

**GHID PENTRU PROIECTAREA  
INSTALATIILOR DE  
ÎNCĂLZIRE/RĂCIRE FOLOSIND  
VENTILOCONVECTOARE**

Indicativ GP- 056/2000

## CUPRINS

1. OBIECT. DOMENIU DE APLICARE .....	54
2. GENERALITĂȚI .....	55
3. INSTALAȚII CU VENTILOCONVECTOARE .....	56
3.1 TIPURI DE VENTILOCONVECTOARE .....	56
3.2 ACCESORII PENTRU VENTILOCONVECTOARE .....	57
3.3 MODELE DE VENTILOCONVECTOARE .....	58
3.4 RACORDAREA VENTILOCONVECTOARELOR LA CIRCUITUL DE AER .....	59
3.5 MODALITĂȚI DE REGLARE A PARAMETRILOR AERULUI ȘI A AGENȚILOR TERMICI .....	60
3.6 RACORDAREA VENTILOCONVECTOARELOR LA AGENTUL TERMIC .....	61
3.7 SCHEME DE INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE/RĂCIRE CU VENTILOCONVECTOARE .....	63
4. PROIECTAREA INSTALAȚIILOR DE ÎNCĂLZIRE/RĂCIRE CU VENTILOCONVECTOARE .....	66
4.1 GENERALITĂȚI .....	66
4.2 SARCINILE DE ÎNCĂLZIRE ȘI RĂCIRE ALE UNEI ÎNCĂPERI .....	66
4.3 STABILIREA NUMĂRULUI DE VENTILOCONVECTOARE, ALEGEREA TIPULUI DE VENTILOCONVECTOR ȘI A SCHEMEI DE PRINCIPIU .....	67
4.4 ALEGEREA PARAMETRILOR APEI RĂCITE ȘI A APEI CALDE .....	69
4.5 CALCULUL CONDUCTELOR DE ALIMENTARE CU APA .....	69
5. CENTRALA DE PREPARARE A APEI RĂCITE .....	71
5.1 GENERALITĂȚI .....	71
5.2 NECESARUL TOTAL DE APĂ RĂCITĂ .....	72

5.3 ALEGEREA TIPULUI ȘI NUMĂRULUI DE AGREGATE PENTRU PREPARAREA APEI RĂCITE .....	73
5.4 DIMENSIONAREA VASULUI DE EXPANSIUNE PENTRU INSTALAȚIA DE APĂ RĂCITĂ .....	73

6. CENTRALA DE PREPARARE A APEI CALDE .....	75
---	----

ANEXA 1: DATE TEHNICE ORIENTATIVE PENTRU VENTILOCONVECTOARE .....	76
---	----

ANEXA 2: EXEMPLU DE CALCUL PENTRU O INSTALAȚIE CU DOUĂ CONDUCTE .....	78
---	----

ANEXA 3: ACTE NORMATIVE DE CARE SE VA ȚINE SEAMA LA PROIECTAREA INSTALAȚIILOR DE ÎNCĂLZIRE/RĂCIRE CU VENTILOCONVECTOARE .....	84
---	----

ANEXA 4: FIGURI .....	86
-----------------------	----

## 1. OBIECT. DOMENIU DE APLICARE

1.1. Prevederile prezentului ghid se aplică la proiectarea și execuția instalațiilor de încălzire și răcire echipate cu ventiloconvectoare din clădirile civile, social-culturale, administrative și industriale cum ar fi: blocuri de locuințe, vile, hoteluri, spitale, restaurante, cofetării, braserii, bănci, săli de ședințe, discoteci, amfiteatre, laboratoare, clădiri administrative, industria de mecanică fină, aeronautică, electronică, etc.

1.2. Nu se vor folosi ventiloconvectoare în încăperi cu degajări puternice de căldură (peste  $23 \text{ W/m}^3$ ), umiditate (peste 80 %), praf sau noxe.

De asemenea nu se vor prevedea ventiloconvectoare pentru echiparea camerelor curate (săli de operații, laboratoare etc.) precum și a sălilor în care se cer condiții acustice deosebite (teatre, cinematografe, opere, filarmonici, săli de înregistrare audio-video etc.)

1.3. Instalațiile de încălzire/răcire dotate cu ventiloconvectoare se pot prevedea atât pentru noile clădiri, cât și la modernizarea, reabilitarea, transformarea sau schimbarea destinației clădirilor existente.

1.4. Ventiloconvectoarele se vor prevedea pentru încălzirea/răcirea încăperilor a căror înălțime este cuprinsă între 2.5 și 5 m.

1.5. La proiectarea și execuția instalațiilor de încălzire/răcire echipate cu ventiloconvectoare se vor asigura cerințele de calitate prevăzute de Legea 10-95 și anume: rezistența și stabilitatea; siguranța în exploatare; siguranța la foc; igiena, sănătatea oamenilor, refacerea și protecția mediului; izolația termică, hidrofugă și economia de energie, protecția împotriva zgomotelor.

## 2. GENERALITĂȚI

2.1. Ventiloconvectorul este un aparat destinat încălzirii încăperilor în perioada de iarnă și răcirii acestora vara, prin emiterea unui jet de aer cald, respectiv rece, care scaldă spațiul încăperii. Ventiloconvectorul este compus dintr-un filtru de aer, un schimbător de căldură prin primarul căruia circulă după caz, apă caldă (iarna) și apă răcită (vara) și un ventilator (uneori două) care vehiculează aerul prin secundarul schimbătorului de căldură. În cazul încăperilor interioare, cu exces de căldură în sezonul rece, ventiloconvectorul folosește la răcirea acestora.

2.2. Ventiloconvectoarele vor asigura integral necesarul de căldură și de frig al încăperii sau a zonei deservite din încăperea și dehumidificarea parțială a aerului.

2.3. Pentru încăperile care nu se pot aerisi prin deschiderea ferestrelor, ventiloconvectoarele vor asigura integral cantitatea de aer exterior necesară

2.4. Ventiloconvectoarele vor asigura calitatea aerului din încăperea sau zona deservită printr-un amestec optim între aerul proaspăt (exterior) și aerul din încăperea (recirculat). Calitatea necesară a aerului va fi asigurată prin variația raportului între aerul proaspăt și aerul recirculat, sarcina termică (de încălzire/răcire), variabilă cu gradul de ocupare a încăperii (număr de persoane), temperatura exterioară etc. Modificarea debitului de aer al încăperii (și implicit a numărului orar de schimburi de aer) se va face prin

modificarea debitului de aer recirculat, lucru realizabil prin modificarea în trepte (de regulă trei trepte de viteză) a turației ventilatorului aparatului.

2.5. Se va regla temperatura aerului refulat de ventiloconvector pentru fiecare încăpere în parte prin reglarea raportului dintre debitul de aer recirculat din încăpere și debitul de aer primar (preparat centralizat), pe de o parte, și debitul de agent termic (apă caldă/apă răcită) ce trece prin schimbătorul de căldură, pe de altă parte

2.6. În încăperile dotate cu ventiloconvectoare se va realiza un regim de ușoară suprapresiune pentru a împiedica pătrunderea aerului viciat din încăperile adiacente (aer încărcat cu fum, praf, umiditate, mirosuri sau gaze toxice) (conform indicațiilor din normativul IS - 1998).

2.7. Pentru asigurarea unui nivel de zgomot cât mai redus la alegerea ventiloconvectoarelor se va urmări ca aparatele să fie prevăzute cu ventilatoare cu turații reduse (deci turbine cu diametre mari) și schimbătoare de căldură cu pierderi de sarcină mică.

De asemenea carcasa ventiloconvectorului va fi fonoizolată.

La punerea în funcțiune se va urmări ca ventilatoarele să fie bine echilibrate atât static cât și dinamic.

### 3. INSTALAȚII CU VENILOCONVECTOARE

#### 3.1 Tipuri de ventiloconvectoare

Ventiloconvectoarele standard (cele care au dotarea minimă) asigură climatizarea parțială în încăpere, având încorporate elementele destinate filtrării, încălzirii/răcirii, vehiculării și reglării direcției curentului de aer, precum și elementele destinate racordării la rețeaua de agenți termici și reglării debitelor de apă caldă și răcită, pentru modificarea temperaturii aerului refulat în încăpere (fig.3.1-a și 3.1-b).

Tipurile principale de ventiloconvectoare sunt:

- Ventiloconvector cu un singur schimbător de căldură pentru apă caldă și răcită,
- Ventiloconvector cu două schimbătoare de căldură, unul pentru apă caldă și altul pentru apă răcită;
- Ventiloconvector cu un singur schimbător de căldură cu două serpentine independente, una pentru apă caldă și una pentru apă răcită;
- Ventiloconvector cu un singur schimbător de căldură pentru apă răcită și rezistență electrică pentru încălzire.

Ventiloconvectorul standard conține următoarele elemente principale: grilă de aspirație, filtru de aer lavabil, schimbător/schimbătoare de căldură, ventilator/ventilatoare, tavă pentru colectarea condensatului, grilă de refulare, panou de comandă. Vehicularea aerului este asigurată de un ventilator la unitățile mici sau două ventilatoare la unitățile mari (fig. 3.2-3).

#### 3.2 Accesorii pentru ventiloconvectoare

Ventiloconvectorul funcțional, adică aparatul care furnizează necesarul de căldură și frig, indiferent de variația sarcinilor de încălzire sau răcire, în condițiile menținerii temperaturii aerului interior la valorile prescrise, va mai putea conține o serie de elemente suplimentare cum ar fi:

a). Accesorii de bază:

- rezistență electrică pentru încălzire;
- întrerupător și protecție pentru rezistența electrică;
- picioare pentru aparatul tip cabinet (vertical);
- soclu cu grătar pentru aerul recirculat;
- soclu cu cameră de amestec pentru aer exterior (pentru

aparate verticale sau orizontale);

- ștuțuri de racordare pentru aerul recirculat;
- cameră de amestec pentru aerul recirculat și exterior;
- cameră de presiune cu 2, 3, 4 racorduri.

b). Accesorii pentru reglare (care se montează pe ventiloconvector):



- comutator pentru alegerea vitezei ventiloconvectorului;
- termostat pentru încălzire/răcire (pentru sistemul cu două conducte) pentru reglare tot/nimic;

- idem, pentru sistemul cu 4 conducte;

- termostat pentru sistemul cu 2 conducte și reglare continuă;

- idem, pentru sistemul cu 4 conducte.

**c).** Accesorii pentru telecomandă:

- comutator pentru alegerea vitezei ventilatorului;

- termostat de cameră, sistem cu două conducte, tot/nimic;

- termostat de cameră sistem cu 4 conducte, tot/nimic;

- termostat de cameră sistem cu 2 conducte, reglare continuă;

- termostat de cameră sistem cu 4 conducte, reglare continuă;

**d).** Ventile:

- ventil de amestec cu 3 căi, 4 racorduri, tot/nimic;

- ventil de amestec cu 3 căi, 4 racorduri, reglaj continuu;

- servomotor cu acționare electrotermică, tot/nimic;

- servomotor cu acționare electrotermică, reglare continuă;

- set pentru montaj (ventile manuale de închidere și fittinguri).

### 3.3 Modele de ventiloconvectoare

Modelele de ventiloconvectoare pot fi (fig.3.2-1):

**a).** După locul de amplasare (montaj) (fig.3.2-2):

- Ventiloconvector de perete - cu amplasare verticală în dreptul unei ferestre sau în dreptul unui perete;

- Ventiloconvector de plafon - cu amplasare orizontală la plafon;

- Ventiloconvector de perete/plafon - cu amplasare verticală la perete sau cu amplasare orizontală la plafon;

- Ventiloconvector fără îmbrăcăminte (carcasă) exterioară - cu amplasare orizontală în plafon fals sau cu amplasare verticală în gheană;

- Ventiloconvector cu mască - cu amplasare verticală în dreptul unei ferestre sau al unui perete ori cu amplasare orizontală la plafon;

**b).** După poziția gurii de aspirație:

- Ventiloconvector cu aspirația aerului la partea inferioară (frontal sau dedesubt);

- Ventiloconvector cu aspirația aerului la partea posterioară,

**c).** După tipul grilei de refulare:

- Ventiloconvector cu grilă reglabilă;

- Ventiloconvector cu grilă fixă/grile fixe;

**d).** După modul de fixare:

- Ventiloconvector montat pe picioare;

- Ventiloconvector încastrat în perete;

- Ventiloconvector înglobat în plafon sau agățat de plafon;

**e).** După modul de dotare a ventiloconvectorului:

- Ventiloconvector cu racord la instalația de aer primar;

- Ventiloconvector cu cameră de amestec a aerului primar/exterior cu aerul recirculat;

- Ventiloconvector cu cameră de presiune (plenum) cu racorduri;

- Ventiloconvector cu cameră de amestec și cameră de presiune.

### 3.4 Racordarea ventiloconvectoarelor la circuitul de aer

Ventiloconvectoarele amplasate la plafon sau în plafonul fals se pot racorda la o cameră de presiune (fig.3.2-4), la o cameră de amestec (fig.3.2-5) sau la ambele (fig.3.2-6). De asemenea canalul de aer proaspăt se poate racorda direct pe refulare. (fig.3.2-7)

În fig. 3.2-4a se prezintă varianta unui ventiloconvector echipat cu o cameră de presiune cu două racorduri. Fiecare racord alimentează câte o gură de aer (anemostat, grila, fanta, etc.). În figura 3.2-4b camera de presiune are trei racorduri circulare pentru racordarea, prin intermediul tuburilor flexibile circulare, a trei guri de aer. Deasemenea în fig. 3.2-4c se prezintă un ventiloconvector cu camera de presiune cu patru racorduri, fiecare din acestea

alimentând cu aer câte un anemostat. În figura 3.5-5 este prezentat un ventiloconvector echipat cu o cameră de amestec cu două racorduri: unul pentru aerul recirculat iar al doilea putând fi după caz pentru aer exterior (luat direct din exterior) sau pentru aer primar adus de la un aparat central de climatizare. În figura 3.2-6 ventilatorul este echipat atât cu o cameră de amestec, racordată la o instalație de aer primar, cât și cu o cameră de presiune prevăzută cu trei racorduri ce alimentează trei anemostate. În figura 3.2-7 se arată un montaj în care aerul primar nu mai trece prin ventiloconvector, ci este introdus în gura de refulare a aerului în încăpere. Ventiloconvectoarele de plafon la care se racordează 2-4 anemostate, numite și aparate de plafon pentru racordare la canale, formează o categorie separată și au un disponibil de presiune de 75÷150Pa.

### 3.5 Modalități de reglare a parametrilor aerului și a agenților termici

La reglare se vor avea în vedere următoarele temperaturi:

a. temperatura aerului interior ( $t_i$ ) menținută constantă în sezonul rece și variabilă în funcție de temperatura exterioară în sezonul cald;

b. temperatura aerului primar ( $t_p$ ) (atunci când există o instalație centralizată de preparare a aerului proaspăt) menținută constantă tot timpul anului sau variabilă, funcție de temperatura aerului exterior;

c. temperatura apei calde ( $t_{ac}$ ) variabilă în decursul anului;

d. temperatura apei răcite ( $t_{ar}$ ) constantă de regulă tot timpul anului sau variabilă în sezonul rece.

#### 3.5.1. Reglarea pe partea de aer

La acest sistem temperatura aerului primar,  $t_{ap}$ , sau a aerului amestecat,  $t_c$ , refulat în încăpere este variabilă în tot timpul anului în funcție de temperatura aerului exterior. Temperatura apei răcite,  $t_{ar}$ , se păstrează constantă tot timpul anului (fig.3.5-1). Temperatura apei calde,  $t_{ac}$ , este și ea variabilă în decursul anului în funcție de

temperatura aerului exterior. În fig. 3.5-1 este prezentat un grafic orientativ al variației parametrilor termici și ai aerului interior. Valorile temperaturilor  $t_{ac}$ ,  $t_{ar}$ ,  $t_{ap}$  precum și valorile acestora se determină în funcție de localitate, de gradele de izolare termică și de vitrare ale clădirii, de orientare, de gradul de ocupare al încăperilor (numărul de persoane), de natura și mărimea surselor de degajare a căldurii etc.

#### 3.5.2. Reglarea pe partea de apă

La acest sistem temperatura aerului primar ( $t_{ap}$ ) se menține constantă tot timpul anului în timp ce temperaturile apei calde și reci se modifică în funcție de temperatura exterioară. La temperaturi ale aerului exterior de ordinul a 15÷17°C se face comutarea de la parametri variabili la parametri constanți ai apei. Variația parametrilor în funcție de temperatura exterioară este indicată în fig. 3.5-2.

### 3.6 Racordarea ventiloconvectoarelor la agentul termic

Ventiloconvectoarele se racordează la rețeaua de agenți termici în funcție de numărul conductelor (2,3 sau 4).

#### 3.6.1. Sistemul cu două conducte.

Prin rețeaua de conducte (ducere-întoarcere) circulă în sezonul rece, apă caldă iar în sezonul cald, apă răcită. Sistemul este simplu și ieftin, dar dezavantajos în sezoanele de tranziție când unele încăperi necesită încălzire iar altele răcire și nu li se poate furniza sarcina termică după necesități.

Racordarea schimbătorului de căldură se face prin intermediul (1) unei vane motorizate cu două căi, (2) a unei vane cu 3 căi sau (3) a unei vane cu 4 racorduri cu by-pass (fig.3.6 – 1) încorporate. Este preferabilă utilizarea racordării după sistemele (2) și (3) care permit recircularea apei și asigură stabilitatea hidraulică a rețelei de conducte.

Dintre cele 3 tipuri de vane se utilizează în mod frecvent vana cu 4 racorduri prezentată în figura 3.6-2.

Acționarea vanelor se face în funcție de tipul regulatorului și al reglării și este prezentată în figura 3.6-3.



### 3.6.2. Sistemul cu trei conducte.

Rețeaua de distribuție este alcătuită din trei conducte:

- o conductă de ducere pentru apă caldă;
- o conductă de ducere pentru apă răcită;
- o conductă de întoarcere, comună pentru apă caldă și apă răcită.

Se preia secvențial apa caldă sau rece din conductele de ducere și se returnează agentul la sursa de căldură sau de frig în conducta comună. Există pericolul (în timp, datorită uzurii) trecerii apei calde în sistemul de răcire și invers, motiv pentru care sistemul se utilizează mai rar. Se poate îndepărta acest neajuns prin intercalarea unui schimbător de căldură pe circuitul de apă caldă dar scumpește instalația și sistemul nu mai este competitiv.

Modul de racordare este arătat în fig. 3.6 – 4.

### 3.6.3. Sistemul cu 4 conducte

Rețeaua de distribuție este alcătuită din 4 conducte:

- 2 conducte, ducere-întoarcere, pentru apă caldă;
- 2 conducte, ducere-întoarcere, pentru apă răcită.

Prin conducte circulă tot timpul agenții termici pentru încălzire și răcire asigurând orice sarcina termică de încălzire sau răcire. Este sistemul cel mai bun dar și cel mai scump. Modul de racordare al schimbătorului de căldură sau al schimbătoarelor este arătat în figura 3.6–5. Acționarea vanelor poate fi făcută diferit după tipul reglării, și este arătată în figura 3.6–6.

**3.6.4.** Din cele trei sisteme (cu 2, 3 și 4 conducte) proiectantul va decide împreună cu beneficiarul asupra sistemului ce va fi adoptat. Cel mai bun sistem este cel cu 4 conducte pentru că asigură în orice anotimp microclimatul dorit în încăperi. Prin dublarea rețelei de conducte (2 conducte de apă caldă, 2 conducte de apă răcită) și al ventilelor cu 3 căi, prin prezența în tot timpul anului a apei calde și a apei răcite la ventiloconvectoare, sistemul este foarte scump și folosit rar. Se recomandă sistemul cu 2 conducte prin care circulă iarna apă caldă și vara apă răcită. Sistemul cu 3 conducte nu se recomandă datorită pierderilor prin amestecul apei răcite cu cea caldă.

## 3.7 Scheme de instalații de încălzire/răcire cu ventiloconvectoare

Instalațiile cu ventiloconvectoare pot fi realizate în următoarele variante:

- instalație cu ventiloconvectoare racordate la o rețea de canale de distribuție a aerului primar și o instalație de încălzire/răcire care asigură agenții termici pentru schimbătoarele de căldură ale ventiloconvectoarelor (fig.3.7.1);
- instalație cu ventiloconvectoare neracordate la o rețea de aer primar, aerul proaspăt fiind refulat direct în încăperi de o instalație de ventilație distinctă;
- instalații cu ventiloconvectoare cu priză de aer exterior la fiecare ventiloconvector (există pericolul de îngheț al agentului termic în schimbătorul de căldură);
- instalații cu ventiloconvectoare în regim de recirculare al aerului din încăperi (soluția implică deschiderea ferestrelor pentru a asigura aerul proaspăt necesar și se aplică, în consecință, la clădirile existente cu ferestre deschizibile).

### 3.7.1. Instalații cu 2 conducte cu comutare.

Fig. 3.7-1 prezintă schema unei instalații cu ventiloconvectoare cu două conducte.

Aerul primar, care constituie aerul proaspăt pentru încăperi este preparat centralizat în aparatul 1. Asigurându-se strict rația de aer proaspăt nu este necesară de regulă și instalație de ventilație de evacuare. Aerul introdus prin ventiloconvectoare va fi evacuat din încăperi prin grile de transfer în coridoarele adiacente. Fiecare ventiloconvector se racordează la rețeaua de agenți termici prin care circulă iarna apă caldă și vara apă răcită. Vara, în procesul de răcire a aerului, se produce și o dezumidificare (uscare) a acestuia rezultând condensat. Condensatul va fi colectat de la fiecare ventiloconvector printr-o rețea de conducte, care va însoți, de regulă, rețeaua de agenți termici apă caldă/răcită.

Comutarea de la apă rece la apă caldă și invers se va face fie automat (așa cum este arătat în fig. 3.7-1), fie manual.

Se recomandă ca încăperile să fie grupate pe zone (de exemplu după orientare), pentru ca acestea să primească debitele de agenți termici în concordanță cu mărimea și variația sarcinilor termice de încălzire sau răcire ale încăperilor.

Comutarea se va realiza în perioada în care degajările de căldură (de la persoane, iluminat, computere etc.) sunt aproximativ egale cu pierderile de căldură, ceea ce corespunde cu intervalul de temperaturi exterioare de  $15\div 18^{\circ}\text{C}$ .

La comutare se va asigura energie atât pentru încălzire cât și pentru răcire. De exemplu, dacă în sistemul de conducte curge apă răcită, temperatura aerului primar (care se introduce în încăperi) va fi mărită, cel puțin în perioadele de tranziție. Astfel au loc pierderi de energie sau în unele încăperi nu se obține temperatura dorită (neajunsul principal al sistemului cu două conducte). Sistemul de conducte pentru circulația apei calde sau a apei răcite va fi realizat ca la o instalație centrală de încălzire cu apă caldă.

**3.7.2.** Alături de rețeaua de conducte pentru schimbătoarele de căldură secundare (încorporate în ventiloconvectoare) se vor prevedea o rețea primară de distribuție a apei calde și o rețea primară de distribuție și a apei răcite. Atât pe circuitele principale cât și pe cele secundare se vor prevedea pompe de circulație. Circuitele pot fi separate unul de celălalt dacă se prevăd schimbătoare de căldură (fig. 3.7-1, varianta cu SC) caz în care nu mai are loc amestecul între apa rece și caldă, evitându-se pierderile prin amestec.

La sistemul prin amestec (fără schimbător de căldură) se vor folosi ventile de comutare putându-se astfel prelua în circuitul secundar atât apa caldă cât și apa răcită din circuitele principale. Deoarece ventilele  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_c$  nu sunt totdeauna complet etanșe, se poate ca apa caldă să treacă în rețeaua de apă răcită și invers.

**3.7.3.** Reglarea temperaturii apei are loc central, în funcție de temperatura aerului exterior și ocazional în funcție de radiația solară.

La temperaturi exterioare de  $10\div 17^{\circ}\text{C}$ , din cauza temperaturii mici a apei, sarcina de încălzire a aparatelor (ventiloconvectoarelor) este inefficientă, de aceea este necesară încălzirea suplimentară a încăperii prin aerul primar cu temperaturi de ordinul a  $30\div 32^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.7.4. Instalații cu 2 conducte fără comutare.**

La acest tip de instalații ventiloconvectoarele nu mai primesc alternativ apa caldă sau apa răcită ci, numai apa răcită. Încălzirea se produce pe seama aerului primar a cărui temperatura se reglează în funcție de temperatura aerului exterior. În sezonul rece prin schimbătorul de căldură al ventiloconvectorului circulă apă rece (se produc ca urmare pierderi de energie). Temperatura apei variază în limitele  $15\div 18^{\circ}\text{C}$ . Sistemul se pretează pentru zone cu clima blândă.

#### **3.7.5. Instalații cu 3 conducte.**

La acest sistem fiecare ventiloconvector are două racorduri de ducere, (unul de apă caldă și unul de apă răcită) și un racord de întoarcere. La dispoziția ventiloconvectorului stă concomitent atât apa caldă cât și apa răcită astfel încât aerul poate fi încălzit sau răcit. Nu este necesară zonarea consumatorilor. Reglarea temperaturii aerului din încăperi se face prin intermediul ventilelor secvențiale comandate de un termostat de camera. Din cauza pierderilor de energie prin amestecul în conducta de întoarcere a apei calde și a apei răcite, sistemul este dezavantajos, fiind în prezent părăsit.

#### **3.7.6. Instalații cu 4 conducte.**

La acest sistem sunt două circuite independente (ducere-întoarcere) pentru apa caldă și pentru apa răcită. Utilizatorul poate în orice moment să încălzească sau să răcească. Pierderile de energie, în comparație cu sistemele cu 2 și 3 conducte sunt reduse. Pentru diminuarea în continuare a pierderilor de energie se recomandă folosirea a 2 schimbătoare de căldură (unul pentru apa caldă și al doilea pentru apa răcită) sau a unui schimbător de căldură cu 2 serpentine independente.

Reglarea are loc cu două ventile cu 3 căi care lucrează secvențial.

Schema unei instalații cu 4 conducte este prezentată în figura 3.7-4.



#### 4. Proiectarea instalațiilor de încălzire/răcire cu ventiloconvectoare

##### 4.1 Generalități

Date tehnice orientative pentru ventiloconvectoarele produse în prezent sunt date în anexa 1 a ghidului.

##### 4.2 Sarcinile de încălzire și răcire ale unei încăperi

4.2. Alegerea unui ventiloconvector care urmează să asigure încălzirea, respectiv răcirea unei încăperi sau a unei părți a acesteia se face pe baza bilanțului termic de încălzire (sarcina de încălzire) pentru perioada rece și a bilanțului termic de răcire (sarcina de răcire) pentru perioada caldă a anului.

4.2.1. Sarcina de răcire,  $Q_R$ , exprimată în W, are expresia:

$$Q_R = Q_{\text{degajari}} + Q_{\text{aporturi}} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

$$Q_{\text{degajari}} = Q_o + Q_{il} + Q_M + Q_c + Q_{\text{alte surse}} \quad [\text{W}] \quad (2)$$

$$Q_{\text{aporturi}} = Q_{PE} + Q_{FE} + Q_A \quad [\text{W}] \quad (3)$$

în care:

$Q_o$  – degajarea de căldură a ocupanților încăperii considerate;

$Q_{il}$  – degajarea de căldură de la iluminatul artificial (se va lua în considerare intervalul de timp în care acesta este în funcțiune);

$Q_M$  – degajarea de căldură de la mașini și utilaje acționate electric;

$Q_c$  – degajarea de căldură de la calculatoare.

$Q_{PE}$  – aportul de căldură din exterior prin elemente inerțiale (pereți, planșee, terase);

$Q_{FE}$  – aportul de căldură din exterior prin elemente vitrate (ferestre, luminatoare);

$Q_A$  – aportul de căldură din încăperile neclimatizate alăturate celei considerate.

4.2.2. Sarcina de încălzire,  $Q_I$ , are expresia:

$$Q_I = Q_{\text{degajari}} - Q_{\text{consumuri}} \quad [\text{W}] \quad (4)$$

$$Q_{\text{degajari}} = Q_o + Q_{il} + Q_{t,1} + Q_c + Q_{\text{alte surse}} \quad [\text{W}] \quad (5)$$

$$Q_{\text{consumuri}} = Q_p + Q_a + Q_m + Q_u + Q_{\text{alte consumuri}} \quad [\text{W}] \quad (6)$$

în care:

$Q_o, Q_{il}, Q_{t,1}, Q_c$  au semnificațiile de la art. 4.2.1. Se vor recalcula termenii care sunt funcție de temperatura aerului interior, diferită de la vară la iarnă.

$Q_p$  – pierderile de căldură ale încăperii;

$Q_a$  – consumul de căldură pentru încălzirea aerului rece;

$Q_m$  – consumul de căldură pentru încălzirea materialelor reci introduse în încăpere;

$Q_u$  – consumul de căldură pentru evaporarea umidității (apei).

##### 4.3 Stabilirea numărului de ventiloconvectoare, alegerea tipului de ventiloconvector și a schemei de principiu

La stabilirea numărului de ventiloconvectoare pentru încălzirea/răcirea unei încăperi se va ține seama de mărimea sarcinilor de încălzire și răcire ale încăperii, tipul de ventiloconvector ales, modul de amplasare a ventiloconvectorului și dimensiunile încăperii.

4.3.1. La alegerea tipului de ventiloconvector se va ține seama de:

- înălțimea parapetului ferestrei pentru ventiloconvectorul de tip cabinet (se va avea în vedere că se fabrică ventiloconvectoare cu înălțime normală și redusă;
- distanța dintre planșeul de rezistență și plafonul fals (în cazul unui tip de ventiloconvector fără îmbrăcăminte);
- modul de racordare la instalația de aer primar (prevederea unei cutii de amestec);

- numărul de anemostate alimentate (prevederea unei camere de presiune (plenum) cu număr corespunzător de racorduri);
- modul de racordare (se poate prevedea atât camera de amestec, cât și cameră de presiune);
- mărimea ventiloconvectorului și numărul de rânduri de țevi ale schimbătorului de căldură se aleg ținând seama de mărimea sarcinilor de răcire și încălzire (se verifică dacă puterea termică de răcire a ventiloconvectorului ales este cel puțin egală cu sarcina de răcire a încăperii, după care se verifică puterea termică de încălzire a ventiloconvectorului).

**4.3.2.** Numărul de ventiloconvectoare și amplasarea acestora se va stabili astfel ca jeturile de aer emise de acestea să parcurgă toată încăperea sau porțiunea din încăperea deservită, să nu fie îndreptate direct spre ocupanți și să se evite devierea jeturilor datorită unor obstacole tehnologice sau constructive (grinzi, mașini).

**4.3.3.** Ventiloconvectorul tip cabinet și amplasarea acestuia se va stabili asemenea corpurilor de încălzire statice (radiatoare).

Ventiloconvectorul tip cabinet se va monta astfel încât jetul de aer emis să nu fie împiedicat sau deviat de parapetul ferestrelor.

**4.3.4.** Numărul de ventiloconvectoare se va stabili astfel ca jeturile de aer emise să acopere integral spațiul încăperii sau a porțiunii de încălzire deservite.

**4.3.5.** Schema de principiu a instalației poate fi cu 2 sau 4 conducte. Se încearcă mai întâi realizarea unei instalații cu 4 conducte, soluție optimă din punct de vedere tehnic și al condițiilor de confort. Dacă nu există fondurile necesare se va adopta soluția cu două conducte.

**4.3.6.** Pentru clădirile care se re tehnologizează sau în care se urmărește realizarea unui microclimat controlat și nu au plafon fals sau înălțimea încăperilor nu permite realizarea unui plafon fals, se va adopta soluția cu două conducte, fără aer primar (aerul proaspăt se introduce prin deschiderea ferestrelor) cu ventiloconvectoare în regim de recirculare, pentru încălzirea și răcirea încăperilor.

#### 4.4 Alegerea parametrilor apei răcite și a apei calde.

În regim de vară, apa răcită poate avea temperaturi cuprinse între 5 și 14°C (alegând temperaturi mai mici rezultă ventiloconvectoare mai mici dar și mașini frigorifice mai scumpe și invers).

În practică, caracteristicile ventiloconvectorului standard sunt date pentru apa răcită, având temperatura inițială 7°C și cea finală 12°C, respectiv o diferență de temperatura de 5 grade.

Temperatura inițială a aerului supus răcirii este de 27°C după termometrul uscat și 19°C după termometrul umed.

În regim de iarnă temperatura apei calde se consideră 70/60°C, iar temperatura aerului supus încălzirii 20°C. Pentru acești parametri sunt date în prospecte sarcinile de încălzire și răcire ale ventiloconvectoarelor. Firmele producătoare de ventiloconvectoare trebuie să indice coeficienții de corecție în cazul abaterilor de la parametri standard. În lipsa acestor date, orientativ pot fi folosiți următorii coeficienți de corecție,  $C_i$ :

a). Pentru sarcina de răcire,  $Q_R$

La $\Delta t = t_{\text{final}} - t_{\text{initial}} = 2,5$	9,5/7°C	$C_i = 1,25$
$= 5$	12/7°C	$C_i = 1,0$
$= 7,5$	14,5/7°C	$C_i = 0,83$

b). Pentru sarcina de încălzire,  $Q_i$ :

La $\Delta t = t_{\text{initial}} - t_{\text{final}} = 5$	70/65°C	$C_i = 1,15$
$= 10$	70/60°C	$C_i = 1,0$
$= 15$	70/55°C	$C_i = 0,80$

#### 4.5 Calculul conductelor de alimentare cu apă

**4.5.1.** Rețelele de distribuție și de alimentare cu apă caldă/răcită a ventiloconvectoarelor pot fi de tip arborescent sau inelar, cu caracteristicile cunoscute de la sistemele de distribuție bitubulare ale instalațiilor de încălzire.



4.5.2. Rețelele de distribuție și alimentare se dimensionează pentru debitul de răcire transportat de agentul termic (apa răcită). Debitul de fluid se determină cu relația:

$$G_{ar} = \frac{Q_R}{c_p \Delta t} = \frac{Q_R}{c_p (t_1 - t_2)} \quad (1)$$

în care:  $G_{ar}$  – este debitul de apă răcită, în kg/s;  
 $Q_R$  – debitul de răcire transportat, în kW;  
 $c_p$  – căldura specifică a apei;  
 în domeniul temperaturilor utilizate,  $c_p = 4,186$

kJ/kgK

$t_1$  – temperatura apei pe conducta de întoarcere, în °C;

$t_2$  – temperatura apei pe conducta de ducere, în °C;

$\Delta t$  – ecartul de temperatură între conductele de ducere și întoarcere, K.

4.5.3. Diametrul conductei de transport,  $d_i$ , se determină cu relația:

$$d_i = \sqrt{\frac{4G}{\rho w_i}} = 1,13 \sqrt{\frac{G}{w_i}} \quad [m] \quad (2)$$

în care:  $d_i$  – este diametrul interior al conductei de transport, în m;

$G$  – debitul de apă transportat, în kg/s;

$\rho$  – masa specifică a apei, în kg/m<sup>3</sup>;

$w_i$  – viteza de curgere a apei în conductă, în m/s;

Relația (2) exprimă legătura între:  $G$ ,  $d_i$  și  $w_i$ .

4.5.4. Pierderea de sarcină totală se calculează cu relația:

$$\Delta p = \Sigma \left( \frac{\lambda l}{d} + \Sigma \xi \right) \frac{w_i^2}{2} \rho = \Sigma Rl + \Sigma Z \quad (3)$$

în care:  $\lambda$  – coeficientul de rezistență prin frecare;

$\xi$  – coeficientul de rezistență locală;

$l$  – lungimea tronsonului de conductă;

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w_i^2}{2} \cdot \rho, \quad Z = \Sigma \xi \cdot \frac{w_i^2}{2} \cdot \rho \quad (4)$$

4.5.5. Pierderea de sarcină locală se stabilește cu relația:

$$\Sigma Z = \Sigma \xi \frac{w_i^2}{2} \rho \quad [Pa] \quad (5)$$

Pierderea de sarcină locală se poate stabili și ca un procent din pierderea totală de sarcină, adică:

$$\Sigma Z = a \Delta p \quad (6)$$

unde  $a$ , similar ca și la instalațiile de încălzire, poate fi cuprins între 0,1÷0,3.

4.5.6. Pierderea de sarcină distribuită (liniară) va fi:

$$\Sigma Rl = (1 - a) \Delta p = \frac{\lambda l}{d} \frac{w_i^2}{2} \rho \quad [Pa] \quad (12)$$

Pentru un tronson unitar rezultă:

$$R = \frac{\lambda}{d} \frac{w_i^2}{2} \rho \quad [Pa/m] \quad (13)$$

4.5.7. Pentru calcule practice se pot utiliza tabele în care sunt corelate mărimile  $G_{ar}$  în kg/h;  $d$ , în mm;  $w$ , în m/s și  $R$  în mmH<sub>2</sub>O/m, pentru diferența de temperatură  $\Delta t = 1^\circ C$ .

Cu o eroare sub 10 % se pot folosi și tabelele pentru dimensionarea conductelor de apă caldă pentru  $\Delta t = 20^\circ C$ , aducându-se corecția necesară pentru un ecart  $\Delta t = 5^\circ C$ , general valabil pentru rețelele de alimentare cu apă răcită.

## 5. CENTRALA DE PREPARARE A APEI RĂCITE

### 5.1 Generalități

5.1.1. Centrala de preparare a apei răcite constă din unul sau mai multe agregate de răcire (CHILLER). Acestea au în componență un evaporator, un condensator răcit cu aer sau cu apă, unul sau mai multe compresoare, unul sau mai multe circuite frigorifice și instalația de automatizare standard. Agentul frigorific este de regulă freonul R22 sau mai nou, freonii ecologici (ex: R134a).

5.1.2. În funcție de cerințe, agregatul poate fi echipat cu o instalație de automatizare completă, legată la un calculator personal, un modul hidraulic care poate să cuprindă un vas tampon, vasul de expansiune, pompele de circulație, vane cu trei căi etc.

5.1.3. Agregatele de preparare a apei răcite se pot amplasa în exteriorul sau în interiorul clădirii, în încăperi special amenajate. În acest din urmă caz dacă condensatorul mașinii frigorifice este răcit cu aer, ventilatoarele agregatului vor fi de tip radial cu un disponibil de presiune statică pentru racordare printr-o rețea de canale, la priza de aer și la gura de evacuare.

## 5.2 Necesarul total de apă răcită

5.2.1. Necesarul total de apă răcită într-o instalație cu ventiloconvectoare rezultă din necesitatea asigurării sarcinii de răcire pentru fiecare ventiloconvector în parte.

Prin însumarea puterilor frigorifice totale ce urmează a fi furnizate de ventiloconvectoarele din instalație se obține puterea frigorifică totală ce trebuie asigurată de agregatul de răcire:

$$Q_R = \sum Q_{Ri} \text{ [kW]} \quad (7)$$

în care:  $Q_R$  – este puterea totală de răcire a ventiloconvectoarelor respectiv puterea totală a agregatului, iar  $Q_{Ri}$  – puterea totală de răcire a unui ventiloconvector.

5.2.2. Debitul de apă se determina cu relația:

$$G_w = \frac{Q_R}{c_p(t_2 - t_1)} = \frac{Q_R}{c\Delta t} \text{ [kg/s]} \quad (8)$$

în care ecartul de temperatură  $\Delta t$  este în general de 5°C (valorile temperaturilor de ducere și de întoarcere a apei răcite folosite sunt 5/10°C, 6/11°C, 7/12°C).

Acest debit care este vehiculat în instalație, va fi luat în calculul rețelei de transport și la alegerea pompelor de circulație.

## 5.3 Alegerea tipului și numărului de agregate pentru prepararea apei răcite

5.3.1. Pentru puterile de răcire cerute de instalațiile de răcire cu ventiloconvectoare se vor utiliza de regulă agregate care au condensatorul mașinii frigorifice răcit cu aer (soluția este mai economică).

Agregatele de preparare a apei răcite se poate monta fie în exteriorul clădirii (pe sol, pe terasa sau în alt spațiu amenajat), fie în interiorul acesteia, caz în care se vor prevedea căi de aducere și evacuare a aerului necesar răcirii condensatoarelor.

În funcție de puterea frigorifică cerută la consumator, agregatul (agregatele) trebuie să furnizeze în sistem apă răcită, funcționând cu randament maxim. Pentru aceasta, agregatul se va alege cu 2÷4 trepte de funcționare, când puterea frigorifică totală nu depășește 300 kW. Peste aceasta putere, se alege unul sau mai multe aparate, identice sau nu, astfel încât furnizarea de apă răcită în sistem să asigure o funcționare optimă.

## 5.4 Dimensionarea vasului de expansiune pentru instalația de apă răcită

5.4.1. Pentru calculul vasului de expansiune aferent unei instalații de răcire sunt necesare următoarele date:

- conținutul de apă al instalației;
- procentul de antigel (în cazul în care instalația se folosește și la temperaturi sub 0°C);
- temperatura cea mai scăzută a instalației (în cazul apei fără antigel, + 4°C);
- temperatura cea mai ridicată a instalației (temperatura exterioară cea mai ridicată vara);
- dilatarea procentuală a apei/amestecului cu antigel; dilatarea apei este dată în tabelul alăturat;



Temperatura de încălzire, în °C	30	35	40	45	50
Dilatarea apei, în %	0.30	0.52	0.75	0.97	1.20

- înălțimea geodezică pentru vasul de expansiune;
- presiunea de lucru a ventilului de siguranță.

Presiunea inițială,  $p_i$ , a vasului se alege în concordanță cu înălțimea geodezică a instalației (deasupra vasului). Presiunea minimă,  $p_m$ , se alege cu 0,5 bar mai mare ca presiunea inițială,  $p_i$ . Presiunea finală,  $p_f$ , trebuie să fie cu 0,5 bar mai mică decât presiunea de lucru a ventilului de siguranță.

Volumul util al vasului se calculează folosind mărimea D (factorul de presiune):

$$D = \frac{p_f \cdot (p_f - p_m)}{p_f \cdot p_m}$$

**Atenție:** presiunile se vor considera în bar-absolut (= suprapresiunea, în bar + 1)

#### Exemplu de calcul

Datele instalației:

- conținutul de apă, 1500 l
- apă simplă fără adaos de antigel
- temperatura cea mai scăzută, + 4°C
- temperatura cea mai ridicată, + 40°C
- dilatarea procentuală a apei la + 40°C, 0,75 %
- înălțimea geodezică 5m ( $p_i = 0.5$  bar,  $p_m = 1.0$  bar suprapresiune)
- presiunea nominală a ventilului de siguranță 3 bar ( $p_f = 2.5$  bar suprapresiune)

Factorul de presiune va fi:

$$D = \frac{(0.5 + 1)[(2.5 + 1) - (1 + 1)]}{(2.5 + 1)(1 + 1)} = \frac{1.5 \times 1.5}{3.5 \times 2} = 0.32$$

Volumul de dilatare la 40°C este:

$$1500 \text{ l} \times 0.75 \% = 11.25 \text{ l}$$

Volumul brut necesar al vasului de expansiune este:

$$11.25 / 0.32 = 35 \text{ l}$$

## 6. CENTRALA DE PREPARARE A APEI CALDE

Sursa de căldură pentru o instalație de încălzire/răcire cu ventiloconvectoare poate fi:

- o centrală termică echipată cu unul sau mai multe cazane care să furnizeze agent termic și altor sisteme de încălzire, caz în care circuitele ventiloconvectoarelor trebuie prevăzute cu pompe de circulație independente.
- un aparat de preparare a apei reci în pompă de căldură care să furnizeze apa caldă în sezonul rece. În acest caz centrala termică poate furniza agent termic și pentru alte sisteme de încălzire cu necesitatea prevederii pe circuitele ventiloconvectoarelor a unor pompe de circulație.

# ANEXA 1:

## Date tehnice orientative pentru ventiloconvectoare

Firmele producătoare de ventiloconvectoare furnizează datele tehnice pentru ventiloconvectoarele produse, totuși diferențe mari între produsele diverselor firme nu există.

Pentru orientarea prealabilă a proiectanților sunt prezentate plajele de valori ale principalelor caracteristici tehnice ale ventiloconvectoarelor:

- Numărul de tipodimensiuni = 6÷10
- Debit de aer
 

maxim	$q_v = 250 \div 1800 \text{ m}^3/\text{h}$
mediu	$q_v = 200 \div 1400 \text{ m}^3/\text{h}$
minim	$q_v = 150 \div 1000 \text{ m}^3/\text{h}$
- Sarcina totală de răcire
 

- 2 rânduri de țevi,	$Q_R = 0,70 \div 10 \text{ kW}$
- 3 rânduri de țevi,	$Q_R = 0,80 \div 12 \text{ kW}$
- Sarcina de răcire sensibilă (perceptibilă)
 

- 2 rânduri de țevi,	$Q_{RS} = 0,70 \div 7 \text{ kW}$
- 3 rânduri de țevi,	$Q_{RS} = 0,80 \div 8 \text{ kW}$
- Sarcina de încălzire
 

- 1 rând de țevi,	$Q_I = 1,3 \div 11 \text{ kW}$
- 2 rânduri de țevi,	$Q_I = 2,2 \div 20 \text{ kW}$
- 3 rânduri de țevi,	$Q_I = 2,6 \div 22 \text{ kW}$
- Conținutul de apă pentru 1 rând de țevi:  $0,15 \div 1,0 \text{ l}$
- Rezistență electrică,  $Q_E = 0,5 \div 4 \text{ kW}$
- Trepte de încălzire electrică: 1
- Număr de ventilatoare: 1÷2
- Puterea maximă a motoarele:  $35 \div 180 \text{ W}$
- Turația:
 

- maximă	$900 \div 1000 \text{ rot/min}$
- medie	$650 \div 900 \text{ rot/min}$
- minimă	$500 \div 700 \text{ rot/min}$
- Tensiune: 220-240 V/50Hz
- Racorduri de apă: 1/2", cu filet

- Racord condensat: 20 mm
- Dimensiunile filtrului:
 

- lățime:	$170 \div 250 \text{ mm}$
- lungime:	$340 \div 1500 \text{ mm}$
- grosime:	$10 \div 12 \text{ mm}$
- Număr de rânduri de țevi (schimbătorul de căldură):
 

- 2	rânduri
- 2+1	rânduri
- 3	rânduri
- 3+1	rânduri
- Pierdere de sarcină pe partea de apă:  $0,5 \div 100 \text{ kPa}$
- Debitul de apă:  $0,01 \div 1,0 \text{ l/s}$
- Nivel de zgomot (pentru aparate cu carcasă), la turația:
 

- maximă	$45 \div 58 \text{ dBA}$
- medie	$40 \div 50 \text{ dBA}$
- minimă	$35 \div 45 \text{ dBA}$
- Bătaia jetului:  $2,5 \div 7,0 \text{ m}$

Aceste date sunt valabile în următoarele condiții:

- debitul de aer corespunde ventiloconvectorului cu carcasă cu 2 rânduri de țevi;
- sarcina de răcire se raportează la apa cu temperatura de  $7/12^\circ\text{C}$  și aer cu temperatura de  $27^\circ\text{C}$  (după termometrul uscat) și  $19^\circ\text{C}$  (după termometrul umed);
- sarcina de încălzire corespunde pentru apă caldă de  $70/60^\circ\text{C}$  și temperatura aerului la intrare de  $20^\circ\text{C}$



## ANEXA 2:

### Exemplu de calcul pentru o instalație cu două conducte

#### Date generale

Se cere să se dimensioneze instalația de încălzire/răcire pentru o clădire administrativă cu cinci niveluri.

Clădirea este amplasată într-o zonă având următorii parametri de calcul:

- vara:  $t_e = 35^\circ\text{C}$ ;  $x_e = 11,5 \text{ g/kg}$
- iarna:  $t_e = -15^\circ\text{C}$ ;  $x_e = 0,8 \text{ g/kg}$

După orientarea imobilului au rezultat, în funcție de sarcina termică, de răcire și încălzire, următoarele tipuri de încăperi, redate în tabelul 1.

Tabelul 1

Sezon	Tip încădrare	Număr de birouri pe nivel	$t_i$	$\varphi_i$	Sarcina termică kW	Bilanț de umiditate kg/h	Număr de pers.
VARA	1	1	25	50	6,7	1,2	20
	2	5	25	50	5,4	1,2	20
	3	5	25	50	4,8	1,5	25
IARNA	1	1	20	50	-5	1,2	20
	2	5	20	50	-3,5	1,2	20
	3	5	20	50	-2,1	1,5	25

La alegerea sistemului de climatizare aer-apă cu ventiloconvectoare se va ține seamă de:

- factorii economici: costuri de investiție, de exploatare, economia de energie;
- condițiile de confort ce pot fi obținute;
- construcțiile adiacente instalației de climatizare;
- dimensiunile echipamentelor, modul de încadrare în arhitectură etc.

#### Determinarea debitului de aer proaspăt

Conform prevederilor Normativului I5/1998 pentru fiecare ocupant dintr-o încăpere unde nu se fumează este necesar un debit de aer exterior de  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Debitul de aer proaspăt al unei încăperi se determină cu relația:

$$q_{vp} = q_{vp0} \cdot N \cdot \rho \text{ [kg/s]}$$

în care:  $q_{vp0}$  – debitul de aer proaspăt (exterior) pentru o persoană, în  $\text{m}^3/\text{h,pers}$ ;

$N$  – numărul de persoane din încăpere;

$\rho$  – densitatea aerului, în  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

Avem, în acest caz:

$$q_{vp1} = 25 \times 20 \times \frac{1,2}{3600} = 0,167 \text{ kg/s}$$

$$q_{vp2} = 25 \times 20 \times \frac{1,2}{3600} = 0,167 \text{ kg/s}$$

$$q_{vp3} = 25 \times 25 \times \frac{1,2}{3600} = 0,208 \text{ kg/s}$$

#### Determinarea debitului de aer de climatizare

Raza procesului pentru fiecare tip de încăpere este indicată de diagrama h-x (fig. A2-1):

Debitele totale de aer necesare climatizării încăperilor vor fi calculate cu relația:

$$q_{vt} = \frac{Q_R}{h_i - h_c} \text{ [kg/s]}$$

în care:  $Q_R$  – sarcina de răcire a încăperii, în kW;

$h_i$  – entalpia aerului din încăpere, în kJ/kg;

$h_c$  – entalpia aerului refulat în încăpere, în kJ/kg.

Parametri de stare în diagrama h-x (fig.A2-1, A2-2): I – starea aerului interior; E – starea aerului exterior; M – starea aerului amestecat; C – starea aerului refulat în încăpere; 1,2,3 – stările aerului refulat în încăperi iarna.

Se obține astfel:

$$q_{v1} = \frac{6.7}{50.5 - 42.3} = 0.817 \text{ kg/s}$$

$$q_{v2} = \frac{5.4}{50.5 - 42.3} = 0.658 \text{ kg/s}$$

$$q_{v3} = \frac{4.8}{50.5 - 42.3} = 0.585 \text{ kg/s}$$

Aerul proaspăt necesar, este preparat centralizat într-un agregat de tratare a aerului și printr-o rețea de canale și guri de introducere, va fi refulat în încăperi la parametri constanți ( $t_c = 18^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_c = 75\%$ ), diferența până la debitul necesar de climatizare, urmând a fi răcită în ventiloconvectoare.

$$q_{v1} = 0.817 - 0.167 = 0.65 \text{ kg/s}$$

$$q_{v2} = 0.658 - 0.167 = 0.481 \text{ kg/s}$$

$$q_{v3} = 0.585 - 0.208 = 0.377 \text{ kg/s}$$

Ventiloconvectoarele din încăperile menționate vor fi alese astfel încât să asigure sarcina de răcire necesară calculată cu relația:

$$Q_R = q_{v1} (h_i - h_e) \text{ [kW]}$$

obținându-se:

$$Q_{R1} = 0.65(50.5 - 42.3) = 5.33 \text{ kW}; q_{v1} = 1950 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{R2} = 0.481(50.5 - 42.3) = 3.94 \text{ kW}; q_{v2} = 1443 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{R3} = 0.377(50.5 - 42.3) = 3.10 \text{ kW}; q_{v3} = 1131 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Recalcularea parametrilor aerului refulat iarna

Razele proceselor de iarnă în încăperile analizate sunt indicate în diagrama h-x (fig.A 2-1):

$$e_{i1} = -15.000 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{i2} = -10.500 \text{ kJ/kg}$$

$$e_{i3} = -5040 \text{ kJ/kg}$$

Aerul proaspăt, tratat centralizat, este introdus în încăpere la parametri aerului interior:  $t_i = 20$ ;  $\varphi_i = 50\%$

Pierderile de căldură ale încăperilor vor fi asigurate integral de ventiloconvectoare. Parametri de refulare a aerului din ventiloconvectoare în încăperi vor fi determinați cu relația:

$$h_{ref} = h_i - \frac{Q_i}{q_{vi}}$$

în care:  $Q_i$  și  $q_{vi}$  au semnificațiile anterioare. Se obține astfel:

$$h_1 = 38.65 + \frac{5}{0.65} = 46.34 \Rightarrow t_{ref} = 28^\circ\text{C}$$

$$h_2 = 38.65 + \frac{3.5}{0.481} = 45.92 \Rightarrow t_{ref} = 28^\circ\text{C}$$

$$h_3 = 38.65 + \frac{2.1}{0.377} = 44.22 \Rightarrow t_{ref} = 27.8^\circ\text{C}$$

Pentru realizarea climatizării încăperilor propuse, cu condiția asigurării tratării centralizate a aerului proaspăt, au rezultat ca necesare următoarele tipuri de ventiloconvectoare de tip cabinet:

Tabelul 2

Tip încăpere	Nr. buc.	Debit max	$Q_{\text{răcire}}$ kW	$Q_{\text{încălzire}}$ kW
1	4	490	1,5	3,5
2	4	360	1,1	2,4
3	4	285	0,9	1,9
Coeficient de corecție pentru viteză	$V_{\text{max}}$	1	1	1
	$V_{\text{med}}$	0,7	0,85	0,8
	$V_{\text{min}}$	0,62	0,77	0,75

#### Calculul conductelor

Calculul rețelei de alimentare cu agent termic a ventiloconvectoarelor se face conform subcapitolului "Calculul conductelor de alimentare cu apă răcită". În exemplul de față se consideră o coloană (figura A2-3) ce alimentează



ventiloconvectoarele din încăperile de tip 1 și 2. Sarcinile termice ce trebuie asigurate la fiecare ventiloconvector și pentru care va fi dimensionată rețeaua vor fi cele de răcire pentru că necesită un volum de apă vehiculat mai mare. Rezultatele calculelor sunt centralizate și prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Nr. tr.	Flux de căldură kW	Debit apă l/s	l m	w m/s	d țoli	R Pa/m	RI Pa	$\sum \xi$ -	Z Pa	RI + Z Pa	$\sum RL + Z$ Pa
VC										14000	14000
1	1,5	0,08	1,8	0,36	3/4"	125	225	5	305	530	14530
2	2,6	0,14	5,5	0,36	1"	125	688	2,9	177	865	15395
3	5,2	0,28	5,5	0,43	1"	100	550	1	80	630	16025
4	7,8	0,42	5,5	0,42	1 1/4"	60	330	1	80	410	16435
5	10,4	0,56	5,5	0,48	1 1/4"	80	440	1	100	540	16975
6	13	0,70	8	0,5	1 1/2"	80	640	12,6	1385	2025	19000

Pierderea de sarcină în ventiloconvector, dată de fabricant este de 14 kPa la un debit de 285 l/h.

Evaluarea coeficienților de rezistență locală ( $\sum \xi$ )

Tronson 1: 4 curbe 2  
2 robinete de trecere 3  
5

Tronson 2: derivație 2  
trecere 0,5  
reducție 0,1  
mărire 0,3  
2,9

Tronson 3, 4, 5: derivație 0,5  
trecere 0,5  
1,0

Tronson 6: derivație 0,5  
trecere 0,5  
4 coturi 6  
2 robinete 5,6  
12,6

#### Alegerea agregatului de preparare a apei reci

Agregatul de preparare a apei reci se alege în funcție de necesarul total de apă răcită ce trebuie vehiculată prin ventiloconvectoare (relația 7)

$$Q_R = 5 (1 \times 6,7 + 5 \times 5,4 + 5 \times 4,8) = 288,5 \text{ kW}$$

Debitul total de apă răcită, conform relației (8), va fi:

$$G_{ar} = \frac{288,5}{4,185 \cdot 5} = 13,79 \text{ kg/s} = 49,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pierderea de sarcină în evaporator, pentru acest debit de apă, dată de fabricant este de 73 kPa.

#### Alegerea pompei de circulație

În exemplul de calcul s-a considerat că pompa montată în modulul hidraulic al agregatului de preparare a apei răcite, asigură circulația apei reci atât în agregat cât și în rețeaua de alimentare a ventiloconvectoarelor.

Pompa se alege pentru debitul total de apă răcită  $G_{ar} = 49,64 \text{ m}^3/\text{h}$  și pierderea de sarcină totală rezultată prin însumarea pierderilor de sarcină pe circuitul cel mai dezavantajat și în evaporatorul mașinii frigorifice.

### ANEXA 3:

#### Acte normative de care se va ține seama la proiectarea instalațiilor de încălzire/răcire cu ventiloconvectoare

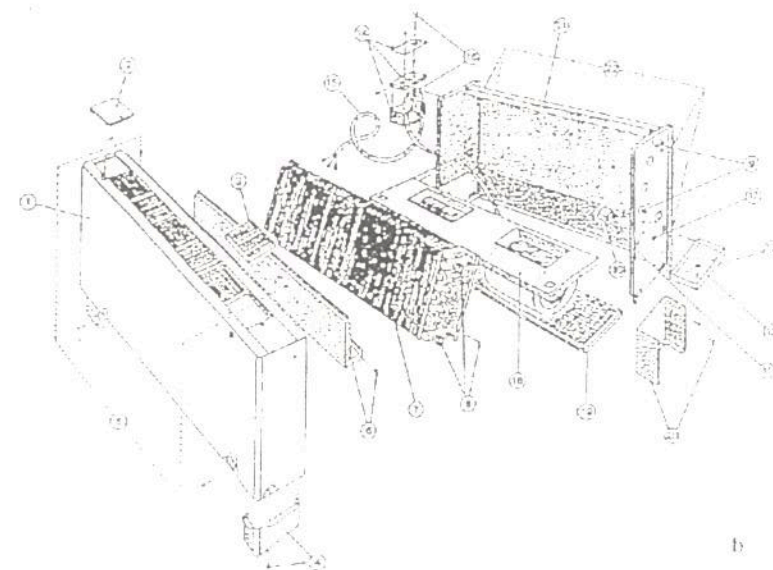
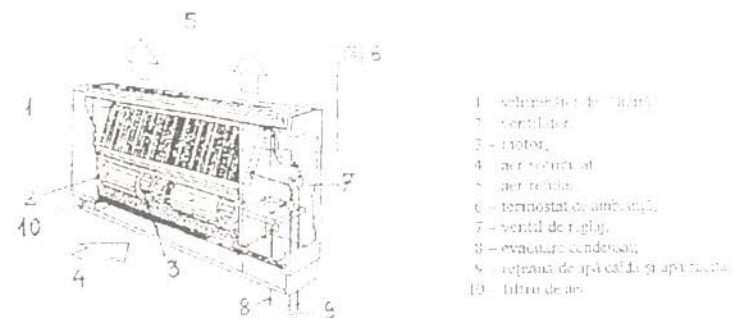
La proiectarea instalațiilor de încălzire/răcire cu ventiloconvectoare se va ține seamă de:

- STAS 1907-1/97 - Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Prescripții de calcul.
- STAS 1097-2/97 - Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenționale de calcul.
- STAS 6648-1/82 - Instalații de ventilare și climatizare. Calculul aporturilor de căldură din exterior. Prescripții fundamentale;
- STAS 6648-2/82 - Instalații de ventilare și climatizare. Parametrii climatici exteriori.
- STAS 6156-86 - Acustica în construcții. Protecția împotriva zgomotului în construcții civile și social-culturale. Limitele admise și parametri de izolare acustică;
- SR - ISO - 7730-97 - Ambianțe termice moderate. Determinarea indicilor PMV și PPD și specificarea condițiilor de confort termic.
- I -5 -98 - Normativ privind proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare și climatizare;
- I -7 - 98 - Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor electrice cu tensiuni până la 1000 V c.a și 1500 V c.c.
- I - 13 - 94 - Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor de încălzire centrală.
- N.G.P.M - 96 - Normele generale de protecția muncii
- P 121 - 89 - Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea și executarea măsurilor de protecție acustică și antivibrații la clădiri industriale.
- P 122 - 89 - Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea măsurilor de izolare fonică la clădiri civile, social-culturale și tehnico-administrative.

- P 118 - 99 – Normativ de siguranță la foc a construcțiilor.
- NP 008 - 97 - Normativ privind igiena compoziției aerului în spații cu diverse destinații, în funcție de activitățile desfășurate în regim de iarnă-vară.
- C 107/2 – Normativ pentru calculul coeficientului global de izolare termică la clădiri cu altă destinație decât cele de locuit.



# ANEXA 4: Figuri



- |  |  |
|--|--|
| 1 - Intrărcămare (carcasă) exterioră                     | 13 - Racordul țevii de condensat                     |
| 2 - Clapetă  | 14 - Tablă de deservire cu elemente pentru racordare |
| 3 - Filtru de curățare aerului (reglabil sau nu)         | 15 - Cablu de racordare                              |
| 4 - Capac  | 16 - Comutator manual pentru viteza ventilatorului   |
| 5 - Șurub pentru fixarea țevii                           | 17 - Onfitor pentru cablu de alimentare              |
| 6 - Țevă pentru colectarea mișcărilor de condensat       | 18 - Suporți motorului                               |
| 7 - Schimbător de căldură                                | 19 - Filtru de aer                                   |
| 8 - Racordurile schimbătorului de căldură                | 20 - Placă de susținere                              |
| 9 - Onfitor pentru racordurile schimbătorului de căldură | 21 - Cadru de susținere                              |
| 10 - Evacuare condensat                                  | 22 - Gauri pentru montajul pe perete                 |
| 11 - Onfitor pentru evacuarea condensatului              |  |
| 12 - Țevă pentru condensat                               |  |

Fig. 3.1 Alcatuirea constructivă a unui ventilconvector  
 a - ansamblu; b - elemente componente

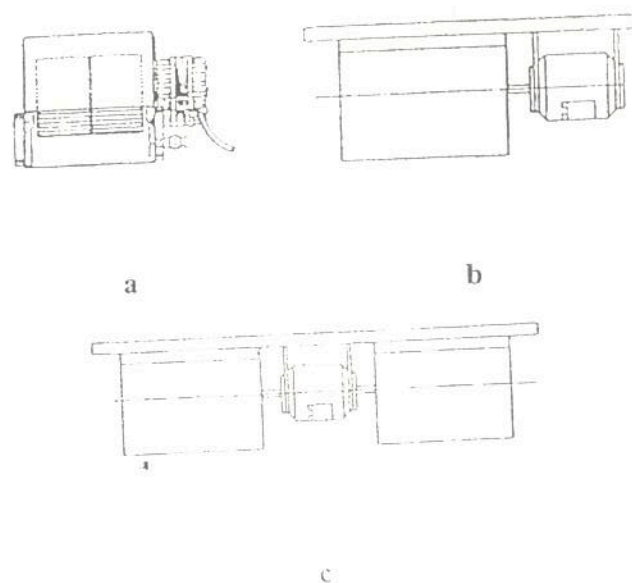
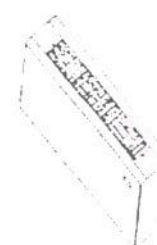
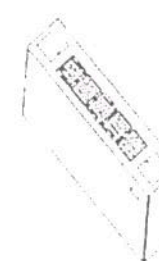


Fig. 3.2 - 3 Antrenarea ventilatorului/ventilatoarelor/ventiloconvectoarelor  
a - ventiloconvectoare mici  
b - ventiloconvectoare mijlocii  
c - ventiloconvectoare mari

Fig. 3.2 - 1. Model de ventiloconvectoare



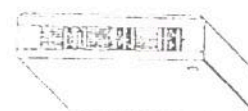
a) Aparat de perete cu carcasa  
exterioară  
Partea superioară dreaptă  
Grila reglabilă pentru  
refularea aerului  
Aspirația aerului la partea  
inferioară



b) Aparat de perete cu carcasa  
exterioară  
Partea superioară dreaptă  
Grila fixă pentru refularea  
aerului  
Aspirația aerului la partea  
inferioară



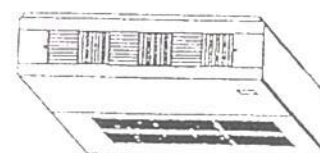
c) Aparat de perete cu carcasa  
exterioară  
Partea superioară dreaptă  
Grila reglabilă pentru  
refularea aerului  
Aspirația aerului la partea  
inferioară



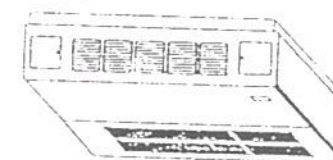
d) Aparat de plafon cu carcasa  
exterioară  
Partea frontală dreaptă  
Grila reglabilă pentru refularea  
aerului  
Aspirația aerului la partea  
inferioară



e) Aparat de plafon cu carcasa  
exterioară  
Partea frontală dreaptă  
Grila fixă pentru refularea  
aerului  
Aspirația aerului la partea  
inferioară

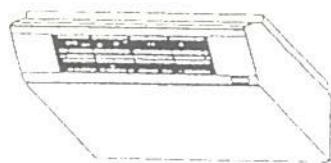


f) Aparat de plafon cu carcasa  
exterioară  
Partea frontală dreaptă  
Grila reglabilă pentru refularea  
aerului  
Aspirația aerului la partea  
inferioară



g) Aparat de plafon cu carcasa  
exterioară  
Partea frontală dreaptă  
Grila fixă pentru refularea  
aerului  
Aspirația aerului la partea  
inferioară

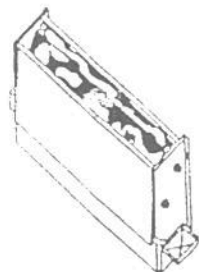




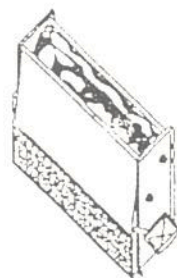
- h. Aparat de plafon cu carcasă exterioră  
Partea frontală oblică  
Grilă reglabilă pentru refularea aerului  
Aspirația aerului la partea posterioară



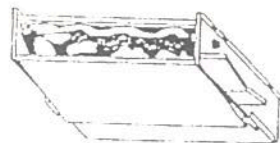
- i. Aparat de plafon cu carcasă exterioră  
Partea frontală oblică  
Grilă reglabilă pentru refularea aerului  
Aspirația aerului la partea inferioară



- j. Aparat vertical pentru încorporat, fără carcasă  
Aspirația aerului pe partea inferioară



- k. Aparat vertical pentru încorporat, fără carcasă  
Aspirația aerului pe partea frontală



- l. Aparat pentru încorporat în plafon, fără carcasă  
Aspirația aerului la partea posterioară



- m. Aparat pentru încorporat în plafon, fără carcasă  
Aspirația aerului la partea inferioară

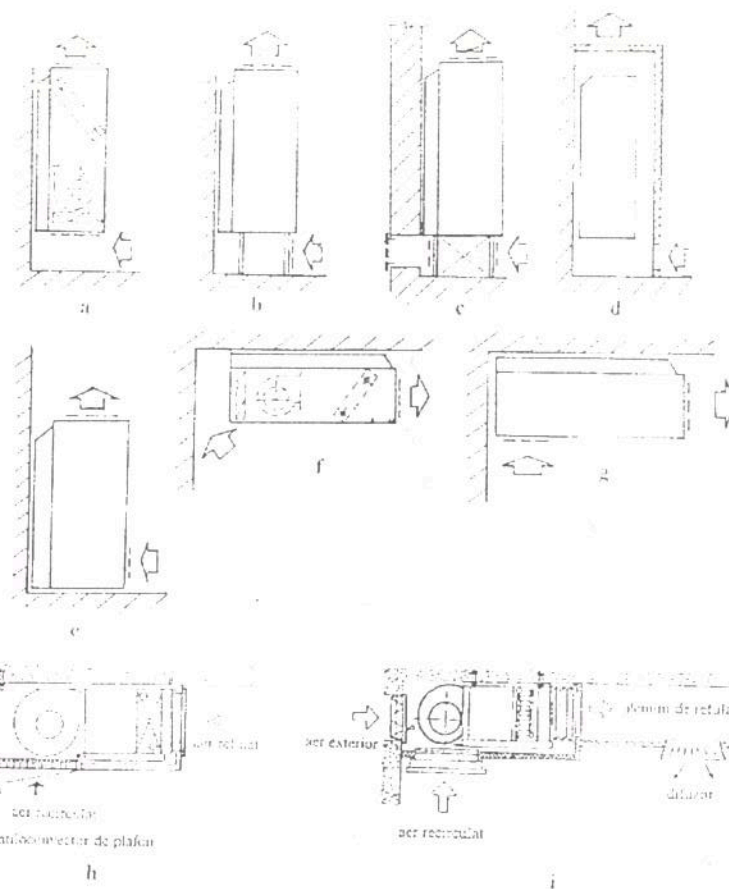
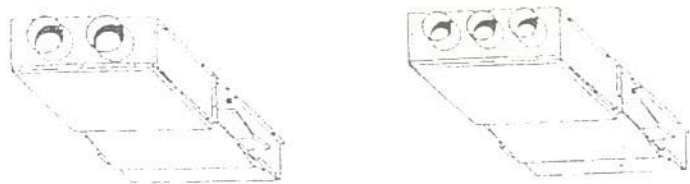


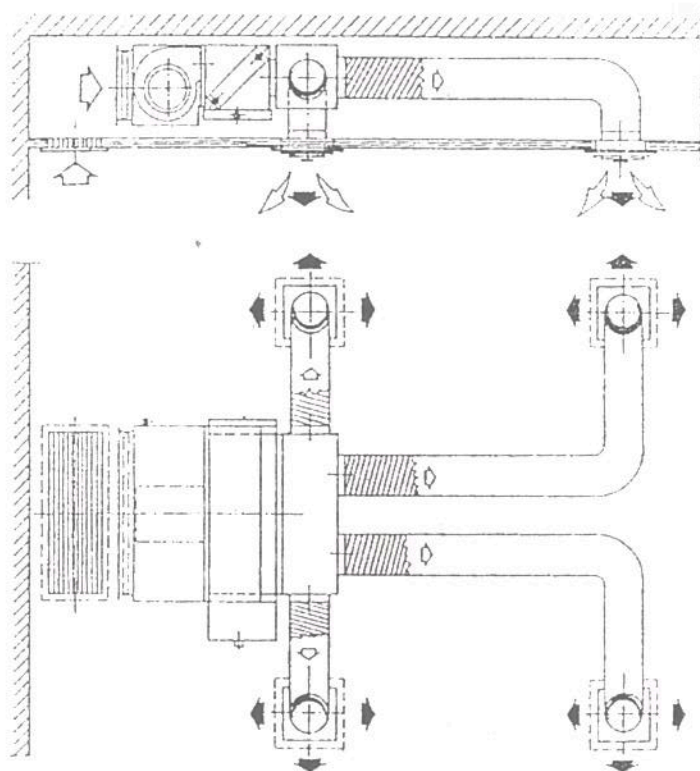
Fig. 3.2 - 2. Pozițiile de montaj ale ventilatoarelor VCV.

- a - VCV de tip cabinet montat pe perete, cu aspirația inferioară;  
b - VCV de tip cabinet montat pe perete, montat pe plenum;  
c - VCV cu priză cu aer proaspăt direct din exterior;  
d - VCV montat în masă;  
e - VCV de tip cabinet montat pe perete cu aspirație laterală;  
f - VCV de plafon cu aspirație la partea posterioară;  
g - VCV de plafon cu aspirație la partea inferioară;  
h - VCV de plafon montat în masă;  
i - VCV racordat la un plenum de refulare



a

b



c

Fig. 3.2-4 Ventilconvector echipat cu camera de presiune  
a - cu doua racorduri alimentand doua anemostate  
b - cu trei racorduri alimentand trei anemostate  
c - cu patru racorduri alimentand patru anemostate



Fig. 3.2-5 Ventilconvector cu camera de amestec

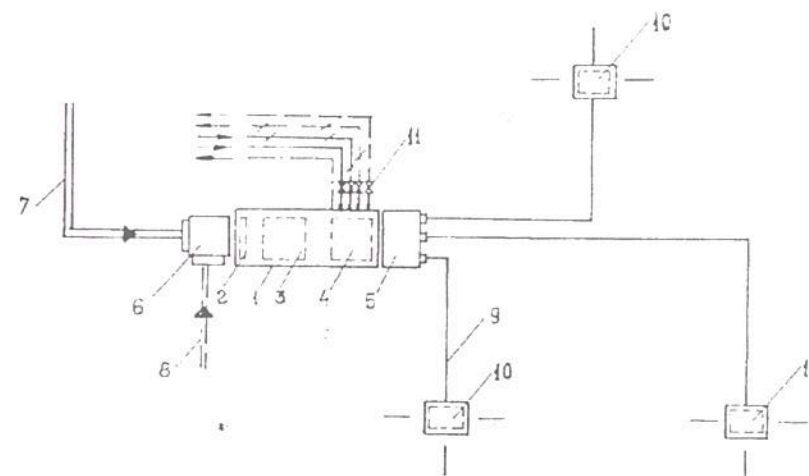


Fig. 3.2-6 Ventilconvector cu cameră de amestec și cameră de presiune  
deservind trei anemostate

1 - ventilconvector; 2 - filtru; 3 - ventilator; 4 - schimbător de căldură; 5 - cameră de presiune (plenum); 6 - cameră de amestec;  
7 - racord la instalația de aer primar / aer exterior; 8 - racord recirculare aer interior; 9 - racord anemostat; 10 - anemostat / grilă de refulare; 11 - ventil de închidere.

— — — — — } conducte agent încălzire (ducere / întoarcere)  
- - - - - } conducte agent de răcire (ducere / întoarcere)  
— — — — — } conductă colectare condensat

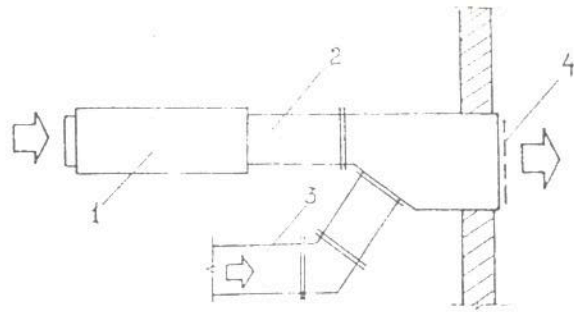


Fig. 3.2 - 7 Ventilconvector având racordul de aer proaspăt pe ștuțul de refulare

1 - ventilconvector, 2 - ștuțul de refulare;  
3 - racord de aer primar, 4 - grilă de refulare.

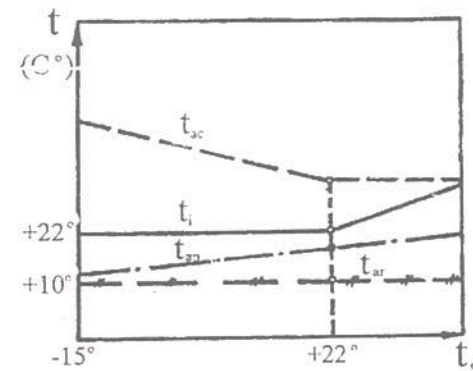


Fig. 3.5 - 1

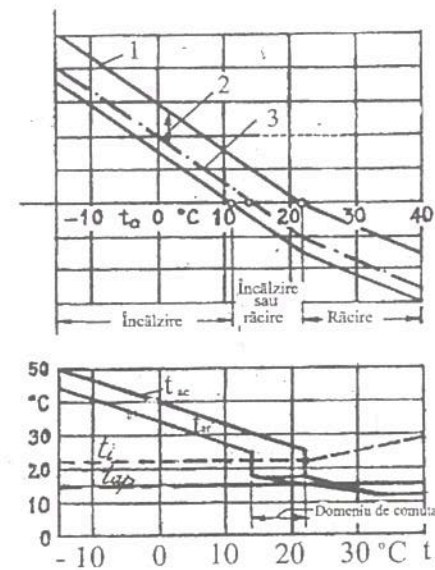


Fig. 3.5 - 2

#### Legenda

1 - aporturi de căldură prin pereți ; 2 - aporturi de căldură prin ferestre  
3 - degajări de căldură de la sursele interioare ( din încăpere )



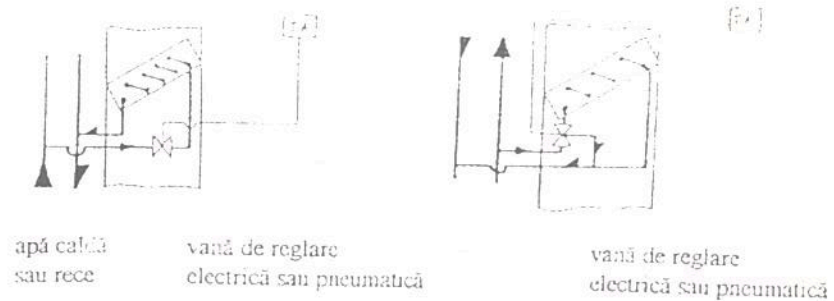


Fig. 3.6-1 Sisteme cu două conducte  
(baterie comună)

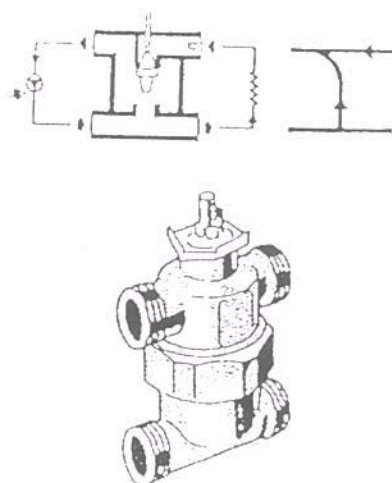
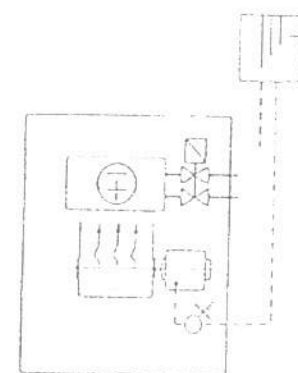


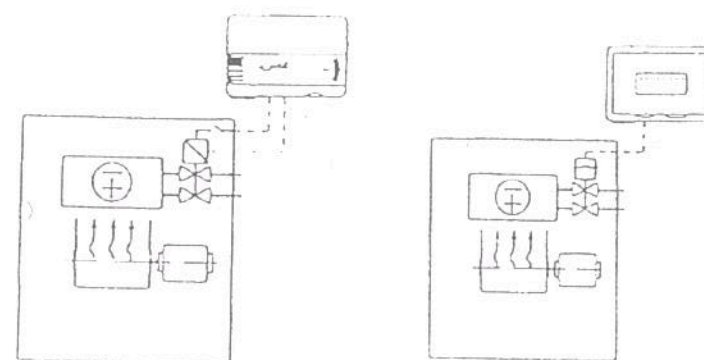
Fig. 3.6-2

1 schimbător de căldură  
Regulator ter / nimer



Sistem încălzire / răcire.  
Acționare electrică sau electrotermică.  
Comutare manuală sau automată vară / iarnă.

1 schimbător de căldură.  
Regulator continuu.



Sistem încălzire / răcire.  
Acționare electrotermică.  
Comutare automată de la vară la iarnă

Sistem încălzire / răcire  
Acționare pneumatică.  
Comutare automată de la vară la iarnă

Fig. 3.6-3

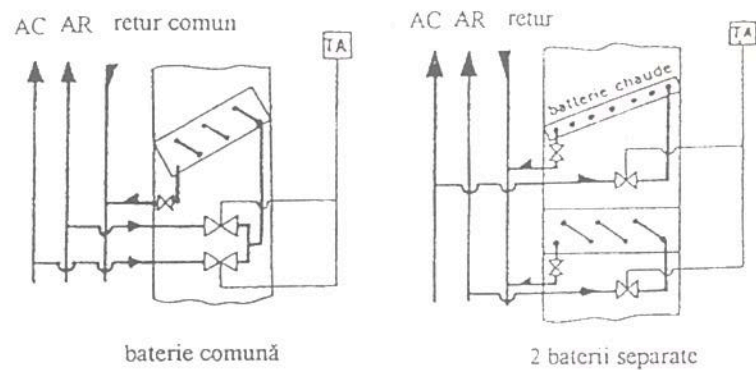


Fig. 3.6 - 4 Sistem cu trei conducte  
(distribuție de apă caldă și rece, retur comun)

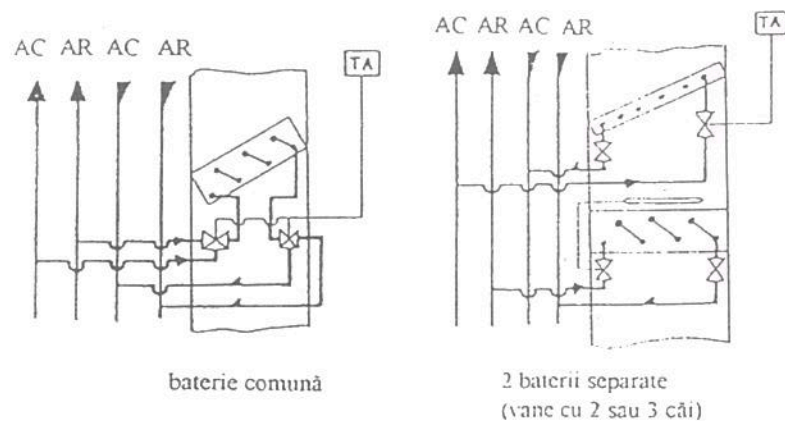
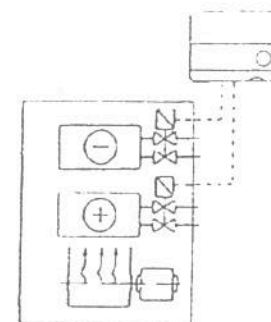


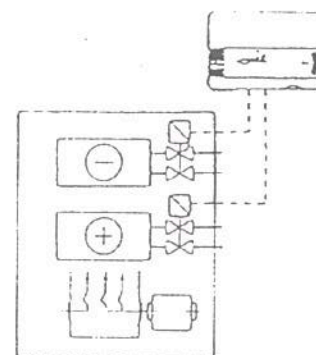
Fig. 3.6 - 5 Sistem cu patru conducte

2 schimbătoare de căldură  
Regulator tet / nimic

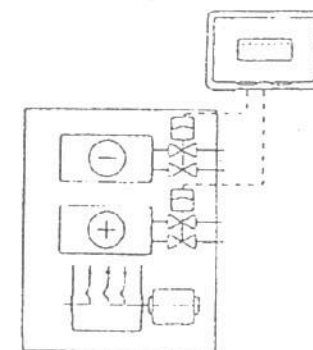


Sistem încălzire / răcire.  
2 circuite de apă.  
Comutare automată vară / iarnă.

2 schimbătoare de căldură  
Regulator continuu



Sistem încălzire / răcire.  
Acționare electrică  
2 circuite de apă.  
Comutare automată vară / iarnă.



Sistem încălzire / răcire.  
2 circuite de apă.  
Comutare automată vară / iarnă.

Fig 3.6 - 6

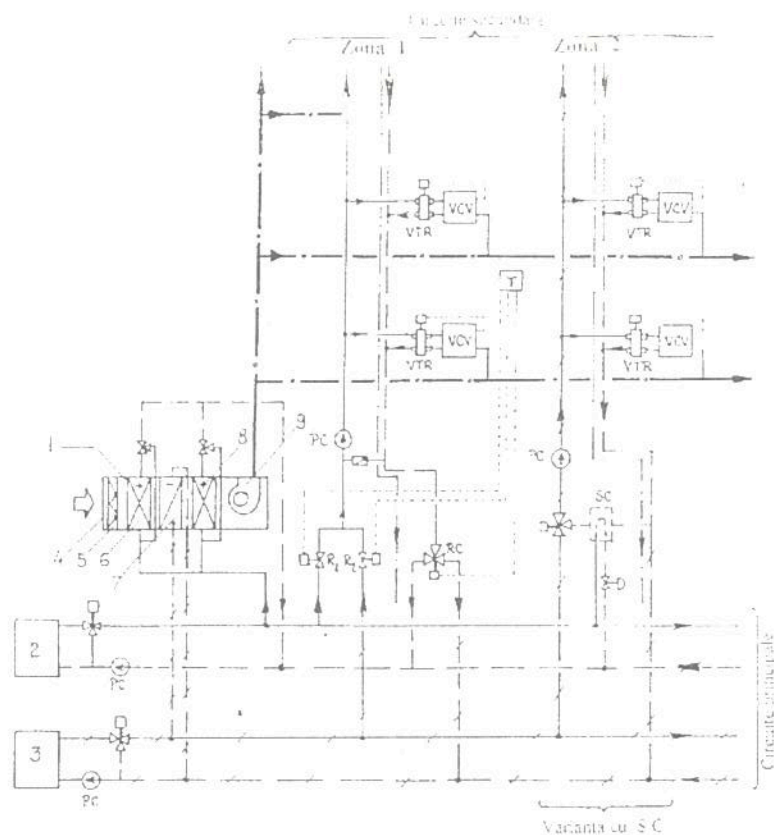


Fig. 3.7-1 Schema unei instalații ventiloconvectoare cu două conducte cu comutare automată de la vară la iarnă

VCV – ventiloconvector, R<sub>1</sub> – ventil de reglare pentru încălzire, R<sub>2</sub> – ventil de reglare pentru răcire, RC – ventil de comutare de pe apă caldă pe apă rădă,  
 T – termostat de exterior, VTR – ventil termostatic (fiorpant în ventiloconvector),  
 PC – pompă de circulație, SC – schimbător de căldură  
 1 – aparat de climatizare (partea), 7 – sursă de căldură (centrală termică),  
 2 – sursă de aer condiționat, 4 – sursă de aer proaspet, 5 – filtru, 6 – baterie de preîncălzire,  
 7 – baterie de răcire, 8 – baterie de răcire, 9 – ventilator

— apă caldă, ducere  
 — apă caldă, încălzire  
 — apă rădă, ducere  
 — apă rădă, încălzire  
 — aer proaspet  
 — condensat  
 — aer condiționat, ducere

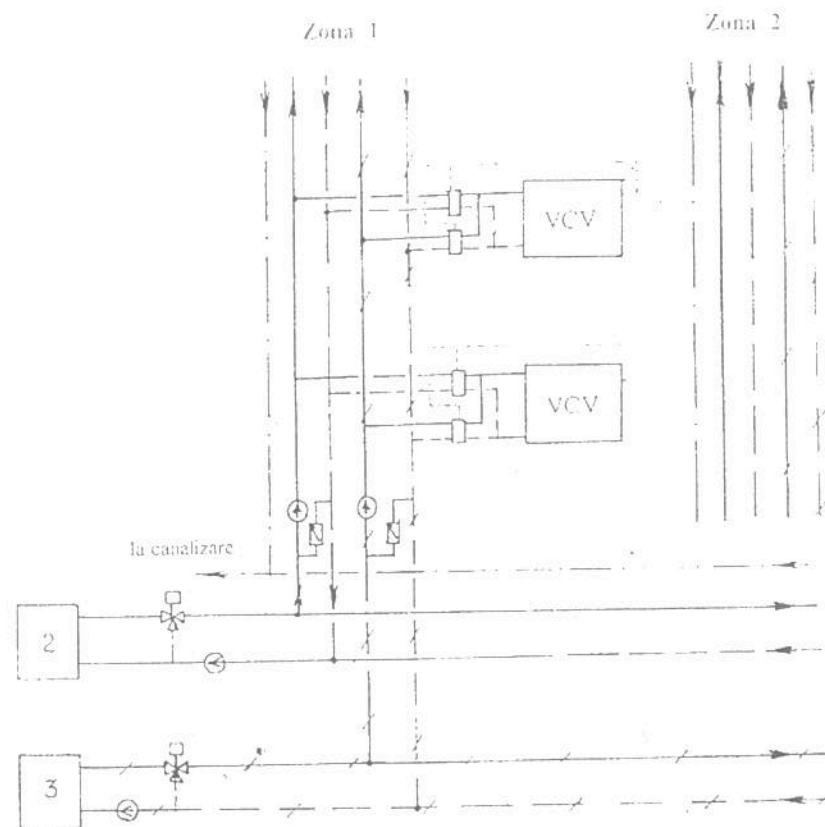


Fig. 3.7-2 Schema unei instalații cu ventiloconvectoare cu 4 conducte

Pentru notații vezi fig. 3.7-1



Diagrama-h-x pentru aerul umed în SI.  $p = 1013$  mbar.

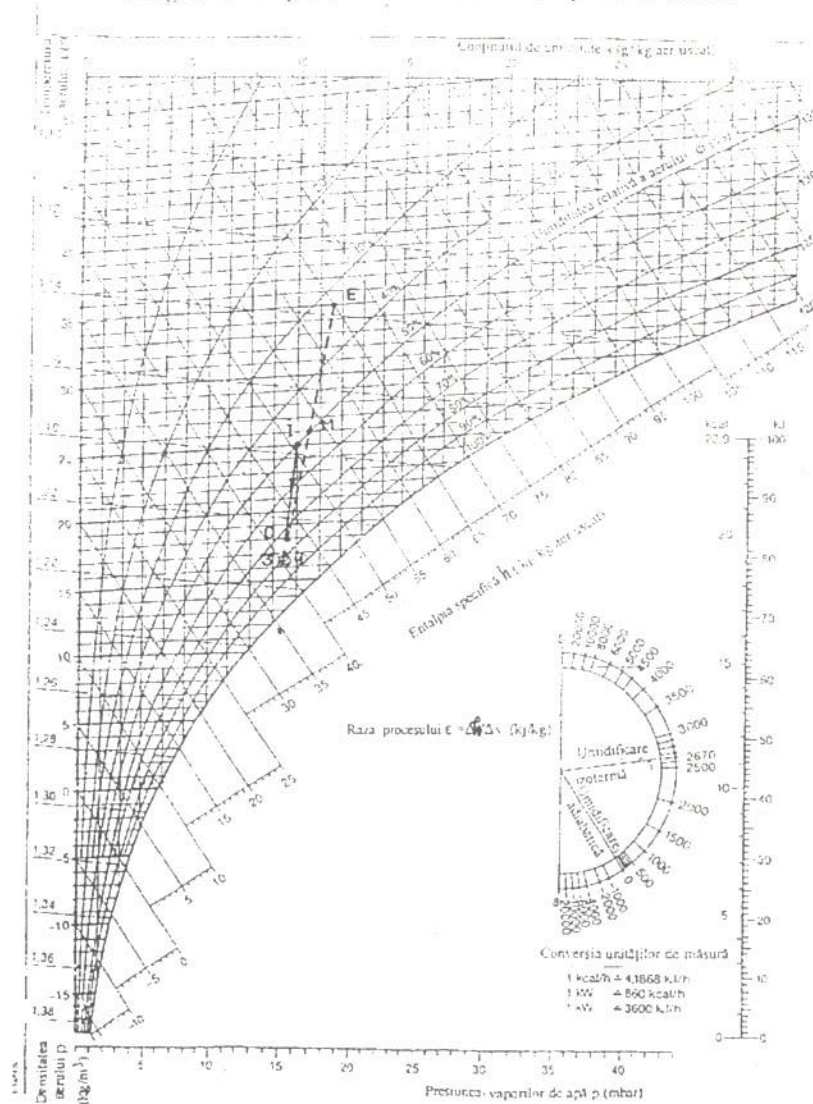


Fig. A2-1 Parametri de stare ai aerului umed în regim de răcire

Diagrama-h-x pentru aerul umed în SI.  $p = 1013$  mbar.

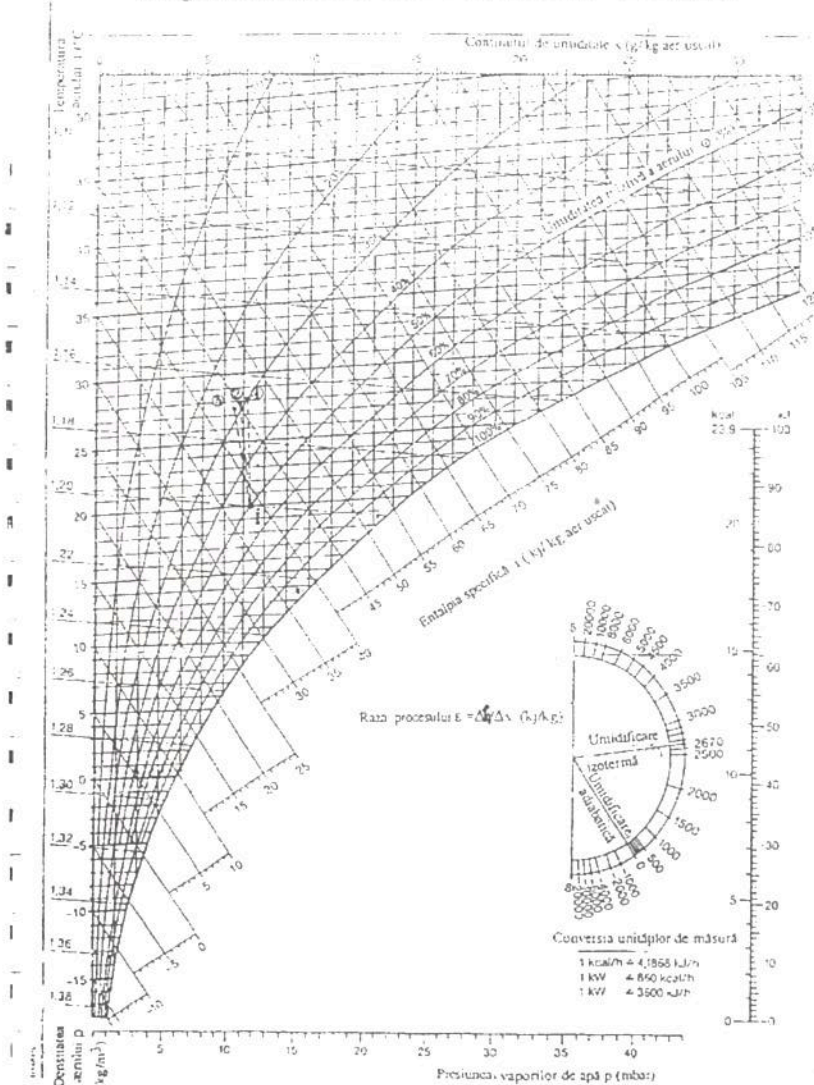


Fig. A2-2 Parametri de stare ai aerului umed în regim de încălzire

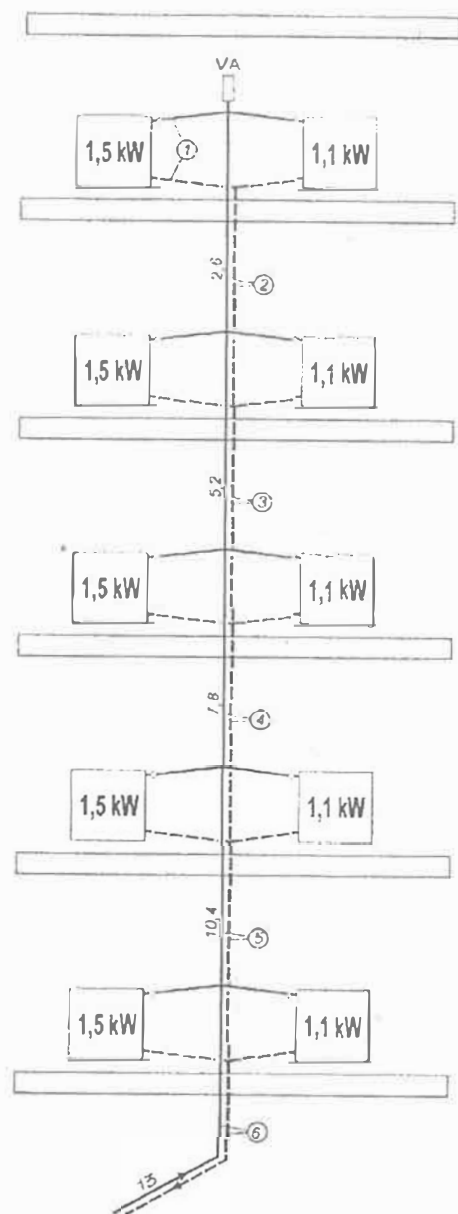


Fig. A2-3 Schemă de calcul