto a tutt'aria per degenza di isolamento del DEA e Terapia intensiva.

#### Degenze per isolato di Terapia intensiva

Nel reparto di terapia intensiva vi sono alcune degenze per isolato che a seconda della patologia possono essere destinate a:

- 1) Immuno depresso;
- 2) Infettivo.

Nel caso di Immuno depresso l'ambiente degenza deve essere in pressione rispetto al filtro (che risulterà essere l'ambiente a maggior depressione) e così il corridoio ed il bagno.

Nel caso in cui si abbia viceversa un paziente infetto la depressione più elevata dovrà essere nella degenza stessa e nel bagno.

La realizzazione di tali due posizioni viene realizzata con un gioco di serrande motorizzate il cui comando è in automatico girando una chiave azionata da personale infermieristico (vedi **Fig. 17 – 18 – 19 – 20**).

La UTA (**Fig. 21**) per tali ambienti è dedicata unicamente a tali ambienti.

Le caratteristiche degli impianti sono:

- impianto a tutt'aria esterna con recupero;
- aria sul lato paziente con  $V \leq 0,12$  mt/sec.;
- filtrazione HEPA – sulla presa d'aria esterna e sulla ripresa e sui diffusori.

Per tali UTA si prevede l'uso di recupero tramite batterie con pompa intermedia ed acqua glicolata, e ciò per evitare eventuali mescolamenti tra aria immessa ed espulsa (vedi **Fig. 21**).

Altro aspetto importante è che l'aria espulsa va filtrata e sul canale d'espulsione è installato un contenitore di sicurezza con cassetta anticontaminazione per la sostituzione del filtro stesso in modo che il personale che esegue le manutenzioni non venga in qualche modo infettato. Tale contenitore di sicurezza da canale per anticontaminazione è costituito da sacco barriera per filtri e tasche + filtri assoluti. Portello frontale per estrazione filtro sotto sacco barriera. In tale contenitore sono previsti i seguenti accessori: - Prese di pressione per misurazione perdita di carico su ogni singolo stadio di filtrazione. - Quadro di controllo perdite di carico con manometro differenziale, tubi di collegamento e rubinetti di esclusione. - Sonde per collaudo in situ con aerosol di prova. - Sistema di decompressione (con filtro assoluto a cartuccia) per facilitare lo sviluppo dei sacchi barriera.

Tale apparecchiatura è installata negli impianti infettivi dell'UTIC e della Medicina d'Urgenza.

In tale applicazione come già detto si è progettato un impianto a tutt'aria e si è considerata una portata pari a 10 vol/h.

I canali, contrariamente alle degenze di Medicina di urgenza, vengono di maggiori dimensioni, ma essendo pochi gli ambienti che vengono poi alimentati da una UTA dedicata, le dimensioni globali dei canali non sono "enormi" per cui le lacerazioni sui muri portanti sono risultate accettabili.

Il diffusore utilizzato è dotato di filtro assoluto con classe di efficienza secondo EN 1822 pari a H14 con efficienza globale MPPS – EN 1822 > 99,995%

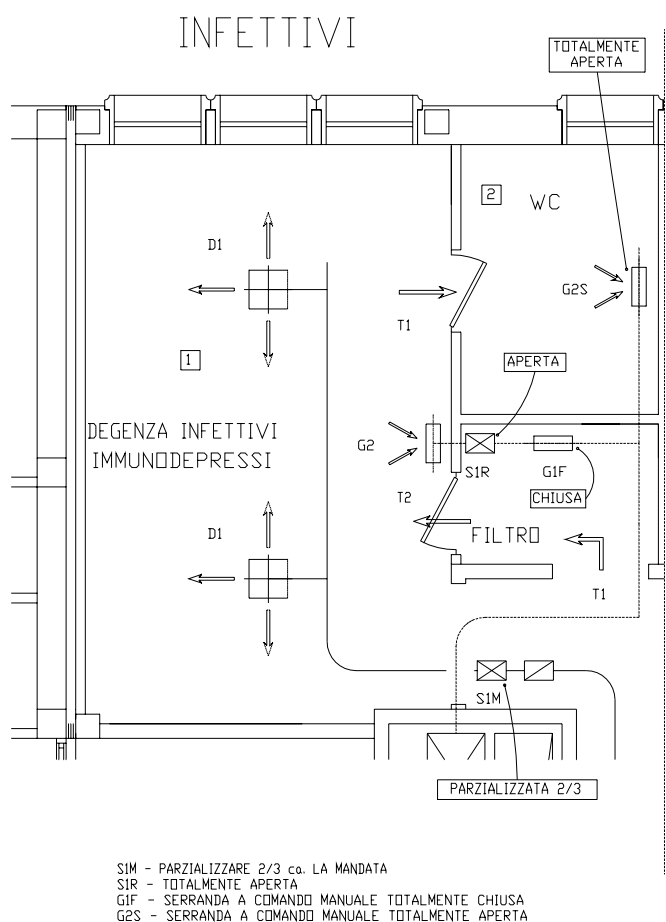
con efficienza locale MPPS – EN 1822 > 99,975%

velocità frontale – 0,45 mt/sec.

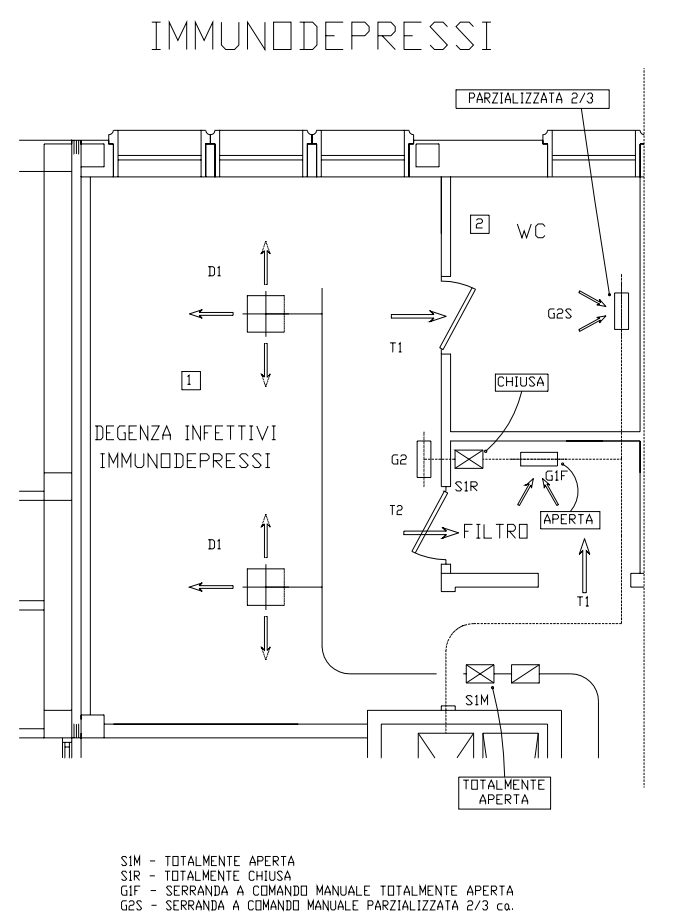
$\Delta p$  nominale – 125 Pa

- La sigillatura viene eseguita con resina poliuretanica bicomponente.
- La guarnizione è in neoprene a cellule chiuse con profilo semitondo.
- Test secondo EN 1822 – parti 4 – 5.

**Fig. 17**

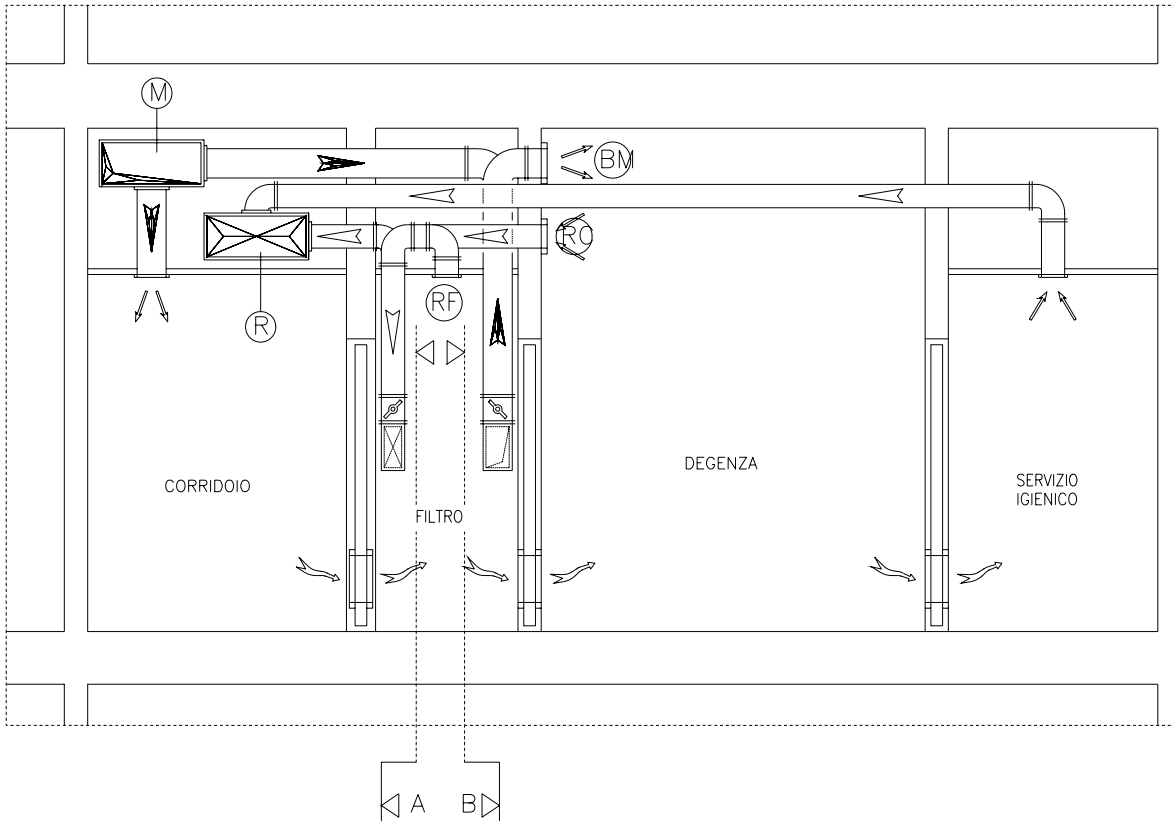


**Fig. 18**



SCHEMA DI FUNZIONAMENTO PER INFETTIVI

Fig. 19



SCHEMA DI FUNZIONAMENTO PER IMMUNODEPRESSI

Fig. 20

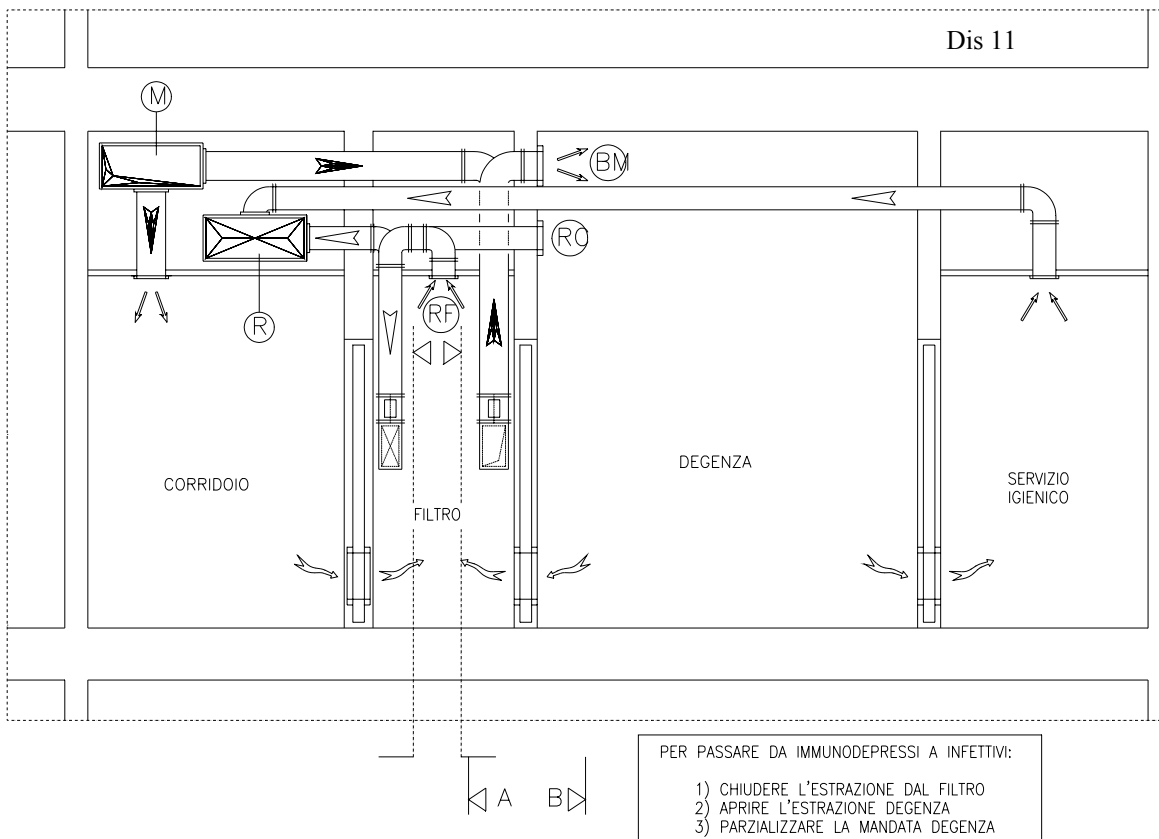
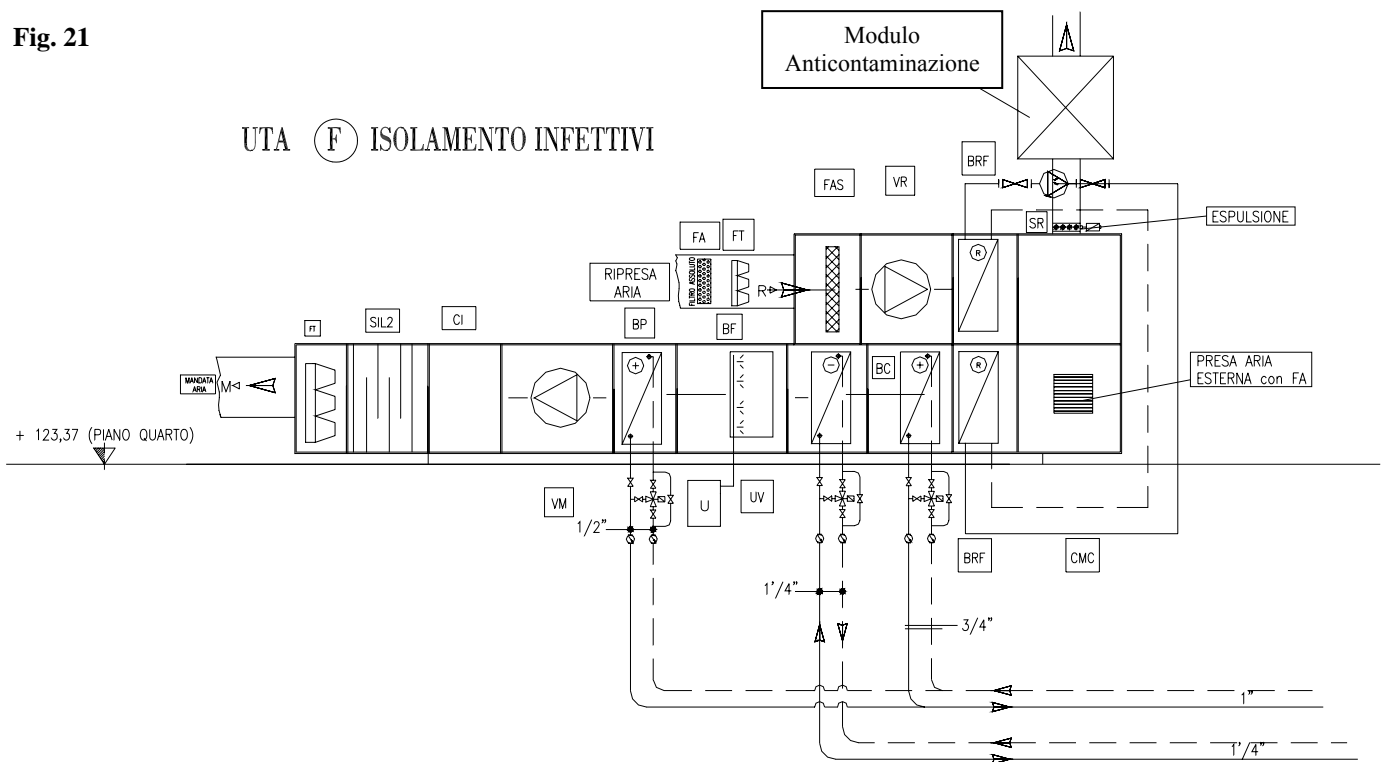


Fig. 21



Altro sistema utilizzato in applicazioni allo studio per realizzare tale tipo di funzione (cambio pressione) vista la delicatezza del gioco delle serrande è il sistema così detto con Valvola Venturi ACCEL – II. Passiamo ora alla descrizione dei singoli componenti:

### Valvole Venturi

La valvola venturi che viene utilizzata è dotata di un regolatore meccanico che ne consente il funzionamento indipendentemente dalle variazioni di pressione del sistema e da un'unità di controllo.

Questo sistema permette di mantenere il prefissato valore di portata anche in presenza di variazioni di pressione nel condotto e di modificare questo valore, quando le condizioni lo richiedano, con elevata rapidità.

Con queste valvole è possibile ottenere uno scostamento massimo di  $\pm 5\%$  tra il valore di portata richiesto dal segnale in ingresso e quello effettivamente trattato, con un tempo di risposta inferiore ad 1 secondo sia nei confronti delle variazioni di pressione nel circuito, sia nei confronti del segnale in ingresso che fornisce il valore della portata richiesta.

Grazie al particolare meccanismo di regolazione non è necessario avere dei tratti rettilinei di canale a monte o valle della valvola, cosa che è invece necessaria nelle normali cassette a portata variabile con croce di misura.

Sono disponibili per portate tra 60 e 10.000 m<sup>3</sup>/h e la loro realizzazione consente un deciso abbattimento della rumorosità alle basse frequenze (125 – 500 Hz).

La sezione di controllo lavora con segnali 0 – 10 Vcc, fornendo in uscita il segnale per la variazione di portata e, eventualmente, il segnale di allarme in caso di malfunzionamento; come input riceve un analogo segnale analogico di feedback sul valore istantaneo di portata in transito.

Vediamo in dettaglio il funzionamento di questi due componenti che fanno parte della valvola venturi:

### Regolatore meccanico

Il braccio meccanico al quale è vincolata la leva di supporto del cono, ruotando attorno ad un perno, modifica la sezione di passaggio dell'aria all'interno della valvola, consentendo di modificare il valore di portata secondo le richieste del sistema.

All'interno del cono è presente una molla appositamente progettata per consentire al flusso d'aria di rimanere costante anche in caso di fluttuazioni della pressione nel canale; queste variazioni di portata, che possono tra l'altro dipendere dall'apertura o chiusura di altre cappe o da una variazione nella richiesta di portata in mandata o in ripresa, non devono influenzare in alcun modo il funzionamento delle singole estrazioni.

Il funzionamento è visibile in Fig. 22: quando la differenza di pressione statica a monte e a valle del cono è bassa (250 Pa in Disegno), la forza che agisce sul regolatore è anch'essa di scarsa entità e la molla nel cono può espandersi; appena la differenza di pressione statica aumenta (750 Pa in Disegno), la forza che agisce sul cono aumenta, la molla si comprime ed il cono stesso si muove all'interno della valvola per mantenere il prefissato valore di portata.



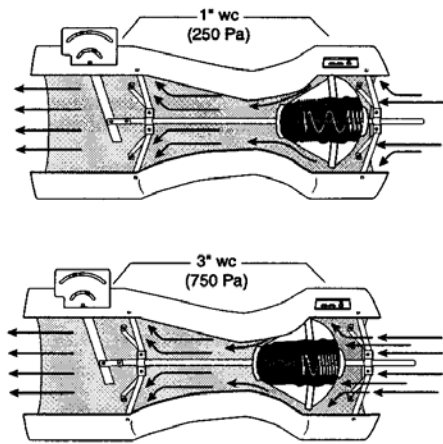


Fig. 22 - Adattamento del regolatore meccanico alle variazioni di pressione

### Unità di controllo

Questo componente garantisce il corretto funzionamento del sistema attraverso un loop di controllo della portata. Il segnale entrante, proveniente dal monitor installato sulla cappa e che porta l'informazione sulla portata richiesta, viene confrontato con un segnale di feedback che fornisce il valore istantaneo di portata.

Il segnale di feedback deriva da una misura potenziometrica (Fig. 23), legata alla posizione della leva che agisce sul cono regolatore di portata, preventivamente tarata in fabbrica tra il valore minimo ed il valore massimo di portata richiesta.

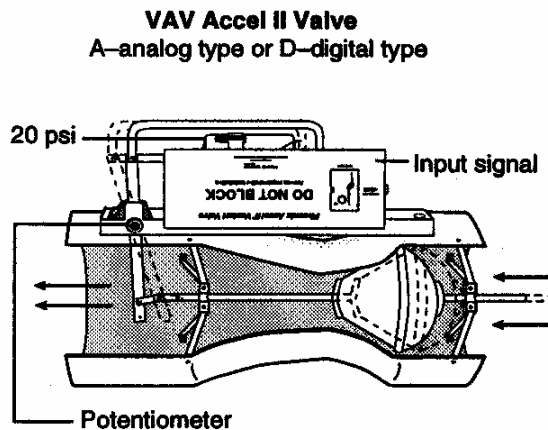


Fig. 23 - Unità di controllo della portata

Si indicano ora due applicazioni di tali valvole:

#### - Ambiente isolato per degenza di infettivi con anticamera in depressione rispetto al corridoio

La sala degenza e l'anticamera (definite anche nel loro insieme come camera d'isolamento) sono trattate con portate costanti di aria di immissione e di estrazione per la ventilazione, la pressurizzazione ed il condizionamento. La pressurizzazione è mantenuta mediante una differenza costante di portata tra mandata e ripresa. Un monitor locale indica visivamente la condizione di pressurizzazione ed emette un allarme acustico e visivo se viene meno la condizione di pressurizzazione richiesta.

#### Sequenza operativa

Singole valvole a portata costante mantengono fissa la portata immessa nella degenza e nell'anticamera, mentre altre singole valvole a portata costante mantengono fissa la portata estratta dalla degenza e dall'anticamera.

Una prefissata differenza tra la portata immessa e quella estratta viene mantenuta, impostando la portata estratta ad un valore maggiore di quella immessa. Questa differenza genera una pressurizzazione negativa della degenza rispetto all'anticamera.

Una prefissata differenza tra la portata immessa e quella estratta dall'anticamera viene mantenuta impostando allo stesso valore le portate di estrazione e di immissione. In questo modo l'anticamera è positiva rispetto alla degenza e negativa rispetto al corridoio.

Il monitor di controllo è installato vicino alla porta di accesso all'anticamera. Un sensore all'interno della degenza ed uno nell'anticamera forniscono una misura diretta della pressione.

Una luce verde indica che la degenza è in depressione o in condizioni operative "normali." Una luce rossa ed un allarme acustico segnalano una perdita di pressurizzazione.

Un apposito pulsante è in grado di tacitare l'allarme acustico. Una indicazione ulteriore e opzionale, segnala che la perdita di carico sulla valvola a portata costante è al di sotto del valore richiesto. E' inoltre possibile impostare un definito ritardo sull'allarme, per evitare fastidiosi allarmi causati dall'apertura della porta. Il monitor indica il valore di pressione differenziale con una risoluzione di 0.0001 pollici di colonna d'acqua (0.0249 Pa).

#### Condizioni di sicurezza

Poiché le valvole a portata costante non hanno bisogno di alimentazione elettrica o pneumatica, non è necessario applicare alcuna condizione di sicurezza. L'ambiente resta sempre nelle previste condizioni di ambiente protettivo.

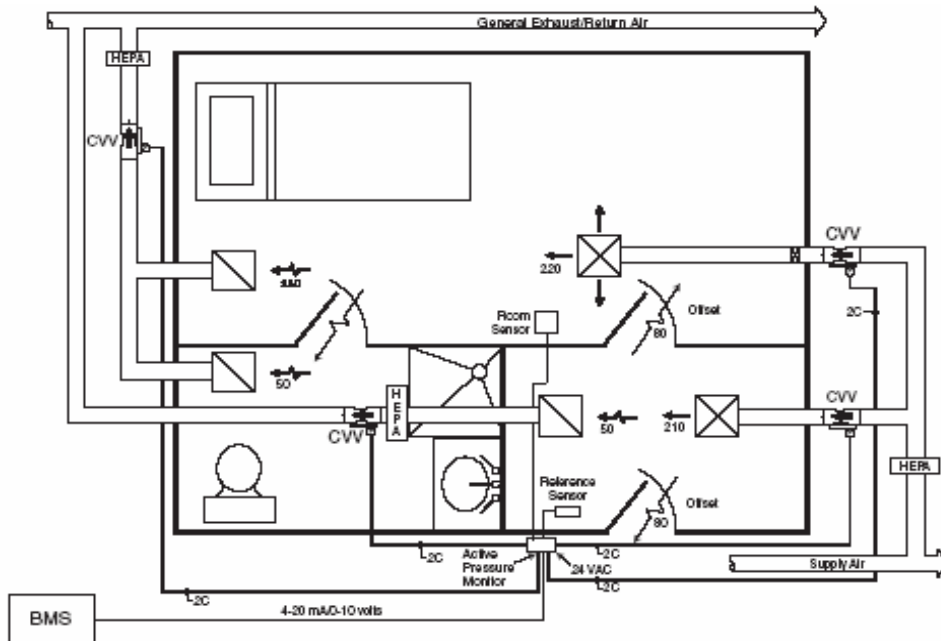


Fig. 24

**- Ambiente protettivo con pazienti portatori di malattie infettive a trasmissione aerea (anticamera in pressione rispetto alla degenza ed al corridoio)**

La sala degenza e l'anticamera sono trattate con portate costanti di aria di immissione e di estrazione per la ventilazione, la pressurizzazione ed il condizionamento. La pressurizzazione di ciascun locale è mantenuta mediante una differenza costante di portata tra mandata e ripresa. Un monitor locale indica visivamente la condizione di pressurizzazione ed emette un allarme acustico e visivo se viene meno la condizione di pressurizzazione richiesta.

Sequenza operativa

Singole valvole a portata costante mantengono fissa la portata immessa nella degenza e nell'anticamera, mentre altre singole valvole a portata costante mantengono fissa la portata estratta dalla degenza e dall'anticamera.

Una prefissata differenza tra la portata immessa e quella estratta viene mantenuta, impostando la portata estratta ad un valore maggiore di quella immessa. Questa differenza genera una pressurizzazione negativa della degenza rispetto all'anticamera.

Analogamente nell'anticamera si mantiene la differenza tra le portate impostando la mandata ad un valore maggiore rispetto all'estrazione. Questa differenza rende l'anticamera in pressione rispetto alla degenza e al corridoio.

Il monitor di controllo è installato vicino alla porta di accesso all'anticamera. Un sensore all'interno della degenza ed uno nell'anticamera forniscono una misura diretta della pressione.

Una luce verde indica che la degenza è in depressione o in condizioni operative "normali." Una luce rossa ed un allarme acustico segnalano una perdita di pressurizzazione.

Un apposito pulsante è in grado di tacitare l'allarme acustico. Una indicazione ulteriore e opzionale, segnala che la perdita di carico sulla valvola a portata costante è al di sotto del valore richiesto. E' inoltre possibile impostare un definito ritardo sull'allarme, per evitare fastidiosi allarmi causati dall'apertura della porta. Il monitor indica il valore di pressione differenziale con una risoluzione di 0.0001 pollici di colonna d'acqua (0.0249 Pa).

Condizioni di sicurezza

Poiché le valvole a portata costante non hanno bisogno di alimentazione elettrica o pneumatica, non è necessario applicare alcuna condizione di sicurezza. L'ambiente resta sempre nelle previste condizioni di ambiente protettivo, con l'anticamera positiva rispetto al corridoio.

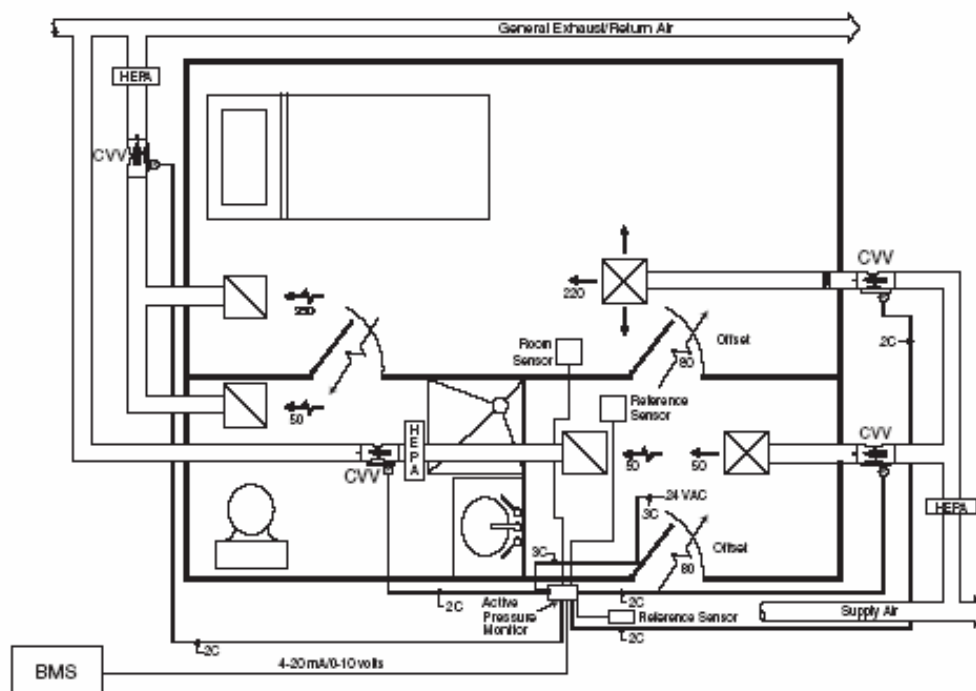


Fig. 25

### 3.2.3) Impianto a soffitto radiante + trave fredda circolare realizzato in edificio di nuova costruzione con struttura prefabbricata.

#### 3.2.3.1) Degenze speciali inserite in edificio di nuova costruzione

##### Degenze di Medicina d'urgenza

Si analizza l'impianto di climatizzazione per tali degenze inserite in edificio di nuova costruzione.

L'edificio di cui trattasi è in struttura metallica prefabbricata, con notevoli spazi per l'uso di controsoffitti.

L'impianto che si è proposto per tale realizzazione è così composto.

- soffitto radiante (Fig. 27);
- trave fredda induttiva (Fig. 26).

L'utilizzo di tale tecnologia permette di soddisfare i requisiti di:

- massima pulizia;
- silenziosità;
- mancanza di organi in movimento;
- mancanza di filtri.

La resa del soffitto, secondo DIN 4715-1 è rappresentata dal diagramma allegato (Fig. 28)

Facendo riferimento ad una stanza tipo posta al primo piano si hanno i seguenti dati:

Stanza n. 94 – destinazione Degenza Medicina d'urgenza

Estate     $Q_{sens} = 711 \text{ W}$   
                $Q_{cat} = 228 \text{ W}$   
                $Q_{tot} = 939 \text{ W}$   
               Mese Agosto ore 18

Inverno  $P_t = 275 \text{ W}$   
                $P_u = 1890 \text{ W}$   
                $P_t = 2165 \text{ W}$

Per tale camera sono previsti n. 12 pannelli con le seguenti rese:

- Resa estiva acqua 15°C – 63 W/pannello;
  - Resa invernale acqua 35°C – 68 W/pannello;
- per cui si ha una    resa totale estiva di  $63 \times 12 = 756 \text{ W}$   
                               resa totale invernale di  $68 \times 12 = 816 \text{ W}$

Utilizzando le travi fredde circolari le stesse hanno i seguenti dati:

- aria primaria = 22 lt/sec.
- aria primaria + aria indotta = 70 lt/sec.

a temperatura ambiente di 26 °C si ha una resa di 497 Watt.

La stanza in oggetto ha un volume di 60 m<sup>3</sup> per cui prevedendo un ricambio aria di 2,5 Vol/h in mandata e 2 Vol/h in estrazione, la portata in mandata risulta pari a 150 m<sup>3</sup>/h.

Ogni trave fredda con 22 lt/sec. portata di aria primaria pari a 79,2 m<sup>3</sup>/h per cui con n. 2 travi si ha una portata complessiva di  $79,2 \times 2 = 158,4 \text{ m}^3/\text{h}$  che garantisce un ricambio aria di 2,64 Vol/h ambiente.

Tale soluzione permette l'uso di travi fredde dotate di propria regolazione, che hanno la particolarità di poter essere inserite in pannelli da 60 x 60 di controsoffitti freddi.

Si allega fotografia di realizzazioni di soffitti freddi e schemi delle travi fredde utilizzate nel progetto in oggetto (Fig. 29).

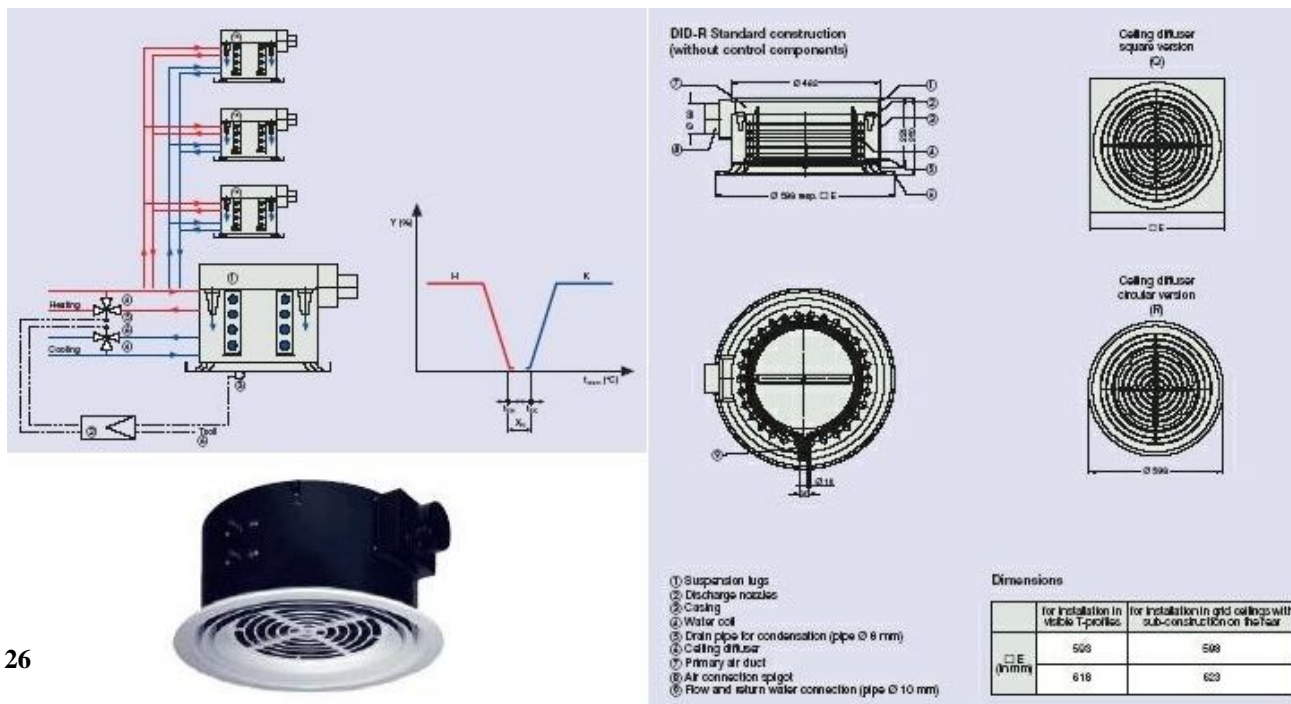
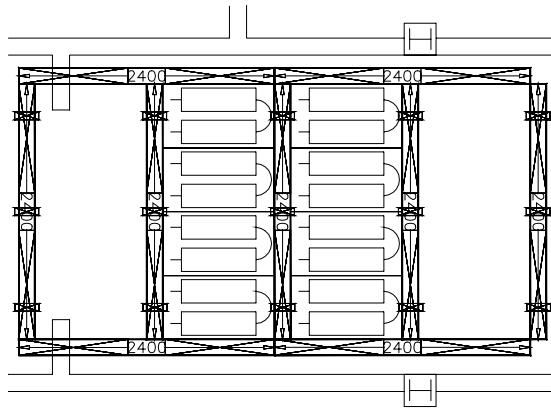
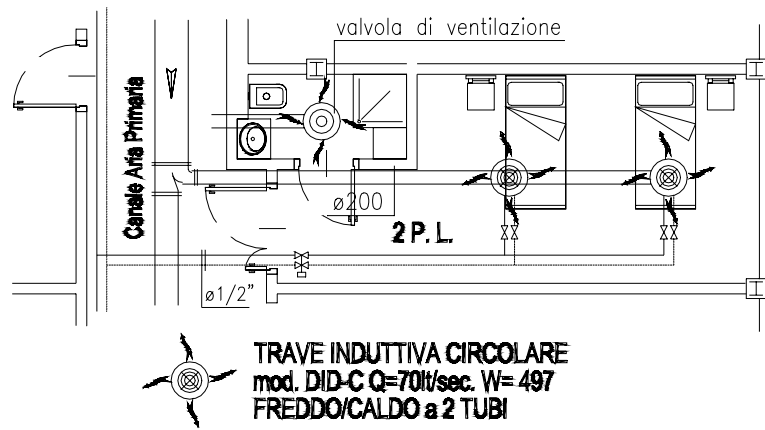
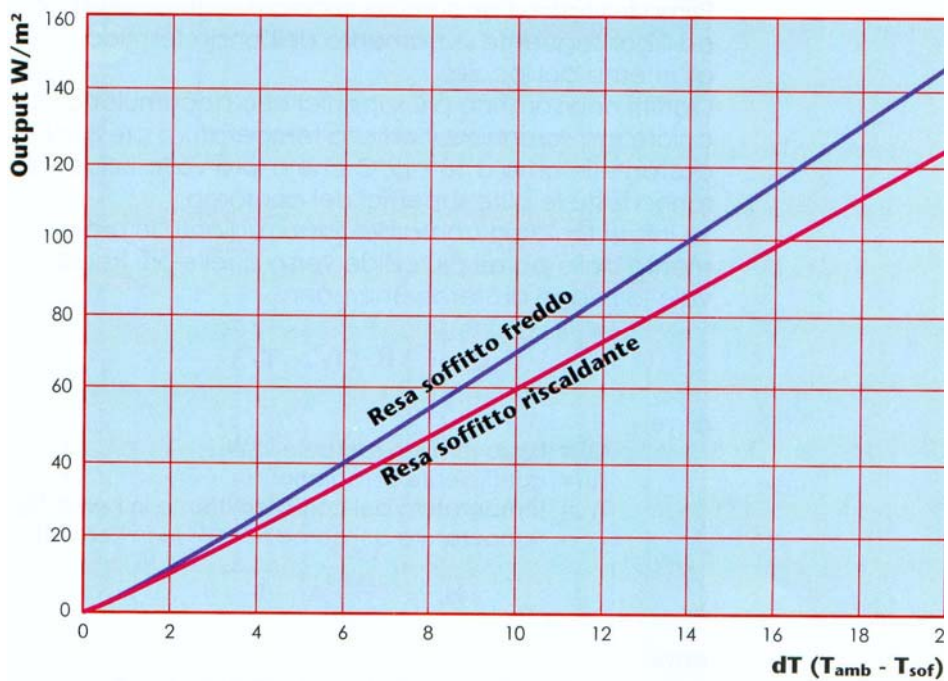


Fig. 26

**DEGENZA TIPO - PIANO PRIMO**



**Fig. 27 - PARTICOLARE SOFFITTO RADIANTE INSTALLATO NELLE DEGENZE CON INTERPOSTE TRAVI INDUTTIVE**



**Fig. 28**



**Fig. 29**

### **3.3) IMPIANTO DISTRIBUZIONE E TRATTAMENTO ACQUA SANITARIA AI FINI DEL CONTROLLO DELLA LEGIONELLOSI**

#### **3.3.1) Origini della Patologia e sue caratteristiche**

Le origini della Legionella e della sua identificazione si fa risalire al 1976 a Filadelfia.

I casi notificati nel ns. paese sono 100-150 l'anno ma sono ritenuti sotto stimati di almeno 10 volte ed i casi mortali in Ospedale sono ritenuti percentualmente pari al 40÷50%.

Le caratteristiche di trasmissione o di sviluppo sono indicate nelle Linee Guida italiane e nelle Linee Guida pubblicate dell'ASHRAE (USA) 12/2000.

Le caratteristiche di "attività" della Legionella in funzione della temperatura si possono così sintetizzare:

0÷20°C – Legionella Quiescente

20÷40°C – Legionella Attiva

40÷50°C – Legionella Attiva con range di crescita ottimale

50÷60°C – Legionella inattivazione lenta

>60°C – Legionella inattivazione rapida.

Dalla letteratura sembra che tale patologia si sviluppi per aerosol e la sopravvivenza della Legionella è legata a fattori ambientali: aria sufficientemente umida, temperatura eccessivamente alta e radiazione solare non molto elevata.

Per quanto riguarda le temperature fino a  $\cong 20\text{-}25^\circ\text{C}$  la Legionella non interviene, il massimo dell'attività avviene da  $30\text{-}45/50^\circ\text{C}$ .

Si è visto che temperature superiori a  $60^\circ\text{C}$  inattiva la Legionella in modo proporzionale al tempo di esposizione.

Gli interventi impiantistici debbono riguardare:

- 1) i filtri;
- 2) umidificatori;
- 3) torri evaporative;
- 4) pulizia dei canali d'aria e gestione degli impianti e pulizia degli stessi con l'istituzione dei registri di intervento e manutenzione;
- 5) trattamenti sull'impianto idrico che può essere:
  - 5.1) trattamento termico (shock termico)
  - 5.2) clorazione e iperclorazione shock
  - 5.3) ionizzazione Rame/Argento.
  - 5.4) Biossido di Cloro.

Per quanto riguarda la sanificazione degli impianti idrici spesso si preferisce utilizzare il metodo 5.1 (shock termico abbinato al mantenimento della temperatura  $> 60^\circ\text{C}$  in buona parte della rete) in quanto, si sono avuti non buoni risultati con inconvenienti notevoli o non ancora testati a sufficienza; es. per ridurre drasticamente la presenza della Legionella è necessario elevare notevolmente la iperclorazione nell'impianto idrico ad un livello tale per cui per un tempo non trascurabile non può essere usata acqua nell'Ospedale; l'altro metodo 5.3 – Ionizzazione Rame/Argento non è utilizzato ancora in Italia e solo ora si stanno importando nel ns. paese apparecchiature e prodotti del nord America e l'utilizzo non è ancora stabilizzato da una metodologia certa.

Il metodo 5.4) sta dando buoni risultati nelle applicazioni effettive.

### **3.3.2) Progettazione Impianti nell'ottica del controllo della Legionella**

Gli impianti ad aria avranno delle UTA con caratteristiche particolari per permettere la sanificazione.

Per quanto riguarda le caratteristiche dell'UTA le stesse avranno filtrazione prevista dalle Linee Guida per il controllo della Legionellosi punto 7.2.3 (Filtro EU7 a monte delle UTA e Filtro EU8 a valle di dette unità ed a valle dei Silenziatori).

Gli umidificatori saranno solo del tipo a vapore (punto 7.2.5 delle Linee Guida).

Per quanto riguarda l'impianto idrico lo stesso sarà predisposto con materiale (tipo rame) che ha caratteristiche batteriostatiche e non ha allungamenti notevoli con la temperatura.

In riferimento alle Linee Guida (punto 8) vi fosse utilizzato un sistema in abbinamento al metodo Shock Termico (punto 8.1.1) con il metodo del Mantenimento costante della temperatura tra 55-60°C all'interno della rete (punto 8.1.2).

In questo caso la C.T. deve permettere di ottenere elevata temperatura e la produzione di acqua calda avverrà con n. 2 scambiatori (uno di riserva all'altro) senza accumulatore. Tale scelta è sperimentata anche con i manutentori che già nell'impianto tendono ad eliminare gli accumulatori causa i problemi di igienicità ed anche per risolvere i problemi di sanificazione previsti dalle Linee Guida e dalle Linee Guida dell'ASHARAE che ne prevedono la pulizia in modo frequente.

Come detto tale scelta è possibile se la potenza termica disponibile è abbondante.

L'acqua calda viene prodotta a 65°C dai suddetti scambiatori e tramite un collettore la linea viene suddivisa in più rami. (Chiaramente tale scelta è in difformità dal D.P.R. 412/93 - che prevede la produzione d'acqua calda a 48°C±5°C, ma tale deroga è già indicata nelle stesse Linee Guida).

Per evitare che la linea dell'acqua fredda raggiunga temperature > 20°C (valore a cui la Legionella si "scatena") la stessa dovrà essere posta ad una distanza dalla Linea di acqua calda e ricircolo maggiore di 1,5 mt (si utilizzano tubazioni in acciaio zincato o in inox).

Prima di ogni blocco servizi si effettuerà una prima miscelazione di sicurezza a 48°C con una valvola pre-tarata.

L'acqua così tarata giunge ai singoli rubinetti che successivamente verrà ulteriormente miscelata.

Per effettuare la sanificazione con il metodo dello shock termico il personale infermieristico tramite comando a chiave elimina la miscelazione per cui l'acqua raggiungerà i rubinetti a temperatura > 60÷65°C.

Tale applicazione dovrà essere segnalata.

### **3.3.3) Considerazioni conclusive sull'impiantistica per il controllo della Legionellosi**

Le considerazioni fatte in precedenza hanno messo in evidenza le problematiche legate a tale patologia, spesso disattesa, ma che può portare ad un numero elevato di decessi.

Tutte le applicazioni enunciate determinano interventi anche pesanti sugli impianti, con particolare riguardo alla gestione e manutenzione.

Tale aspetto determina la predisposizione di elevati spazi tecnici.

## **3.4) IMPIANTI GAS MEDICINALI**

Con l'avvento del Decreto Legislativo n. 46 del 24 febbraio 1997 viene recepita la Direttiva Europea 93/42/CEE concernente i dispositivi medici e le successive UNI-EN 737-3.

Si richiederanno di seguito gli aspetti fondamentali di tale normativa:

- Premessa

- Sintesi della direttiva 93/42/CEE

Tutti questi adempimenti hanno fatto sì che la realizzazione di tali impianti è stato denominato a poche ditte certificate aumentando la complessità della realizzazione, la definizione dei percorsi delle compartimentazioni e degli spazi tecnici.

## **3.5) NORMATIVA ANTINCENDIO**

Con l'entrata in vigore del D.M. 18 settembre 2002 viene colmato un vuoto normativo che ha portato negli anni precedenti ad interpretazioni diverse in varie parti d'Italia a seconda della visione dei vari comandi, che si sono susseguite.

Con tale normativa vengono stabilite:

- Le compartimentazioni

- Le misure per l'esodo

- Le aree a rischio specifico con riferimento all'uso e installazione dei vari impianti

- Sistema di protezione antincendio attiva e passiva compresi sistemi di rivelazione, segnalazione ed allarme.

Le prescrizioni contenute in tali normative hanno fatto sì che vi fosse chiarezza a livello interpretativo - progettuale ma nel contempo sono aumentati gli spazi destinati all'utilizzo tecnologico ed impiantistico delle strutture.

## **4) COLLAUDI E MANUTENZIONE**

Al fine di ottenere i vari accreditamenti richiesti dalla regione, enti di igiene e salute pubblica è necessario che gli impianti rispettino i requisiti progettuali siano collaudabili e collaudati e permettano una corretta manutenzione.

Allo scopo si espongono i concetti fondamentali per ottenere una corretta taratura, manutenzione e collaudi degli impianti.

### **4.1) Predisposizione delle apparecchiature destinate alla taratura, bilanciamento dei circuiti idraulici ed aerulici sin dalla fase di progettazione.**

Fatto salvo quanto indicato relativamente alla dovuta attenzione da parte del progettista architettonico alle esigenze impiantistiche, sin nella fase progettuale è necessario che il progettista impiantistico preveda le apparecchiature destinate alla taratura, misure e bilanciamento, sia prevedendo tali apparecchiature negli elaborati grafici che nelle voci di capitolato che negli oneri per l'impresa installatrice.

Si indicano di seguito delle specifiche da inserire nei capitolati tecnici ove vengono indicate le specifiche per la esecuzione delle operazioni di taratura e bilanciamento.

#### **4.1.1) Taratura Misure, Bilanciamento, Collaudo Preliminare dell'impianto**

Per ogni apparecchiatura installata e per ogni tipologia di impianto dovrà essere consegnata una Scheda di controllo (check lists) redatta dal direttore tecnico dell'impresa e firmata e timbrata dallo stesso. Dovranno poi essere consegnate Schede di collaudo (test reports) che a partire dalla calibrazione degli strumenti, per ogni apparecchiatura andranno annotate ed allegate tutte le caratteristiche tecniche di fabbrica, di progetto e quanto rilevato in cantiere.

Per i canali di aria, che dovranno essere esclusivamente in lamiera zincata a meno che non specificatamente indicati in progetto, andrà indicato per ogni ramo la portata, la modalità di prova ed i punti misurati. Per i canali dovranno essere eseguite tutte le misure previste nelle norme UNI-EN 12599-2001 - Ventilazione degli edifici. Procedure di prova e metodi di misurazione.

Andranno indicati i valori misurati e le differenze rispetto ai valori di progetto.

Per le reti idriche andranno misurate ramo per ramo le portate reali e  $\Delta P$ . I valori di portata di progetto (intermedie per ogni ramo e finali) ed i valori di portata misurati andranno riportati sulle schede di collaudo per bilanciamento reti acqua.

Per quanto riguarda la rumorosità degli impianti si effettueranno verifiche in base alle norme UNI 8199 nel rispetto del DPCM 5/12/1997 e andranno eseguite verifiche nei locali ricettori più vicini.

Tutte le schede suddette andranno redatte secondo schemi proposti dalle norme ASHRAE e dalle Linee Guida AICARR sulla manutenzione degli impianti di climatizzazione redatta dalla Commissione Tecnica e Normativa con presidente prof. Livio De Santoli.

Tutti i dati rilevati nelle operazioni di bilanciamento andranno riportati sui disegni "come costruito" e si dovranno indicare le posizioni delle valvole di regolazione, organi di taratura e controllo, posizionamento dei pozzetti e tappi sui canali per inserimento apparecchi di misura e controllo, nonché tutti i dati di portata dell'aria e dei fluidi nei singoli rami a partire da ogni singolo nodo. Per l'effettuazione del bilanciamento dei vari circuiti idraulici dovranno essere installate sui vari rami dei circuiti valvole di bilanciamento con tutti gli accessori necessari al fine di potere eseguire:

- misura di portata;
- regolazione della pressione utilizzando il kit di regolazione;
- regolazione del bilanciamento con taratura fine micrometrica;
- riempire, disareare, drenare l'impianto utilizzando l'apposito accessorio;

intercettare il fluido sua sulla mandata che sul ritorno.

Per predisporre la taratura dei rami principali dei circuiti aerulici, gli stessi dovranno essere dotati di serrande di taratura ad iride nonché di regolatori di portata autoregolanti per portata costante.

#### **4.1.2) Manutenzione degli impianti**

Con l'avvento del D.P.R. 554/99 all'art. 40 è previsto "il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti".

In tale elaborato la parte più rilevante è relativa agli impianti per cui è necessario che nel capitolato tecnico vengano definite le operazioni di manutenzione.

A tal proposito si ritiene che uno strumento importantissimo sia rappresentato dalle Linee guida dell'AICARR già citate, stampate nel febbraio 2005.

Si ritiene indispensabile che nel capitolato tecnico venga inserita questa voce.

#### **4.1.3) Manuale manutenzione degli impianti**

Per ogni apparecchiatura installata dovrà essere allegata una guida sulla manutenzione della stessa apparecchiatura ove verranno compilati i dati di primo impianto e saranno allegate delle schede per verifiche periodiche e verranno indicate le descrizioni degli interventi di manutenzione. Tutto il capitolo delle opere di manutenzione dovrà essere prodotto in conformità alle linee guida AICARR già citate.

Tale documentazione, unitamente ai disegni del "come costruito", dovrà essere consegnata prima del collaudo definitivo unitamente alla dichiarazione di conformità degli impianti, e, se la documentazione non sarà completa dei disegni del "come costruito" e dei manuali di manutenzione, non si potrà redigere l'ultimo stato d'avanzamento e lo stato finale dei lavori.

### **4.2) Esecuzione delle operazioni di taratura**

#### **4.2.1) Taratura circuiti idraulici (Fig. 30)**

##### **4.2.1.1) Generalità**

Si propone un sistema composto da due valvole:

*Rossa* sulla mandata e *Blu* sul ritorno. La valvola sulla mandata è usata per l'intercettazione e la misura della portata, quella sul ritorno per regolare e intercettare il flusso.

In aggiunta queste valvole consentono il drenaggio idraulico.

Sono filettate PN16 e trovano un vasto impiego negli impianti di riscaldamento e raffreddamento.

La taratura micrometrica della perdita di carico permette di predeterminare l'esatta portata di progetto, assicura la giusta fornitura di calorie/frigorie a ciascuna utenza, senza sprechi, ed evita i rumori in circuiti a portata variabile. In questi casi è consigliabile dotare il circuito della pompa con valvola di sfioro per il controllo della pressione differenziale.

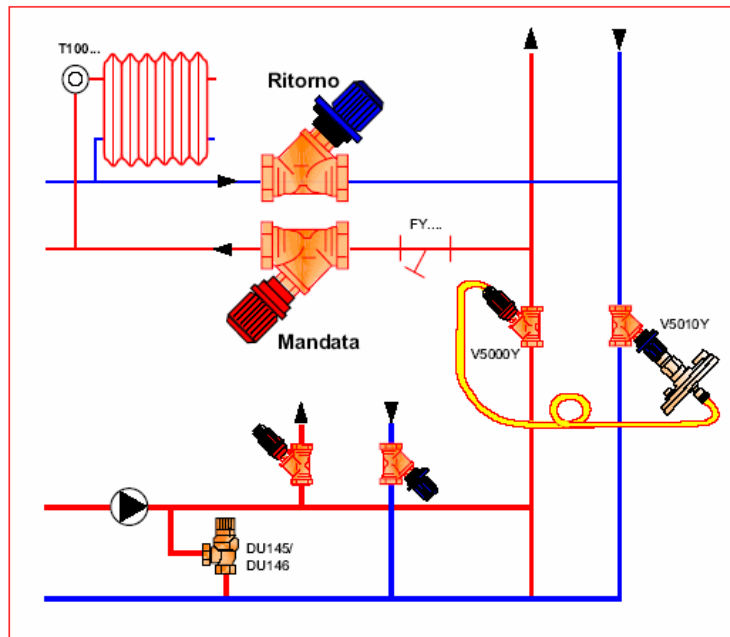
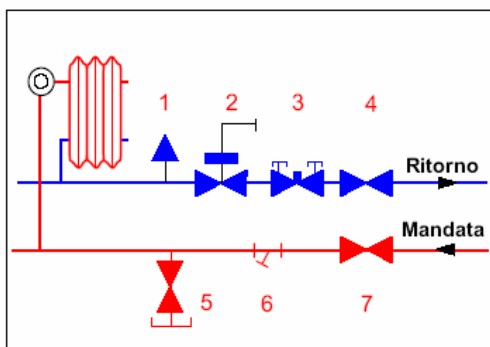


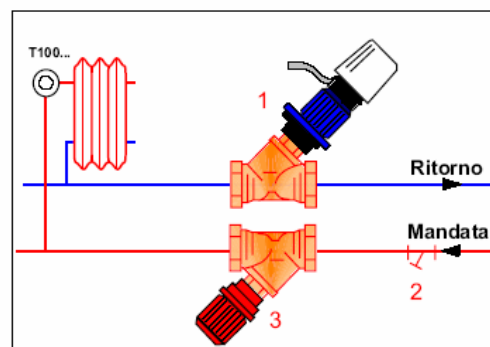
Fig. 30

Fig. 31 - Confronto tra sistema convenzionale e sistema con valvole di regolazione



**Legenda sistema convenzionale**

- 1 - Valvola manuale di sfogo aria
- 2 - Valvola di zona
- 3 - Valvola di bilanciamento con prese di pressione
- 4 - Valvola di intercettazione
- 5 - Valvola di scarico
- 6 - Filtro
- 7 - Valvola di intercettazione



**Legenda sistema con valvola regolazione**

- 1 - Valvola di bilanciamento sul ritorno con attuatore termoelettrico
- 2 - Filtro
- 3 - Valvola di misura sulla mandata

Esempio del punto di funzionamento:

Dati di partenza:                      Diametro tubazione = DN10  
 Portata 200 kg/h con caduta di pressione pari a 49 mbar

Taratura *valvola Blu*:                      Impostazione della Scala risultante:  
 Il punto d'intersezione tra la linea della caduta di pressione e quella della portata fornisce l'impostazione 'V' sulla Scala pari a 2.0.

**4.2.2) Taratura e bilanciamento circuiti aeraulici**

Per poter eseguire tarature e bilanciamenti affidabili, tutti i rami principali del circuito aeraulici dovranno essere dotati di serrande di taratura ad iride e/o di regolatori di portata autoregolanti.



#### 4.2.2.1) Serrande di taratura ad iride (Fig. 32)

##### 4.2.2.1.1) Caratteristiche generali



Le serrande di taratura ad iride consentono di misurare e regolare la portata d'aria nei condotti circolari. La conformazione conica delle alette garantisce una regolazione concentrica estremamente precisa e silenziosa. La misura della portata è basata sulla perdita di pressione attraverso la serranda che è riscontrabile dalle due prese manometriche opportunamente predisposte.

L'indice graduato posto sulla manopola di regolazione consente di leggere sul diagramma la portata corrispondente, lo spostamento della manopola nelle posizioni da 1 a 6 permette la regolazione della serranda sul valore di portata richiesto. Una vite di bloccaggio mantiene fissa la taratura effettuata. L'errore di metodo della misurazione è inferiore a  $\pm 5\%$ .

##### 4.2.2.1.2) Caratteristiche costruttive e di installazione

La costruzione della cassa circolare e delle alette è in acciaio zincato. Il meccanismo di attuazione delle alette è in plastica. La serranda è provvista di attacchi a baionetta e di guarnizioni di tenuta ad anello in gomma.

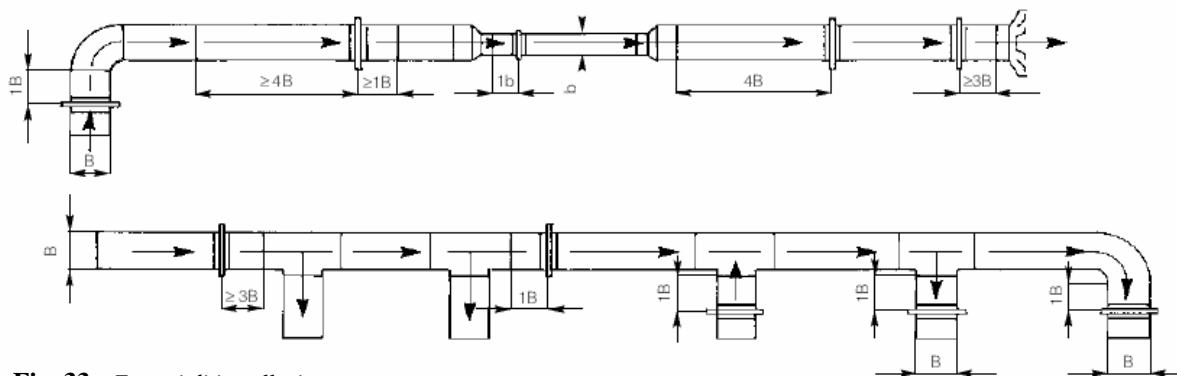


Fig. 33 - Esempi di installazione

#### 4.2.2.2)- Regolatori di portata autoregolanti per portata costante (Fig. 34)

##### 4.2.2.2.1) Caratteristiche generali



I regolatori di portata sono elementi a controllo indipendente che, senza l'ausilio di energia esterna, sono in grado di mantenere costante la portata al variare della pressione (dovuta per esempio al progressivo intasamento di un filtro assoluto posto a valle del sistema). Questa caratteristica è resa possibile dall'impiego di una aletta dalla particolare forma che è imperniata su boccole a basso attrito ed è collegata, tramite un sistema di levismi, ad una molla regolabile in grado di agire con bassissimi differenziali di pressione. Il regolatore viene tarato in fabbrica alla portata richiesta, successivamente l'operatore può variare il valore di progetto nei limiti delle portate minima e massima indicate. Il regolatore opera dal minimo di  $\Delta p$ , che è funzione della portata, fino ad una differenza massima di 1000 Pa.

All'interno di questo intervallo di  $\Delta p$ , la deviazione massima dalla portata di taratura è: per portate  $>100 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $\pm 10\%$  del valore di taratura; per portate  $\leq 100 \text{ m}^3/\text{h}$  e velocità  $>4 \text{ m/s}$ ,  $\pm 10 \text{ m}^3/\text{h}$ ; per portate  $\leq 100 \text{ m}^3/\text{h}$  e velocità  $<4 \text{ m/s}$ , le deviazioni possono avere ampiezza  $> 10 \text{ m}^3/\text{h}$ . Installazioni non orizzontali o non a regola d'arte possono dar luogo a scostamenti maggiori. L'applicazione è possibile in mandata e ripresa, in condotti ad alta o bassa pressione, in un campo di temperature comprese tra  $-20^\circ\text{C}$  e  $+100^\circ\text{C}$ .

### 4.3) MISURE DELLE PORTATE D'ARIA

#### 4.3.1) Misura delle portate nei condotti d'aria

##### 4.3.1.1) Con l'impiego di strumenti per installazione fissa

Quando si hanno impianti importanti nei rami principali è auspicabile l'uso di strumenti per installazione fissa.

I tipi di elementi primari di misura impiegabile per installazione fissa sono di seguito elencati:

a) Annubar: è un tipo particolare di tubo di Pitot; la scelta del modello da impiegare viene fatta in funzione del punto di installazione, delle dimensioni interne del canale, del valore della portata e del peso specifico dell'aria.

Come per il tubo di Pitot, fornisce il valore della pressione dinamica, dal quale si ricava il valore della velocità e quindi quello della portata.

b) Griglia di Wilson: è composta da un tronco di canale, da inserire nel punto nel quale si vuol fare la misura.

Nel tronco di canale sono installate delle prese di pressione statica e di pressione totale, collegate a collettori interni al tronco stesso; all'esterno si preleva, attraverso apposite prese, il segnale di pressione dinamica media, dal quale si ricava il valore della velocità e quindi quello della portata.

La scelta del modello da impiegare viene fatta in funzione delle dimensioni del canale nel punto di installazione, della portata e del peso specifico dell'aria.

c) Flangia tarata: è un diaframma, solitamente in acciaio inox, che viene inserito a mezzo di frangiatura nel canale, nel punto in cui si vuole effettuare la misura. Il diaframma porta un foro calibrato attraverso il quale l'aria subisce una perdita di carico precalcolata.

#### **4.3.1.2) Con l'impiego di strumenti portatili**

L'unico strumento portatile con il quale è possibile effettuare misure attendibili di portata in un canale è il tubo di Pitot, oppure l'anemometro Alnor con il captatore a tubo di Pitot.

#### **4.3.2) Misura della portata su griglie e diffusori**

Prima di effettuare la misura della portata di un qualsiasi tipo di diffusore, occorre avere a disposizione la relativa letteratura tecnica fornita dal costruttore.

Generalmente nei fogli tecnici dei tipi più comuni di diffusori (bocchette rettangolari, diffusori lineari, diffusori circolari) sono riportati i dati necessari alla misura:

- a) il tipo di strumento da usare per la determinazione della velocità dell'aria al diffusore;
- b) come usare lo strumento per effettuare la misura;
- c) il valore della superficie da usare nel calcolo della portata, valido per lo strumento di misura prescritto.

Il valore della portata sarà, quindi, calcolato moltiplicando il valore della superficie per la velocità media dell'aria rilevata con l'uso dello strumento prescritto.

#### **4.3.2.1) Misura della portata su griglie o bocche, a mezzo di un anemometro a ventolina**

Procedure per l'esecuzione della misura:

- su di una griglia, l'anemometro deve appoggiarsi alle alette e deve essere sempre posizionato in un piano perpendicolare alla direzione del flusso;
- nel caso di una bocca con l'apertura priva di rete o piastra forata, occorre applicare sul piano di ingresso (o di uscita) dell'aria una guida, fatta per esempio in filo di ferro, che permetta il corretto posizionamento dell'anemometro durante la misura.

#### **4.3.2.1.1) Misura della portata su griglie o bocche di ripresa**

Nel calcolo della portata, occorre applicare un fattore di correzione Kpr (oltre quello proprio dell'anemometro).

Affinché questo fattore sia applicabile, occorre siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- il lato minore della griglia o della bocca non deve essere inferiore a 100 mm;
- la superficie totale non deve superare il valore di  $0,37 \text{ m}^2$ ;
- la superficie netta di ingresso dell'aria deve essere almeno pari al 60% della superficie totale;
- la griglia deve essere collegata al canale con un tronchetto lungo non meno di 50 mm;
- la velocità misurata deve essere nel campo dai 2 ai 7,6 m/s.

#### **4.3.2.1.2) Misura della portata su griglie o bocche di mandata**

Nel calcolo della portata, occorre applicare un fattore di correzione Kpr (oltre quello proprio dell'anemometro).

Affinché questo fattore sia applicabile, occorre siano soddisfatte le seguenti condizioni:

- il lato minore della griglia o della bocca non deve essere inferiore a 100 mm;
- la superficie totale non deve superare il valore di  $0,15 \text{ m}^2$ ;
- la superficie netta di uscita dell'aria deve essere almeno pari al 70% della superficie totale della griglia o della bocca;
- la griglia deve essere collegata al canale con un tronchetto lungo almeno due volte il lato minore della griglia o della bocca;
- la velocità misurata con l'anemometro, deve essere nel campo dai 2 ai 7,6 m/s.

#### **4.3.2.2) Misura della portata su diffusori lineari**

La misura della portata su questo tipo di diffusori presenta le maggiori difficoltà rispetto a qualunque altro tipo, soprattutto quando, come avviene spesso, il diffusore lineare è installato non rispettando le dovute regole. Chi si è trovato ad effettuare misure di portata su questo tipo di diffusore si è sovente trovato di fronte, soprattutto quando la bocca di uscita dell'aria è di una certa lunghezza, ad una pessima distribuzione dell'aria sulla superficie di diffusione, con portate varianti da zero o quasi in alcuni punti, negative in altri ed esorbitanti nei rimanenti.

#### **4.3.2.3) Misura della portata su diffusori circolari**

Anche su questo tipo di diffusori la misura della portata, quando è fatta con i metodi previsti dal costruttore, risulta spesso laboriosa e non agevole.

Un metodo alternativo molto pratico e che, tutto sommato, dà risultati forse più attendibili di quelli ottenuti con i sistemi tradizionali, è quello che prevede l'uso della cosiddetta "cappa" o "cono" o "balometer" W (Fig. 35 - 36). Si tratta di una cappa in materiale molto leggero, in genere alluminio o tessuto rinforzato ed a tenuta d'aria, a forma conica o tronco-piramidale con la base maggiore munita di una guarnizione in gomma da appoggiare sul controsoffitto intorno ad diffusore e con la base minore, dalla quale esce l'aria proveniente dal diffusore, provvista di uno strumento di misura che, in genere, fornisce direttamente il valore della portata.

Le cappe si trovano in commercio in più dimensioni, tali da adattarsi ai diversi diametri dei diffusori.

L'uso della cappa introduce una resistenza addizionale al flusso dell'aria, che tende a ridurre leggermente la portata del diffusore; le cappe in commercio però tengono conto di questa riduzione e, quindi, il valore della portata fornito dalla strumento di cui la cappa è provvista è di buona affidabilità.

Le cappe di costruzione artigianale non danno pari garanzie, dato che non possono tenere conto di quanto detto sopra.

La cappa non può essere impiegata per velocità di uscita superiori a 10 m/s.

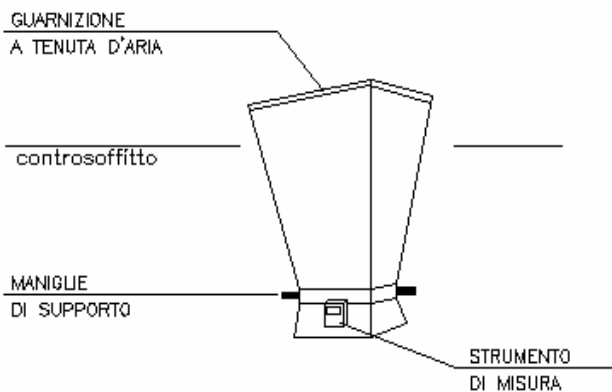


Fig. 35



Fig. 36

#### 4.4) VERIFICA DEL LIVELLO DELLA PRESSIONE SONORA

Il personale addetto alle operazioni di taratura e bilanciamento si trova spesso di fronte a problemi di rumorosità degli impianti; per questa ragione è bene che sia in possesso delle conoscenze teoriche elementari in materia.

Si precisa che collaudi validi da un punto di vista legale e normativo deve essere eseguito da tecnico competente in acustica inserito in apposito albo (vedi Legge 447/95 - DPCM 31 marzo 1998).

La sopportazione del rumore immesso negli ambienti dai componenti di un impianto di ventilazione /condizionamento varia da individuo ad individuo, e dipende da molti altri fattori oltre che dal valore del livello sonoro del rumore stesso.

E' opportuno, perciò, che nei capitolati relativi agli impianti, siano anche elencati i valori delle soglie di rumore ammissibili per i diversi usi dei locali serviti dall'impianto e nel modo più chiaro possibile. Le norme di riferimento sono: DPCM 5 dicembre 1997 - norme UNI 8199/98 nonché norme specifiche ASTRAE ed USPHS.

##### 4.4.1) Livello sonoro ponderato, dBA)

Il livello sonoro equivalente (ponderato A), misurato negli ambienti in condizioni di arredamento medio è la grandezza fonometrica a cui riferirsi (almeno per i rumori di tipo stazionario) secondo la norma UNI 8199-1981: "Misura in opera e valutazione del rumore prodotto negli ambienti dagli impianti di riscaldamento e ventilazione".

Il limite accettabile per il livello sonoro ponderato A, negli ambienti serviti da impianti di climatizzazione è fissato in funzione del livello (ponderato A) del rumore di fondo (e cioè quando l'impianto non è in funzione); quest'ultimo valore deve essere preventivamente stabilito dal committente dell'impianto in base alla destinazione degli ambienti interessati, alle caratteristiche costruttive, ed all'ubicazione dell'edificio ed eventualmente a data di misura.

Il criterio adottato dalla norma UNI 8199 per legare il valore massimo ammissibile per il livello sonoro ambientale al livello del rumore di fondo è il seguente: per i livelli sonori di fondo molto bassi, inferiori a 27 dB(A), il livello sonoro ambientale deve essere comunque inferiore a 30 dB(A); per livelli di rumore di fondo maggiori di 60 dB(A), il funzionamento dell'impianto di climatizzazione non deve contribuire ad incrementare il livello sonoro dell'ambiente ad di sopra dei livelli di fondo stabiliti; per valori intermedi dei livelli del rumore di fondo (tra 20 dB(A) e 65 dB(A)), il funzionamento dell'impianto può comportare un contenuto aumento del livello sonoro ambientale.

##### 4.4.2) Limitazione della rumorosità degli impianti - Specifiche di capitolato

###### 4.4.2.1) Rumore interno agli edifici

Sono prescritti i limiti contemplati dalla norma UNI 8199/94 "Misura in opera e valutazione del rumore prodotto negli ambienti dagli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione".

Il rumore di fondo viene misurato in accordo con quanto stabilito dalle norme e nella specifica "Prove e verifiche in corso d'opera ed in sede di collaudo".

In fase di dimensionamento e realizzazione degli impianti, fare riferimento ai valori di progetto del livello del rumore di fondo, riportati nei dati di progetto.

Va verificato che la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici rientri nei limiti previsti dall'allegato A del D.P.C.M. 5 dicembre 1997.

###### 4.4.2.2) Prescrizioni per l'esecuzione

Gli impianti devono essere realizzati in modo da non generare negli ambienti occupati e nell'ambiente esterno livelli sonori inaccettabili e, comunque, superiori a quelli prescritti.

In linea generale, pertanto, si deve operare come segue:

- Le apparecchiature devono essere di ottima qualità con adeguato isolamento acustico per basse frequenze. I costruttori devono dettagliare le caratteristiche acustiche relative.
- Le pompe di circolazione devono essere scelte correttamente e lavorare nelle condizioni ottimali.
- Quando necessario, devono essere previsti silenziatori o altri disposti su canali.
- Per evitare i rumori derivanti dalle dilatazioni delle tubazioni devono prevedersi dispositivi di dilatazione con supporti che consentano tutti i possibili spostamenti.
- Gli attraversamenti di solette e pareti devono essere realizzati in modo tale da impedire la trasmissione di rumori e vibrazioni alla struttura,

- prevedendo ad esempio guaine adeguate.
- f) Le tubazioni devono essere fissate in modo da evitare la trasmissione di vibrazioni alla struttura. Possono essere interposti anelli di gomma; per evitare di comprimere eccessivamente la gomma i collari devono essere previsti di due grandezze superiori al diametro delle tubazioni.
  - g) Tutti i punti di contatto degli apparecchi sanitari con la struttura devono essere muniti di antivibranti.
  - h) Per le docce, deve essere interposto, tra strutture ed apparecchio, del materiale isolante.
  - i) Particolare attenzione va dedicata all'attenuazione del rumore proveniente dalle sottocentrali. La Ditta dovrà includere nella sua quotazione tutti gli accorgimenti atti ad impedire che negli ambienti occupati vengano superati i livelli sonori prescritti.
- Nel caso in cui il rumore trasmesso dagli impianti ai locali occupati od all'esterno superi i valori prescritti, devono essere presi adeguati provvedimenti per rientrare nei limiti.

I provvedimenti possono interessare:

1. Le fonti di rumore ad esempio sostituendo le apparecchiature scelte con altre più silenziose.
2. L'isolamento delle fonti di rumore con cuffie afoniche e protezioni in genere.
3. Il trattamento dell'ambiente impiegando per pareti, soffitti, pavimenti, presa d'aria, porte, i sistemi ed i mezzi più idonei per ottenere il risultato voluto.

I provvedimenti di cui sopra, ove necessari, sono a carico della Ditta installatrice.

Le prove ed i collaudi da effettuare per il controllo del livello sonoro sono riportati nella specifica "Prove e verifiche in corso d'opera ed in sede di collaudo".

#### **4.4.2.3) Provvedimenti contro la trasmissione delle vibrazioni**

Le parti in movimento delle macchine devono essere equilibrate staticamente e dinamicamente. Tutte le macchine rotanti o comunque fonti di possibili vibrazioni devono essere posate su supporti antivibranti.

La ditta è tenuta a fornire entro i termini contrattuali i disegni dei basamenti delle apparecchiature di sua fornitura ed a fornire tutti i dispositivi antivibranti da inserire nelle strutture in muratura. La ditta è altresì tenuta a verificare che i basamenti siano realizzati in accordo con quanto previsto.

Per il dimensionamento dei basamenti e degli antivibranti si rimanda alle prescrizioni degli ASHRAE Handbooks.

In ogni caso, deve essere assicurato un grado di isolamento per cui la frequenza propria di risonanza della struttura supportata sia inferiore ad 1/3 della frequenza della forzante.

La frequenza propria di risonanza ( $f_n$ ) è esprimibile (in Hertz o cicli al secondo) con  $f_n = 15,8/Vd$ , essendo  $d$  la deflessione statica dei supporti resilienti, espressa in mm.

Per macchine rotanti si può assumere come frequenza forzante la più bassa velocità di reazione. Quando si debba ricorrere a basamenti inerziali, questi devono avere una massa in calcestruzzo da 1 a 3 volte il peso del componente supportale.

La scelta del tipo di antivibrante deve essere fatta, oltreché in relazione alle condizioni di carico, considerando la temperatura di esercizio e la presenza di sostanze aggressive.

Isolatori in gomma o neoprene sono da applicarsi per deflessioni fino a 12 mm.

Per deflessioni statiche più elevate ricorrere a molle. Le molle non guidate elicoidali soggette a compressione devono avere diametri di spira abbastanza ampi per non piegarsi lateralmente sotto il carico (nel caso in cui gli ingombri non permettano ampi diametri fare ricorso a guide stabilizzatrici).

L'uso di sughero o feltri, in sostituzione degli elastometri, è ammesso solo dietro esplicita autorizzazione della Direzione Lavori.

Per apparecchiature che possono avere variazioni di peso rilevanti (quali per esempio boilers, gruppi frigoriferi, torri evaporative) devono essere previste delle molle con dei blocchi di fine corsa che impediscano movimenti eccessivi allo scarico.

Quando necessario devono essere previsti dei reggispinta per oscillazioni trasversali.

Le apparecchiature quali pompe, ventilatori e gruppi frigoriferi devono essere sempre corredate di giunti elastici al fine di evitare le trasmissioni di vibrazioni ai canali ed alle tubazioni.

I canali e le tubazioni devono essere sospesi alle pareti a mezzo di dispositivi tali che evitino la trasmissione alla struttura ed alle pareti dell'edificio di vibrazioni residue, provenienti dalla macchina o dovute alla circolazione dei fluidi.

#### **4.4.2.4) Installazione di accessori e apparecchiature atte alla riduzione della rumorosità degli impianti**

##### **4.4.2.4.1)- Scelta delle tipologie impiantistiche e caratteristiche delle apparecchiature per insonorizzazione**

Per rispettare quanto detto in precedenza si è effettuata una ricerca di prodotti e uno studio di modalità di installazione in modo da ridurre il più possibile le fonti di rumore.

#### **Si individuano alcuni accorgimenti che vengono utilizzati per ridurre la trasmissione del rumore da parte degli impianti.**

Di seguito si indicano alcune apparecchiature e applicazioni consigliate (Fig. 37 - 38 - 39 - 40 - 41 - 42).

L'impresa dovrà fare riferimento a tali apparecchiature e dovrà installare quelle più indicate all'uso specifico.

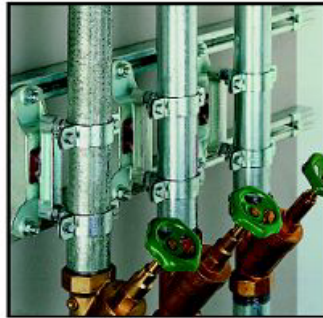
L'onere per l'installazione di tali apparecchiature sarà contenuta nell'apposita voce inserita nel computo metrico.



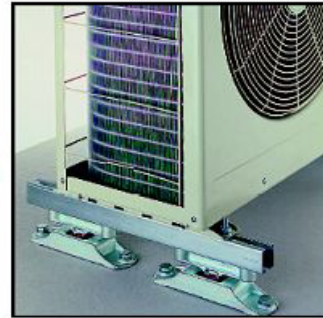
**Fig. 37**



punto di ancoraggio fonoisolato per tubazione di scarico acqua



punto di ancoraggio fonoisolato per tubazioni multiple

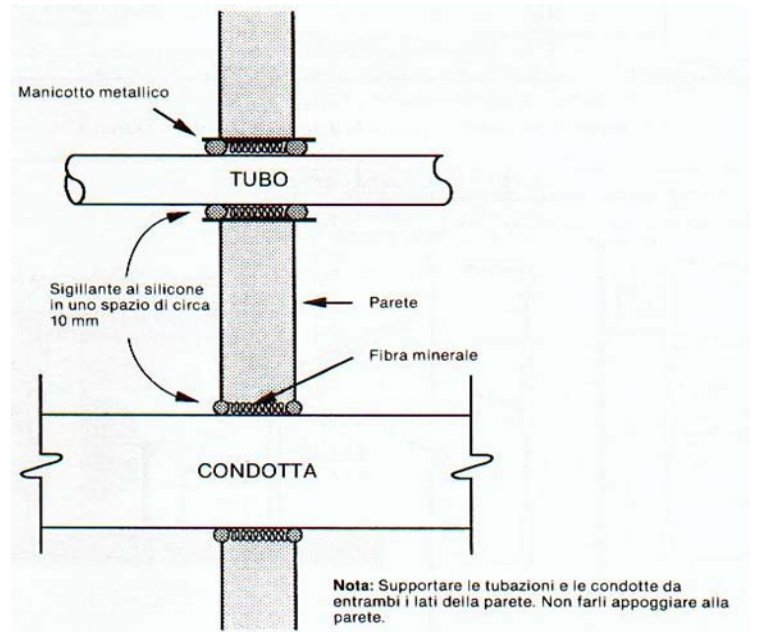


impianto fonoisolato per dispositivi pesanti

Fig. 38

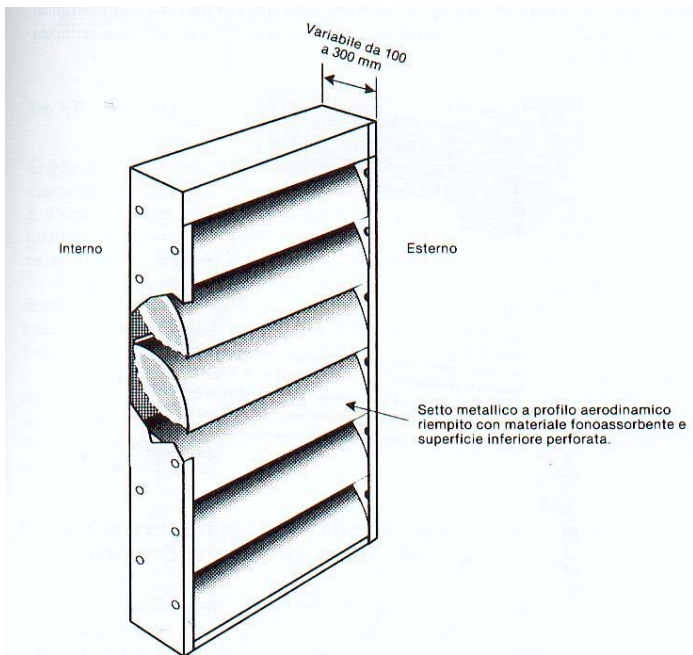


Fig. 39 Antivibrante pneumatico ("molla pneumatica"). Si noti il soffietto in materiale resiliente posto fra la base e la parte superiore metallica. Si tratta di un antivibrante "a lobo", il tipo più efficace.



Attraversamenti di tubazioni e condotte nelle pareti.

Fig. 40



Vista in sezione di una griglia di ventilazione acustica. Le prestazioni acustiche dipendono dallo spessore relativo dei setti e dei passaggi d'aria.

Fig. 41

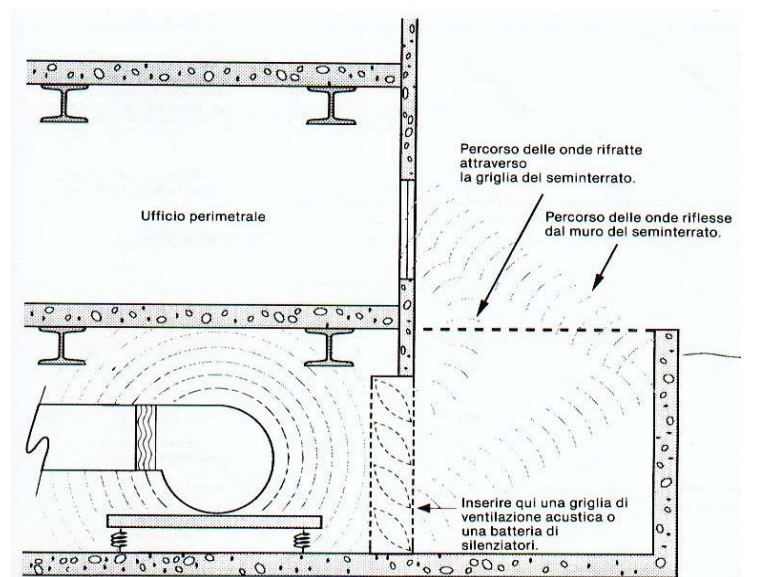
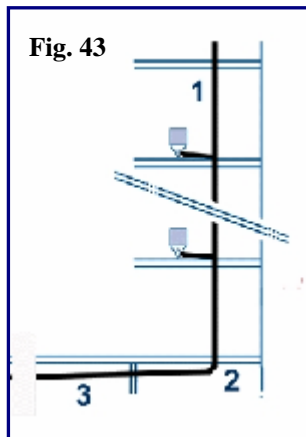


Fig. 42 Riduzione del rumore alle aperture di ventilazione perimetrate dei locali tecnici.

Si precisa che molte di tali applicazioni oltre ad operare al fine di ridurre la trasmissione del rumore devono essere utilizzate al fine di rispettare quanto previsto dalla normativa in vigore e in fase di attuazione (Novembre 2004) in merito ai requisiti sismici degli impianti (vedi “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici”).

#### 4.4.2.4.2) Limitazione della rumorosità degli impianti di scarico



##### 4.4.2.4.2.1) Fonti di rumore nella colonna di scarico

Nella colonna di scarico vi sono tre tipi fondamentali di sorgenti di rumore:

1. Rumore della caduta => nella zona verticale
2. Rumore dell’urto => nel cambiamento di direzione, cioè nel passaggio dalla posizione verticale della colonna a quella orizzontale del collettore.
3. Rumore di deflusso => nel collettore orizzontale

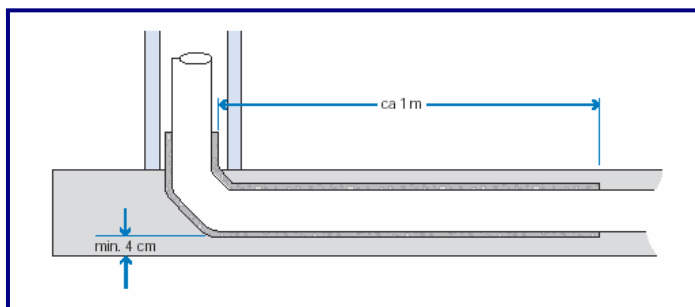
L’onere per la protezione acustica relativa agli impianti di scarico è contenuta nell’apposita voce inserita nel computo metrico.

##### 4.4.2.4.2.2) Protezione acustica: Posa nel calcestruzzo

Ove si hanno curve è necessario l’isolamento della curva nelle zone d’urto e per un tratto  $\geq 1$  m del tubo orizzontale per evitare la propagazione attraverso la struttura. Quando le condotte di scarico sono situate al di sopra di un locale utilizzato, le stesse vanno rivestite con materiale isolante assorbente composto da lamina in piombo più materiale schiumoso. Le tubazioni saranno realizzate con tubi e raccordi fonoassorbenti in polietilene ad alta densità (HDPE) rinforzati con fibre minerali dotate di appositi collari ed ali posizionate in concomitanza delle superfici di impatto dell’acqua di scarico.

##### 4.4.2.4.2.3) Caratteristiche di tubazioni fonoassorbenti

- Struttura e caratteristiche



**Fig. 44** - Isolamento con foglio di materiale isolante assorbente esposto da lamina in piombo più materassino schiumoso.

I tubi ed i raccordi di tali tubi si compongono di una miscela di PE e di fibre minerali perfettamente amalgamate. Il risultato di questa composizione sono tubi e raccordi caratterizzati da un’altra massa specifica. La combinazione di questi materiali si contraddistingue per la sua proprietà altamente fonoassorbente che, unita al maggior peso del sistema, garantisce un’insonorizzazione ottimale dei rumori diffusi nell’aria o propagati attraverso i corpi.

Il sistema è stato studiato per le colonne di scarico verticali, per gli spostamenti e per i collettori.

Viene fornito nei  $\varnothing$  110, 90 e 75 mm.

- Comportamento acustico dei tubi fonoassorbenti

**Diffusione aerea:** grazie al peso elevato del tubo, si ottiene un’ottima insonorizzazione del rumore diffuso attraverso l’aria.

**Diffusione strutturale:** basso modulo d’elasticità E del PE = buon abbattimento del rumore propagato attraverso le strutture.

**Note:** Le tubazioni e i raccordi possono essere combinati con tubazioni normali. Il sistema di insonorizzante verrà quindi impiegato solamente laddove esigenze specifiche lo impongano. Con questo sistema è quindi possibile installare impianti di scarico ad alta protezione acustica, di grande economicità.

##### 4.4.2.4.2.4) - Caratteristiche della protezione acustica degli impianti di scarico realizzati con tubazioni non fonoassorbenti.

In alcune parti di edificio non è possibile utilizzare le tubazioni di cui ai punti precedenti per cui si usano tubazioni non fonoassorbenti opportunamente isolate. Tale isolamento si compone di un foglio esterno in materia sintetica che esclude la penetrazione di umidità e serve contemporaneamente da barriera contro il vapore, di un foglio in lamina di piombo per ammortizzare il rumore che si propaga attraverso l’aria e di uno strato interno di materia schiumosa contro la trasmissione del rumore che si propaga attraverso il corpo. Con un coefficiente di (0.0384 W/mK) tale materiale funge anche da ottimo isolante contro la trasudazione.

##### 4.4.2.4.3) Caratteristiche acustiche dei condotti flessibili che saranno del tipo fonoassorbente

I condotti flessibili utilizzati negli impianti di ventilazione saranno preferibilmente del tipo fonoassorbente a meno che nel progetto non siano previsti flessibili diversi. Le caratteristiche dei condotti flessibili fonoassorbenti saranno:

#### Reazione al fuoco:

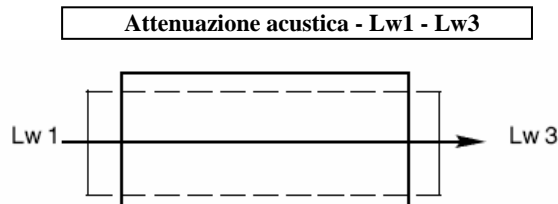
I condotti flessibili dovranno essere contrassegnati in Classe 1 o Classe 1-0 e corredati del numero di omologazione e dovranno essere omologati dal Ministero degli Interni - Ispettorato Attività e Normative Speciali di Prevenzione Incendi ai sensi del D.M. 26-6-1984 art. 8.

#### Caratteristiche acustiche:

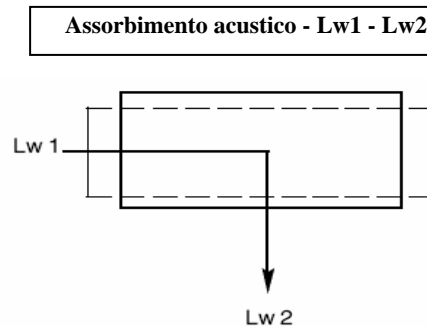
I condotti flessibili fonoassorbenti sono caratterizzati dai dati di attenuazione acustica e assorbimento acustico.

La ditta installatrice installerà i flessibili fonoassorbenti più adatti in base alle caratteristiche delle unità ventilanti ed ai diffusori finali.

- Attenuazione acustica (differenza tra i livelli di potenza acustica  $Lw_1$  a monte del condotto e  $Lw_3$  a valle del condotto) calcolata come media su tre punti di rilevazione.



- Assorbimento acustico delle pareti del condotto (differenza tra i livelli di potenza acustica  $Lw_1$  a monte del condotto e  $Lw_2$  irraggiato dal condotto verso l'esterno) calcolato con una media di rilevazioni spazio-temporali in una camera riverberante.



Gli oneri relativi all'installazione dei condotti flessibili fonoassorbenti sono contenuti in apposita voce di elenco prezzi.

#### **4.4.2.4.4) Prove**

##### **4.4.2.4.4.1) Verifica fonometrica preliminare**

Verifica fonometrica a carico dell'installatore delle caratteristiche di rumorosità delle singole apparecchiature e dell'impianto nel suo complesso prima di chiudere gli impianti, gli isolamenti, i cavedi. In base ai risultati della verifica l'installatore dovrà prendere i provvedimenti necessari per riportare i valori di rumorosità entro i limiti di legge.

##### **4.4.2.4.4.2) Verifica fonometrica definitiva**

Verifica fonometrica a carico dell'installatore delle caratteristiche di rumorosità delle singole apparecchiature e dell'impianto nel suo complesso. Di tale verifica verrà rilasciato apposito documento firmato che andrà consegnato alla D.L.

Tali prove sono a carico dell'impresa e sono inserite nell'apposita voce di computo metrico relativa al risanamento acustico.

##### **4.4.2.4.4.3) Collaudi**

Il collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione verrà eseguito secondo quanto indicato dalle Norme UNI 8199 del novembre 1998 e si dovranno verificare i limiti della rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici che, in conformità all'allegato A del D.P.C.M. 5 dicembre 1997 non dovranno superare i seguenti limiti:

- 35 dB(A)  $L_{A_{mx}}$  con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo.
- 25 dB(A)  $L_{A_{eq}}$  per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro saranno eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente sarà diverso da quello in cui il rumore si origina.

#### **4.4.3) Limiti ammissibili di rumori in ospedale – confronti tra normative**

Si riportano di seguito i risultati di uno studio effettuato per la rivista "L'Ospedale" da A. Messineo relativo all'inquinamento da rumore in ambiente ospedaliero.

##### **4.4.3.1) Effetti del rumore**

Gli ammalati sono particolarmente sensibili agli effetti disturbanti del rumore, che si manifestano con maggiore evidenza nei pazienti con malattie cardiovascolari, gastroenteriche, psicosomatiche, mentali o nei soggetti sottoposti ad interventi chirurgici.

L'interferenza del rumore con il sonno si manifesta in modo più marcato nei malati ospedalizzati (infatti la loro sensibilità è aumentata anche perchè frequentemente coesistono proprio disturbi del sonno collegati all'affezione specifica per la quale sono ricoverati).

Quindi, mentre una situazione di completa quiete favorisce l'evoluzione della convalescenza, un effetto disturbante del rumore è causa di stress e, in condizioni di diminuita resistenza, la sensazione di fastidio determinata da rumori disturbanti può indurre alterazioni funzionali del sistema nervoso o interessare, in modo sfavorevole, altri apparati quali quello cardiovascolare e nervoso (quest'ultima evenienza si manifesta con disturbi psichici e neurovegetativi quando l'intensità del fattore disturbante oltrepassa determinati limiti).

Ma l'azione del rumore non si espleta, ovviamente, solo sui ricoverati; anche il personale medico ed infermieristico può essere preda di condizioni di affaticamento e può determinarsi, in caso di esposizione protratta a rumori "disturbanti", anche una riduzione dell'efficienza e del rendimento sul lavoro.

L'opinione comune è che il primo requisito da conseguire da parte di una struttura di degenza sia la quiete sonora, tanto è vero che esistono normative in tal senso in vari Paesi. Nelle normative riguardanti la pianificazione del territorio, le zone ospedaliere sono generalmente quelle caratterizzate dai più bassi livelli ammissibili di rumore ambientale.

Ciò detto occorre quindi precisare che le procedure autorizzative previste dalle vigenti leggi potranno aver corso, nel caso di attivazione di ospedale o di casa di cura, se le strutture di ricovero siano ubicate in zone silenziose, lontane da traffico aereo, ferroviario o stradale o, comunque, se sia almeno garantita una adeguata protezione acustica degli ambienti, in particolare camere di degenza, reparti di rianimazione, sale operatorie, da rumori di calpestio, di pubblico, di impianti ed apparecchi provenienti da locali contigui comuni, nonché da rumori soprattutto di traffico provenienti da fonti esterne.

Il D.P.C.M. dell'1. 03.1991 stabilisce limiti di accettabilità di livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale quali misure immediate ed urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e dell'esposizione al rumore.

Con l'entrata in vigore della Legge 26.10.1995, n. 447 (Legge quadro sull'inquinamento acustico) è definito come inquinamento acustico ogni "introduzione di rumore nell'ambiente abitativo e esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane ..... o tale da interferire con le legittime funzioni degli ambienti stessi". L'Ospedale è assimilato ad un ambiente abitativo (per quanto riguarda i degenzi) essendo "... edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane...". Tuttavia, determinati ambienti ospedalieri nei quali attraverso sorgenti sonore si determina immissione di rumore negli ambienti di lavoro, sono anche soggetti alla disciplina prevista, dal D.Lgs. 277/91. La Legge 447 tra l'altro prevede (art. 3 "f") l'indicazione, con Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici di concerto con il Ministero dell'Ambiente e con il Ministero dei Trasporti, dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie ai fini della tutela dell'inquinamento acustico, dei requisiti dei sistemi di allarme (art. 3 "g"), dei requisiti acustici dei pubblici spettacoli (art. 2 "h").

All'art. 8 della L. 447/95 è previsto l'obbligo di produrre una valutazione revisionale del clima acustico delle aree interessate alla realizzazione di scuole, ospedali, case di cura e di riposo, secondo criteri che saranno indicati dalle Regioni (art. 4, comma "I").

In via transitoria, e fino all'adozione dei provvedimenti e dei regolamenti di attuazione della L. 447/95, si applicano le norme previste dal D.P.C.M. 1.03.1991.

I limiti fissati per la Classe I (aree particolarmente protette) sono di 50 d(BA) Leq (diurni) e 40 d(BA) Leq (notturni), mentre nelle aree prevalentemente residenziali vengono accettati come limiti 55 d(BA) Leq (diurni) e rispettivamente 45 d(BA) Leq (notturni). Rientrano in prima classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione, come le aree ospedaliere, scolastiche, ecc.

Sulla base di quanto scritto, è quindi evidente che, ove possibile, le costruzioni ospedaliere dovrebbero essere attivate nelle zone di classe I con i descritti limiti di rumorosità.

Negli Stati Uniti, l'A.S.H.R.A.E., ha proposto una serie di valori massimi di rumorosità ammissibile per impianti di ventilazione, condizionamento e riscaldamento installati negli ospedali e nelle cliniche (**Tabella 1**).

I lavori limite consigliati sono stati diversificati per quattro differenti gruppi di ambienti: camere di degenza (30-4 dBA), medicherie e camere operatorie (35-45 dBA), laboratori, vestiboli e sale di attesa (40-50 dBA), bagni e latrine (45-65 dBA).

I valori limite suddetti sono anche forniti in son (da un minimo di 1 nelle camere di degenza ad un massimo di 8 nelle latrine e nei bagni) ed in curve I.S.O.

Sempre negli Stati Uniti, l'U.S.P.H.S., ha indicato i livelli massimi accettabili di rumorosità per cinque gruppi di ambienti ospedalieri: camere di degenza, stanze di guardia e medicherie, sale operatorie e sale da parto, uffici e studi privati, ambulatori (**Tabella 2**).

Sono stati poi predisposti valori limite per quello che si riferisce alla rumorosità di attrezzature ubicate presso il letto del paziente (aspiratori, apparecchi per erogazione di gas e in genere, ogni tipo di attrezzatura elettromedicale) (**Tabella 3**).

In caso di servizi ed apparecchiature ospedaliere il grado di fastidiosità e quindi la sequenza di livelli sonori ammissibili sono valutati facendo riferimento a criteri di giudizio complessi. Si tiene conto della ubicazione della sorgente di rumore, della distanza dal degente, del tempo di erogazione dello stimolo sonoro, della necessità di impiegare determinate attrezzature, anche se rumorose, ed infine del livello sonoro ritenuto accettabile per i differenti ambienti dell'ospedale.

Per quanto attiene infine le attrezzature ubicate presso il letto del paziente (aspiratori, apparecchi per l'erogazione di gas e in genere ogni tipo di attrezzatura medicale), l'U.S.P.H.S. raccomanda i livelli massimi di rumorosità riportati nella **Tabella 4**.

**Tabella 1** – Valori massimi di rumorosità ammissibile per gli impianti di ventilazione, condizionamento e riscaldamento installati negli ospedali e nelle cliniche (A.S.H.R.A.E.)

Tipo di locale	son			dBA			Curve I.S.O.		
	min.	med.	max.	min.	med.	max.	min.	med.	max.
Camere di degenza	1	1,7	3	30	35	40	25	30	35
Medicherie, camere operatorie	1,5	2,5	4	35	40	45	30	35	40
Laboratori, vestiboli, corridoi, sale di attesa	2	4	6	40	45	50	35	40	45
Bagni e latrine	3	5	8	45	50	55	40	45	50



**Tabella 2** – Livelli massimi di rumorosità raccomandati dall’U.S.P.H.S.

Tipo di locale	Livello sonoro (dB)							
	20	75	150	300	600	1200	2400	4800
	75	150	300	600	1200	2400	4800	9600
Camere di degenza NC 30	60	51	43	37	32	30	28	27
Stanza di guardia dell’infermeria NC 35	63	55	47	41	37	35	33	32
Sale operatorie e da parto NC 40	66	59	52	46	42	40	38	37
Uffici – Studi privati NC 35	63	55	47	41	37	35	33	32
Ambulatori NC 45	69	62	56	50	47	43	43	42

**Tabella 3** – Livelli massimi di rumorosità per apparecchiature ubicate presso il letto del paziente (U.S.P.H.S.)

Banda di frequenza (Hz)	Livello sonoro (dB)							
	20	75	150	300	600	1200	2400	4800
	75	150	300	600	1200	2400	4800	9600
Aspiratori, apparecchi per erogazione gas medicali, ecc.	67	61	60	57	54	54	54	53

**Tabella 4** – Livelli massimi di rumorosità per apparecchiature ubicate presso il letto del paziente (U.S.P.H.S.)

Banda di frequenza (Hz)	Livello sonoro (dB)							
	20	75	150	300	600	1200	2400	4800
	75	150	300	600	1200	2400	4800	9600
Categoria I Impianto di condizionamento, a m. 1,80 dalle bocchette di uscita nelle camere di degenza – Scarichi di servizi annessi alle degenze - Ventilatori	49	43	37	35	30	28	26	25
Categoria II Impianti di condizionamento, a m. 1,80 dalle bocchette di uscita dei corridoi – Ascensori, a m. 1,80 nei corridoi – Frigoriferi nella stanza di guardia dell’infermeria – Impianti di ventilazione dei servizi igienici o di altri locali – Apparecchi condizionatori locali – Trasformatori elettrici	58	54	43	42	38	37	36	35
Categoria III Macchine lavastoviglie – Scarichi di servizi annessi alle stanze di degenza – Frigoriferi cucine centrali – Sterilizzatori a vapore	64	60	58	62	62	62	62	62
Categoria IV Impianti centrale termica – Impianti elevatori sala macchine – Impianti di ventilazione in ambienti centralizzati	92	90	87	86	84	82	81	80

N.B. Se è previsto l’impiego di soffitti fonoassorbenti nelle stanze di degenza i valori sopra riportati possono essere aumentati di 8 dB.

Van Den Eijk, nel 1975, ha indicato una serie di limiti di accettabilità del rumore negli ambienti ospedalieri. Tali limiti, espressi come Leq, sono di 30 dBA per le camere di degenza dei reparti di terapia intensiva o per i locali dove devono essere effettuati esami audiometrici, di 35 dBA per le degenze ordinarie, di 40 dBA per gli ambienti di soggiorno, le biblioteche e gli uffici dell’amministrazione, di 45 dBA per le sale operatorie, gli ambulatori, i vestibili e le scale, di 50 dBA per le cucine, le cantine, i corridoi e gli ambienti di servizio. Durante la notte i valori suddetti devono intendersi diminuiti di 5 dBA.

Sono anche prescritti dallo stesso autore limiti di rumorosità per gli impianti tecnici interni all’ospedale (40 dBA di giorno e 30 dBA di notte). Tale limitazione ha particolare importanza per gli impianti a funzionamento continuo come, ad esempio, gli impianti di condizionamento dell’aria. I valori indicati devono essere tuttavia di almeno 5-10 dBA più bassi se rilevati all’interno di ambienti ad elevato isolamento acustico, in modo da non superare i livelli di rumorosità precedentemente indicati per i reparti di terapia intensiva ed i locali per audiometria.

La normativa predisposta nel 1986 dal Ministero della Sanità, pur fornendo valori di accettabilità in Leq per le aree ospedaliere esterne (50 dBA di giorno e 40 dBA di notte), consente di estrapolare i limiti di rumorosità interna per i locali di degenza, valutabili in 40 e rispettivamente in 30 dBA durante le ore diurne (6-22) e durante le ore notturne (22-6).

**Tabella 5** – Limiti di rumorosità in dBA per differenti tipi di ambienti ospedalieri

Ambiente o zona dell’ospedale preso in considerazione	Leq (d) ore 7-19	Leq (e) ore 7-22	Leq (n) ore 22-7
Camere di degenza	35	30	25
Zone di collegamenti	40	35	30
Medicherie e studi medici	45	40	40
Sale operatorie e sale da parto	50	45	40
Ambulatori esterni e zone dei servizi generali	55	50	40

Nella **Tabella 5** sono riportati i livelli massimi di rumorosità accettabile in cinque tipi di ambienti ospedalieri, le camere di degenza, le zone dei collegamenti immediatamente vicine a queste (corridoi, camerette per infermiere ecc.), le mediche e gli studi medici, le sale operatorie, le sale da parto ed infine gli ambulatori esterni e le zone dei servizi generali.

I valori riportati in tabella sono espressi in dBA come Leq e differenziati per il periodo diurno (ore 7-19), serale (ore 19-22) e notturno (ore 22-7). Sono previsti limiti di accettabilità relativamente bassi anche per ambienti che di norma non sono continuativamente utilizzati per tutto l'arco delle 24 ore, per evitare che gli ambienti stessi diventino sorgenti di rumore disturbante per le camere di degenza durante le ore serali e notturne.

**Tabella 6** – Valori limite in dB, per banda di ottava proposti per gli edifici ospedalieri

Parametro esaminato	Frequenze nominali per la definizione della banda di ottava (in Hz)							NOTE
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Potere fonoisolante di strutture divisorie e limitanti	27	37	45	48	50	52	60	I risultati dell'analisi sono positivi quando i valori rilevati sono superiori ai valori indicati nelle colonne di sinistra; sono ancora soddisfacenti fra i valori limite ed i valori rilevati non supera i 12 dB purché la differenza non oltrepassi i 5 dB in ciascuna banda di ottava.
Potere fonoisolante di infissi verso l'esterno	23	26	28	31	33	35	41	
Livello di rumore di calpestio normalizzato di solai	67	67	65	61	54	52	45	I risultati dell'analisi sono positivi quando i valori rilevati sono inferiori ai valori limite indicati nelle colonne di sinistra; sono ancora soddisfacenti se la somma delle differenze tra i valori rilevati ed i valori limite non supera i 12 dB purché la differenza non superi i 7 dB in ciascuna banda di ottava.
Livello massimo di rumorosità tollerabile per impiego non prolungato di apparecchiature mobili al letto del malato	65	59	58	55	52	52	51	

Nella **Tabella 6**, sono riportati in dB e per banda di ottava i valori limite proposti per quel che concerne il potere fono-isolante di strutture divisorie e limitanti, il potere fono-isolante di infissi verso l'esterno, il livello di rumore di calpestio, il massimo livello di rumorosità tollerabile per l'impiego di apparecchiature mobili poste in prossimità del letto del malato.

In definitiva, i livelli sonori ammissibili derivanti dalle attività interne non devono essere superiori nelle sale di degenza a 30-35 dB nelle ore diurne e 25 dB nelle ore notturne.

A tale proposito occorrerebbe predisporre le seguenti cautele di massima:

- 1) i percorsi per il traffico interno e la dislocazione di impianti di servizio rumorosi (officine, cucine, lavanderie, centrali termiche) devono essere tali da salvaguardare le zone davanti alle degenze;
- 2) il movimento interno agli edifici deve attuarsi su percorsi separati e distinti da quelli dei locali di degenza;
- 3) gli impianti tecnici e meccanici di ventilazione, ascensori, locali di servizio devono essere separati dai locali di degenza mediante opportuni accorgimenti tecnici, che prevengano la diffusione dei rumori;
- 4) per i rumori provenienti da fonti esterne non sarà ammissibile un aumento di rumorosità superiore a 5 dB (A) del rumore di fondo per il periodo diurno e a 2 dB(A) per il periodo notturno;
- 5) pavimenti, pareti e soffitti che limitano le camere di degenza devono essere di costruzione tale da garantire la protezione da tutti i tipi di rumore secondo quanto prescritto dalle norme;
- 6) muri divisorii e soffitti adiacenti a locali di servizio e/o trattamento dovranno essere costruiti secondo i particolari requisiti richiesti dalle norme specifiche;
- 7) le finestre devono essere a doppia vetratura, con la lastra esterna più spessa di quella interna.

#### 4.4.4) Normativa nazionale

La normativa nazionale di riferimento è:

- D.P.C.M. 01/03/1991;
- Legge quadro 447 del 26/10/1995;
- D.P.C.M. 14/11/1997;
- D.P.C.M. 05/12/1997.

Legge Regionali:

Norme UNI 8199-98 "Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione".

Dalle norme citate i valori di riferimento, difficilmente raggiungibili sono definiti dal D.P.C.M. 05/12/1997 ove al capitolo "Rumore prodotto dagli impianti tecnologici" vengono definiti i limiti pari a :

- a) 35 dB(A)  $L_{A \max}$  con costante di tempo slow per servizi a funzionamento discontinuo,
- b) 25 dB(A)  $L_{Aeq}$  per servizi a funzionamento continuo",

e dal prospetto 2 delle norme UNI 8199-98 ove al punto 4) Ospedali e cliniche

- a) camere di degenza 30 dB(A);
- b) corsie 40 dB(A);
- c) sale operatorie 35 dB(A);
- d) corridoi 40 dB(A);
- e) aree aperte al pubblico 40 dB(A);
- f) servizi 40 dB(A).

Tali valori sono difficilmente raggiungibili e necessitano accorgimenti notevoli sia nella costruzione degli impianti che nella costruzione degli edifici.

Altro aspetto importante è la separazione tra ambienti ospedalieri.

Facendo riferimento alla Tab. B del D.P.C.M. 05/12/1997 un valore importante da verificare è  $R_{w}^1$  (elemento di separazione tra due distinte unità immobiliari) = 55.

Esiste un dibattito per definire cosa si intende tra “due distinte unità immobiliari”:

- tra camere (sicuramente tra degenze di malati terminali);
- tra camere e corridoi;
- tra reparti diversi.

Per raggiungere tale valore è necessario che vengano presi provvedimenti sin nella fase progettuale che determinano un certo costo od impegno costruttivo.

#### **4.5) MISURA DELLE PORTATE NELLE RETI IDRICHE**

Quando non si ottengono i valori di progetto dei parametri microclimatici è necessario che il collaudatore verifichi le portate.

In questi casi si è costretti ad intervenire con procedure di ripiego (vedi metodo delle temperature), spesso onerose in termini di tempo e, comunque, poco affidabili nei risultati.

Il motivo è ovvio: l'impianto molto spesso è stato progettato e costruito senza considerare l'eventualità di futuri controllo e tarature.

Pare, quindi, ragionevole affrontare l'argomento esponendo la prima indispensabile condizione per eseguire delle misure di portata e cioè che i circuiti siano pensati, costruiti e soprattutto equipaggiati per consentire lo svolgimento delle operazioni nel modo rapido, efficace e sicuro.

La taratura è semplice se l'impianto è predisposto di organi di regolazione; molto complicata se tali organi, indicati in precedenza, non sono previsti. È necessario individuare i punti strategici della distribuzione da strumentare, scegliere gli apparecchi adatti (misuratori + valvole o valvole di bilanciamento), prevedere le operazioni di rilievo e taratura e curarne l'esecuzione.

I punti che meritano un controllo sono, evidentemente, legati al tipo di impianto e di distribuzione, all'importanza delle utenze, alle condizioni di funzionamento, al sistema di calcolo adottato ed alle altre numerose esigenze legate a conduzione e manutenzione dell'installazione: non si può, per esempio, dimenticare che un punto di misura è un prezioso ausilio in caso di future modifiche, sostituzione di apparecchi, contestazioni, ecc.

#### **4.6) CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN AMBIENTI A CONTAMINAZIONE CONTROLLATA**

##### **4.6.1) Definizioni di inquinamento indoor e parametri relativi**

Numerose sono le definizioni relative all'inquinamento indoor.

Relativamente agli ambienti ospedalieri si ritiene che la più calzante sia: “la presenza, nell'aria di ambienti confinati, di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità” (Ministero dell'Ambiente, 2003).

In ambienti a contaminazione controllata si analizzano i rischi derivanti da un impianto di climatizzazione inefficiente.

Tali rischi si distinguono in:

- rischio fisico: alterazione del benessere o discomfort termico del personale ospedaliero, dei pazienti e dei visitatori, derivante da un inadeguato controllo dei parametri microclimatici;
- rischio chimico: alterazione dei meccanismi metabolici o di detossificazione derivante dalla contaminazione ambientale da sostanze tossiche, nocive o cancerogene;
- rischio microbiologico: alterazione dei meccanismi d'organo, tissutali, cellulari ed immunitari derivanti dalla contaminazione ambientale qualitativamente e/o quantitativamente inadeguata di microrganismi.

Risulta evidente il grado di importanza relativo alla ricerca di quei parametri che possono rilevare il grado di rischio a cui un operatore e/o un paziente può essere costantemente esposto (solo in Italia i decessi per infezioni ospedaliere superano quelli per incidenti stradali).

La qualità dell'aria negli ambienti a contaminazione controllata è definibile dai seguenti parametri:

- efficienza di ventilazione;
- filtrazione;
- articolato aerodisperso;
- carica batterica;
- concentrazione di inquinanti gassosi.

##### **4.6.2) Efficienza di ventilazione**

Le norme sulla ventilazione danno indicazioni sia sulla quantità richiesta di aria esterna (volume procapite per il tempo), che sul suo tasso di ricambio ( $h^{-1}$ ), oppure su entrambi i casi. L'efficienza di ventilazione è un'innovazione piuttosto recente nella definizione della qualità d'aria e sta acquisendo sempre più importanza.

Il numero di ricambi d'aria (o tasso di ricambio dell'aria) esterna è definito come il rapporto del volume d'aria esterna entrante in un ambiente circoscritto per ogni ora e il volume reale\* dell'ambiente stesso. In altre parole, è il numero di volte, in un'ora, che l'aria presente in una stanza viene sostituita da aria proveniente dall'esterno.

Il numero di ricambi dell'aria è spesso un fattore molto importante nella valutazione della ventilazione, poiché dipende dalle dimensioni dell'ambiente chiuso e quindi dal volume d'aria.

La richiesta d'aria esterna definisce il volume di aria, che ogni persona dovrebbe ricevere in un determinato ambiente, per unità di tempo.

Le prescrizioni della normativa italiana, per gli ambienti a rischio in strutture ospedaliere, impongono che gli impianti siano del tipo tutta aria esterna. Le tipologie di impianto, diverse per i vari ambienti, garantiscono un controllo differenziato delle condizioni locali e del livello di asetticità in base anche alle diverse destinazioni d'uso e al periodo di utilizzo. I principi basilari per una buona distribuzione dell'aria all'interno sono:

- la presenza intorno al paziente d'aria pulita;
- una distribuzione uniforme in grado di ventilare tutta la sala evitando la formazione di zone di ristagno d'inquinati chimici e microbici;
- un'adeguata velocità dell'aria (minimo 0,25 m/s) in prossimità delle zone sensibili al fine di assicurare l'asportazione dei batteri presenti, senza creare condizioni di discomfort localizzato.

Le moderne soluzioni impiantistiche seguono l'evoluzione tecnologica e l'impostazione architettonico/funzionale. La progressiva eliminazione dei corridoi, a vantaggio dei percorsi organizzati, induce a decentrare l'impianto di trattamento aria in prossimità dei locali serviti consentendo di ridurre la lunghezza dei canali.

La sicurezza da eventi dovuti a aerobiocontaminazioni incrociate fra interventi successivi o contemporanei, induce il progettista a ricercare:

- una biodecontaminazione superiore al 99%;
- un basso livello di biocontaminazione dovuto a presenza umana;
- un livello di contaminazione sempre più ridotto.

L'ultimo punto è quello che apparentemente più interessa l'igienista ma esso dipende essenzialmente da numerosi fattori, quali il tipo d'intervento, il numero di persone, la disciplina di queste; in ogni caso il livello di contaminazione non dovrebbe mai essere superiore a 100 c.f.u./m<sup>3</sup> nel corso di tutto l'intervento.

Affinché l'impianto di trattamento aria sia efficace dal punto di vista batteriologico, è necessario che il volume d'aria sterile sia immesso nei locali in prossimità del paziente. La soluzione efficace non consiste nel rimescolare adeguatamente l'aria, in modo da renderne omogenee la temperatura e la velocità, né d'avere aria sterile alle bocchette. Occorre invece avere aria sterile (5 c.f.u./m<sup>3</sup>) in assenza di persone e mantenere il livello di aerobiocontaminazione dell'ambiente il più basso possibile, senza ridurre il comfort dell'equipe operatoria.

#### 4.6.3) Filtrazione

Per filtrazione dell'aria i metodi utilizzati comprendono svariati sistemi tra i quali: separatori inerziali, precipitatori elettrostatici, filtri fibrosi, ecc... tra i quali i più utilizzati sono senza dubbio i filtri fibrosi. A questa categoria appartengono sia i filtri impegnati nei normali impianti di condizionamento, sia i filtri Hepa/Ulpa impegnati per la depurazione spinta dell'aria nell'industria ospedaliera, farmaceutica ed elettronica.

I filtri sono caratterizzati dai seguenti parametri:

- **Efficienza:** misura la capacità del filtro a rimuovere le particelle della corrente d'aria che l'attraversa. Si esprime in percentuale e rappresenta un indice della qualità del filtro.
- **Perdita di Carico:** rappresenta la caduta di pressione quando una determinata portata attraversa il filtro; viene espressa in Pascal. Per una buona caratterizzazione del filtro è necessario conoscere la sua variazione in funzione del grado di intasamento.
- **Capacità di Contenimento:** definisce la quantità di polvere di determinata granulometria che un filtro può trattenere quando funziona con una determinata portata e con una determinata perdita di carico, o comunque prima che la sua capacità di arrestare le particelle sia seriamente compromessa.

Il funzionamento dei filtri fibrosi dipende da vari fenomeni che a loro volta sono influenzati dalla velocità di attraversamento, dal diametro delle particelle, dal diametro e dalla densità delle fibre.

I fenomeni che intervengono sono :

- **Inerzia:** le particelle abbastanza grandi e con una certa massa hanno un'inerzia sufficiente per abbandonare il flusso d'aria e colpire la fibra, mentre l'aria le gira attorno.
- **Intercettazione:** quando una particella colpisce una fibra e tenta di aggirarla, ad esempio tangenzialmente, verrà catturata e trattenuta.
- **Diffusione:** le piccole particelle si muovono casualmente, perché sono continuamente bombardate dalle altre particelle e dalle molecole d'aria in cui sono sospese. Questo movimento casuale, fa in modo che le particelle arrivino prima in prossimità delle fibre e vengano catturate.

Il livello di filtrazione è necessario in funzione dell'impossibilità, attraverso il solo movimento e ricambio d'aria, di ottenere l'eliminazione dell'inquinamento da particelle e microrganismi.

L'aria interna tende ad incrementare la quantità di particolato presente con l'uso dell'ambiente, specie con la movimentazione dei tessuti (abiti, telini, ecc...) e con la perdita da parte dell'uomo di scaglie di pelle, sino a valori misurati di 160x10<sup>-6</sup> g/m<sup>3</sup> (con prevalenza di diametri grossolani). E' anche su questo particolato (definibile "carrier") che i microrganismi si adsorbono attraverso meccanismi di carica elettrostatica ed organizzano colonie, che possono contaminare gli stessi apparati e condotti di condizionamento quando non ben mantenuti, e che debbono preventivamente essere rimossi con la filtrazione.

Tutte le particelle tipiche ed i dispersoidi gassosi presenti nell'aria e compresi tra 1 mm e 0,1 mm è filtrabili con filtri comuni, e tra 0,001 mm e 0,4 mm sono filtrabili con filtri ad alta efficienza.

Tutti i sistemi di ventilazione e/o condizionamento dovrebbero essere equipaggiati, per questo motivo con filtri che abbiano un'efficienza non inferiore a quanto indicato nella tabella 1, dove, a seconda dell'ambiente da climatizzare, sono definiti il numero di filtri necessari, posti in sequenza sulla condotta di aria dal punto di presa sino all'immissione in ambiente, ed il grado di efficienza.

Il primo livello di filtrazione, raccomandabile in ambienti comuni, sarà sulla presa dell'aria esterna, sul versante a pressione negativa, utilizzando al minimo una griglia fine ed un filtro di classe EU 4 (classificazione Eurovent) con un'efficienza del 25% almeno.

Il secondo livello sarà in uscita dalla macchina di trattamento, all'inizio del condotto dell'aria sul versante a pressione positiva, del tipo a pannelli con efficienza gravimetrica (BS 2381 T.D.2) utilizzando al minimo un filtro di classe EU 7.

Un eventuale terzo livello (in quegli ambienti specifici dove sia necessario un alto od altissimo livello di ultrafiltrazione (massima capacità di riduzione della carica microbica) si utilizzerà un filtro di classe EU 12 ovvero EU 14 o HEPA assoluto al 99,97% al DyOctyl Phtalate (DOP) Test, posizionato a livello del diffusore dell'aria in ambiente, come ultimo elemento della distribuzione dell'aria, in modo da essere facilmente ispezionabile, pulibile, sostituibile in particolar modo se contaminato (secondo le norme Eurovent 4/5, UNI CTI 7832-7833, DIN 24183, UNI EN 1822).

Sarebbe utile considerare, se non indispensabile, un livello di filtro classe EU 4 anche sulle bocche di ripresa dell'impianto di condizionamento eventualmente presenti, in quanto se il particolato ripreso dall'ambiente si depositasse lungo i condotti di ripresa (come anche per quelli di aspirazione) potrebbe rappresentare un ottimo substrato per la moltiplicazione di microrganismi.

**Tabella 7**

N° di Livelli	Ambienti Ospedalieri	I° Livello Efficienza di Filtrazione %	II° Livello Efficienza di Filtrazione %	III° Livello Efficienza di Filtrazione %
3	S.O. Ortopediche S.O. Trapianto Midollo Osseo S.O. Trapianto d' Organi S.O. Interventi "Sensibili"	25	90	99,97
2	S.O. Interventi Generali Unità Terapia Intensiva Stanze Degenza e Terapia Ambulatori Sale di Diagnostica	25	90	
1	Laboratori Stoccaggio Materiale Sterile	80		

I filtri sono uno degli elementi che consentono di realizzare un ambiente a contaminazione controllata. Molto importante per il contenimento della contaminazione è anche il flusso d'aria che si genera in una Sala Operatoria o ambiente a contaminazione controllata.

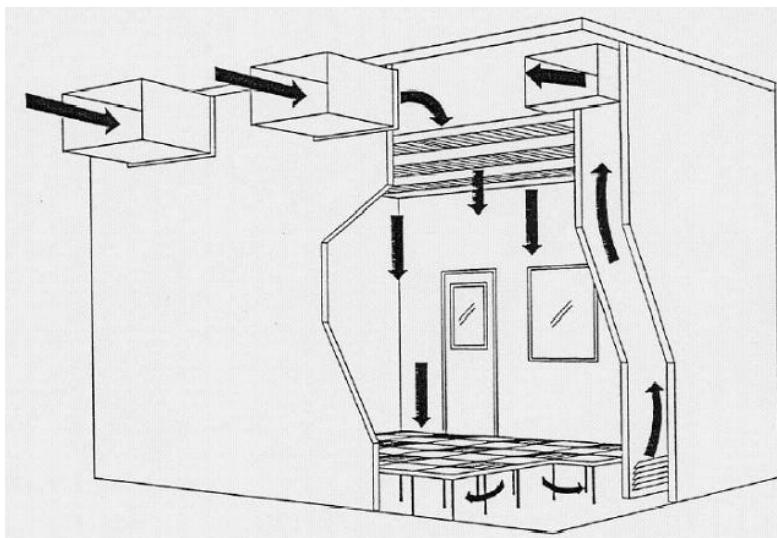
Esistono 3 tipologie di flusso:

- a) Unidirezionale (o Laminare)
- b) Non unidirezionale
- c) Misto

*a) Il flusso unidirezionale (Fig. 45)*

Il flusso unidirezionale (o laminare) è formato da aria che fluisce in un'unica direzione con linee di flusso parallele. È un flusso a bassa turbolenza che evita il propagarsi di un contaminante locale, ma anzi ne favorisce la rapida espulsione.

**Fig. 45**



Il flusso può essere sia verticale sia orizzontale:

- **VLF** (Vertical Laminar Flow): l'aria viene introdotta da diffusori con filtri Hepa terminali, installati nel controsoffitto uno vicino all'altro, e ritorna tramite pavimenti rialzati o griglie di ripresa alla base delle pareti dei muri. In campo ospedaliero è però raro che il pavimento sia rialzato, perché nella parte sottostante può facilmente formarsi della sporcizia, che è difficile poi rimuovere; quindi in questo campo normalmente si utilizzano griglie di ripresa, montate a filo parete.

- **HLF** (Horizontal Laminar Flow): l'aria si immette da un "muro filtrante" e ripresa dalla parete opposta (muro di ripresa). Questo tipo di flusso è utilizzato in alcune applicazioni del settore microelettronica.

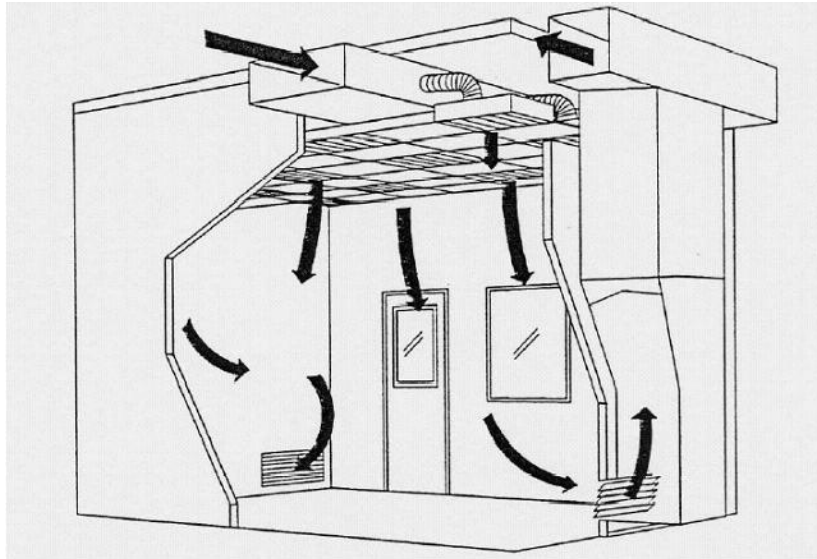
Idealmente il flusso laminare dovrebbe essere continuo, anche se in realtà il personale ed i macchinari lo disturbano. In un ambiente, inoltre, in cui è presente un LAF (Laminar Air Flow), si deve cercare di evitare:

- La formazione di zone di turbolenza, perché facilitano la diffusione della contaminazione dalla sua sorgente, effetto che si vuole evitare o limitare al minimo;
- Zone di vortice in cui la contaminazione può ristagnare.

*b) Il flusso non unidirezionale (Fig. 46)*

Il flusso non unidirezionale è introdotto da normali diffusori, o attraverso filtri Hepa disposti omogeneamente, ma che non coprono tutto il soffitto (come nel caso del flusso unidirezionale): l'aria viene introdotta senza indirizzarla in una particolare direzione. Questo flusso è previsto in zone non particolarmente critiche.

**Fig. 46**



*c) Il flusso misto*

Dato che un sistema a flusso laminare è molto costoso, sia a livello impiantistico, sia per la sua gestione, spesso si preferisce progettare della Sale Operatorie a flusso misto.

Il flusso unidirezionale sarà garantito nei punti critici del locale (zone in cui il paziente è esposto) mentre nella restante zona del locale sarà previsto un flusso non unidirezionale.

**4.6.4) Particolato aerodisperso**

Anche il particolato in sospensione non è un singolo contaminante, ma una miscela di diverse classi di inquinanti di diverse specie chimiche.

Da una notevole quantità di dati sperimentali è stato notato che il contenuto di particolato in atmosfera segue una ben determinata legge di distribuzione. In particolar modo, Junge (1963) scoprì che le curve di distribuzione delle particelle in atmosfera seguivano la stessa legge al variare del luogo della misura (montagna o città).

Junge attribuì questo fenomeno all'effetto di "coagulazione" presente in natura, per cui le particelle più piccole tendono ad accorparsi per contatto diventando più grandi e quindi seguono gli stessi comportamenti.

Il fatto che particelle aventi densità maggiore dell'aria possano restare in sospensione nell'atmosfera è dovuto a molteplici fattori che possono essere ricondotti all'azione aerodinamica che l'aria in movimento esercita sulle particelle, alla forza di gravità ed ai moti browniani.

I danneggiamenti indotti dalla presenza di contaminanti aerotrasportati possono essere suddivisi in due grosse categorie :

- Quelli che provocano danni alla salute degli operatori;
- Quelli che provocano danno alla qualità del prodotto.

Entrambi dipendono dalla probabilità che i contaminanti hanno di entrare in contatto con i soggetti danneggiabili e dalla probabilità che una volta in contatto inneschino effettivamente il danno. È intuitivo che la probabilità di entrare in contatto dipenda dalla concentrazione negli ambienti, mentre la seconda probabilità dipenda dalla natura del contaminante e del soggetto preso a bersaglio.

Per quanto riguarda la natura dei contaminanti particellari aerotrasportati, essi possono essere dei seguenti tipi:

- inerti;
- biologicamente attivi;
- chimicamente attivi;
- radioattivi.

È da precisare che i primi tre assumono le caratteristiche riportate in funzione della natura del bersaglio, in quanto una particella potrà essere inerte nei confronti di alcune specie chimiche, ma non generalmente di tutte le specie chimiche con cui potrà venire in contatto.

Parimenti una particella biologicamente attiva, cioè trasportante un microrganismo, se cade su di un substrato non idoneo non darà mai luogo ad una colonia e si comporterà a tutti gli effetti come una particella inerte.

I danneggiamenti che una particella cosiddetta inerte possono innesicare sono quelli causati dal solo fatto che la loro presenza può alterare la natura fisica del mezzo nel quale si depositano causando effetti non previsti.

Le particelle biologicamente attive sono quelle che trasportano dei microrganismi. Normalmente sia i batteri che i virus possono muoversi nell'aria solo se ancorati ad un supporto che ne permetta la sopravvivenza. Questo significa che le particelle biologicamente attive saranno dimensionalmente più grandi dei relativi microrganismi trasportati.

In letteratura tali particelle vengono indicate con la sigla C.F.U. (Colony Forming Unit) ovvero particelle formanti colonia. I danneggiamenti che esse causano possono essere di varia entità e tutti connessi alla natura del microrganismo trasportato, ad esempio :

- contaminazione di culture cellulari;
- contaminazione di preparati farmaceutici;
- contaminazione del personale in laboratori ove si manipolano agenti patogeni;

- contaminazione dei pazienti nelle sale operatorie, nei reparti immunodepressi, ecc...;
- contaminazione del personale nei reparti infettivi.

Le particelle chimicamente attive arrecano danni per via delle reazioni che possono innescare nei soggetti bersaglio. Si va quindi dal veleno chimico, alla particella che innesca una reazione allergica a quella che trasporta un principio farmacologico di alta attività.

Generalmente l'uomo è la principale forma di contaminazione aeroportata in una Sala Operatoria, il livello di contaminazione emesso è in funzione della tipologia di attività svolta, ma dipende anche da:

- tipologia di vestizione;
- condotta del personale.

Di seguito si riportano a proposito alcuni dati di riferimento :

- 3.5 Kg di particolato generato da una persona in un anno;
- un uomo immobile con indumenti idonei emette 100.000 particelle/min;
- il movimento di braccia/mani/testa emette 500.000 particelle/min;
- la rotazione del corpo/movimenti più veloci emette 1.000.000 particelle/min;
- il cambiamento di posizione seduto/in piedi e viceversa emette 2.500.000 particelle/min;
- camminare, salire/scendere le scale emette 10.000.000 particelle/min.

I problemi sopra sollevati vengono risolti, in modo tecnicamente ed economicamente accettabile, attraverso gli impianti a contaminazione controllata. La loro progettazione, a seconda dell'utilizzo, sarà finalizzata alla salvaguardia del prodotto o dell'operatore.

La progettazione degli ambienti a contaminazione controllata è regolata da numerose normative, di cui la più recente entrata in vigore è la norma ISO 14644 che definisce :

a) Classi di pulizia, intese come massima concentrazione ammissibile, per unità di volume per particelle sospese in aria di una determinata dimensione senza specificarne la natura fisica, chimica radiologica. 14644-1

b) Metodi per la verifica della classe di pulizia in una camera bianca e/o ambiente a contaminazione controllata 14644-2

La classificazione secondo la ISO 14644-1 viene definita in forma analitica :

$$C_n = 10^N * (0,1/D)^{2,08}$$

$C_n$  = N° massimo di particelle  $\geq$  la grandezza considerata (part/mc)

N = Classe ISO

D = Grandezza particellare considerata

La classe "N" è designata da un numero  $\leq 9$  (con incrementi di 0,1 o multipli)

Tale classificazione, inoltre, viene illustrata in forma tabulare:

ISO classification number (N)	Maximum concentration limits (particles/m <sup>3</sup> of air) for particles equal to and larger than the considered sizes shown below (concentration limits are calculated in accordance with equation (1) in 3.2)					
	0,1 $\mu$ m	0,2 $\mu$ m	0,3 $\mu$ m	0,5 $\mu$ m	1 $\mu$ m	5 $\mu$ m
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1.000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10.000	2.370	1.020	352	83	
ISO Class 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
ISO Class 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO Class 7				352.000	83.200	2.930
ISO Class 8				3.520.000	832.000	29.300
ISO Class 9				35.200.000	8.320.000	293.000

NOTE: Uncertainties related to the measurement process require that concentration data with no more than three significant figures be used in determining the classification level.

Per la verifica della classe è necessario definire il diametro di campionamento, poiché la stessa designazione metrica può essere applicata a più diametri di misura. Per valori bassi delle concentrazioni, la distribuzione normale non è più idonea a descrivere la distribuzione dei diametri delle particelle, ma essa viene meglio descritta da una distribuzione binominale, per cui la verifica può essere fatta per due diametri. Per la verifica della classe, inoltre, è necessario indicare le condizioni in cui il test deve essere svolto. Nella normativa sono così introdotti i concetti di:

- *As built* : condizione per la quale l'installazione è completa con tutti i servizi collegati e funzionanti, ma senza apparecchiature di processo, materiali o personale presenti
- *At rest* : condizione per la quale l'installazione è completa con le apparecchiature installate e operanti nel modo stabilito in accordo tra il fornitore e l'acquirente, ma senza personale
- *Operational*: condizione per la quale l'installazione è completa e funzionante con le relative apparecchiature di processo nel modo specificato con il numero di persone presenti specificato e operante secondo quanto stabilito.

#### 4.6.5 Carica batterica

Il rischio da infezione aerotrasmissa (rischio microbiologico) è certamente elevato in ambienti ospedalieri, laddove pratiche invasive diagnostiche e terapeutiche, soprattutto in ambito chirurgico, in altre parole di supporto al paziente (anche se talora non pienamente giustificate), determinano un superamento delle difese tegumentali, mucose e/o immunitarie in un soggetto che, in forza della propria patologia, potrebbe già essere immunodepresso.

Il quadro della flora microbica responsabile di processi infettivi nosocomiali tende a variare e mutare con il tempo in forza della terapia antibiotica applicata, e della relativa antibiotico-resistenza sviluppata. Per altro, a fronte delle migliorate pratiche di sterilizzazione e disinfezione attuate, dell'uso di materiali monouso, dell'attenzione a procedure e protocolli di attività del personale sanitario, corrispondenti ad una diminuzione generalizzata in termini assoluti delle infezioni nosocomiali, oggi assistiamo, accanto alla persistenza di batteri Gram-positivi come causa di infezione, all'emergenza di batteri Gram-negativi, spesso non patogeni (patogeni opportunisti) largamente antibiotico-resistenti, ovvero alla co-presenza nello stesso paziente di virus, miceti o protozoi, causa di infezioni miste pluri-microbiche, giustificate a volte dalle

condizioni di immunodepressione patologica od indotta terapeuticamente con farmaci immunosoppressivi (malati da HIV, immunotrasfusi e/o emodializzati, trapiantati di organo e midollari allogenici e non, soggetti in rianimazione e terapia intensiva, ustionati gravi, immaturi e prematuri, ecc...). Accanto, quindi, ai classici *Staphylococcus aureus*, enterococchi, stafilococchi coagulasi negativi e *Pseudomonas aeruginosa* (*Streptococcus pyogenes* che tanto è stato causa di flemmoni nei reparti, in special modo chirurgici, ora è ridotto in incidenza), è possibile osservare l'emergenza o la riemergenza di *Escherichia Coli* e di altri patogeni opportunisti. In particolare modo è all'ordine del giorno la crescente incidenza di lieviti e micosi invasive in pazienti defedati (*Candida*, *Criptococcus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, ecc...) o sottoposti ad interventi diagnostici o terapeutici con successivo isolamento di miceti da strumenti, soluzioni di perfusione, protesi o bende, suture, ecc...

Ovviamente non tutti i microrganismi sono trasmessi via aerea, ma la maggior parte di loro può essere dispersa e distribuita sulle superfici attraverso le complesse aerodinamiche dei circoli e dei flussi d'aria in ambiente, depositandosi anche su materiali e strumenti a torto considerati disinfettanti od addirittura sterili.

L'obiettivo dell'analisi delle caratteristiche microbiologiche è prevalentemente la valutazione dell'efficacia dell'impianto di ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata (VCCC).

Per i valori di riferimento di contaminazione microbica in altri Paesi sono stati utilizzati standard di riferimento per la normativa tecnica relativa ai livelli massimi di biocontaminazione ammissibili.

A tal proposito si ritiene opportuno seguire quanto già stabilito nell'ambito del GISIO (Gruppo Italiano di Sicurezza ed Igiene Ospedaliera) e di utilizzare le indicazioni contenute nello specifico standard inglese del National Health Service, nell'Annex EU e nella norma UNI EN ISO 14644 parte 1 e 2:

- nell'aria immessa dall'impianto VCCC (c.f.u./m<sup>3</sup>) < 1;
- nell'aria ambiente in prossimità del tavolo operatorio a sala operatoria pronta (c.f.u./m<sup>3</sup>) ≤ 35.

Il livello di contaminazione microbica dell'aria è direttamente proporzionale al numero di persone presenti, alle caratteristiche comportamentali di queste ultime ed alle caratteristiche dell'impianto di VCCC; risulta quindi importante che siano rispettati i requisiti organizzativo-gestionali riportati al capitolo III delle Linee Guida IspeSl.

I valori di riferimento dell'aria sono :

- a flusso turbolento (c.f.u./m<sup>3</sup>) ≤ 180;
- a flusso unidirezionale (c.f.u./m<sup>3</sup>) ≤ 20.

La metodologia di controllo dell'aria prevede la determinazione della carica microbica totale a 37 °C e dei microrganismi opportunisti e/o patogeni che possono essere presenti nell'aria della sala operatoria.

Il campionamento effettuato tramite campionatori attivi posti ad un'altezza significativa nelle vicinanze del tavolo operatorio; deve rappresentare il valore medio di più campionamenti con intervalli di 5-10 minuti e durante le attività chirurgica. È evidente che un sistema centralizzato consente in ogni momento di procedere ad un controllo ivi compreso la raccomandabile pratica di valutare la carica microbiologica all'inizio di ogni giornata operatoria. Il risultato è espresso in c.f.u./m<sup>3</sup>.

#### **4.6.6) Concentrazione di inquinanti gassosi**

Il monitoraggio ed il controllo degli agenti inquinanti presenti nei gruppi operatori sono fondamentali per l'individuazione del rischio chimico, legato non solo all'insorgere di infezioni e varie patologie, ma anche alla riduzione della vigilanza e della performance del personale di sala operatoria che, nell'ambito ospedaliero, è indubbiamente il più soggetto a ritmi stressanti.

Le cause che concorrono a questo preoccupante stato dell'arte in un inaccettabile numero di complessi operatori sono qui velocemente raccolte:

- accesso alle sale operatorie senza opportuni controlli;
- movimento del personale di sala in entrata ed uscita dal blocco senza precauzioni e senza rispetto dell'asepsi;
- struttura di accesso alla sala priva di zone filtro;
- manutenzioni superficiali;
- impianti meccanici di ventilazione e condizionamento inesistenti o inefficaci;
- impianti d'evacuazione gas inesistenti o inefficaci.

Si definiscono due tipi di anestesia in chirurgia: la narcosi o anestesia generale, che agisce sulle strutture nervose centrali e la periferica, che agisce sulle zone nervose periferiche.

Non si ritiene che questi due tipi di anestesia, se ottenuti per infiltrazione nei tessuti, provochino rischi di natura igienico ambientale dovuti a contatto o inalazione dei prodotti utilizzati.

Per quanto concerne l'anestesia generale per inalazione, si ritiene che, a motivo del possibile inquinamento degli ambienti delle sale operatorie, possano sussistere problemi d'esposizione professionale nei confronti degli operatori addetti.

Gli anestetici volatili più frequentemente impiegati sono

- **Protossido di Azoto** in associazione a
- **Isoflurano** o
- **Sevoflurano** o
- **Desflurano**

Le concentrazioni di anestetico nella miscela variano di norma nel corso dello stesso intervento, necessitando quantità più elevate nella fase d'induzione rispetto a quelle di mantenimento dell'anestesia.

L'inquinamento ambientale è funzione del tipo d'apparecchiature di erogazione, della natura e qualità dei gas, dell'impianto di evacuazione, della cubatura della sala operatoria, dell'impianto di condizionamento e relativi ricambi d'aria, nonché della durata dell'intervento.

Per quanto riguarda le sale operatorie e in minor misura i locali adiacenti (preanestesia, risveglio, preparazione chirurghi, sterilizzazione, lavaggio strumenti, sala gessi ecc.), le indagini del Dipartimento Igiene del Lavoro dell'ISPESL riscontrano un'elevata diffusione dell'inquinamento ambientale. Numerose ricerche hanno evidenziato che nelle persone esposte si riscontrano casi di aborto, epatopatia, alterazioni ematologiche e neurologiche sia centrali che periferiche e, dopo un certo periodo di esposizione, una disattenzione nella propria attività.

L'impiego di gas anestetici in sala operatoria può determinare, in funzione delle apparecchiature impiegate, delle dimensioni degli ambienti, della ventilazione presente e del tipo d'intervento eseguito, un inquinamento indesiderato e non necessariamente connesso con l'attività di lavoro svolta.



#### 4.6.7) Monitoraggio ambientale

Al fine di ottenere risultati confermati nel tempo sarebbe necessario avere un monitoraggio ambientale in continuo o quanto meno prevederne la predisposizione.

Il monitoraggio ambientale dovrebbe prevedere:

- l'identificazione di tutte le sostanze tossiche presentano, per tener conto di eventuali effetti sinergici;
- il monitoraggio quantitativo delle stesse nelle diverse zone dell'ambiente, consentendo la compilazione di mappe spaziali dell'inquinamento;
- la valutazione temporale delle variazioni di concentrazione durante il turno di lavoro.

La Circolare Ministeriale n° 5/89 prescrive che allo scopo di valutare l'entità dell'inquinamento presente nei locali di lavoro, i valori delle concentrazioni ambientali vengano confrontati con valori indici di riferimento, quali i TLV (Threshold Limit Values – Valori limiti di soglia); essi sono divisi in tre classi:

- TLV-TWA: rappresenta la concentrazione media degli inquinanti, presente nell'aria dell'ambiente lavorativo, alla quale si presume, sulla base delle attuali conoscenze scientifiche, che la quasi totalità dei lavoratori possa trovarsi giornalmente esposta senza risentire di effetti nocivi;
- TLV-STEL: rappresenta la concentrazione che può essere superata dai vari inquinanti per un periodo massimo di 15 minuti, ma comunque per non più di quattro volte il giorno e intervallata da periodi di tempo non inferiori a 60 minuti;
- TLV-CEILING: rappresenta la concentrazione massima che non deve essere superata in nessuna fase dell'esperienza lavorativa.

#### 4.7) SISTEMA PER IL CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Al fine di controllare i parametri definiti ai punti precedenti, oltre ad effettuare collaudi iniziali e/o periodici, è auspicabile dotare gli ambienti a contaminazione controllata di un sistema per il controllo in continuo dei parametri di qualità dell'aria.

Il sistema che dovrebbe essere installato oppure almeno predisposto è dotato di:

- modulo per il controllo di gas e vapori;
- modulo per il controllo del articolato aerodisperso;
- modulo per il controllo biologico;
- modulo per il controllo della ventilazione;
- modulo per il controllo della pressione differenziale;
- sistema centrale di acquisizione dati.

#### 4.8) RISULTATI DI COLLAUDI TECNICI ESEGUITI IN UN BLOCCO OPERATORIO

##### 4.8.1) Generalità

Facendo riferimento a quanto riportato in precedenza si riportano i dati riscontrati nel collaudo del blocco operatorio (composto da 18 sale operatorie) del nuovo ospedale di Torrette di Ancona la cui progettazione impiantistica è del prof. Ing. Giacomo Elias.

L'impianto di condizionamento è costituito da n. 18 UTA (una al servizio di ogni sala) ed il sistema di diffusione è costituito da "portico attrezzato".

##### 4.8.2) Caratteristiche tecniche funzionali della unità di trattamento dell'aria

Per standardizzare le prestazioni degli UTA gli stessi, (tutti) sono stati costruiti e dimensionati per una portata singola massima di 4000 m<sup>3</sup>/h.

Tutti gli UTA 1-2-3-4- che servono la cardiocirurgia rispetto alle restanti UTA sono dotate di batteria supplementare di raffreddamento dell'aria, alimentata da acqua refrigerata gli colata prodotta alla temperatura di 2°C da un gruppo refrigeratore autonomo installato sulla copertura.

Gli UTA contengono anche la sezione ventilante VE di ripresa e di espulsione di pari portata del ventilatore di mandata. Le sezioni ventilanti sia di mandata che di ripresa sono: a portata variabile tramite inverter e con doppi ventilatori (uno di riserva in Stand By attiva).

L'umidificazione dell'aria nel periodo invernale viene effettuata con iniezione diretta di vapore saturo "pulito" prodotto direttamente da due generatori GV. I due GV producono vapore saturo a 0,3 bar tramite scambio termico indiretto con acqua surriscaldata a 170°C.

##### 4.8.3) Caratteristiche tecniche del "portico attrezzato" relative alla climatizzazione

I parametri funzionali tenendo conto delle temperature interne differenziate delle SO  $t_i$  cioè 18°C (per la cardiocirurgia) e 23°C per le restanti sale sono i seguenti:

- Portata aria di immissione nella SO attraverso il portico: 7800 m<sup>3</sup>/h dei quali 2340 m<sup>3</sup>/h sono di aria esterna trattata con l'UTA e 5460 m<sup>3</sup>/h riciclati dalla SO dai ventilatori integrati.

- Temperatura aria di immissione  $t_M$  nelle SO:

\*  $t_i$  23°C  $t_M$  21,5°C per SO di chirurgia generale; salto termico ( $t_M - t_i$ ) = 1,5°C

\*  $t_i$  18°C  $t_M$  16,3°C per SO di cardiocirurgia; salto termico ( $t_M - t_i$ ) = 1,7°C

##### 4.8.4) Immissione aria nelle S.O

Le 18 sale operatorie sono servite all'interno da un portico tecnico attrezzato che funge da terminale per la climatizzazione; per la filtrazione assoluta finale dell'aria; per le prese dei gas medicali; per le prese elettriche e per l'evacuazione dei gas anestetici.

E' concepito per la diffusione dell'aria a flusso laminare verticale, con controllo della contaminazione batterica con purezza equivalente a quella delle "camere bianche" nel rispetto della vigente normativa cogente e volontaria.

Allo scopo di ottimizzare l'asepsi e le condizioni del lavoro svolto dai chirurghi, il portico tecnico attrezzato, crea al centro della SO un nucleo asettico, che copre un'area in pianto di circa 10 m<sup>2</sup> (3,2 x 3,2 m), totalmente investita da un flusso d'aria laminare verticale a bassissima velocità, guidato verso il basso, da una cappa con pareti perimetrali in vetro che scendono dal soffitto un metro circa creando una barriera di aria sterile tra il nucleo asettico e la restante area di lavoro perimetrale della SO (circa 35 m<sup>2</sup>).

La parte alta del portico comprende una camera plenum avente un'altezza massima di 400 mm il cui fondo è formato da una serie di filtri assoluti che coprono il 100% del soffitto del nucleo attraverso i quali viene diffusa l'aria sterile. Il plenum riceve aria pressurizzata, sia esterna (proveniente dalla relativa UTA) che riciclata direttamente dalla SO servita.

L'aria riciclata viene aspirata nella parte esterna al portico da quattro sezioni di ventilatori radiali, ove, si misura una temperatura di circa 2°C maggiore di quella che si ha nel nucleo centrale a quota 1,5 m da pavimento.

L'aria viene riciclata dalla zona non sterile, previa prefiltrazione con filtri di media efficienza inseriti nelle 4 griglie di aspirazione delle sezioni ventilanti.

Onde ridurre al minimo la rumorosità dei ventilatori, a monte ed a valle degli stessi, sono incorporati degli "aggetti" a setti che insonorizzano queste sezioni ventilanti.

Il portico deve essere considerato quindi come un vero e proprio terminale di climatizzazione, che viene fornito, installato, collaudato e gestito dalla impresa costruttrice della struttura prefabbricata della SO.

Secondo lo standard, il portico forma un nucleo operatorio, avente un'altezza di 3 metri ed un volume virtuale di 30 m<sup>3</sup>. Per rendere sterile un nucleo operatorio è necessario effettuare nello stesso circa 260 ricambi /h di aria; vale a dire tenendo in circolo 7800 m<sup>3</sup>/h di aria. Questa massa d'aria viene costantemente sottoposta, a una filtrazione con efficienza non inferiore 99,97% per particelle del diametro sino a 0,3 µm.

Nelle condizioni di progetto l'aria esterna e l'aria ricircolata che si trovano a due diverse temperature si miscelano nel plenum nei seguenti rapporti:

- 30% di aria esterna (pari a 2340 m<sup>3</sup>/h) proveniente dall'UTA alla temperatura di 13°C quando si devono servire SO a t<sub>i</sub> = 23°C ed a 7°C quando le SO vengono mantenute a t<sub>i</sub> = 18°C;
- 70% di aria riciclata (che vale 5460 m<sup>3</sup>/h ripresa a 25°C per le SO che sono mantenute a t<sub>i</sub> = 23°C ed a 20°C per le SO a t<sub>i</sub> = 18°C.

La velocità finale dell'aria - misurata all'altezza del letto operatorio che si trova sottostante ai filtri assoluti è di circa un metro - si aggira intorno a 0,15 < 0,16 m/s.

Quasi tutte le prese elettriche, le prese dei gas medicali, le prese di evacuazione dei gas anestetici e altri comandi si trovano all'esterno della zona settica, in modo da rendere accessibili questi servizi razionalizzando le manipolazioni da parte del personale con abiti non sterili che staziona all'esterno del nucleo operatorio.

#### **4.8.5) Calcolo del carico termico interno nelle SO**

##### Carico termico interno sensibile estivo

Le SO si trovano totalmente all'interno dell'edificio, quindi le trasmissioni di calore sono irrilevanti in quanto le differenze di temperatura con i locali confinanti sono minime. Il carico termico interno sensibile è quindi dovuto in gran parte o totalmente al calore emesso: dalle lampade chirurgiche e di illuminazione, dalle apparecchiature medicali>; e dalle persone che in attività nel locale. Il calore sensibile viene stimato circa 4000 W e 4600 W rispettivamente per le SO a 23°C ed a 18°C.

##### Carico termico interno sensibile invernale

Abbiamo detto in precedenza che le SO non presentano in genere superfici disperdenti, per cui, il calore dissipato all'interno da persone, illuminazione ed altro si può stimare come detto per il periodo estivo in 4000 W.

Da quanto sopra si evince, che è sempre necessario immettere nella SO aria ad una temperatura più fredda di quella dell'ambiente.

##### Carico interno latente

Durante l'attivazione della SO, indipendentemente dal periodo stagionale considerato, in ambiente viene emesso dalle persone (circa 8) e da altre fonti (bacinelle ecc.) vapore acqueo per circa 1500 – 2000 grammi/ora pari a 1000 < 1400 W per cui l'aria di immissione deve presentare una umidità assoluta inferiore a quella dell'ambiente.

#### **4.8.6) Descrizione della regolazione del micro clima ambientale affidata all'UTA**

##### Gestione dell'impianto

Le azioni che vengono svolte dal sistema a bordo UTA e dai sensori in campo, sia nella SO che nei due locali ausiliari PP e PC riguardano essenzialmente:

- controllo della temperatura e della umidità relativa;
- controllo della portata dell'aria;
- controllo della pressione o della depressione;
- gestione delle diverse fasi di attività e di stand by della SO.

##### Controllo della temperatura e dell'umidità nella SO

La sonda combinata di temperatura + umidità controlla i parametri di mandata delle due. Sul condotto di espulsione dell'aria è installata un'altra sonda combinata che controlla i valori di taratura della temperatura e dell'umidità relativa prefissati nella SO (preferibilmente 24°C con 50/55% di UR mantenuti costanti tutto l'anno) variando i parametri prefissati sulla mandata.

I valori relativi al set point di temperatura ed umidità da mantenere in ambiente sono da impostare tramite di display installato a parete in SO. Sullo stesso display vengono visualizzati i valori di temperatura ed umidità relativa che si hanno in ambiente in tempo reale.

##### Regolazione del microclima interno dei locali ausiliari PP e PC

La temperatura interna viene controllata dalle sonde poste in ciascun ambiente tarate allo stesso valore prefissato per la SO. Dette agiscono sui teleruttori delle due batterie di post riscaldamento a funzionamento elettrico (potenza singola di circa 2 kW) che sono in grado di elevare la temperatura dell'aria di immissione che proviene dall'UTA di circa 8°C.

Per quanto riguarda i valori dell'umidità relativa all'ambiente si avranno certamente valori medi inferiori sia in estate che in inverno rispetto a quelli che si ottengono nella SO.

##### Regolazione della portata dell'aria di immissione e di espulsione

Il comando ed il controllo della portata dell'aria e l'attivazione dei ventilatori di mandata e ripresa avviene tramite speciale pannello elettrico di gestione impianto di climatizzazione, con selettore a chiave, installato all'esterno della SO in genere nel locale ausiliario PC.

Gli addetti ai lavori, per mezzo del pannello suddetto, possono gestire tre fasi di funzionamento e precisamente

Fase a) sala SO in attività (lampada spia rossa accesa).

Fase b) sala SO in sterilizzazione e disinfezione (lampada spia gialla accesa)

Fase c) sala SO in stand by (lampada spia verde accesa).

Con la fase a) la SO è in piena attività e la portata dell'aria della UTA (controllata dalla sonda di velocità dell'aria posta nel canale di mandata, sarà quella nominale di progetto predefinita con set point 100%.

Terminata l'operazione chirurgica (fase a) si passa alla fase b) di pulizia – disinfezione e sterilizzazione del locale. Il BMS rileverà questa condizione, chiuderà le serrande 2 e 7 fermerà sia il ventilatore di mandata VM che il ventilatore di ripresa VE e inoltre inibirà ogni regolazione attiva di controllo della temperatura e della umidità. Durante questa fase resterà accesa la spia gialla posta sul pannello che indicherà: sala operatoria in sterilizzazione. Il comando e la durata della fase b) sono lasciate alla discrezione del personale addetto e non a BMS.

Al termine della attività di sterilizzazione – disinfezione del locale SO, il selettore a chiave verrà posto in posizione c; le serrande 2 e 7 che con la fase b) erano chiuse, torneranno in apertura, i ventilatori di mandata e di ripresa si avvieranno alla massima portata restando in questa condizione di lavaggio dell'ambiente, per un periodo reimpostato di circa 15.20 minuti. Durante questa fase la lampada gialla resterà accesa per indicare che il ciclo della attività non è terminato.

Finita la ventilazione forzata, la portata dell'aria verrà ridotta al 50% del valore nominale tramite l'azione degli *inverter* che agiscono sulla velocità di rotazione dei motori dei ventilatori di mandata e di ripresa. La spia *gialla* si spegnerà, mentre si accenderà quella *verde* indicando che la SO è in condizione di *stand-by*. Prima di utilizzare nuovamente la SO, sarà necessario manovrare manualmente il selettore a chiave portandolo nella posizione a) così da ripristinare le condizioni di lavoro della gestione programmata.

#### Controllo della pressione/depressione nella SO

Normalmente le SO ed i due locali ausiliari, PP e PC sia durante l'esercizio con portata d'aria al 100% che con l'esercizio con carico ridotto al 50% vengono mantenuti in leggera sovrappressione rispetto ai locali di *supporto* adiacenti. In alcuni casi durante i quali si effettuano operazioni *settiche* è anche possibile programmare di mantenere gli ambienti in depressione rispetto ai locali limitrofi.

Allo scopo le due condizioni sopra menzionate possono essere mantenute dal sensore di *pressione differenziale* che agendo in modo proporzionale sull'*inverter* della sezione ventilante di espulsione ne modifica la velocità di rotazione e conseguentemente anche la portata.

#### **4.8.7) Misure effettuate**

Per la definizione della portata di aria esterna si sono effettuate misure sul canale di mandata con il tubo di pitot e con anemometro a filo caldo.

I risultati ottenuti con le due metodologie hanno evidenziato differenze dell'ordine del 5÷7%.

I volumi di aria esterna che si sono rilevati determinano un valore di  $n = Q/v$  variabile da 15,24 - 30,17 (superiori a quanto indicato dalla normativa vigente e dalle linee guida ISPESL).

Per quanto riguarda i valori rilevati di portata totale (aria esterna + aria di ricircolo) dovuto al portico sul letto operatorio, l'operazione è stata abbastanza laboriosa ed è stata effettuata con anemometro a ventola ed a filo caldo paragonando più risultati dopo aver eseguito un reticolo sul portico stesso effettuando almeno n. 2 misure per ogni filtro.

Il portico è costituito da 24 filtri. La velocità di deflusso è stata definita come media sulla superficie filtrante.

Il valore della portata totale è risultata variabile da 7.050 m<sup>3</sup>/h a 9.250 m<sup>3</sup>/h garantendo un valore di  $n (Q/v)$  sul letto operatorio variabile tra

$$n_1 = \frac{7.050 \text{ m}^3 / \text{h}}{30 \text{ m}^3} = 235 \text{ volumi / ora}$$

$$n_2 = \frac{9.250 \text{ m}^3 / \text{h}}{30 \text{ m}^3} = 308 \text{ volumi / ora}$$

Successivamente sono state effettuate delle misure con il contatore di particelle modello ASCOTEC CLIMET CI 500 per la classificazione delle sale in n. 3 posizioni a circa 80 cm dal pavimento come da indicazioni delle guide ISPESL.

I dati ottenuti sono stati:

	Part. 0,5 µminimo	Particelle 0,5 max	Classe ISO 14644-1
Sala	0,3	1	5
1	0	0,7	5
2	0	50 (porta aperta)	5
3	0 *	4,7	5
4	0	11	5
5	0	9,7	5
6	0 *	1	5
7	0	8	5
8	0	24	5
9	0	0	5
10	0	9,2	5
11	0	5	5
12	0	1	5
13	0 *	0,7	5
14	2,3	50 (porta aperta)	5
15	0	4,6	5
16	0 *	5	5
17	0	8	5
18	0	24	5

\* = Alcune sale sono state poi riverificate dopo alcuni giorni per verificarne il mantenimento della classe con esito positivo.



**Fig. 47**

Dalle esperienze citate si può concludere che le operazioni di taratura - collaudo - manutenzione risultano agevoli ed affidabili quando:

- la progettazione architettonica tiene in dovuta considerazione la necessità di spazi tecnici per la manutenzione;
- la progettazione impiantistica prevede la presenza di organi di misurazione fissi o predisposizione di attacchi per strumenti portatili;
- la progettazione impiantistica prevede la presenza di organi di taratura;
- la progettazione impiantistica prevede la presenza di tutti gli accorgimenti necessari per rispettare i limiti di inquinamento acustico.

## **5) CONCLUSIONI FINALI**

Da quanto esposto si può sintetizzare che l'impatto dell'impiantistica negli edifici ospedalieri è sempre più importante a causa di:

- volumi occupati;
  - importo opere;
  - predisposizione per collaudi e manutenzioni;
- per cui la equipe di progettazione deve tener conto delle necessità degli impianti sin dal progetto preliminare.

La funzione degli impianti è importantissima perché ad essi è denominata:

- il controllo della igienicità e sterilità degli ambienti;
- la sicurezza;
- il comfort

e quindi sull'uso dell'edificio ospedaliero.