



# Ministero della Difesa

**DIREZIONE GENERALE  
DEGLI ARMAMENTI NAVALI**

---

**NAV-80-4120-0042-14-00B000**

**Prescrizioni e norme per il collaudo degli impianti di  
condizionamento installati a bordo delle Unità e dei Mezzi  
Navali della Marina Militare Italiana**

**Edizione LUGLIO 2008**



# Ministero della Difesa

## **DIREZIONE GENERALE DEGLI ARMAMENTI NAVALI**

---

**NAV-80-4120-0042-14-00B000**

**Prescrizioni e norme per il collaudo degli impianti di  
condizionamento installati a bordo delle Unità e dei Mezzi  
Navali della Marina Militare Italiana**

**Edizione LUGLIO 2008**

**Pagina non scritta**

**ATTO DI APPROVAZIONE**



*Ministero della Difesa*

*Direzione Generale degli Armamenti Navali*

**ATTO DI APPROVAZIONE**

Approvo la seguente Pubblicazione:

- PRESCRIZIONI E NORME PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO INSTALLATI A BORDO DELLE UNITA' E DEI MEZZI NAVALI DELLA MARINA MILITARE
- SIGLA DISTINTIVA: **NAV-80-4120-0042-14-00B000**
- Abroga e sostituisce la NAV-05-A144 "Norme per il collaudo degli impianti di condizionamento" ediz. 1968

Roma, li..... **23 LUG. 2008** .....

IL DIRETTORE GENERALE  
Amm. Isp. Capo Dino NASCETTI

**Pagina non scritta**

## ELENCO DI DISTRIBUZIONE

| <i>AUTORITÀ CENTRALI VARIE</i>                                          | <i>N° copie cartacee</i> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Navarm                                                                  | 1 + 1 CD Rom             |
| Comando Generale CC                                                     | 1                        |
| Cogeguarfi - Servizio Navale                                            | 1                        |
| Geniodife                                                               | 1                        |
| Maricogecap                                                             | 1                        |
| <i>STATO MAGGIORE DELLA MARINA, COMANDI ED ENTI CENTRALI DIPENDENTI</i> |                          |
| Maristat 5° Reparto Smg                                                 | 1                        |
| Maristat 7° Reparto SPMM                                                | 1                        |
| Navispelog                                                              | 1                        |
| Cincnav                                                                 | 1                        |
| <i>AUTORITA' DELLA MARINA A TERRA</i>                                   |                          |
| Maridipart Ancona                                                       | 1                        |
| Maridipart La Spezia                                                    | 1                        |
| Maridipart Taranto                                                      | 1                        |
| Marisardegna                                                            | 1                        |
| Marisicilia                                                             | 1                        |
| Maricentadd                                                             | 1                        |
| Marinaccad                                                              | 1                        |
| Mariscuola La Maddalena                                                 | 1                        |
| Mariscuola Taranto                                                      | 1                        |
| Marinarsen Augusta                                                      | 1                        |
| Marinarsen La Spezia                                                    | 1                        |
| Marinarsen Taranto                                                      | 1                        |
| Marinarsen Ta/SSSD Brindisi                                             | 1                        |
| A.I.D. Militarsen La Maddalena                                          | 1                        |
| A.I.D. Militarsen Messina                                               | 1                        |
| C.S.S.N. La Spezia                                                      | 1                        |
| UTNAV Genova                                                            | 1                        |
| UTNAV Milano                                                            | 1                        |
| UTNAV Roma                                                              | 1                        |
| UTNAV Taranto                                                           | 1                        |
| UTNAV Venezia                                                           | 1                        |
| DUTNAV La Spezia                                                        | 1                        |
| DUTNAV Livorno                                                          | 1                        |
| DUTNAV Napoli                                                           | 1                        |
| NUTNAV Trieste                                                          | 1                        |
| NUTNAV Firenze                                                          | 1                        |
| NUTNAV Torino                                                           | 1                        |
| Marinalles                                                              | 1                        |

**ELENCO AGGIORNATO DELLE PAGINE**

|                 |                                               |                  |
|-----------------|-----------------------------------------------|------------------|
| Pag. I          | Frontespizio                                  | Base Luglio 2008 |
| Pag. III        | Atto di approvazione                          | Base Luglio 2008 |
| Pag. V          | Elenco di distribuzione                       | Base Luglio 2008 |
| Pag. VI         | Elenco aggiornato delle pagine                | Base Luglio 2008 |
| Pag. VII        | Registrazione delle aggiunte e delle varianti | Base Luglio 2008 |
| Pagg. VIII ÷ IX | Indice                                        | Base Luglio 2008 |
| Pagg. 1 ÷ 22    | Normativa                                     | Base Luglio 2008 |
| Pag. 23         | Allegato 1                                    | Base Luglio 2008 |

**REGISTRAZIONE DELLE AGGIUNTE E VARIANTI**

|    |  |
|----|--|
| 1  |  |
| 2  |  |
| 3  |  |
| 4  |  |
| 5  |  |
| 6  |  |
| 7  |  |
| 8  |  |
| 9  |  |
| 10 |  |

## INDICE GENERALE

|                                                                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FRONTESPIZIO .....                                                                                              | I    |
| ATTO DI APPROVAZIONE .....                                                                                      | III  |
| ELENCO DI DISTRIBUZIONE.....                                                                                    | V    |
| ELENCO AGGIORNATO DELLE PAGINE.....                                                                             | VI   |
| REGISTRAZIONE DELLE AGGIUNTE E VARIANTI .....                                                                   | VII  |
| INDICE GENERALE .....                                                                                           | VIII |
| CAMPO DI APPLICAZIONE.....                                                                                      | 1    |
| 1. – REQUISITI DI QUALITÀ.....                                                                                  | 1    |
| 2. - MODALITÀ GENERALI DEL COLLAUDO .....                                                                       | 1    |
| 3. – MODALITÀ DI RILIEVO DELLE TEMPERATURE, DELL'UMIDITÀ<br>RELATIVA, DELLE VELOCITÀ, DELLE PRESSIONI, ETC..... | 2    |
| a) Temperatura dell'aria esterna. ....                                                                          | 3    |
| b) Temperatura dell'aria nei locali condizionati. ....                                                          | 3    |
| c) Umidità relativa.....                                                                                        | 3    |
| d) Temperatura dei liquidi refrigeranti e riscaldanti. ....                                                     | 4    |
| e) Temperatura dell'acqua di mare.....                                                                          | 4    |
| f) Velocità dell'aria. ....                                                                                     | 4    |
| g) Pressioni assolute e differenziali nelle condotte del liquido<br>refrigerante.....                           | 4    |
| h) Portata delle condotte dell'aria (aria di rinnovo). ....                                                     | 4    |
| i) Portata delle condotte dell'aria (aria di mandata). ....                                                     | 5    |
| 4. – PROVE DELL'IMPIANTO IN DITTA. ....                                                                         | 5    |
| 5. – VERIFICHE E PROVE PRELIMINARI DELL'IMPIANTO A BORDO. ..                                                    | 5    |
| 6. – CONDIZIONI GENERALI E ASSETTO DELL'UNITÀ AL COLLAUDO                                                       | 6    |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Condizionamento estivo (refrigerazione) .....                                                                        | 6  |
| Condizionamento invernale (riscaldamento) .....                                                                      | 8  |
| 7. – PROVE SUI COMPLESSI FRIGORIFERI .....                                                                           | 8  |
| 8. – PROVE SULLE CENTRALI TERMICHE .....                                                                             | 9  |
| 9. – PROVE DEI CIRCUITI IN CONDIZIONAMENTO ESTIVO.....                                                               | 10 |
| 10. – PROVE DEI CIRCUITI IN CONDIZIONAMENTO INVERNALE.....                                                           | 12 |
| 11. – ADEGUAMENTO DELLE MISURAZIONI ESEGUITE NELLE<br>CONDIZIONI EFFETTIVE DI COLLAUDO A QUELLE DI<br>CONTRATTO..... | 12 |
| 12. – QUALITÀ DELL'ARIA .....                                                                                        | 17 |
| 13. – PROVE DEGLI AUTOMATISMI DI REGOLAZIONE .....                                                                   | 18 |
| 14. – ELEMENTI DA FORNIRE ALLA COMMISSIONE DI COLLAUDO<br>PRIMA DELLE PROVE.....                                     | 18 |
| 15. – TEMPERATURE DI BENESSERE NEI LOCALI.....                                                                       | 20 |
| ALLEGATO 1.....                                                                                                      | 23 |
| Limiti di temperatura in locali occupati da personale se non inclusi nel<br>sistema di condizionamento .....         | 23 |



## **PRESCRIZIONI E NORME PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO INSTALLATI A BORDO DELLE UNITÀ E DEI MEZZI NAVALI DELLA MARINA MILITARE.**

### **CAMPO DI APPLICAZIONE**

Le presenti norme si applicano agli impianti di condizionamento permanenti installati a bordo delle Unità e dei mezzi navali della Marina Militare e si riferiscono in particolare alle modalità per l'accertamento della potenzialità termica e delle caratteristiche quantitative e qualitative dell'impianto nel suo complesso.

In aggiunta alle modalità di esecuzione del collaudo, la norma detta le condizioni di benessere del personale ed i requisiti di qualità dell'aria qualora non diversamente indicati dal capitolato tecnico di fornitura.

### **1. - REQUISITI DI QUALITÀ**

La Ditta dovrà essere in possesso di un Sistema di Qualità certificato secondo quanto richiesto in fase di gara nel Capitolato di appalto che deve essere adeguato a garantire il controllo dei processi dalla progettazione alla consegna.

Tutte le apparecchiature presentate al collaudo dovranno essere corredate di Certificato di Conformità e documentazione riepilogativa.

Alla Marina Militare dovrà essere garantito l'accesso ai locali della Ditta, qualora ritenuto necessario, per il controllo delle lavorazioni.

### **2. - MODALITÀ GENERALI DEL COLLAUDO**

Il collaudo deve comprendere tre gruppi di operazioni distinte:

- a) la verifica iniziale quantitativa e qualitativa delle parti costituenti l'impianto. In questa fase verranno altresì valutati il dimensionamento dell'impianto ed i relativi schemi funzionali e disegni;
- b) le prove preliminari. In questa fase si completa la verifica quantitativa e qualitativa dei materiali: viene verificato che quanto è stato precedentemente realizzato sia stato correttamente e compiutamente installato a bordo secondo quanto previsto dal capitolato; si eseguono le prove di funzionalità dei componenti dell'impianto considerati singolarmente. In questa fase devono essere sottoposti a verifica i ventilatori, le pompe, le batterie, i filtri, gli scambiatori di calore, i sistemi di regolazione automatica ed eseguite le prove di circolazione dei fluidi nei vari circuiti dell'impianto. Tali prove possono essere effettuate in tutto o in parte prima dell'inizio delle prove contrattuali;
- c) il collaudo definitivo dell'impianto e delle parti che lo compongono in relazione alle prescrizioni del Capitolato. Tale collaudo verrà eseguito dopo la consegna dell'impianto una volta ultimate le verifiche e le prove preliminari. Alla consegna, l'impianto dovrà essere completo in ogni sua parte e la Ditta dovrà aver fornito i disegni completi ed aggiornati delle installazioni. La Ditta dovrà inoltre consegnare, contestualmente, le istruzioni per la conduzione e la manutenzione dell'impianto. Il collaudo definitivo si dovrà eseguire con allestimento dell'unità il più possibile completo e nelle stagioni durante le quali l'impianto stesso è destinato a funzionare.

### **3. – MODALITÀ DI RILIEVO DELLE TEMPERATURE, DELL'UMIDITÀ RELATIVA, DELLE VELOCITÀ, DELLE PRESSIONI, ETC.**

Tutti gli strumenti necessari per le misurazioni saranno forniti dalla Ditta ed avranno la certificazione di taratura rilasciata da un laboratorio abilitato SIT e precisione indicata nei paragrafi seguenti. La MM potrà comunque usare la propria strumentazione laddove lo ritenga più opportuno.

I parametri da misurare saranno i seguenti:

**a) Temperatura dell'aria esterna.**

Dovrà misurarsi con termometro (precisione 0,1 °C) posto in una zona esterna della Nave o della vicina banchina già all'ombra da qualche tempo e nella quale non vi sia irraggiamento da parte di superfici vicine soleggiate.

Questa misura si farà nello stesso tempo o immediatamente prima dell'esecuzione delle analoghe misure nei locali interni; nel caso si debbano eseguire prove prolungate nel tempo, verrà controllata periodicamente.

**b) Temperatura dell'aria nei locali condizionati.**

A seconda delle dimensioni dei locali la rilevazione della temperatura dovrà essere effettuata in più punti al fine di ottenere la temperatura media interna. I rilievi con i termometri (precisione 0,1 °C) saranno effettuati a circa  $\frac{1}{2}$  altezza dei locali ed a distanza non inferiore a 1 metro dagli apparecchi ad alta dispersione termica e dalla bocchetta di efflusso dell'aria condizionata. Nei locali ove sia prevista la presenza prolungata o continuativa di personale, i rilievi saranno eseguiti in corrispondenza delle postazioni di lavoro/riposo degli stessi.

La media aritmetica dei rilievi delle temperature sarà, per ciascun locale, quella valida agli effetti del collaudo.

**c) Umidità relativa.**

Il rilievo dell'umidità relativa (esterna ed interna) dovrà essere effettuato negli stessi punti scelti per i rilievi di temperatura e contestualmente a questi. La Commissione di collaudo potrà ridurre il numero dei rilievi se ritenuto opportuno.

La media aritmetica delle letture sarà quella valida agli effetti del collaudo.

Si dovrà sempre curare che la lettura degli strumenti di misura (precisione almeno 1 %) si stabilizzi prima di effettuare la registrazione dei dati.

La misura dell'umidità relativa potrà essere effettuata anche mediante misura della temperatura di bulbo umido con termometro a ventilazione forzata (precisione 0,1 °C).

**d) Temperatura dei liquidi refrigeranti e riscaldanti.**

La misura della temperatura del liquido del circuito di refrigerazione e di riscaldamento sarà effettuata mediante termometri (precisione 0,1°C) preferibilmente immersi in pozzetti attorno ai quali fluirà il liquido.

**e) Temperatura dell'acqua di mare.**

Sarà rilevata con termometro (precisione 0,1 °C) calato sotto il pelo libero ad una profondità corrispondente a quella della presa a mare relativa al circuito acqua mare condizionamento, oppure posto sul tubo di aspirazione immediatamente prima della pompa.

**f) Velocità dell'aria.**

La misura della velocità dell'aria nei locali sarà effettuata con strumenti atti ad assicurare una precisione di 0,01 m/s in corrispondenza delle postazioni di lavoro/riposo del personale come già indicate al precedente punto b).

**g) Pressioni assolute e differenziali nelle condotte del liquido refrigerante.**

La misura delle pressioni assolute e differenziali nelle condotte del liquido refrigerante sarà effettuata con strumenti atti ad assicurare una precisione di 0,1 bar (10.000 Pa).

**h) Portata delle condotte dell'aria (aria di rinnovo).**

La misura delle portate dell'aria di rinnovo potrà essere effettuata sia direttamente con strumenti per la misura delle portate (precisione 0,5 m<sup>3</sup>/h - 0,000139 m<sup>3</sup>/s), sia indirettamente misurando la velocità dell'aria (precisione 0,01 m/s). Le condotte dell'aria di rinnovo

dovranno, pertanto, essere conformate e attrezzate per la suddetta misurazione.

**i) Portata delle condotte dell'aria (aria di mandata).**

La misura delle portate dell'aria di ricambio potrà essere effettuata sia direttamente con strumenti per la misura delle portate (precisione 0,5 m<sup>3</sup>/h - 0,000139 m<sup>3</sup>/s), sia indirettamente misurando la velocità dell'aria (precisione 0,01 m/s). Le condotte dell'aria di mandata dovranno, pertanto, essere conformate e attrezzate per la suddetta misurazione.

**4. – PROVE DELL'IMPIANTO IN DITTA.**

La Ditta eseguirà, presso i propri stabilimenti, le prove su tutti i componenti principali dell'impianto secondo le procedure descritte dal Piano della Qualità approvato, predisposto per la fornitura. L'Ente della MM incaricato della sorveglianza della costruzione potrà presenziare a tutte o a parte delle prove previste.

In ogni caso, la Ditta dovrà sottoporre a prova idrostatica i condensatori, gli evaporatori e gli scambiatori di calore (pressione di prova pari a 1,5 volte la pressione di esercizio). Inoltre, dovrà essere verificata la taratura e la regolazione di tutte le sicurezze (valvole, pressostati, termostati, by-pass, etc.) e per ognuno di essi dovrà essere prodotta idonea certificazione da presentarsi, assieme alla documentazione accertante il buon esito di tutte le prove previste, alla Commissione preposta per il collaudo dell'impianto a bordo.

**5. – VERIFICHE E PROVE PRELIMINARI DELL'IMPIANTO A BORDO.**

Le verifiche e le prove preliminari dovranno consentire di accertare la corretta configurazione ed installazione dell'impianto, nonché il

funzionamento dei principali componenti. In particolare dovranno essere eseguite:

- la verifica di funzionamento dei ventilatori;
- la verifica di funzionamento delle pompe;
- le verifiche della configurazione delle batterie di filtri, degli scambiatori di calore, degli apparecchi di regolazione automatica;
- la prova idrostatica sull'intero impianto completo di tubazioni per la circolazione del liquido refrigerante e riscaldante, con pressione 1,25 volte quella di esercizio;
- la verifica delle sicurezze.

La Ditta avrà facoltà di eseguire tutte quelle prove parziali o totali dell'impianto ritenute necessarie per la sua messa a punto.

La Commissione di Collaudo avrà il diritto di assistere a tali prove e di intervenire qualora lo ritenga opportuno.

In questa fase, la Commissione di Collaudo dovrà verificare la presenza di tutta la documentazione prevista al successivo Paragrafo 14 e, inoltre, l'accessibilità di tutti i componenti per l'esecuzione delle manutenzioni preventive e correttive.

## **6. – CONDIZIONI GENERALI E ASSETTO DELL'UNITÀ AL COLLAUDO**

### **Condizionamento estivo (refrigerazione)**

- a) Per il collaudo del condizionamento estivo, la Nave dovrà essere ormeggiata in località relativamente chiusa (porto, darsena, etc.) in modo che la temperatura dell'acqua di mare sia stabile.
- b) Dovrà evitarsi, per le prove dei vari circuiti di condizionamento, che il collaudo venga fatto in giornata particolarmente ventosa o eccessivamente secca (umidità relativa minore del 40%).
- c) La prova dovrà essere eseguita in giornata soleggiata, nelle ore più calde.

- d) Quando almeno uno dei locali, compreso nel circuito di condizionamento da provare, è a contatto con uno dei locali dell'apparato motore, questo dovrà essere in funzione nelle condizioni di macchine pronte.
- e) I locali adiacenti a quelli da provare dovranno essere tenuti nelle condizioni di temperatura normale in relazione alle situazioni previste dal Capitolato (cioè condizionati, o semplicemente ventilati oppure senza circolazione d'aria).
- f) Nei locali, compresi nel circuito di condizionamento da provare, dovranno essere tenute in funzione tutte le apparecchiature installate. Dovrà, inoltre, essere tenuta in funzione l'illuminazione e così pure dovrà permanere nel locale, per quanto possibile, il personale previsto dalla tabella di armamento. Prima di effettuare le misurazioni si dovrà attendere che l'Unità abbia raggiunto le condizioni di regime, curando in particolare il mantenimento del corretto assetto della portelleria.
- Per i locali operativi si procederà come segue:
1. Dovrà essere effettuata una prova per determinare la temperatura ambiente con apparecchiature spente e relativi mobiletti integratori spenti. Le apparecchiature, il cui carico termico viene utilizzato per il progetto del condizionatore interessato, dovranno, invece, essere in funzione o, quando non possibile, dovrà esserne simulato il funzionamento mediante resistenze/stufe. La temperatura ambiente dovrà rientrare, anche in questo caso, nei limiti previsti.
  2. Qualora manchino apparecchiature il cui carico termico è utilizzato per il progetto di un mobiletto integratore o di un condizionatore dedicato, il collaudo verrà comunque eseguito nelle condizioni di cui al precedente punto 1., mentre, la prova con mobiletti integratori e tutte le apparecchiature in funzione verrà rimandata al completo allestimento del locale. Tale prova consisterà nella verifica del corretto funzionamento delle apparecchiature e nel mantenimento della temperatura ambiente nel locale.

**Condizionamento invernale (riscaldamento)**

- g) Fermo restando che i parametri ambientali esterni, durante le prove che saranno eseguite con Unità in assetto di porto, devono essere i più prossimi possibili ai valori di progetto riportati sul Capitolato, dovrà essere scelta una giornata secca (auspicabilmente, con umidità relativa inferiore al 35%) e le prove dovranno essere effettuate, possibilmente, nelle ore del mattino prima dell'alba.
- h) L'apparato motore non dovrà essere in funzione, così pure saranno tenute inattive tutte le apparecchiature che non interessino le normali attività quotidiane di vita dell'equipaggio di bordo.
- i) L'illuminazione dovrà essere quella consueta.

**7. – PROVE SUI COMPLESSI FRIGORIFERI**

Come prima prova sull'impianto di condizionamento estivo, dovrà essere verificata la potenza massima del complesso frigorifero nella configurazione di bordo.

A tal fine si esaminerà una centrale per volta o, se necessario, un compressore alla volta, facendo in modo che operi al massimo della sua potenza mantenendo contemporaneamente in funzione tutti i condizionatori inseriti nei circuiti dell'acqua refrigerata. Qualora, per l'assenza di fonti di calore interne, non si riuscisse a smaltire tutta la potenza frigorifera del gruppo, si terranno i vari locali in comunicazione con l'esterno mantenendo aperta la portelleria.

In queste condizioni, una volta giunti a regime, si eseguirà la valutazione della potenza frigorifera del complesso misurando le temperature del liquido refrigerante all'entrata e all'uscita dell'evaporatore e misurando la pressione differenziale tra monte e valle della pompa di circolazione del liquido stesso.

Per mezzo della curva caratteristica della pompa di refrigerazione, fornita dalla Ditta, si risalirà alla portata e quindi alla potenza frigorifera utile del complesso.

$$F_t = \sum Q * \rho * c * \Delta t$$

dove:

$F_t$  è la potenza frigorifera utile totale, in Kcal/h (KW),

$Q$  è la portata di liquido refrigerante, ricavata dalla curva caratteristica della pompa, in m<sup>3</sup>/h (m<sup>3</sup>/s),

$\rho$  è la densità del liquido refrigerante, in Kg/m<sup>3</sup>,

$c$  è il calore specifico del liquido refrigerante, in Kcal/Kg\*°C (KJ/Kg\*°C),

$\Delta t$  è la differenza di temperatura del liquido refrigerante all'entrata e all'uscita dell'evaporatore, in °C.

La potenza frigorifera così valutata, con una tolleranza del  $\pm 5 \%$ , dovrà essere confrontata con il valore dichiarato dalla Ditta, derivato dallo studio dell'impianto di condizionamento.

Qualora la temperatura dell'acqua mare di condensazione fosse inferiore rispetto a quella prevista a Contratto, la potenza frigorifera calcolata dovrà essere ridotta di un'unità percentuale (1%) per ogni grado centigrado in meno della temperatura dell'acqua di mare.

## 8. – PROVE SULLE CENTRALI TERMICHE

In modo analogo al precedente caso di refrigerazione estiva, anche nelle prove di collaudo del condizionamento invernale dovrà effettuarsi una prova di funzionamento delle centrali termiche con tutto l'impianto in funzione. Qualora le temperature esterne non consentissero di provare l'impianto alla sua massima potenzialità, si terranno i vari locali in comunicazione con l'esterno mantenendo aperta la portelleria.

Dovrà, quindi, essere rilevata la pressione differenziale della pompa circolazione del fluido riscaldante e, facendo uso della curva caratteristica della pompa fornita dalla Ditta, si risalirà alla portata. Con la misurazione delle temperature di mandata e ritorno del liquido riscaldante alla centrale

termica, si calcolerà la parte di potenza della stessa utilizzata per l'impianto di condizionamento.

La potenza termica così valutata, con la tolleranza del  $\pm 5 \%$ , dovrà essere confrontata con il valore dichiarato dalla Ditta nello studio relativo all'impianto di condizionamento.

## 9. – PROVE DEI CIRCUITI IN CONDIZIONAMENTO ESTIVO

Una volta che l'Unità abbia raggiunto le condizioni di regime secondo quanto indicato al Paragrafo 6, la Commissione di Collaudo dovrà effettuare le verifiche di seguito elencate:

- a) la temperatura del liquido refrigerante (misurata all'uscita dell'evaporatore del complesso frigorifero) non dovrà essere inferiore a quella di progetto;
- b) i valori della temperatura e dell'umidità relativa media nei locali, rilevati come indicato al Paragrafo 3 punti b) e c), dovranno soddisfare le condizioni di benessere riportate nel successivo Paragrafo 15 se non diversamente specificato nel Capitolato Tecnico di fornitura. Dovrà essere inoltre verificato che la differenza dei valori della temperatura fra i vari punti di un medesimo locale non sia superiore a  $2^{\circ}\text{C}$  e che la differenza tra i valori estremi misurati nell'intero circuito (vale a dire anche in due locali differenti purché serviti dallo stesso condizionatore) non sia superiore a  $3^{\circ}\text{C}$ ;
- c) l'aria di rinnovo dovrà essere immessa nei circuiti di condizionamento nella quantità prevista dal Capitolato Tecnico (con tolleranza del  $\pm 5 \%$ ). Le portate non dovranno comunque essere inferiori a quelle derivate dal calcolo delle portate minime per il contenuto massimo ammissibile di  $\text{CO}_2$  (vedasi Paragrafo 12). Per le misurazioni delle portate dovranno essere utilizzati i mezzi predisposti dal costruttore secondo quanto previsto al Paragrafo 3 punto h);

- d) la velocità dell'aria, rilevata come indicato al Paragrafo 3 punto f), dovrà soddisfare le prescrizioni contrattuali. In assenza di queste, i limiti saranno quelli indicati al successivo Paragrafo 15;
- e) lo scarico dell'aria calda uscente dalle apparecchiature che costituiscono fonti di calore, dovrà essere opportunamente convogliato (nei limiti delle possibilità pratiche consentite dalla costruzione delle apparecchiature stesse) in modo che il calore prodotto non si riversi nell'ambiente e dovrà, per quando possibile, essere avviato direttamente alle bocchette di aspirazione;
- f) dovranno essere installati e funzionanti i dispositivi (grate, serrette, etc.) idonei a permettere la sfuggita nei locali adiacenti, ove sia prevista la sola estrazione, oppure all'esterno, della quantità di aria di mandata introdotta con il condizionamento. Dovrà essere constatato che questi dispositivi non siano in contrasto con le norme contrattuali sulla tenuta dei compartimenti stagni e sui requisiti antincendio;
- g) nell'ambito del collaudo dell'impianto o, se è più conveniente, in un'altra occasione, si dovrà verificare, che i ricambi dell'aria siano quelli previsti dal Capitolato Tecnico sia per i locali condizionati, che per i locali provvisti di sola ventilazione/estrazione.  
Per questi accertamenti varranno le modalità prescritte al Paragrafo 3 punto i). In questa occasione, nel caso non siano richieste misure termo-igrometriche, sarà ammesso che parte della portelleria dei locali sia tenuta aperta.
- h) si dovrà verificare che siano in depressione, rispetto ai locali circostanti, tutti i locali che, secondo la specifica tecnica, non devono contaminare la qualità dell'aria dei locali circostanti, quali ad esempio le zone ospedaliere, la cucina e locali igienici.

Le prove di cui a punti c-d-f-g-h potranno essere evitate se già effettuate in fase di collaudo del condizionamento invernale (qualora preceda il collaudo dell'estivo).

## 10. – PROVE DEI CIRCUITI IN CONDIZIONAMENTO INVERNALE

Valgono le norme dei punti a-b-c-d-f-g-h del precedente Paragrafo 9. Le prove di cui a punti c-d-f-g-h potranno essere evitate se già effettuate in fase di collaudo del condizionamento estivo (qualora preceda il collaudo dell'invernale).

## 11. – ADEGUAMENTO DELLE MISURAZIONI ESEGUITE NELLE CONDIZIONI EFFETTIVE DI COLLAUDO A QUELLE DI CONTRATTO

- a) Qualora la temperatura e l'umidità relativa dell'aria esterna siano entro i campi di tolleranza di rispettivamente  $\pm 1$  °C e  $\pm 10$  % rispetto ai valori previsti dal Capitolato, i valori della temperatura e dell'umidità entro i locali, quali risultano dalle misurazioni effettuate, saranno quelli validi da confrontarsi con le condizioni previste dal Capitolato.
- b) Qualora nelle prove di condizionamento estivo, la temperatura dell'aria esterna sia, entro l'errore strumentale, inferiore a quella di contratto entro il limite di 8 °C, il collaudo potrà essere ugualmente eseguito secondo le modalità della presente norma se nelle aree interessate risulta, dal calcolo della Ditta, che gli apporti di calore dovuti alle condizioni meteorologiche esterne, escluso l'irraggiamento, non superino il 30 % degli apporti di calore totali. Nei casi ove detta percentuale sia maggiore, la differenza massima consentita è di 4 °C.

Verificato quanto sopra, è necessario valutare la potenza dell'impianto riferita alle condizioni contrattuali. A tale scopo, si procede alla determinazione della potenza nelle condizioni ambientali effettive ed a questa si aggiungono i carichi termici che compensano le differenze con le condizioni di prova contrattuali. La potenza frigorifera **F** nelle condizioni effettive sarà calcolata in modo analogo a quanto descritto al Paragrafo 7 e cioè rilevando, questa

volta nell'assetto già descritto al Paragrafo 9, gli stessi dati utili all'utilizzo della formula riportata. I carichi termici aggiuntivi, invece, saranno calcolati come di seguito specificato:

1. Frigorie/ora (KW) necessarie per compensare differenze negli apporti attraverso le pareti e i ponti dagli ambienti circostanti i vari locali (escluso l'irraggiamento solare), date da:

$$f_1 = \sum F_e * \left( 1 - \frac{t_e - t_i}{t_{ec} - t_{ic}} \right)$$

dove:

$F_e$  = Frigorie/ora (KW) necessarie per compensare differenze negli apporti di calore attraverso le pareti e i ponti dagli ambienti circostanti i vari locali, calcolate dalla Ditta nelle condizioni di contratto;

$t_e$  = temperatura dell'aria esterna durante la prova, in °C;

$t_i$  = temperatura dell'aria interna durante la prova, in °C;

$t_{ec}$  = temperatura dell'aria esterna secondo contratto, in °C;

$t_{ic}$  = temperatura dell'aria interna secondo contratto della tipologia di locale in esame (o valore medio del campo di benessere di riferimento), in °C.

Il calcolo deve essere eseguito per ogni condizionatore. Il valore di  $f_1$  da considerare, ai fini del calcolo di cui al successivo al punto 5, sarà la sommatoria dei singoli contributi di tutte le macchine refrigeranti installate (condizionatori più eventuali mobiletti integratori dell'area in esame). Pertanto, il valore di  $F_e$  sarà di volta in volta quello relativo all'area in esame, mentre per  $t_i$  sarà considerata la media di tutti i valori rilevati all'interno dei locali serviti dallo stesso condizionatore;

2. Frigorie/ora (KW) necessarie per compensare eventuali differenze di affollamento, date da:

$$f_2 = \sum (A_c - A) * C$$

dove:

$A_c$  = affollamento contrattuale, pari cioè alla sommatoria del numero massimo di personale previsto per ogni locale;

$A$  = affollamento durante le prove, pari cioè alla sommatoria del numero di persone presente per ogni locale durante le prove;

$C$  = 115 Kcal/h (0,133751 KJ/s);

3. Frigorie/ora (KW) necessarie per compensare differenze di contenuto termico dell'aria esterna, dato da:

$$f_3 = \sum Q_e \cdot [(PS_{ec} * J_{ec} - PS_{ic} * J_{ic}) - (PS_e * J_e - PS_i * J_i)]$$

dove:

$Q_e$  = portata d'aria di rinnovo rilevata, in m<sup>3</sup>/h (m<sup>3</sup>/s);

$PS_{ec}$  = peso specifico dell'aria esterna, nelle condizioni di contratto, in Kg/m<sup>3</sup>;

$PS_{ic}$  = peso specifico dell'aria condizionata, nelle condizioni di contratto, in Kg/m<sup>3</sup>;

$PS_e$  = peso specifico dell'aria esterna, nelle condizioni di prova, in Kg/m<sup>3</sup>;

$PS_i$  = peso specifico dell'aria condizionata, nelle condizioni di prova, in Kg/m<sup>3</sup>;

$J_{ec}$  = contenuto totale di calore di 1 Kg d'aria esterna nelle condizioni di contratto, in Kcal/Kg (KJ/Kg);

$J_{ic}$  = contenuto totale di calore di 1 Kg d'aria condizionata nelle condizioni di contratto, in Kcal/Kg (KJ/Kg);

$J_e$  = contenuto totale di calore di 1 Kg d'aria esterna nelle condizioni di prova, in Kcal/Kg (KJ/Kg);

$J_i$  = contenuto totale di calore di 1 Kg d'aria condizionata nelle condizioni di prova, in Kcal/Kg (KJ/Kg).

Il calcolo deve essere eseguito per ogni condizionatore, quindi, il valore di  $f_3$  da considerare, ai fini del calcolo di cui al successivo al punto 5, sarà la sommatoria dei singoli contributi di tutte le macchine refrigeranti installate (condizionatori più eventuali mobiletti integratori dell'area in esame). Pertanto, il valore di  $Q_e$  sarà di volta in volta quello misurato sul condizionatore in esame, mentre i valori dei vari pesi specifici e contenuti totali di calore saranno determinati dai diagrammi di Mollier dell'aria in corrispondenza delle temperature considerate al precedente punto 1 e, quindi, relativi ai locali serviti dallo stesso condizionatore;

4. Frigorie/ora (KW) necessarie per compensare la potenza (dissipata in calore da apparecchiature ancora da installare, ma previste) eccedente il 10 % della potenza totale dissipata dalle apparecchiature previste (in accordo a quanto prescritto nel Paragrafo 6 punto f).

Il valore di  $f_4$  da considerare, ai fini del calcolo di cui al successivo punto 5, sarà la sommatoria dei singoli contributi di tutte le macchine non installate in ogni singolo locale, eccedenti il 10% della potenza totale dissipata dalle apparecchiature previste per ogni locale.

Una volta completata la raccolta dei dati di cui ai precedenti punti 1÷4, si procederà alla verifica della rispondenza dell'impianto alle prescrizioni contrattuali. Sommando alla potenza frigorifera  $F$  nelle condizioni effettive, le quantità calcolate  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  ed  $f_4$ , si ottiene la potenza frigorifera  $F_1$  necessaria per soddisfare le condizioni contrattuali:

$$F_1 = F + f_1 + f_2 + f_3 + f_4$$

L'impianto sarà collaudato con esito positivo se la potenza frigorifera  $F_1$ , maggiorata dell'eventuale margine richiesto a contratto, risulterà

inferiore alla potenza frigorifera totale installata determinata al Paragrafo 7; è ammesso anche l'utilizzo di un coefficiente di contemporaneità purché  $\geq 0,9$  ed opportunamente giustificato:

$$F_t \geq K * F_1 * \frac{100 + M}{100}$$

dove:

M = margine di potenza frigorifera richiesta in contratto;

K = coefficiente di contemporaneità.

- c) La Commissione potrà inoltre apportare, d'accordo con i rappresentanti della Ditta, quelle correzioni all'assetto di funzionamento dell'impianto ed ai risultati delle misurazioni, che possono essere richieste da situazioni non previste dalle presenti Norme.
- d) Nel caso di condizionamento invernale, se la temperatura e l'umidità relativa dell'aria esterna sono entro i campi di tolleranza di rispettivamente  $\pm 1$  °C e  $\pm 10$  % rispetto ai valori previsti dal Capitolato, i valori della temperatura e dell'umidità entro i locali, quali risultano dalle misurazioni effettuate, saranno quelli validi da confrontarsi con le condizioni previste dal Capitolato. Se, invece, la temperatura esterna è maggiore di quella prevista dal Capitolato entro il limite di 8 °C si potrà procedere egualmente al collaudo. Per l'eventuale calcolo della potenza termica riferita alle condizioni contrattuali si procederà in modo analogo a quanto visto per il condizionamento estivo al precedente punto b) del presente Paragrafo.
- e) Qualora, durante il periodo invernale o estivo utile per le prove e nel corso del periodo di garanzia o dei lavori di fine garanzia, non si verificassero mai le condizioni esterne di temperatura idonee per l'esecuzione delle prove stesse, la Commissione di fine garanzia potrà, a suo giudizio, accettare l'impianto purché durante il periodo

di garanzia sia stato sempre assicurato in tutte le condizioni il benessere del personale e il funzionamento degli apparati.

## 12. – QUALITÀ DELL'ARIA

Allo scopo di mantenere entro limiti accettabili la concentrazione di CO<sub>2</sub>, la portata minima di aria di rinnovo dovrà essere maggiore di quella derivante dai calcoli che seguono (in accordo alla pubblicazione ANEP 25, Paragrafo 2.4):

$$\text{Aria (filtrata) di rinnovo} = \text{BAV} * n * \frac{a}{b_2 - b_1}$$

dove:

BAV = Volume aria respirabile pari a:

BAV = 0.5 m<sup>3</sup>/h\*persona (0,000139 m<sup>3</sup>/s\*persona), per i locali di vita;

BAV = 0.75 m<sup>3</sup>/h\*persona (0,000208 m<sup>3</sup>/s\*persona), per i locali ove viene svolto lavoro leggero;

BAV = 1.25 m<sup>3</sup>/h\*persona (0,000347 m<sup>3</sup>/s\*persona), per i locali ove viene svolto lavoro pesante;

n = numero massimo di persone previste nel locale;

a = CO<sub>2</sub> generata durante la respirazione = 4 %;

b<sub>2</sub> = concentrazione di CO<sub>2</sub> permessa nei vari tipi di locali come segue:

b<sub>2</sub> = 0,15 % nei locali operativi,

b<sub>2</sub> = 0,15 % nei locali di vita,

b<sub>2</sub> = 0,25 % nelle mense,

b<sub>2</sub> = 0,5 % nelle officine e comunque laddove viene fatto pesante lavoro fisico per tempi ridotti;

b<sub>1</sub> = contenuto di CO<sub>2</sub> presente nell'aria = 0,03 %.

Per quanto riguarda il trattamento dell'aria, dovrà inoltre essere verificato che l'impianto sia dotato di filtri di classe non inferiore alla F7 della norma EN 779 o alla classe MERV 12 della norma ASHRAE 52.2.

Per il trattamento dell'aria nelle aree ospedaliere e nelle cucine si farà riferimento a quanto riportato nel Capitolato Tecnico.

In assenza di prescrizioni, l'area ospedaliera dovrà essere dotata di filtri di classe non inferiore alla F9 della norma EN 779 o alla classe MERV 15 della norma ASHRAE 52.2.

La cucina dovrà essere invece dotata di filtri di classe non inferiore alla F7 della norma EN 779 o alla classe MERV 12 della norma ASHRAE 52.2 nonché di filtri antigrasso, sulle condotte di estrazione, facilmente smontabili e pulibili.

### **13. – PROVE DEGLI AUTOMATISMI DI REGOLAZIONE**

Tutti gli automatismi di regolazione installati sui complessi frigoriferi e sugli scambiatori di calore dovranno essere provati facendo variare rapidamente il carico e verificando che l'impianto reagisca in maniera adeguata (inserimento/disinserimento automatico dei compressori, variazioni di apertura dei by-pass, etc.).

### **14. – ELEMENTI DA FORNIRE ALLA COMMISSIONE DI COLLAUDO PRIMA DELLE PROVE**

Gli Uffici di Vigilanza, richiedendo l'ausilio della Ditta, forniranno alla Commissione tutti gli elementi necessari per effettuare le prove degli impianti.

In particolare dovranno essere forniti:

- il piano di controllo della Qualità compilato e firmato dal Responsabile dell'A.Q. del Cantiere, completo dei certificati di

conformità e di avvenuta taratura e regolazione delle sicurezze installate sia nei complessi frigoriferi sia in tutto l'impianto,

- i valori contrattualmente previsti di:
  - portate ( $P_e$ ) dell'aria di rinnovo,
  - portate ( $P_e$ ) dell'aria di mandata nei singoli locali,
  - massima velocità dell'aria nei locali,
  - temperature ed umidità interne ed esterne previste contrattualmente, sia in periodo estivo che invernale,
  - la potenza prevista dei gruppi frigoriferi installati,
  - la potenza prevista delle centrali termiche,
  - la potenza prevista per la refrigerazione delle aree in esame,
- i grafici delle caratteristiche delle pompe di circolazione dei fluidi,
- la copia del diagramma delle caratteristiche dell'aria umida per la definizione degli elementi previsti al Paragrafo 11 punto b),
- le caratteristiche fisiche (densità, calore specifico) dei liquidi refrigeranti/riscaldanti per la definizione degli elementi previsti ai capitoli 7 e 8,
- il margine di potenza frigorifera contrattuale,
- il coefficiente di contemporaneità messo a calcolo per la potenza frigorifera totale e relativi elementi giustificativi;
- le pressioni di esercizio dei circuiti di refrigerazione/riscaldamento.

Inoltre, per ogni locale servito dall'impianto di condizionamento, dovranno essere forniti i calcoli termici dell'impianto completi in particolare dei seguenti dati:

- numero delle apparecchiature disperdenti calore, quantità di calore da esse disperso e loro ubicazione nel locale,
- numero massimo di persone da considerare presenti nel locale,
- Frigorie/ora (KW) che la Ditta ha considerato come trasmesso attraverso le pareti e i ponti degli ambienti circostanti i vari locali, in Kcal/h (KW) (escluso irraggiamento solare),
- Frigorie/ora (KW) che la Ditta ha considerato come immesso per irraggiamento.

## 15. – CONDIZIONI DI BENESSERE NEI LOCALI

Le condizioni interne da prendere in considerazione sono quelle di benessere ambientale definito nella norma UNI EN ISO 7730. Partendo dal diagramma della temperatura media ottimale, si è proceduto a costruire il diagramma di benessere applicabile alle Unità della M.M.I. in funzione della temperatura ambiente, dell'umidità relativa, del livello di attività svolta, del tipo di locale e dell'abbigliamento previsto a bordo.

Dal diagramma e dai dati della norma UNI, si ricava la seguente tabella riepilogativa:

|                                             | Temperature (°C) |      |         |      | Velocità<br>aria<br>max |
|---------------------------------------------|------------------|------|---------|------|-------------------------|
|                                             | Estate           |      | Inverno |      |                         |
| Tipologia locale                            | min              | max  | min     | max  | m/s                     |
| Alloggi, quadrati                           | 23,0             | 26,6 | 21,7    | 25,7 | 0,1                     |
| Segreterie, uffici                          | 21,5             | 25,7 | 20,0    | 24,7 | 0,12                    |
| Operativi                                   | 20,4             | 25,1 | 18,8    | 24,1 | 0,18                    |
| Cucina, officine, altri<br>locali di lavoro | 18,9             | 24,2 | 17,1    | 23,0 | 0,3                     |

L'umidità relativa di riferimento per questa tabella è pari al 50 %, così come indicato nella ISO 7730.

Per la verifica della rispondenza delle condizioni misurate con quelle di benessere basterà entrare nella tabella con la temperatura, misurata con le modalità del Paragrafo 3 (corretta per tenere conto di valori di U.R. eventualmente diversi dal valore di riferimento del 50 %) e con il tipo di locale interessato e verificare che il valore di temperatura rientri nei limiti ammissibili sopra riportati.

La velocità dell'aria, misurata con le modalità del Paragrafo 3, dovrà risultare inferiore a quella massima riportata nella tabella di cui sopra.

Per valori di umidità relativa diversi dal 50% (ma comunque compresi tra il 35 % e il 65 %), basterà eseguire una correzione sulla temperatura, come di seguito riportato, per poter comunque usare la tabella.

Per differenze di umidità inferiori al  $\pm 5$  % rispetto al valore di 50 %, non è necessario eseguire correzioni in quanto risulterebbe trascurabile o comunque nelle tolleranze ammissibili.

La correzione di temperatura può essere effettuata utilizzando le seguenti formule, da adottare in funzione dei dati disponibili.

Avendo a disposizione la temperatura a bulbo secco e la temperatura a bulbo umido, la formula da applicare sarà:

$$t_{50\%} = 0,555 * (t_d + t_w) + 1,07$$

dove:

$t_{50\%}$  = temperatura equivalente all'umidità del 50 %, in °C,

$t_d$  = temperatura ambiente misurata (a bulbo secco), in °C,

$t_w$  = temperatura a bulbo umido misurata, in °C.

Avendo invece a disposizione la temperatura a bulbo secco e l'umidità relativa, la formula da applicare sarà:

$$t_{50\%} = \frac{t_d - (0,55 - 0,0055 * U_r) * (t_d - 14,5)}{0,725} - 5,5$$

dove:

$U_r$  = umidità relativa percentuale

e gli altri simboli hanno gli stessi significati di cui sopra.

Per quanto riguarda i locali ventilati ma non condizionati, in mancanza di indicazione di valori nel Capitolato, si farà riferimento alla norma ISO 8861 per i locali macchine e ausiliari e ai valori della tabella in allegato 1 per gli altri. In questi casi, per temperature superiori ai 28

°C, la velocità dell'aria potrà essere incrementata fino a 0,33 m/s in accordo alle prescrizioni dell'ANEP 25 (Paragrafo 2.3).

Per i locali condizionati ma non presidiati (cale, centrali elettriche, etc.), in mancanza di indicazione di valori nel Capitolato, varranno le prescrizioni dei costruttori inerenti al buon funzionamento/conservazione delle apparecchiature/materiali contenuti nei vari locali.

Per quanto riguarda le prescrizioni inerenti ai depositi munizioni si rimanda alla norma NAV-05-A106 "Norme per l'allestimento dei depositi munizioni".

**ALLEGATO 1**

Limiti di temperatura in locali non condizionati occupati da personale.

| Tipo di locale                   | Temperatura bulbo secco (°C) |                  |
|----------------------------------|------------------------------|------------------|
|                                  | Limite superiore             | Limite inferiore |
| Officine                         | 36                           | 15               |
| Locali igienici                  | 36                           | 20               |
| Cucine                           | 36                           | 15               |
| Cambuse, lavagamelle             | 36                           | 15               |
| Lavanderie                       | 36                           | 15               |
| Depositi e cale                  | 36                           | 10               |
| Aree ospedaliere                 | 28                           | 20               |
| Altri locali di vita o di lavoro | 28                           | 20               |