

Colecția “STUDENT”

**VENTILAREA ȘI  
CLIMATIZAREA CLĂDIRILOR  
- Îndrumar aplicativ –**

Lucrarea se adresează în primul rând studenților Secției de „Instalații pentru Construcții” din cadrul Facultății de Construcții, dar este utilă și altor specialiști din domeniul ventilării și condiționării aerului, reprezentând un material practic în formarea profesională a unui inginer instalator.

**Referent științific:** Prof.dr.ing. Mihai NAGI

Conf.dr.ing. Olga BANCEA    Asist.drd.ing. Sebastian DORHOI

**VENTILAREA ȘI  
CLIMATIZAREA CLĂDIRILOR  
- Îndrumar aplicativ -**

Colecția “STUDENT”

EDITURA POLITEHNICA  
TIMIȘOARA – 2007



## **Cuvânt înainte,**

Lucrarea cu titlul „Ventilarea și climatizarea clădirilor – îndrumar aplicativ” a fost elaborată pentru disciplina – Instalații de ventilare și condiționare – de la Secția de Instalații pentru Construcții.

Prin lucrările de laborator și aplicațiile prezentate, se urmărește familiarizarea studenților cu elementele reprezentative ale instalațiilor de ventilare și climatizare care sunt în dotarea clădirilor de locuit, social – culturale, administrative și industriale.

Materialul cuprins în lucrare a fost elaborat în conformitate cu programa analitică și cu dotările existente în laboratorul de ventilații și climatizare.

Standurile experimentale sunt în mare parte alcătuite pe baza echipamentelor donate de firme de profil, cum ar fi: GEA Klimatechnik, Lindab, Daikin Air Conditioning. Dotarea lor cu aparate de măsură, le permite studenților să efectueze măsurători, să urmărească parametrii funcționali și variația mărimilor caracteristice ale aerului în instalațiile de ventilare și climatizare.

Lucrările de laborator sunt grupate pe probleme de tehnica măsurării în ventilații și climatizări, tratarea și distribuirea aerului, caracteristicile funcționale ale componentelor de tratare și transport a aerului. Structura lucrărilor urmărește – noțiuni teoretice, prezentarea standului experimental, modul de desfășurarea al măsurătorilor, prelucrarea rezultatelor și interpretarea acestora.

În completare lucrărilor practice și pentru o înțelegere a fenomenelor complexe de tratarea aerului, vin un număr de probleme aplicative din domeniul ventilării și climatizării. Aceste probleme permit aprofundarea cunoștințelor privind caracteristicile necesare alegerii componentelor din alcătuirea instalațiilor de ventilare și climatizare.

Se dorește ca prezenta lucrare să fie utilă atât studenților cât și specialiștilor din domeniu. Autorii mulțumesc celor care au contribuit la dotarea, alcătuirea și executarea standurilor experimentale din laborator.

Autorii



## CUPRINS

	Cuvânt înainte	5
	Cuprins	7
	Norme de protecția muncii	9
Lucrarea nr. 1	Aparate și metode de măsurare utilizate în instalațiile de ventilare și condiționare a aerului	10
Lucrarea nr. 2	Trasarea curbelor caracteristice ale unui ventilator centrifugal	18
Lucrarea nr. 3	Trasarea curbelor caracteristice ale ventilatoarelor legate în paralel	24
Lucrarea nr. 4	Trasarea curbelor caracteristice ale ventilatoarelor legate în serie	29
Lucrarea nr. 5	Determinarea umidității relative a aerului cu psihrometrul „ASSMAN”	33
Lucrarea nr. 6	Sistemul de climatizare cu volum refrigerant variabil	41
Lucrarea nr. 7	Urmărirea parametrilor funcționali ai sistemului VRV prin dispozitivul de telecomandă	47
Lucrarea nr. 8	Determinarea experimentală a variației presiunilor în canalele de aer	57
Lucrarea nr. 9	Dimensionarea aerulică și echilibrarea canalelor de aer cu ramificații	64
Lucrarea nr.10	Regalarea la punerea în funcțiune și verificarea a canalelor de aer	71
Lucrarea nr.11	Determinarea experimentală a structurii unui jet liber izoterm	77
Lucrarea nr.12	Tratarea complexă a aerului într-o instalație de climatizare (încălzire - umidificare)	81
Lucrarea nr.13	Procese de schimbare a stării aerului – aplicații numerice	85

Lucrarea nr.14	Tratarea complexă a aerului – aplicații numerice	92
Anexa 1	Unități de măsură	100
Anexa 2	Relații de transformare	104
Anexa 3	Umiditatea absolută și entalpia aerului umed	108
Anexa 4	Mărimi caracteristice ale gurilor de aer tipizate	119
	Bibliografie	144



## **NORME DE PROTECȚIA MUNCII ÎN LABORATORUL DE VENTILAȚII**

Standurile experimentale din laboratorul de ventilații sunt echipate cu ventilatoare acționate cu motoare electrice.

Utilizarea mașinilor și instalațiilor electrice necesită o atenție sporită în vederea evitării accidentelor cauzate de curentul electric. În cadrul unor lucrări se racordează aparate de măsură în circuitele electrice de alimentare a motoarelor, în așa fel încât în timpul operațiilor de conectare, circuitele să fie scoase de sub tensiune. Toate contactele electrice sub tensiune vor fi acoperite în timpul lucrului.

**În timpul desfășurării lucrărilor de laborator studenții vor respecta următoarele reguli:**

- Lucrările de laborator se vor executa numai în prezența cadrului didactic
- Nu se ating obiectele metalice din laborator, chiar dacă nu fac parte dintr-o instalație electrică
- La utilajele care au piese în mișcare cum sunt ventilatoarele, agregate frigorifice, transmisii prin curele se va avea grijă ca la pornire și în timpul funcționării, studenții să nu se apropie de acestea la o distanță la care se pot prinde anumite părți corporale sau vestimentare.
- Nu se va introduce mâna în câmpul de aspirație a ventilatoarelor
- Studenții nu se vor deplasa de la un stand experimental la altul
- Nu se ating suprafețele calde ale instalației de producere a agenților termici de temperaturi ridicate, necesare bateriilor de încălzire
- Nu se atinge și nu se manipulează în timpul lucrului generatorul de abur electric
- Studenții vor avea în vedere utilizarea și manipularea corectă a aparatelor de măsură ( termometre, psihrometre, micromanometre, anemometre)
- Studiarea fiecărei lucrări de laborator, o atenție deosebită și respectarea normelor prezentate duce la evitarea accidentelor și deteriorărilor materiale.

**Lucrarea nr.1**

**APARATE ȘI METODE DE MĂSURARE UTILIZATE  
ÎN INSTALAȚIILE DE VENTILARE ȘI CONDIȚIONARE A AERULUI**

**1.1.NOȚIUNI INTRODUCATIVE**

Principalele mărimi care intervin în definirea instalațiilor de ventilare și condiționarea aerului sunt: presiunea aerului, viteza aerului, temperatura și umiditatea, concentrația de praf.

Presiunea aerului se măsoară cu manometrul U, micromanometrul cu lichid și cu sonde sau tuburi de presiune.

**Micromanometrul cu tub înclinat** se compune dintr-un rezervor cilindric cu diametrul  $D$ , la care se racordează un tub de sticlă având diametrul interior  $d$ , înclinat față de orizontală cu un unghi  $\alpha$  (fig. 1.1). Lichidul utilizat este de obicei alcool colorat.

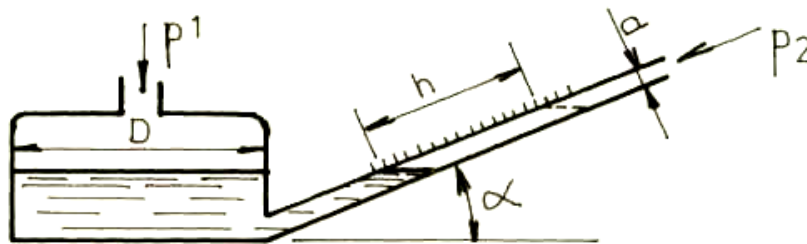


Fig. 1.1 Micromanometrul cu tub înclinat

Cele două presiuni a căror diferență  $\Delta p = p_1 - p_2$  se măsoară, acționează la cele două orificii de presiune ale aparatului, la racord având grijă ca  $p_1 > p_2$ . Denivelarea se citește pe gradațiile tubului în poziția perfect orizontală a aparatului. Dacă se notează cu  $h$  denivelarea, diferența de presiune este:

$$\Delta p = h \times k \quad [\text{mmH}_2\text{O}] \quad \text{sau} \quad \Delta p = 9,81 \times h \times k \quad [\text{N/m}^2] \quad (1.1)$$

unde:  $k$ - este constanta caracteristică a aparatului în funcție de poziția de fixare a tubului înclinat.

**Micromanometrul ASCANIA** este utilizat pentru citirea presiunilor mici, care necesită o mare precizie (sutimi de milimetru coloană de apă). Aparatul (fig. 1.2)

se compune din două vase comunicate legate între ele printr-un tub de cauciuc. Vasul interior poate fi ridicat sau coborât prin mișcarea unui buton, comandat de șurub, până când se realizează starea de echilibru. Aceasta se recunoaște prin cufundarea în apă a unui reper sub formă de vârf aurit.

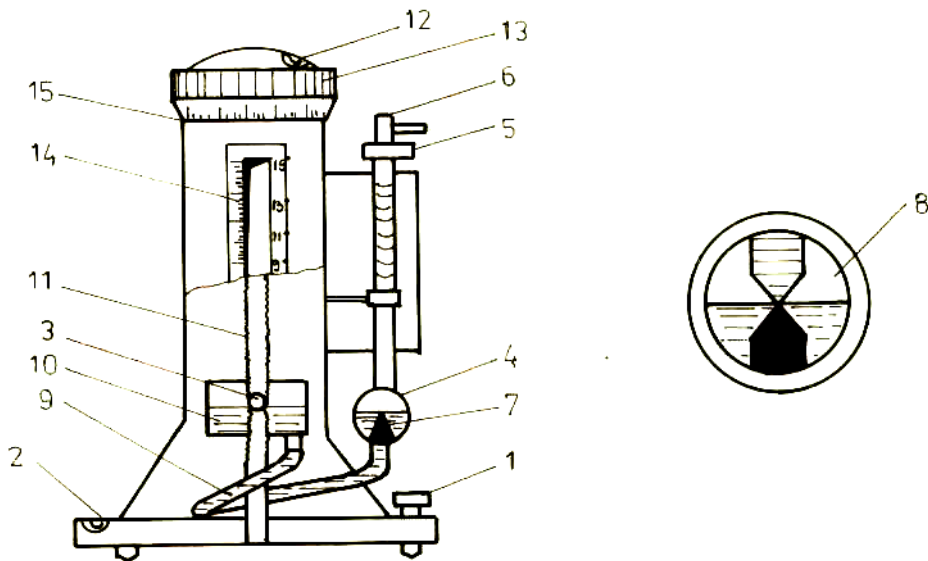


Fig. 1.2 Micromanometru ASCANIA

Pentru exactitatea citirii, reperul se poate privi printr-o lupă, pentru a vedea în același timp imaginea lui reflectată.

Aparatul se aduce în poziție perfect orizontală cu ajutorul șuruburilor de calare (1) și a nivelei (2), se reglează la zero indicatorul recordului cu șurub al furtunului (3) și se potrivește vasul indicator (4), prin rotirea piuliței (5). După scoaterea șurubului de închidere (6) se toarnă în vasul indicator (4) apă, până atinge reperul (7). Prin rotirea piuliței (5) se aduce vârful reperului (7) în contact cu suprafața apei și în poziția de atingere a imaginii reflectate (8).

Procesul de punere la zero se observă în același timp printr-o oglindă articulată în care apare reperul cu imaginea mărită prin lentilă.

Pentru măsurarea diferențelor de presiune se face legătura prin furtunuri de cauciuc între racordul aparatului și priza de presiune, moment în care nivelul apei din vasul indicator (4) coboară, respectiv urcă sub influența presiunii, prin furtunul de racordare (9) în vasul compensator (10). Aceasta trebuie ridicat pe fusul filetat (11), prin rotirea butonului (12) și a roții dințate (13), cu care se află în legătură, până când nivelul apei ajunge în poziția inițială, adică reperul (7) atinge din nou imaginea lui.

Presiunea măsurată este citită pe scara verticală (14) în  $\text{mH}_2\text{O}$  și pe scara (15) tamburul cu subdiviziuni în zecimi și sutimi de  $\text{mmH}_2\text{O}$ .

**Tubul manometric în formă de U** este un aparat simplu, foarte des întâlnit în practică pentru măsurarea presiunilor. Se construiește dintr-o țevă de sticlă îndoită și fixată pe un suport având gradațiile în milimetri. Tubul se umple cu apă sau cu alcool în cazul măsurării presiunilor mai mici sau mai exacte, datorită faptului că alcoolul are o greutate specifică mai mică decât apa (aprox.0,9). La aceeași presiune se obține o diferență de coloană de alcool cu 25% mai mare decât în cazul apei, ceea ce permite o citire mai exactă a presiunii.

Domeniul de aplicare în practică a acestor aparate este indicat în tabelul 1.1

**Tabel 1.1**

Nr. crt.	Denumirea aparatului	Domeniul de măsurare în mH <sub>2</sub> O
1	Tubul manometric U (umplut cu apă)	20-1000
2	Tubul manometric U (umplut cu alcool)	20-200
3	Micromanometrul cu tub înclinat	1-200
4	Micromanometrul ASCANIA	0-150

Priza de presiune statică permite măsurarea presiunii statice din interiorul unei conducte prin care curge un fluid. Aceasta constă dintr-un orificiu cu diametrul  $d = 0,5-1$  mm practicat într-unul din pereții conductului de aer. Axa orificiului trebuie să fie perpendiculară pe perete (abatere de cel mult  $10^\circ$  de la normala la perete).

În cazul canalelor de aer metalice, priza de presiune se realizează ca în fig.1.3 .

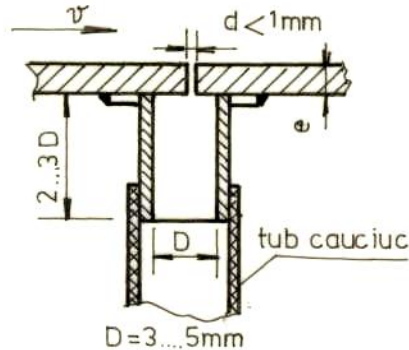


Fig.1.3 Priză de presiune statică

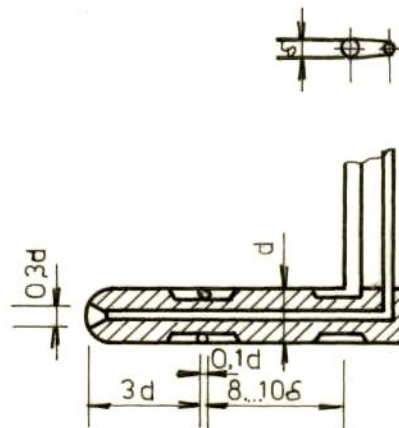


Fig.1.4 Tub Prandtl-Pitot

În cazul când peretele canalului este din lemn, se introduce o rondelă metalică în care se practică orificiul prizei de presiune.

**Tubul Prandtl-Pitot** este compus din două țevi subțiri, îmbrăcate într-un manșon (fig.1.4) cu un capăt îndoit la  $90^0$ , iar celălalt prevăzut cu două ștuțuri. Cu ajutorul acestui tub se poate determina simultan atât presiune statică, (prin orificiile laterale) cât și presiunea totală (prin orificiul din vârf), iar prin racordul la un micromanometrul diferențial cu lichid se poate determina și presiunea dinamică.

$$P_t = P_s + P_d = P_s + \frac{\rho \times v^2}{2} \quad [\text{mmH}_2\text{O}] \quad (1.2)$$

Pentru măsurarea presiunii cu tubul Prandtl-Pitot, se practică în peretele canalului de aer un orificiu cu diametrul 10-15 mm, într-o zonă fără vârtejuri, deci la o distanță de  $(5..8) \times D$  față de piesele speciale(cot, teu, ramificații). Unde D reprezintă diametrul canalului.

Tubul se introduce cu capătul îndoit în sens contrar curgerii curenului de aer și se ține în poziție perpendiculară pe axa canalului.

Presiunea dinamică se determină:

$$P_d = \frac{\rho \times v^2}{2} = P_t - P_s \quad [\text{mmH}_2\text{O}] \quad (1.3)$$

și permite calculul vitezei curenului

$$v = \sqrt{\frac{2 \times P_d}{\rho}} \quad [\text{m/s}] \quad (1.4)$$

Tubul fiind montat în centrul curenului de aer cu viteza maximă, în calculul debitului de aer în canal se consideră o viteză medie:

$$L = A \times \rho \times 0.8 \times v_{\text{max}} \quad [\text{kg/s}] \quad (1.5)$$

### Măsurarea debitului cu ajutorul dispozitivelor de ștrangulare

Dacă pe o conductă se montează un dispozitiv de ștrangulare (diafragmă, ajutaj, tub Venturi), atunci la trecerea fluidului prin conductă apare o diferență de presiune între secțiunea din amonte și aval de dispozitiv,  $\Delta p$ , numită presiune activă, care permite calculul debitului cu ajutorul relației.

$$L = \alpha \times \varepsilon \times k_t \times A_0 \times \sqrt{2 \times \rho \times \Delta p} \quad [\text{kg/s}] \quad (1.6)$$

în care:

$\alpha$ - este coeficientul de debit care rezultă din diagramă;

$\varepsilon$ - coeficient de expansiune;

$k_t$ - factor de corecție pentru dilatarea diafragmei, atunci când temperatura fluidului  $t \neq 20^0\text{C}$ .

$A_0$ - aria secțiunii libere a diafragmei,  $\text{m}^2$ ;

$\rho$ - densitatea fluidului la starea respectivă  $\text{kg/m}^3$ .

Coeficientul de debit depinde, pe lângă cifra Re, de raportul  $m = d^2/D^2$ , pentru diafragma de pe standul experimental  $D = 100$  mm (diametrul conductei),  $d = 63$  mm (diametrul șaibe diafragmei), de unde rezultă  $m = 0,4$ .

Pentru cifre  $R_e < R_{eD.lin}$ , coeficientul de debit nu mai depinde decât de  $m$ . ( $R_{eD.lin}$  este reprezentat în diagramă). Pentru  $R_e > R_{eD.lin}$  determinarea coeficientului de debit se face prin tatonări succesive fiind necesar calculul vitezei (din debit) pentru a afla valoarea corectă a lui  $\alpha$ .

$\Delta p$ - este presiunea activă măsurată cu ajutorul unui micromanometru diferențial.

Trebuie remarcat faptul că dispozitivele de ștrangulare constituie o metodă precisă de măsurare, dar pot fi aplicate numai conductelor de secțiune circulară și cu diametre nu prea mari, din cauza dificultăților de execuție.

### Măsurarea debitului cu ajutorul ajutorului lemniscată

Dispozitivul este un ajutoraj cu profil de intrare sub formă de lemniscată, care la o distanță bine determinată de la intrare, realizează o viteză constantă pe toată secțiunea conductei și care reprezintă viteza medie  $v_{med}$ .

Dacă în această secțiune se măsoară presiunea statică  $p_{st}$ , ca diferență față de presiunea atmosferică  $p_a$ , în care viteza este zero, se obține:

$$P_{st} + \rho \times \frac{v^2}{2} = P_a \quad (1.7)$$

deci:

$$P_a - P_{st} = \Delta P_1 = \rho \times \frac{v^2}{2} \quad (1.8)$$

din care:

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \times \Delta P_1} \quad [m/s] \quad (1.9)$$

iar debitul:

$$L = A \times v \times \rho \quad [kg/s] \quad (1.10)$$

Cu privire la aplicabilitatea acestei metode sunt valabile observațiile făcute la punctul anterior, la care se adaugă faptul că acest dispozitiv nu poate fi montat „intercalat”, ci numai la aspirație.

### Anemometru

Este unul din cele mai folosite instrumente pentru măsurarea vitezei aerului în canale de secțiune mai mare. Acest aparat măsoară viteza între 0,2-30 m/s. Aplicația cea mai largă a anemometrelor este măsurarea vitezelor în fața gurilor de aer, precum și în canale. Pentru aceasta se construiesc aparate cu tijă și declanșarea, respectiv oprirea, cu ajutorul unui fir flexibil.

Elementul de bază al unui anemometru este rotorul, care constă dintr-un număr de palete sau cupe (în funcție de sistemul constructiv) fixate prin brațe radiale pe un ax

comun. Un contor de rotații cuplat cu axul rotorului, printr-un angrenaj cu roți dințate, permite înregistrarea numărului de rotații efectuate în unitatea de timp.

Măsurătorile se efectuează astfel:

- se readuce la zero acul indicator;
- aparatul se ține în curentul de aer astfel ca acul să se rotească în sens pozitiv;
- se declanșează acul indicator concomitent cu un ceas cronometru;
- după un timp adecvat, se oprește acul indicator concomitent cu cronometrul.

Viteza aerului se stabilește din relația:

$$v = n/z \quad [\text{m/s}] \quad (1.11)$$

în care: n- este numărul de diviziuni indicat;

z- timpul cronometrat (secunde).

Unele aparate sunt însoțite de curbe de etalonare sau coeficienți de corecție pentru debit.

#### Multimetru TESTO 350XL

Multimetru TESTO 350 XL (fig.1.1) se folosește pentru măsurarea vitezei, presiuni, temperaturii, umidității relative și a debitului de aer în canale de secțiune rotundă, pătrată, rectangulară sau neregulată. Debitul de aer este calculat în funcție de forma geometrică a tubulaturii.



Fig.1.4 Multimetry TESTO 350 XL

Aparatul este dotat cu 3 sonde după cum urmează:

▪ **Sondă de viteză, temperatură și umiditate (fig.1.5)**

Domeniul de funcționare:

- viteza între 0,2 ... 10 m/s.
- umiditatea relativă 0 ... 100%
- temperatura -20 ... 70 °C

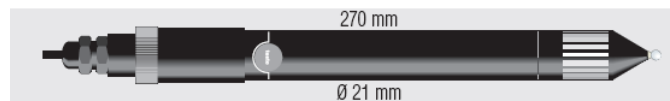


Fig.1.5 Sondă de viteză, temperatură și umiditate

▪ **Sondă de măsurare a conținutului de CO<sub>2</sub> din aerul ambiental (fig.1.6)**

- Concentrația de CO<sub>2</sub> în ppm (parts per million); 1ppm=1mg/l



Fig.1.6 Sondă de CO<sub>2</sub>

▪ **Sondă de măsurare a temperaturii (fig.1.7)**

- Temperatura cuprinsă între -50 și 400 °C

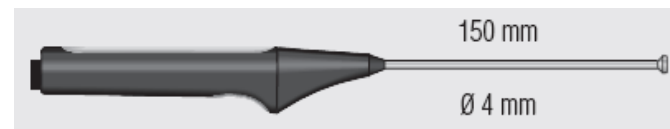


Fig.1.7 Sondă de temperatură

### 1.2. PREZENTAREA STANDULUI

Instalația experimentală se compune dintr-un ventilator centrifugal la aspirația căruia este montată o conductă de oțel cu diametrul de 100 mm. Pe conductă sunt montate în serie, un ajutoraj lemniscată, la aspirație, un tub Prandtl- Pitot și o diafragmă. Dispozitivele de măsurare sunt prevăzute cu manometre pentru măsurarea presiunilor.

### 1.3. DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

- Se verifică dacă aparatele de măsură sunt legate corect la dispozitivele de măsurare și dacă sunt la poziția „zero”;
- se pornește ventilatorul cu clapeta închisă și se urmărește indicația aparatelor în timp ce se deschide clapeta;





**Lucrarea nr.2**

**TRASAREA CURBELOR CARACTERISTICE ALE  
UNUI VENTILATOR CENTRIFUGAL**

**2.1.NOȚIUNI INTRODUCATIVE:**

Ventilatoarele sunt dispozitive mecanice folosite în instalațiile de ventilare pentru vehicularea aerului. În funcție de caracteristicile constructive ele asigură debitul de aer necesar într-o instalație și acoperirea pierderilor de presiune.

Elementele principale care compun ventilatorul sunt: rotorul, carcasa și sistemul de acționare al rotorului. Din punct de vedere constructiv, ventilatoarele sunt de două tipuri (fig. 2.1).

- ventilatoare centrifugale;
- ventilatoare axiale.

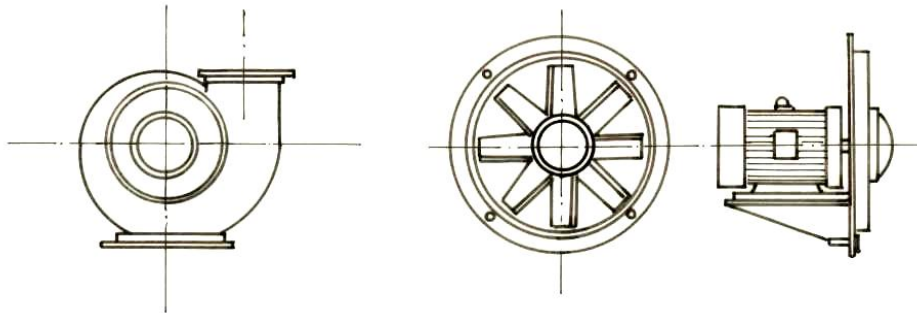


Fig. 2.1.a) ventilator centrifugal

b) ventilator axial

Ventilatoarele centrifugale se utilizează pentru acoperirea pierderilor de presiune relativ mari, iar cele axiale pentru presiuni relativ mici.

În funcționarea lor ventilatoarele trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

- să aibă un randament ridicat;
- să prezinte o formă constructivă care să elimine pierderile prin fenomenul de cavitație și turbulență;
- să aibă o curbă de variație a randamentului cât mai aplatizată, pentru a oferi domenii de funcționare cât mai largi;
- să fie silențioase în funcționare.

Ventilatoarele centrifugale, din punct de vedere al presiunii se clasifică în 3 categorii:

- ventilatoare de joasă presiune  $p < 100 \text{ mm H}_2\text{O}$ ;
- ventilatoare de medie presiune  $p = 100- 300 \text{ mm H}_2\text{O}$ ;
- ventilatoare de înaltă presiune  $p = 300-1500 \text{ mm H}_2\text{O}$ .

Curbele caracteristice ale ventilatoarelor reprezintă grafic variația presiunii totale  $p_{tot}$ , a presiunii statice  $p_s$ , a puterii  $P$  și a randamentului  $\eta$  în funcție de debitul de aer  $L$ , pentru anumite turații constante.

Forma curbelor caracteristice depinde exclusiv de construcția ventilatorului și mai ales de forma paletelor rotorului.

Rotorul poate avea paletele curbate înapoi, înainte sau radiale.

În comparație cu ventilatoarele având paletele curbate înainte sau radiale, ventilatoarele cu paletele curbate înapoi au avantajul unui randament mai ridicat., cât și a unei caracteristici autolimitatoare a puterii fig. 2.2.

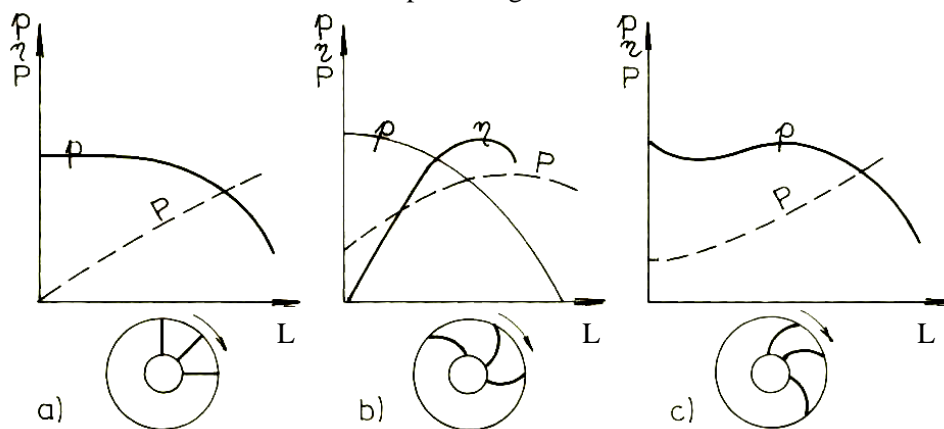


Fig.2.2 Curbele caracteristice ale ventilatoarelor cu paletele:  
a) radiale; b) curbate înapoi; c) curbate înainte

Pentru stabilirea modului de variație a presiunii, puterii și randamentului în funcție de debitul de aer, metoda exactă constă în montarea ventilatorului pe un stand experimental și determinarea prin măsurători a parametrilor în diferite regimuri de funcționare.

## 2.2.PREZENTAREA STANDULUI

Instalația pentru trasarea curbelor caracteristice ale unui ventilator centrifugal este prezentată în figura 2.3.

Ventilatorul de pe stand este de tip V425, produs al întreprinderii de ventilatoare București, având caracteristicile:  $L = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $\Delta p = 90 \text{ mm H}_2\text{O}$ , turația  $n = 2760 \text{ rot/min}$ .

La aspirația ventilatorului este montat un canal circular cu diametrul de 100 mm, având în capăt un ajutor de tip lemniscată care permite uniformizarea vitezei în secțiune și calculul debitului de aer.

- Refularea ventilatorului este racordată la o piesă specială tip “pantaloni”, îmbinat cu un canal de aer cu secțiune constantă.
- Canalul este prevăzut cu elemente de închidere și reglare a debitului de aer cu

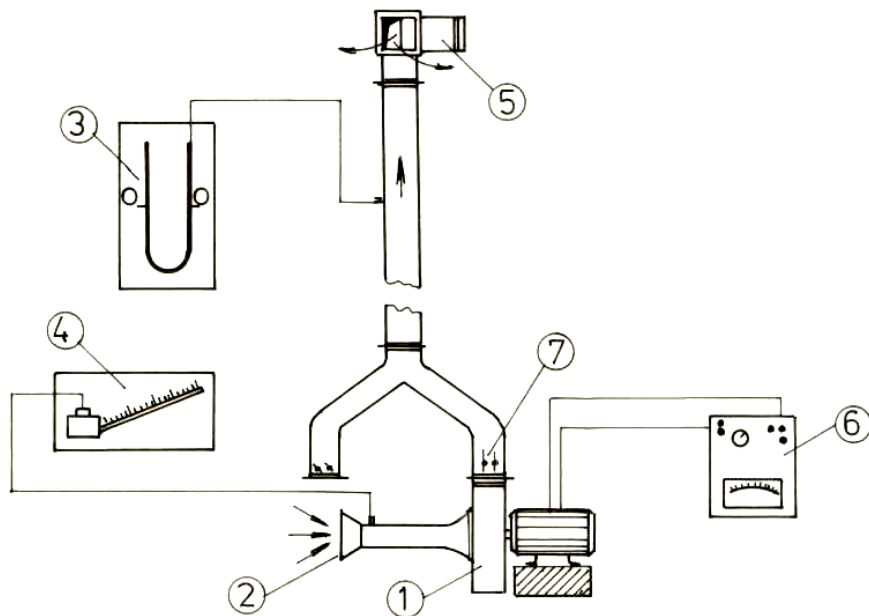


Fig. 2.3 Standul experimental. 1-ventilator; 2-ajutaj lemniscată; 3- manometru U; 4- micromanometru; 5-șibăr; 6- wattmetru; 7-clapete reglaj.

ajutorul unui șibăr. Prizele de presiune statică montate pe canale, se racordează la micromanometre cu tub înclinat, respectiv la un tub manometric U cu coloană de apă pentru măsurarea presiunii statice.

- Un wattmetru monofazic cu bobine de tensiune legată la una din fazele de alimentare și la nului izolat al motorului se folosește pentru măsurarea puterii afective. Bobina de curent a wattmetrului (în cazul de față este de 5 A) se leagă la faza T și la intrarea în motor Z (fig. 2.4).

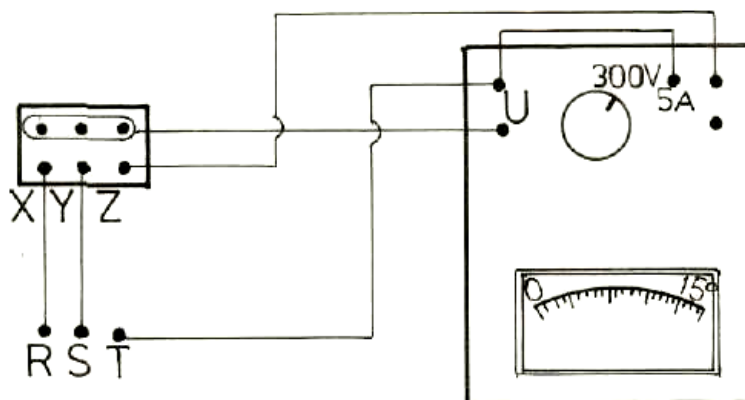


Fig.2.4 Schema de legare a wattmetrului.

Consumatorul bobinei de tensiune se fixează în dreptul valorii de 300 V, în acest caz constanta aparatului este:

$$C = \frac{P}{n} = \frac{300 \times V \times 5A}{150 \text{diviz.}} = 10 \text{ Watt/ diviziune} \quad (2.1)$$

### 2.3.DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Caracteristica presiunii statice  $p_s-L$  se obține prin măsurarea presiunii statice (în zona de viteză zero - lângă peretele canalului) în canalul în care refulează ventilatorul, la diferite debite de aer. Dacă șibărul de pe conducte de refulare este închis, debitul de aer este zero ( $L=0$ ), puterea utilă a ventilatorului fiind zero și  $\eta=0$ . În acest caz puterea absorbită de ventilator servește pentru formarea unor vârtejuri, care produc încălzirea aerului.

Deschiderea șibărului de reglare se face treptat, urmărind creșterea presiunii la micromanometru.

Pentru fiecare poziție a șibărului de reglare se citesc mărimile:

- presiunile statice la tuburile manometrice de pe conducte de aspirație și refulare;
- indicațiile wattmetrului pentru fiecare regim de funcționare;

Studentii vor verifica și regala la "zero" manometrele, precum și legarea corectă a wattmetrului, inclusiv poziția butonului bobinei de tensiune, care trebuie să fie pe poziția 300V. Fiecare va efectua pe rând citiri la toate aparatele pentru un anumit debit de aer.

### 2.4.PRELUCRAREA REZULTATELOR MĂSURĂTORILOR

Valorile citite și rezultatele calculelor se trec în tabelul 2.1.

**Tabel 2.1**

Nr. regim	$p_L$ [mmH <sub>2</sub> O]	Mărimi măsurate			Mărimi calculate					
		$p_s$ [mmH <sub>2</sub> O]	$n$ [div]	$v_a$ [m/s]	$L$ [m <sup>3</sup> /s]	$v_r$ [m/s]	$P_{tot}$ [N/m <sup>2</sup> ]	$P_u$ [W]	$P_{ef}$ [W]	$\eta$ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Observații:

$\Delta p_L$  –este presiunea măsurată la micromanometrul legat la ajutoraj de tip lemniscată, înmulțită cu constanta aparatului înscrisă în dreptul găurii de fixare a tubului înclinat;

$p_s$ - este presiunea statică măsurată la tubul manometric U cu coloană de apă;

$n$ - reprezintă indicațiile wattmetrului;

$v_a$  – viteza aerului din canalul de aspirație se determină din expresia presiunii dinamice:

$$p_d = \Delta p_L = \frac{\rho \times v^2}{2 \times 9,81} \quad [\text{mmH}_2\text{O}] \quad (2.2)$$

$$v_a = \sqrt{2 \times \frac{9,81 \times p_L}{\rho}} \quad [\text{m/s}] \quad (2.3)$$

în care :

$\rho$  - densitatea aerului în condițiile de lucru ( $\rho=1,2 \text{ kg/m}^3$ )

L- debitul volumic de aer furnizat de ventilator se determină pe baza ecuației continuității:

$$L = S_a \times v_a \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.4)$$

$S_a$  - secțiunea canalului, în  $\text{m}^2$  ( $S_a = \pi d^2/4$  unde  $d=0,10\text{m}$ )

$v_r$  - reprezintă viteza în canalul de refulare a cărei secțiune este de  $0,00785 \text{ m}^2$ .

$$v_r = v_a \times \frac{S_a}{S_r} \cong 0,35 \times v_a \quad [\text{m/s}] \quad (2.5)$$

$p_{\text{tot}}$  - reprezintă presiunea totală, obținută prin însumarea presiunii statice și a celei dinamice, determinate pentru aceeași secțiune a canalului.

$$p_{\text{tot}} = 9,81 \times P_s + \frac{\rho \times v_r^2}{2} \quad [\text{N/m}^2] \quad (2.6)$$

$P_u$ - puterea utilă se calculează :

$$P_u = L \times P_{\text{tot}} \quad [\text{W}] \quad (2.7)$$

$P_{\text{ef}}$  - puterea afectivă (putere consumată) se obține prin măsurarea directă a puterii electrice absorbite de motorul electric de antrenare:

$$P_{\text{ef}} = 3 \times C \times n \quad [\text{W}] \quad (2.8)$$

unde:

C - constanta wattmetrului;  $C = 10 \text{ Watt / diviziune}$

$\eta$  - randamentul ventilatorului este raportul dintre puterea utilă și puterea afectivă:

$$\eta = \frac{P_u}{P_{\text{ef}}} \times 100 \quad \% \quad (2.9)$$

Pe baza rezultatelor obținute se trasează grafic curbele caracteristice ale ventilatorului :  $p_s$ -L,  $p_{\text{tot}}$ -L,  $P_u$ -L,  $P_{\text{ef}}$ -L,  $\eta$ -L.

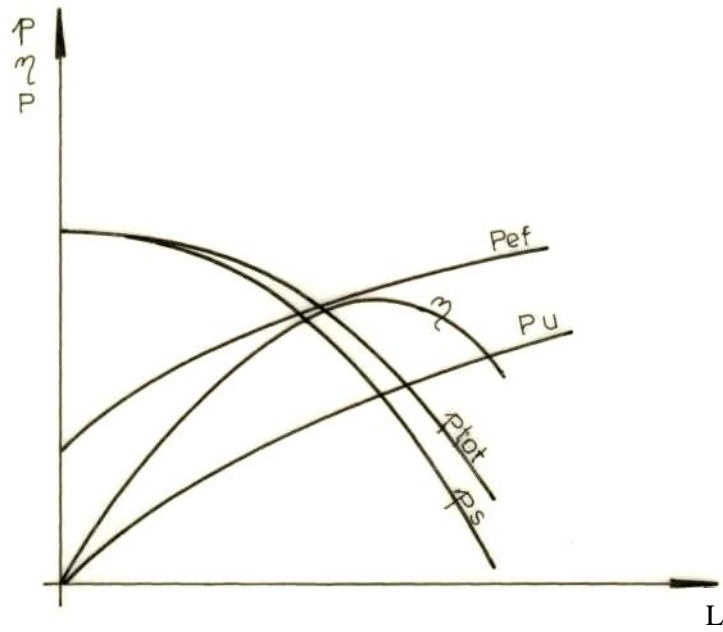


Fig.2.5 Curbele caracteristice ale ventilatorului

## Lucrarea nr. 3

**TRASAREA CURBELOR CARACTERISTICE ALE  
VENTILATOARELOR LEGATE ÎN PARALEL**

**3.1. NOȚIUNI INTRODUCATIVE**

Montarea a două sau mai multe ventilatoare în paralel, pentru a funcționa în aceeași instalație se realizează în scopul măririi debitului de aer sau pentru realizarea unor debite variabile, sau când debitul celui mai mare ventilator ales din catalog este insuficient.

Montarea presupune că toate ventilatoarele aspiră aer la aceeași presiune și toate refulează într-o cameră sau într-o conductă comună.

Pentru a asigura și posibilitatea funcționării independente în instalație a oricăruia din ventilatoarele legate în paralel, este necesar ca fiecare ventilator să fie dotat cu elemente de închidere etanșe, montate de preferință pe refularea ventilatorului, pentru a împiedica circulația inversă a aerului prin ventilator, în situația în care nu funcționează.

Modul de funcționare a două ventilatoare cu caracteristici identice montate în paralel în instalații cu rezistențe diferite este analizat în figura 3.1. Caracteristica presiunii a celor 2 ventilatoare funcționând în paralel se obține prin însumarea pe abscisă a debitelor corespunzătoare unui număr oarecare de ordonate alese arbitrar.

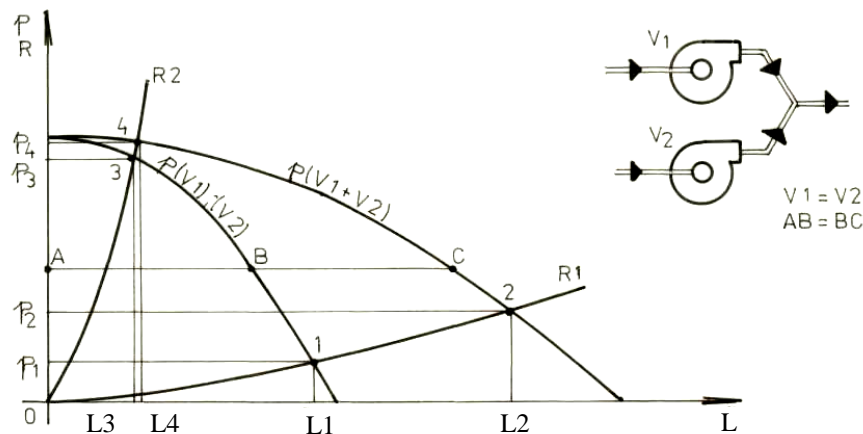


Fig. 3.1 Regimul de funcționare a unui ansamblu alcătuit din două ventilatoare legate în paralel.

În cazul a două ventilatoare cu caracteristici diferite, în funcționarea lor în paralel, caracteristica presiunii se obține deci prin adunarea absciselor curbelor caracteristice individuale. În situația în care două ventilatoare sunt identice, segmentul  $AC = 2 \times AB$ .



Se constată din fig.3.1 că pt. o instalație având caracteristica R<sub>1</sub>, legarea a două ventilatoare în paralel duce la stabilirea punctului de funcționare din 1 în 2. Debitul global L<sub>2</sub> care rezultă este mai mic decât suma debitelor individuale pe care le-ar furniza ventilatoarele în cazul în care ar lucra independent în aceeași instalație, adică L<sub>2</sub> < 2L<sub>1</sub>. În ce privește presiunea, se observă o creștere de la P<sub>1</sub> la presiunea globală P<sub>2</sub>.

Racordarea aceluiași grup de două ventilatoare legate în paralel la o instalație cu o rezistență mai mare, având caracteristica instalației R<sub>2</sub>, creșterea debitului de la L<sub>3</sub> la L<sub>4</sub> prin deplasarea punctului de funcționare din 3 în 4, corespunde unui debit global apropiat de cel furnizat de un singur ventilator. Într-o asemenea instalație, nu este rentabilă legarea unui al doilea ventilator în paralel.

În cazul ventilatoarelor având caracteristici diferite, deci de construcție diferită, prin legarea lor în paralel se obțin uneori regimuri de funcționare în care performanțele realizate sunt inferioare celor individuale. De aceea folosirea unor asemenea montaje în practică trebuie făcută cu multă pricepere.

Deci în cazul rețelelor având rezistențe aeraulice relativ mici, pentru sporirea debitului de aer se pot lega ventilatoarele în paralel. La valori ale rezistențelor aeraulice mari se preferă executarea a două rețele identice pe care să debiteze ventilatoarele independent.

### 3.2. PREZENTAREA STANDULUI

Standul experimental (fig. 3.2) cuprinde două ventilatoare identice, tip V425, produse de Întreprinderea de Ventilatoare din București, care refulează într-o rețea ce permite determinarea curbelor caracteristice ale unuia din cele două ventilatoare sau ale ansamblului.

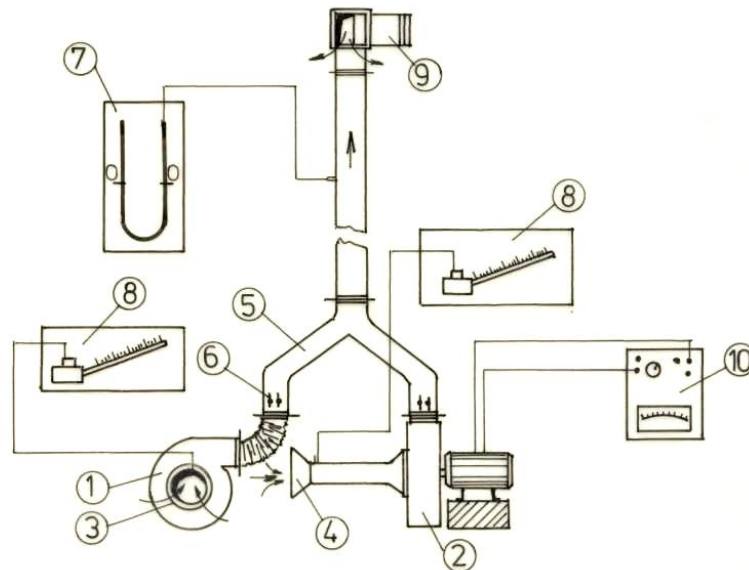


Fig.3.2 Standul experimental: 1,2-ventilatoare; 3,4-ajutaje lemniscată, 5-piesă specială;6-clapete de reglaj;7-manometru;8-micromanometre;9-șibăr;10-wattmetru.

Unul dintre ventilatoare are o poziție fixă pe postament este racordat la refulare la o piesă specială tip ” pantalon ”. Cel de-al doilea ventilator poate fi deplasat față de primul în poziție corespunzătoare racordării acestuia la „ pantalon ” prin intermediul unui cot de cauciuc.

Fiecare ventilator are pe aspirație câte un canal circular prevăzut cu un ajutoraj de tip lemniscată, care permit determinarea debitului individual pentru fiecare ventilator.

Canalul în care refulează cele două ventilatoare este prevăzut cu un șibăr pentru reglarea debitului de aer și o priză de presiune statică racordată la un tub manometric U cu coloană de apă.

Prin intermediul a două wattmetre monofazice legate individual la motoarele de antrenare ale ventilatoarelor se măsoară puterea efectivă.

### 3.3. DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Se realizează montajul în paralel a celor două ventilatoare, prin fixarea refulării lor la cele două ramuri ale presei de tip ” pantalon ”.

Se racordează cele două micromanometre cu tub înclinat la ajutorajele lemniscată de pe aspirația celor două ventilatoare și se verifică orizontalitatea, poziția de ” zero ” a acestora, ca și a tubului manometric U de pe refulare. Se leagă cele două wattmetre la motoarele de antrenare ale ventilatoarelor.

Pentru fiecare poziție, arbitrar aleasă a șibărului de pe refulare, între complet închis și complet deschis, se notează presiunile indicate de manometre și diviziunile indicate de wattmetre.

### 3.4. PRELUCRAREA REZULTATELOR MĂSURĂTORILOR

Mărimile obținute prin măsurători se completează în tabelul 3.1. în care se vor calcula și mărimile necesare trasării caracteristicii celor două ventilatoare legate în paralel.

**Tabel 3.1**

Nr. Regim	Mărimi măsurate				
	$\Delta p_{L1}$	$\Delta p_{L2}$	$p_s$	$n_1$	$n_2$
	[mmH <sub>2</sub> O]	[mmH <sub>2</sub> O]	[mmH <sub>2</sub> O]	[div]	[div]
1	2	3	4	5	6

**Tabel 3.1** (continuare)

Mărimi calculate								
$v_{a1}$	$v_{a2}$	$L$	$v_r$	$P_{tot}$	$P_u$	$P_{ef1}$	$P_{ef2}$	$\eta$
[m/s]	[m/s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m/s]	[N/m <sup>2</sup> ]	[W]	[W]	[W]	[%]
7	8	9	10	11	12	13	14	15

Observații:  $\Delta p_{L1}$ ,  $\Delta p_{L2}$ - reprezintă presiunile măsurate la micrometrele legate la ajutajele de tip lemniscată, înmulțite cu constanta aparatului înscrisă în dreptul găurii de fixare a tubului înclinat;

$p_s$  - reprezintă presiunea statică măsurată la tubul manometric U cu coloană de apă;

$n_1, n_2$ -reprezintă indicațiile wattmetrelor;

$v_{a1}, v_{a2}$ -vitezele pe aspirație determinate cu relația:

$$v_{a1} = \sqrt{2 \times \frac{9,81 \times \Delta P_{L1}}{\rho}} \quad [\text{m/s}] ; \quad v_{a2} = \sqrt{2 \times \frac{9,81 \times \Delta P_{L2}}{\rho}} \quad [\text{m/s}] \quad (3.1)$$

unde:  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

L- debitul de aer furnizat de cele două ventilatoare.

$$L = v_{a1} \times S_{a1} + v_{a2} \times S_{a2} = 0,00785 \times (v_{a1} + v_{a2}) \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.2)$$

$S_{a1}, S_{a2}$ -secțiunile de aspirație, în m<sup>2</sup> ( $S_a = \pi d^2/4$  unde  $d = 0,10\text{m}$ ).

$v_r$ - reprezintă viteza în canalul de refulare a cărei secțiune este de  $0,00785\text{m}^2$

$$v_r = \frac{L}{S_r} \cong 44,5 \times L \quad [\text{m/s}] \quad (3.3)$$

$P_{tot}$  - reprezintă presiunea totală, obținută prin însumarea presiunii statice și a celei dinamice, determinate pentru aceeași secțiune a canalului:

$$P_{tot} = 9,81 \times p_s + \rho \frac{v_r^2}{2} \quad [\text{N/m}^2] \quad (3.4)$$

$P_u$ -puterea utilă se calculează:

$$P_u = L \times P_{tot} \quad (3.5)$$

$P_{ef1}, P_{ef2}$ - reprezintă puterile efective, obținute prin măsurarea directă a puterilor absorbite de motoarele de antrenare:

$$P_{ef1} = 3 \times C \times n_1 \quad ; \quad P_{ef2} = 3 \times C \times n_2 \quad [W] \quad (3.6)$$

unde:

C - constanta wattmetrului; C = 10 watt/ div.

$\eta$  - randamentul reprezintă raportul dintre puterea utilă și puterea efectivă:

$$\eta = \frac{P_u}{P_{ef1} + P_{ef2}} \times 100 \quad \% \quad (3.7)$$

Cu valorile obținute se construiesc grafic caracteristicile:

$P_{tot} = f(L)$ ;  $\eta = f(L)$  pentru ansamblul celor două ventilatoare legate în paralel și se compară cu rezultatele experimentale obținute cu caracteristicile ventilatorului determinate în lucrarea nr.2.

Lucrarea nr.4

**TRASAREA CURBELOR CARACTERISTICE ALE VENTILATOARELOR LEGATE ÎN SERIE**

**4.1.NOȚIUNI INTRODUCATIVE**

Legarea în serie în aceeași rețea a două sau mai multe ventilatoare este utilizată fie pentru a mări presiunea furnizată sistemului, fie pentru a satisface condițiile unei funcționări cu presiune variabilă și debit de aer aproximativ constant.

Modul de legare în serie și funcționarea a două ventilatoare cu caracteristici identice este reprezentată în figura 4.1. Se trasează caracteristica presiunii pentru ventilatoarele individuale, iar caracteristica globală a ansamblului de două ventilatoare identice legate în serie se obține prin dublarea ordonatelor presiunilor la fiecare valoare a debitelor înscrise pe abscisă.

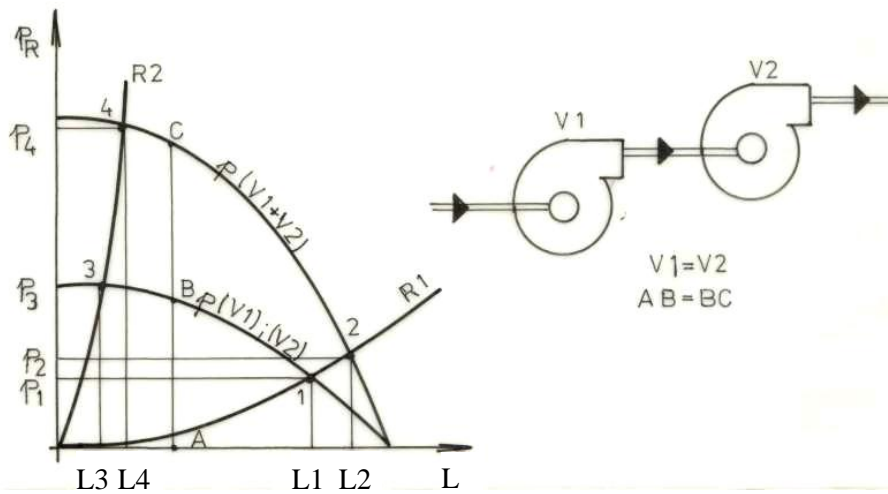


Fig. 4.1 Regimul de funcționare a unui ansamblu alcătuit din două ventilatoare identice, legate în serie.

Dacă se trasează în diagramă și curba caracteristică a rețelei  $R1$  se obține punctual de funcționare 1 în cazul funcționării unui singur ventilator și punctual de funcționare 2 al ansamblului alcătuit din două ventilatoare legate în serie. Din comparația condițiilor de funcționare se constată că  $p_2 < 2 p_1$ , iar debitul ansamblului  $L_2$  este cel puțin mai mare decât debitul individual  $L_1$ . Deci în cazul unei caracteristici a

rețelei R1 la legarea în serie a două ventilatoare refulând în aceeași instalație, presiunea nu crește la dublul.

Dacă instalația are o rezistență mare, cu o curbă caracteristică de forma R2 punctul de funcționare 3 în cazul funcționării unui singur ventilator se deplasează în punctul de funcționare 4 corespunzător a două ventilatoare în serie. Presiunea furnizată de grupul celor două ventilatoare în serie este apreciată de dublul presiunilor individuale  $p_4 = 2p_3$ , în schimb debitul de aer crește puțin.

Rezultă din această comparație că montarea ventilatoarelor în serie nu este rentabilă în cazul instalațiilor cu pierderi mici de presiune.

#### 4.2.PREZENTAREA STANDULUI

Standul experimental (figura 4.2) cuprinde două ventilatoare de tip V425, produse la Întreprinderea de Ventilatoare București, care pot lucra la următorii parametrii  $L = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $\Delta p = 90 \text{ mmH}_2\text{O}$ ; turația  $n = 2760 \text{ rot}/\text{min}$ . Ventilatoarele refulează într-o rețea ce permite determinarea curbelor caracteristice.

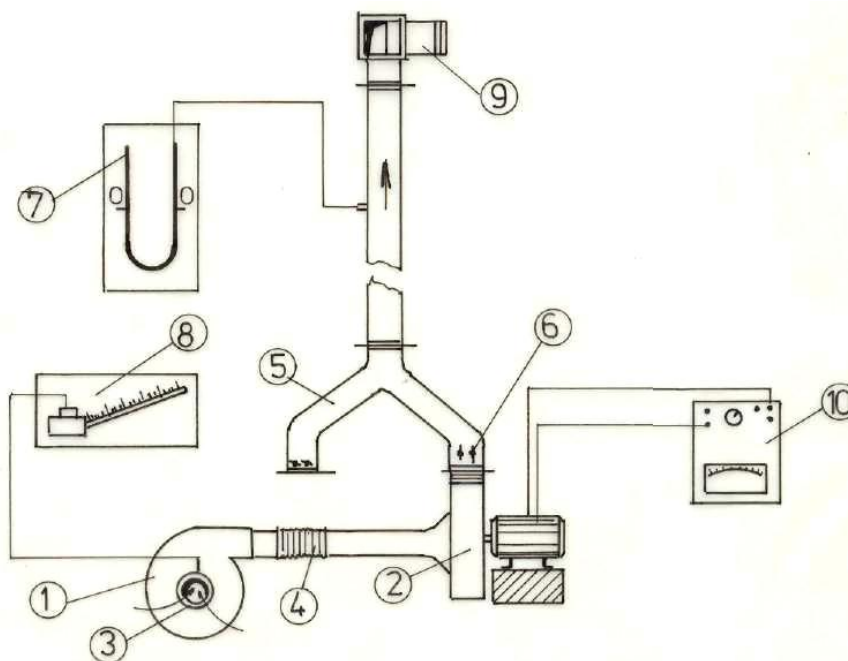


Fig. 4.2 Standul experimental: 1,2-ventilatoare;  
3-ajutaj lemniscată; 4-racord elastic; 5-piesă principală;  
6-clapete de reglaj; 7-manometru; 8-micromanometru; 9- șibăr, 10-wattmetru.

Se demontează ajutorul lemniscată de la ventilatorul 2, se aduce ventilatorul 1 care are postament mobil în poziție corespunzătoare racordării acestuia cu ajutorul unui

racord elastic 4 la ventilatorul 2. Pentru determinarea debitului de aer, pe suprafața ventilatoarelor se montează un ajutoraj lemniscată.

Canalul în care refulează cele 2 ventilatoare este prevăzut cu un șibăr pentru reglarea debitului de aer și o priză de presiune statică racordată la tubul manometric U.

Puterea efectivă se măsoară prin intermediul a două wattmetre monofazice legate individual la motoarele de antrenare.

### 4.3.DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Se realizează montajul în serie a celor două ventilatoare, prin fixarea refulării unui ventilator în aspirația celuilalt ventilator. Se racordează micro-manometrul cu tubul înclinat la ajutorajul lemniscată , se verifică orizontalitatea, poziția de zero a aparatelor de măsură.

Se citesc indicațiile manometrelor și a wattmetrelor pentru mai multe regimuri de funcționare, obținute pentru diverse poziții ale șibărului de pe refulare.

### 4.4.PRELUCRAREA REZULTATELOR MĂSURĂTORILOR

Cu mărimile obținute prin măsurători și pe baza relațiilor de calcul indicat se completează tabelul 4.1 .

**Tabel 4.1**

Nr. Regim	Mărimi măsurate			
	$\Delta p_{L1}$ [mmH <sub>2</sub> O]	$p_s$ [mmH <sub>2</sub> O]	$n_1$ [div]	$n_2$ [div]
1	2	3	4	5

**Tabel 4.1** (continuare)

Mărimi calculate							
$v_a$ [m/s]	$L$ [m <sup>3</sup> /s]	$v_r$ [m/s]	$P_{tot}$ [W]	$P_u$ [W]	$P_{ef1}$ [W]	$P_{ef2}$ [W]	$\eta$ [%]
6	7	8	9	10	11	12	13

Observații:

$\Delta p_L$  - reprezintă presiunea măsurată de micromanometre legat la ajutorajul de tip “ pantalon ” înmulțit cu constanta aparatului înscrisă în dreptul găurii de fixare a tubului înclinat.

$p_s$  - reprezintă presiunea statică la tubul manometric U cu coloană de apă;

$n_1, n_2$ -reprezintă indicațiile wattmetrelor;

$v_a$  –viteza de aspirație determinată cu relația:

$$v_a = \sqrt{2 \times \frac{9,81 \times \Delta p_{L1}}{\rho}} \quad [\text{m/s}] \quad \rho = 1,2 \text{ kg/m}^3 \quad (4.1)$$

L-debitul volumic de aer:

$$L = v_a \times S_a \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4.2)$$

unde:

$$v_r = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (4.3)$$

$v_r$  – viteza în canalul de refulare;

$$v_r = \frac{L}{S_r} \cong 44,5 \times L [\text{m/s}] \quad (4.4)$$

$p_s$  - presiune totală, obținută prin însumarea presiunii statice și a celei dinamice, determinate pentru aceeași secțiune a canalului;

$$P_{\text{tot}} = 9,81 \times P_s + \rho \frac{v_r^2}{2} [\text{N/m}] \quad (4.5)$$

$P_u$  –puterea utilă, calculată cu relația:

$$P_u = L \times P_{\text{tot}} \quad [\text{W}] \quad (4.6)$$

$P_{\text{ef1}}, P_{\text{ef2}}$  –puterile efective obținute prin măsurarea directă a puterilor electrice absorbite de motoarele de antrenare;

$$P_{\text{ef1}} = 3 \times C \times n_1 \quad ; \quad P_{\text{ef2}} = 3 \times C \times n_2 \quad [\text{W}] \quad (4.7)$$

unde:

C- constanta wattmetrului; C =10 Watt/div.

$\eta$ - randamentul, reprezentând raportul dintre puterea utilă și puterea efectivă:

$$\eta = \frac{P_u}{P_{\text{ef1}} + P_{\text{ef2}}} \times 100 \quad [\%] \quad (4.8)$$

Se construiesc grafic următoarele caracteristici:

$P_{\text{tot}} = f(L)$ ;  $\eta = f(L)$  pentru ansamblul celor două ventilatoare legate în serie și se compară cu rezultatele experimentale obținute în cazul funcționării unui singur ventilator determinate în cazul lucrării nr.2.



**Lucrarea nr.5****DETERMINAREA UMIDITĂȚII RELATIVE A AERULUI  
CU PSIHROMETRUL "ASSMAN"****5.1. NOTIUNI INTRODUCTIVE**

În tehnica instalațiilor de ventilare și climatizare, se necesită precizarea stării aerului umed și urmărirea evoluției lui în diferite procese de tratare. Parametrii de stare clasici utilizați sunt: temperatura, presiunea, umiditatea, densitate, entalpie masică, căldura masică.

Pentru determinarea umidității relative a aerului se pot folosi psihrometre, higrometre sau higrografe.

Psihrometrele se folosesc în cazul când temperatura aerului este mai mare decât 0 °C. Aparatul se compune din două termometre cu mercur, identice, având lungimea de aproximativ 400 mm, cu gradații din două în două zecimi de grad și cu precizie de 0,1 °C. Primul termometru se menține uscat, iar cel de-al doilea termometru are rezervorul de mercur învelit în tifon îmbibat cu apă distilată. Termometrul uscat indică temperatura reală a aerului, iar termometrul umed indică o temperatură mai mică din cauza răcirii termometrului produsă prin evaporarea apei.

Diferența de temperatură dintre cele două termometre este în funcție de umiditatea aerului.

Parametri aerului care se măsoară cu psihrometrul ASSMAN sunt temperatura uscată și temperatura umedă.

**5.2. DESCRIEREA PSIHROMETRULUI**

În cadrul lucrărilor de laborator pentru determinarea umidității relative a aerului se folosește metoda psihrometrică. Aparatul utilizat pentru efectuarea lucrărilor este psihrometrul de tip Assman, figura 5.1. Psihrometrul mecanic se compune din două termometre:

- Termometrul uscat (1)
- Termometrul umed (2) cu mercur și gradație de la -25 °C la + 50 °C, fiind montate într-un corp metalic prevăzut cu un microventilator pentru aspirarea aerului în jurul termometrelor cu o viteză de aproximativ 2,5 m/s.
- Aerul este aspirat prin tuburile de aspirație (3) și (4) care protejează părțile sensibile ale termometrului de radiațiile din exterior. Inelele de ebonită (5) și (6) înșurubate la corpul psihrometrului, fac legătura cu tuburile de aspirație.
- Aerul este dirijat prin coloana de aspirație (7) spre dispozitivul de aspirație cu mecanism de ceasornic prin carcasa de protecție (8). Microventilatorul (9) amplasat la partea superioară se pune în funcție cu ajutorul unei chei (10). El aspiră aerul prin gurile de aspirație (3) și (4) refulând prin ferestrele carcasei (11).
- Corpul psihrometrului (8) susține cele două termometre și așezarea în poziție verticală se realizează cu ajutorul cârligului (12) fixat în perete.

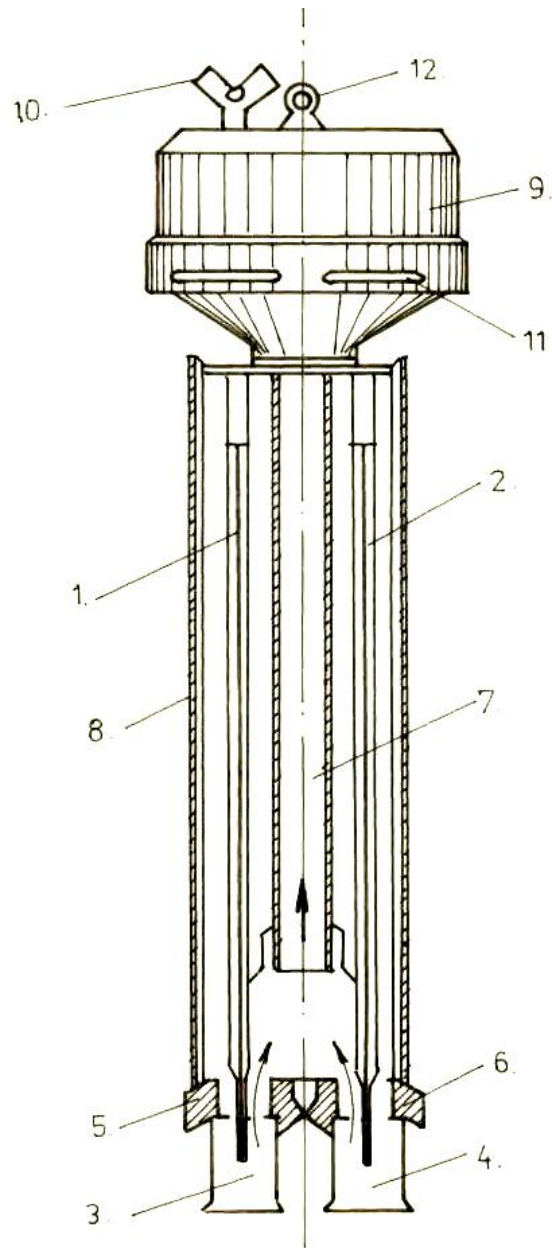


Fig. 5.1 Psihrometrul Assman

### 5.3.DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

În vederea efectuării citirilor cu psihometrul, mai întâi se acoperă bulbul termometrului umed cu tifon, după care se umezește cu ajutorul unei pipete de sticlă cu pompă de cauciuc, în care s-a aspirat apa distilată.

Cu ajutorul cheii se întoarce arcul mecanismului de ceasornic al dispozitivului de aspirație și se pune în funcțiune ventilatorul. După o funcționare de 2-4 minute se citesc indicațiile celor două termometre. Se repetă determinarea stării aerului în diversele etape succesive de tratare realizate cu ajutorul agregatului de condiționare.

### 5.4.PRELUCRAREA REZULTATELOR MĂSURĂTORILOR

Pe baza diferenței de temperatură dintre cele două termometre (diferență psihometrică ) se determină umiditatea relativă a aerului și presiunea parțială a vaporilor de apă din aer. Pentru determinarea directă a umidității relative a aerului se notează citirile:

t - temperatura indicată de termometrul uscat, în °C ;

t' - temperatura indicată de termometrul umed, în °C ;

$\Delta t$  - diferența psihometrică, în °C ;

și cu ajutorul tabelului 5.1 se obține valoarea umidității relative în % corespunzătoare stării aerului.

**Tabel 5.1**

Indicația termometrului uscat t [°C]	$\Delta t$ Diferența psihometrică grd											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	81	63	45	28	11							
1	83	66	48	33	16							
2	84	68	51	37	20							
3	84	69	54	40	24	7						
4	85	70	56	42	28	14						
5	85	72	58	45	32	20	5					
6	86	73	60	47	35	23	10					
7	86	74	62	49	38	26	14					
8	87	75	63	51	40	28	18	7				
9	87	75	64	52	42	31	21	11				
10	88	76	65	54	44	34	24	14	4			
11	88	77	67	56	46	36	27	17	8			
12	89	78	68	57	48	38	29	20	11	2		
13	89	78	69	59	50	40	31	23	14	6		
14	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9		
15	90	80	72	61	52	44	35	28	20	12	4	

16	90	81	72	62	54	45	37	30	22	15	9	
17	91	81	72	63	55	47	39	32	24	18	12	
18	91	82	72	64	56	48	41	34	27	20	14	
19	91	82	73	65	58	50	43	36	29	22	16	10
20	91	83	73	66	59	51	44	37	30	24	18	12
21	92	83	74	67	60	52	46	39	32	26	20	15
22	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28	22	17
23	92	84	76	68	61	55	48	42	36	30	23	19
24	92	84	76	69	62	56	49	43	37	31	25	20
25	92	84	77	70	63	57	50	45	39	32	27	22
26	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	28	24
27	93	85	78	71	64	58	52	47	41	36	30	26
28	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32	27
29	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33	29
30	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34	30
31	93	86	80	73	67	61	55	50	44	39	34	30
32	93	86	80	73	67	62	56	50	45	40	35	31
33	93	86	80	74	68	62	57	51	46	41	36	32
34	93	86	80	74	68	63	57	52	47	42	38	33
35	94	87	81	75	69	63	58	53	48	43	39	34
36	94	87	81	75	70	64	59	54	49	44	40	35
37	94	88	82	76	70	65	60	55	50	46	42	37
38	94	88	82	76	71	65	60	55	51	47	43	38
39	94	88	82	77	71	66	61	56	52	48	44	40
40	94	88	82	77	72	67	62	57	52	48	44	41
41	94	88	82	77	72	67	62	58	53	49	45	41
42	-	88	83	77	72	67	63	58	53	49	45	41
43	-	-	83	78	73	68	63	58	54	50	46	42
44	-	-	83	78	73	68	64	59	55	50	46	43

Determinarea pe cale grafică a umidității relative a aerului se realizează cu ajutorul diagramei reprezentată în figura 5.2. Pentru comparație se poate utiliza și diagrama i - x pentru aerul umed, fig.5.3.

Diferența psihrometrică permite determinarea presiunii parțiale a valorilor de apă din aer ( $p_v$ ), cu ajutorul relației:

$$p_v = p'_{vs} - C \times B \times (t - t') \quad (5.1)$$

unde:

$p'_{vs}$  - presiunea de saturație a vaporilor de apă la temperatura indicată de termometrul umed ( $t'$ ), conform tabelului 5.2;

C- constanta care depinde de viteza de mișcare a aerului în aparat ( v ) conform tabelului 5.3.;  
 B-presiunea atmosferică .

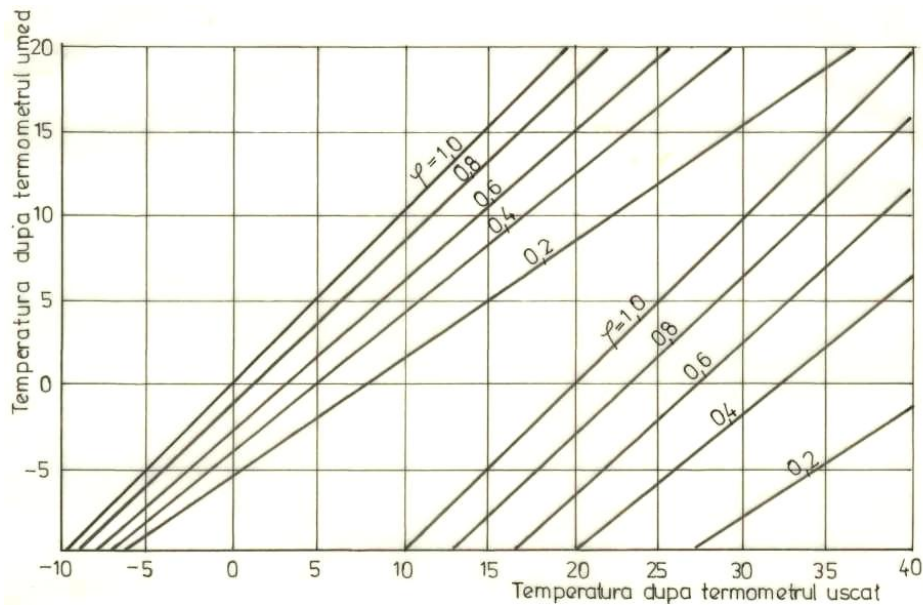


Fig. 5.2 Diagrama de determinare a umidității relative a aerului, în coordonate t și t’

**Tabel 5.2**

Temperatura t [°C]	Presiunea parțială a vaporilor în amestec la 760 [mmHg]	Greutatea 1 m <sup>3</sup> aer uscat [kg/m <sup>3</sup> ]	
-25	0,47	0,00064	-
-20	0,77	0,00105	1,396
-15	1,24	0,00168	1,368
-10	1,95	0,00265	1,342
-5	3,01	0,00409	1,317
0	4,58	0,00633	1,293
5	6,50	0,00885	1,270
10	9,20	0,0125	1,248
15	12,8	0,0174	1,226
20	17,5	0,0238	1,205
25	23,8	0,0323	1,185
30	31,8	0,0433	1,165
35	42,2	0,0573	1,146
40	55,3	0,0752	1,128
45	71,9	0,0977	1,110
50	92,6	0,1258	1,093

55	118,0	0,1605	1,076
60	149,4	0,2031	1,060
65	187,5	0,2550	1,044
70	233,7	0,3178	1,029
75	289,1	0,3931	1,014
80	355,1	0,4829	1,000
85	433,6	0,5894	0,986
90	525,8	0,7149	0,973
95	633,0	0,8619	0,959
100	760,0	1,332	0,947

- Umiditatea relativă = raportul dintre masa vaporilor de masă  $m_v$  dintr-un volum de aer la presiunea  $p$  și la temperatura  $t$  și masa vaporilor de apă  $m_{vs}$  conținuți în același volum saturat de vapori la aceeași temperatură.
- Presiunea parțială = presiunea pe care ar exercita-o un component dintr-un amestec de gaze, dacă ar ocupa singur, la aceeași temperatură, volumul amestecului (simbol  $p_v$ ).
- Presiunea de saturație a vaporilor ( $p_s$ ) reprezintă presiunea parțială a vaporilor de apă din aerul saturat.

Umiditatea relativă se determină astfel:

- Prima dată tabelar (tabelul 5.1) în funcție de temperatura uscată și diferența de temperatură.
- A doua metodă este metoda analitică:

Presiunea de saturație se determină conform formulei pentru temperatura uscată  $t_{us} > 0$  °C sau din tabelul 5.2:

$$p'_{vs} = 1,40974 \times 10^{10} \times e^{\frac{-3928,5}{t_{us} + 231,667}} \quad [Pa] \quad (5.2)$$

$B=101330$  Pa

$C=0.0007$  conform vitezei de 2,5 m/s și tabelului 5.3

**Tabel 5.3**

Viteza aerului [m/s]	0,13	0,2	0,4	0,8	2,5	4,0
Constanta C	0,0013	0,0011	0,0009	0,0008	0,0007	0,00067

$$P_v = p_{vs}' - C \times B \times (t_{us} - t_{um}) \quad [Pa] \quad (5.3)$$

$$\varphi = \frac{P_v}{P'_{vs}} \times 100 \% \quad (5.4)$$

- A treia metodă este din diagrama i-x din figura 5.3

Din punctul temperaturii umede de pe abscisă se pleacă orizontal până se intersectează cu curba de saturație și se urcă în sus paralel cu dreptele de entalpie până la intersecția cu temperatura uscată și rezultă umiditatea relativă.

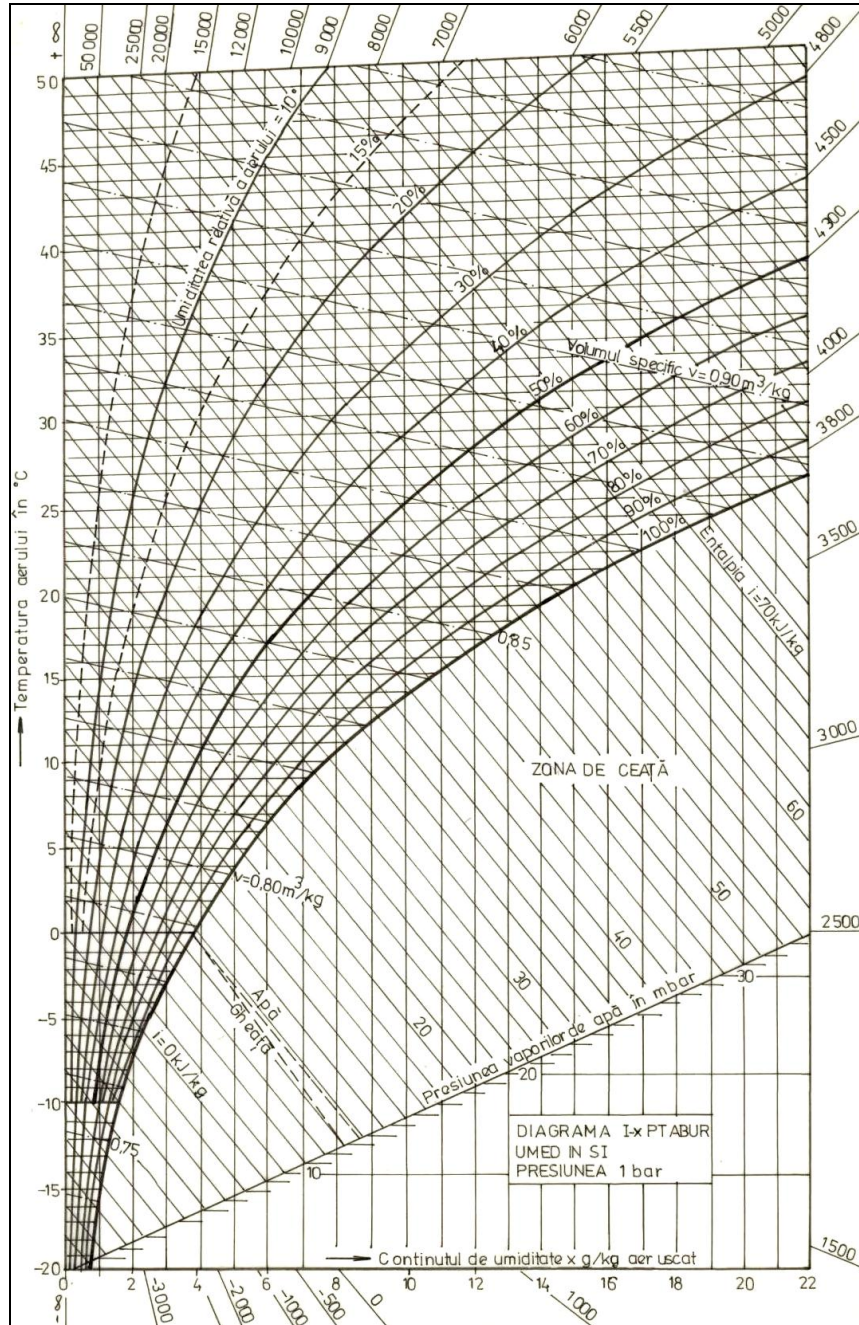


Fig.5.3 Diagrama i-x



Lucrarea nr.6

**SISTEMUL DE CLIMATIZARE CU VOLUM REFRIGERANT VARIABIL**

**6.1.PRINCIPIUL DE BAZĂ AL UNUI SISTEM VRV**

Sistemul VRV ( Volum de agent frigorific variabil ) este un sistem de răcire - încălzire cu detentă directă (se face transferul de căldură direct) utilizând ca agent refrigerent freonul și are un timp de răspuns rapid.

Domeniul de funcționare a sistemului VRV în perioada de iarnă pentru încălzire este de la -15°C și aproximativ până la 15°C, iar în perioada de vară pentru răcire este de la -5°C și aproximativ până la 43°C. Dacă instalația se află în afara acestui domeniu nu mai este rentabil. Schema de principiu este prezentată în figura 6.1 .

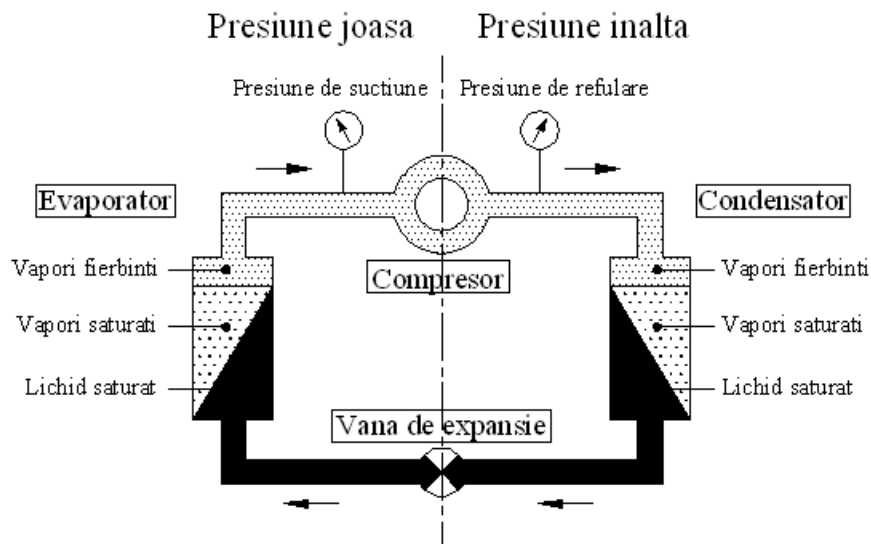


Fig.6.1 Schema de principiu al pompei de căldură

Sistemul este format din următoarele componente :

1. **Compressor** care acționează ca o pompă ce permite circulația agentului frigorific în circuitul de răcire - încălzire . Vaporii de agent frigorific cu temperatură și presiune coborâte se evaporă în vaporizator și sunt comprimați până la presiunea la care agentul frigorific poate fi ușor lichefiat în condensator.
2. **Condensator** care servește la transformarea agentului frigorific refulat de compresor din stare gazoasă în stare lichidă prin eliminarea căldurii. Se realizează o răcire al agentului frigorific.
3. **Vaporizatorul** răcește aerul sau apa prin vaporizarea agentului frigorific. Agentul frigorific ieșit sub presiune din ventilul de laminare (tub capilar) se evaporă trecând prin vaporizator absorbind căldura de la aer sau apă. La ieșirea din vaporizator agentul frigorific se transformă în vapori de joasă presiune și temperatură.

4. **Vană de expansiune termostatică** menținerea unui grad constant de supraîncălzire pe aspirație la ieșirea din vaporizator
  5. **Rezervorul de lichid** se găsește între condensator și ventilul de laminare și conține temporar agentul frigorific lichid înainte de a fi transmis către vaporizator.
  6. **Filtrul uscător** elimină umiditatea și particulele infime de corpi străini din agentul frigorific în cursul funcționării.
  7. **Acumulatorul de lichid** este instalat între vaporizator și compresor are rolul de a evita pătrunderea agentului frigorific lichid în compresor.
- Schema de principiu este prezentată în figura 6.2 .

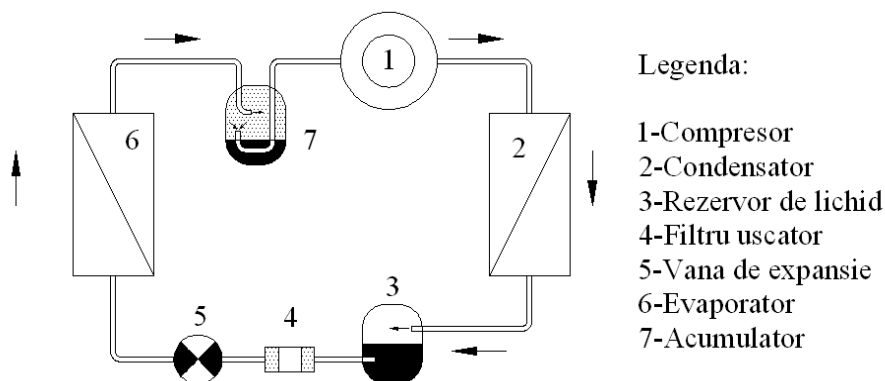


Fig.6.2 Schema de principiu al sistemului VRV

Deoarece pompa de căldură VRV are înglobat tehnologia INVERTER acest lucru îi oferă posibilitatea de a regla turația compresorului în funcție de necesități în acest fel se reduc costurile energetice. În figura 6.3 și 6.4 se prezintă unitatea exterioară și cele interioare, iar în figura 6.5 exemplu de răcire și încălzire a sistemului VRV.



Fig 6.3 Unitate exterioara VRV II



Unitate casetată de tavan FXYCP 25K



Unitate casetată de tavan FXYCP 63K

Fig.6.4 Unități interioare DAIKIN



Fig.6.5 Sistemul VRV pe parte de răcire și încălzire

În figura 6.6 se prezintă schema standului din laborator în care se identifică unitatea exterioară format din compresor Standard și Inverter, condensator, rezervor separator, filtru, vană de expansie, evaporator și rezervor de acumulare.

În cazul în care se dorește și încălzirea aerului în structura unității exterioare trebuie să se monteze o vană cu patru căi. Astfel pompa de căldură va funcționa vara pe baza schemei descrise în figura 6.1 iar iarna circuitul se va inversa, adică condensatorul devine evaporator, iar evaporatorul condensator (figura 6.7).

Țevile de freon se vor izola pentru a nu permite formarea condensului și implicit pierderea din energia termică transportat de agentul frigorific.

Unitățile interioare FXYCP25K și FXYSP63K sunt dotate cu telecomenzi cu fir BRC1D517, fiind independente între ele.

Fiecare unitate interioară are conductă de evacuare a condensului cu o anumită pantă de montaj. Evacuarea se face natural sau forțat cu o pompă integrată în unitatea interioară. La tipul FXYCP25K se poate regla și direcția de bătaie a jetului de aer de la 0 la 90° respectiv temperatura de refulare și turația ventilatorului din telecomandă. Se pot monta pentru admisia de aer proaspăt, tubulatură iar în unitatea interioară se face amestecul cu cel recirculat oferind astfel o mai bună calitate a aerului.

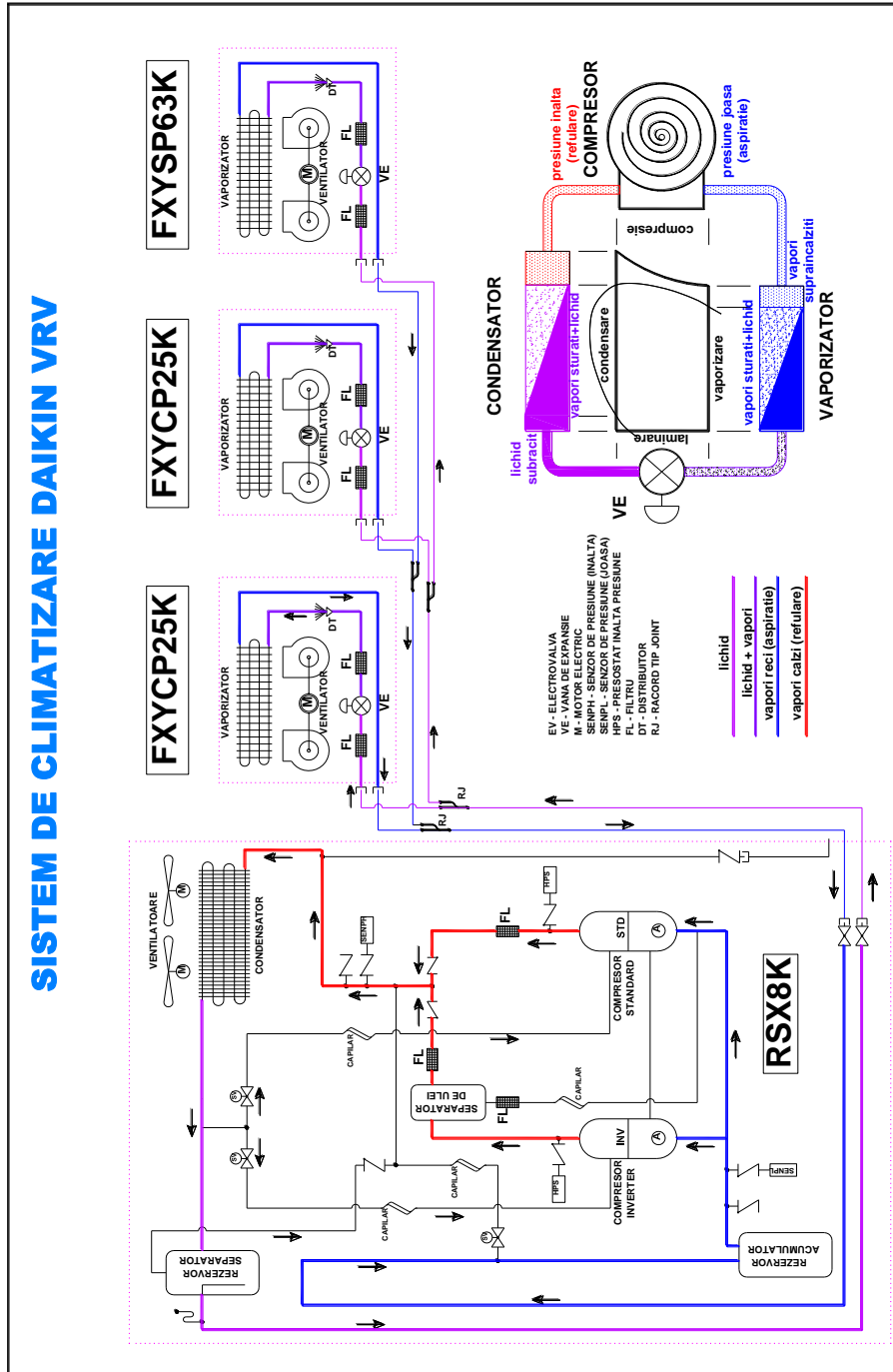
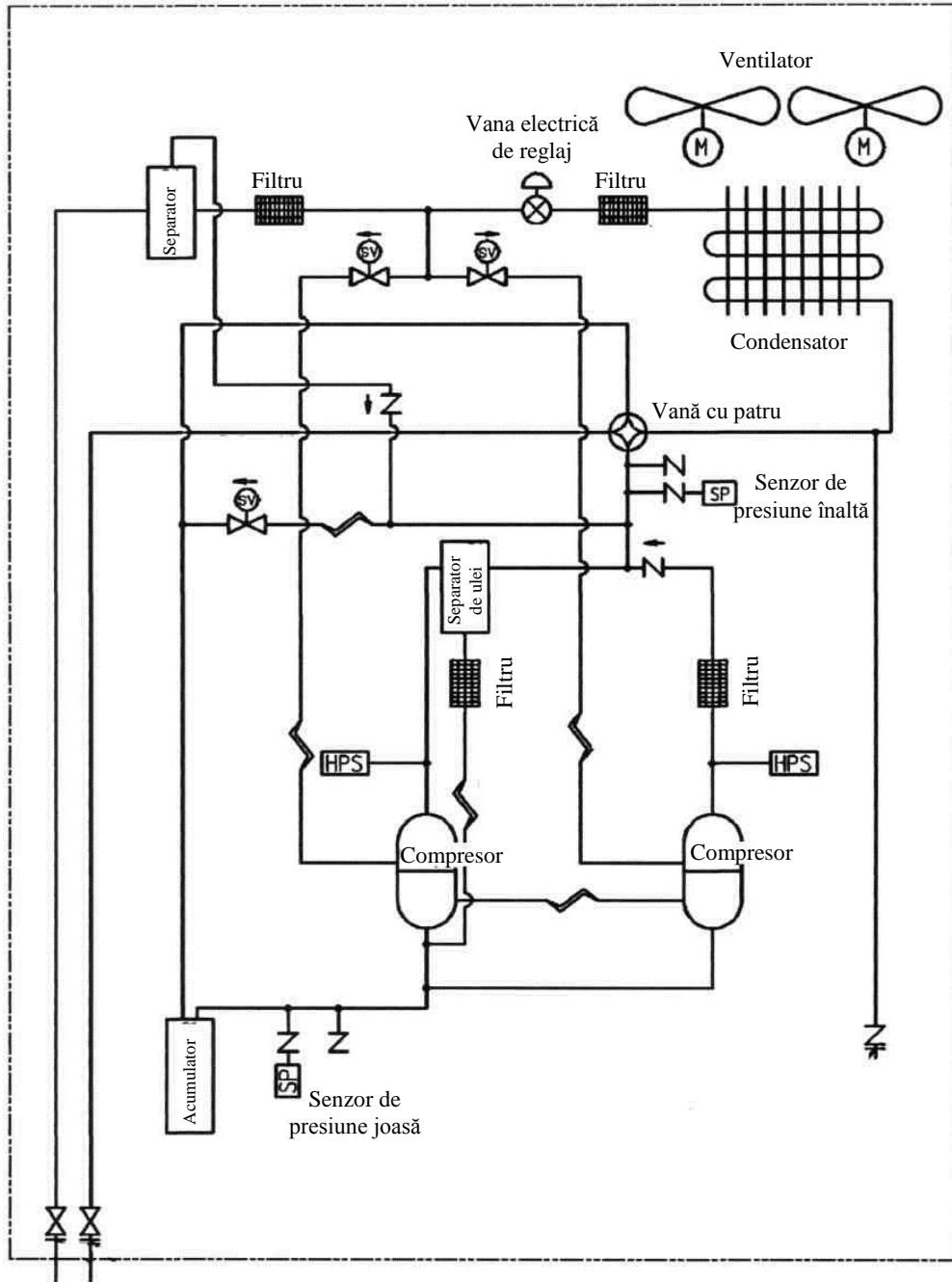


Fig.6.6 Schema sistemului VRV pe parte de răcire



Spre unitatea  
interioară

Fig.6.7 Schema sistemului VRV pompă de căldură

Lucrarea nr.7

**URMĂRIREA PARAMETRIILOR FUNCȚIONALI AI SISTEMULUI VRV  
PRIN DISPOZITIVUL DE TELECOMANDĂ**

**7.1.TELECOMANDA BRC1D517**

BRC1D517 este o telecomandă de ultimă oră care oferă un control deplin al instalației. În figura 7.1 și figura 7.2 se prezintă ecranul și panoul de comanda.

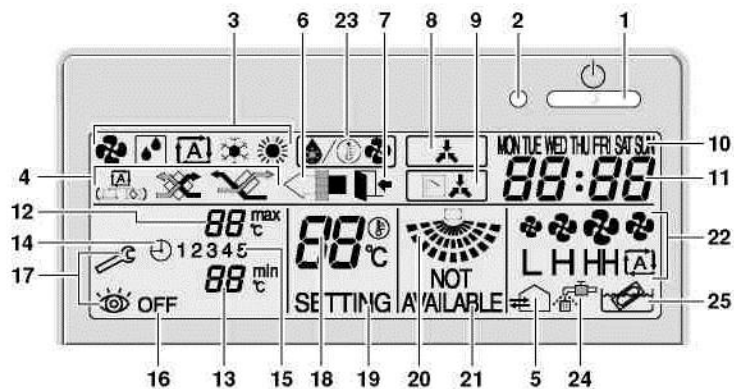


Fig.7.1 Ecranul de afișaj

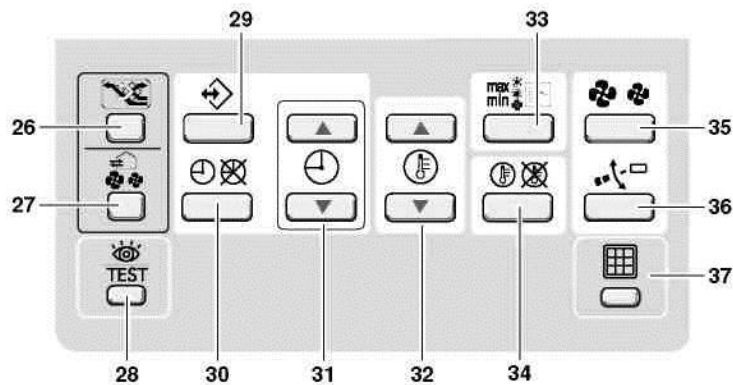


Fig.7.2 Panoul de telecomandă

Telecomanda are următoarele funcții:

1. Funcțiile telecomenzii de bază sunt:
  - a. ON/OFF ( cuplat / decuplat )
  - b. comutarea modului de funcționare

- c. reglarea temperaturii
- d. reglarea volumului de aer
- e. reglarea direcției fluxului de aer

2. Funcția Ceas

- a. ceas de 24 ore în timp real
- b. indicatorul zilei săptămânii

3. Funcția Temporizator de program

- a. pentru fiecare zi a săptămânii pot fi programate maxim 5 acțiuni (în total 35 acțiuni)
- b. temporizatorul de program poate fi activat / dezactivat în orice moment
- c. fiecare acțiune indică fie o operațiune de cuplare legată de o temperatură reglată, fie o funcționare între limite, fie o operațiune de decuplare
- d. "ultima comandă" anulează comanda anterioară până la următoarea comandă programată.


4. Funcționarea între limite

Funcționarea între limite asigură controlul cu termostat în interiorul domeniului reglat de temperatură minimă și maximă. Reglajul de temperatură minimă va declanșa încălzirea, reglajul de temperatură maximă va declanșa răcirea.

5. Plecat de acasă

Funcția "plecat de acasă" previne scăderea temperaturii încăperii când ocupanții lipsesc o perioadă mai lungă. Dacă temperatura încăperii scade sub 10°C, încălzirea este pornită automat. Imediat ce se atinge 15°C, telecomanda revine la starea sa originală.

## 7.2.DENUMIREA ȘI FUNCȚIA COMUTATOARELOR ȘI PICTOGRAMELOR

1 Butonul ON/OFF (cuplat / decuplat) 


Apăsați butonul ON/OFF (cuplat / decuplat) pentru a porni sau a opri sistemul.

2 Becul indicator al funcționării 

Becul indicator al funcționării se luminează în timpul exploatării sau clipește dacă survine o defecțiune.


3 Pictograma modului de funcționare 

Aceste pictograme indică modul curent de funcționare (Ventilator, Uscat, Automat, Răcire, Încălzire).


4 Pictograma modului de ventilare 

Aceste pictograme indică modul curent de ventilare (numai HRV) (Automat, Schimb de căldură, Ocolire).



5 Pictograma ventilării 

Pictograma ventilării apare când ventilarea este reglată cu butonul de grad de ventilare ( numai HRV ). Simultan, gradul de ventilare este indicat de pictograma turației ventilatorului ( a se vedea 22).

6 Pictograma curățării aerului 

Această pictograma indică faptul că unitatea (opțiunea) de curățare a aerului este operațională.


7 Pictograma plecat de acasă 

Pictograma plecat de acasă prezintă situația funcției plecat de acasă.

ON (cuplat)	Plecat de acasă este cuplată
INTERMITENT	Plecat de acasă este activată
OFF (decuplat)	Plecat de acasă este dezactivată

8 Pictograma controlului extern 

Această pictogramă indică faptul că o altă telecomandă cu prioritate superioară controlează sau decuplează instalația curentă.

9 Pictograma comutării sub control centralizat 

Această pictograma indică faptul că comutarea instalației este sub control centralizat atribuit unei alte unități interioare sau unui selector opțional răcire / încălzire racordat la unitatea exterioară (telecomanda principală).

10 Indicatorul zilei săptămânii 

Indicatorul zilei săptămânii prezintă ziua curentă a săptămânii (sau ziua fixată la citirea sau programarea temporizatorului de program).

11 Afișajul ceasului **88:88**


Afișajul ceasului indică ora curentă (sau ora acțiunii la citirea sau programarea temporizatorului de program).

12 Temperatura maximă fixată **88<sup>max</sup> °C**

Temperatura maximă fixată indică temperatura indică temperatura maximă fixată în timpul funcționării între limite.

13 Temperatura minimă fixată **88<sup>min</sup> °C**

Temperatura minimă fixată indică temperatura indică temperatura minimă fixată în timpul funcționării între limite.

14 Pictograma temporizatorului de program 

Această pictogramă indică faptul că temporizatorul de program este cuplat.

15 Pictograme de acțiuni **1 2 3 4 5**

Aceste pictograme indică acțiunile pentru fiecare zi a temporizatorului de program.

16 Pictograma decuplat **OFF**

Această pictograma indică faptul este selectată acțiunea OFF (decuplat) când se programează temporizatorul de program.

17 Inspecție necesară 


Aceste pictograme indică necesitatea inspecției.

18 Afișajul temperaturii fixate 


Acesta indică temperatura fixată curentă a instalației (neindicat în funcționarea între LIMITE sau în modul VENTILATOR sau USCAT).

19 REGLAJ **SETTING**


Nu este folosit, numai în scopuri de deservire.

20 Pictograma direcției fluxului de aer 


Această pictograma indică direcția fluxului de aer (numai pentru instalațiile cu clapete de aer motorizate).

21 Nedisponibil 


NOT AVAILABLE este afișată ori de câte ori este abordată o opțiune neinstalată sau o funcție nu este disponibilă.

22 Pictograma turației ventilatorului 


Această pictogramă indică turația fixată a ventilatorului.

23 Pictograma modului de Dezghețare / Pornire la cald 


Această pictogramă indică faptul că modul de dezghețare / pornire la cald este activ.

24 Pictograma timpului de curățare a filtrului de aer 


Această pictogramă indică faptul că filtrul de aer trebuie curățat. Consultați manualul unității interioare.

25 Pictograma timpului de curățare a elementului 


Această pictogramă indică faptul că elementul trebuie curățat (numai HRV).

26 Butonul de comutare a modului de ventilare 


Butonul de comutare a modului de ventilare acționează HRV; consultați manualul HRV pentru detalii suplimentare.

27 Butonul de grad de ventilare 

Acest buton reglează gradul de ventilare; consultați manualul HRV pentru detalii suplimentare.

28 Buton de inspecție / probă de funcționare 


Nu este folosit, numai în scopuri de deservire.

29 Buton de programare 

Acest buton este unul multifuncțional. În funcție de manevrele anterioare ale utilizatorului, butonul de programare poate avea diferite funcții.

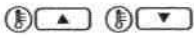
30 Butonul temporizatorului de program 

Acest buton cuplează sau decuplează temporizatorul de program.


31 Butonul de reglare a timpului 

Aceste butoanele sunt utilizate pentru a potrivi ceasul sau, când sunt în modul de

programare, pentru a potrivi ora acțiunii programate. Ambele butoane au o funcție de repetare automată.

32 Butoanele de reglare a temperaturii 

Aceste butoane sunt utilizate pentru a regla valoarea de referință curentă sau, pentru a regla temperatura de referință programată în modul de programare (treaptă = 1°C). Ambele butoane sunt de asemenea utilizate pentru a potrivi ziua săptămânii.


33 Butonul de schimbare a funcționării Min/Max 


Acest buton este unul multifuncțional. În funcție de manevrele anterioare ale utilizatorului, el poate avea următoarele funcții:

1. Selectarea modului de funcționare al instalației (Ventilator, Uscat, Automat, Răcire, Încălzire).
2. Comutarea între temperatura minimă și temperatura maximă în timpul funcționării între limite

34 Butonul de valoare de Referință / Limită 


Acest buton comută între valoarea de referință, funcționarea între limite sau OFF (numai modul de programare).

35 Butonul de turație a ventilatorului 


Acest comută între L (redus), H (înalt), HH (foarte înalt),  Automat

36 Butonul de reglare a direcției fluxului de aer 


Acest buton oferă posibilitatea de a regla direcția fluxului de aer.

37 Butonul de resetare a pictogramei timpului de curățare a filtrului de aer Acest buton este utilizat pentru a reseta pictograma timpului de curățare a filtrului de aer. 


### 7.3.DESCRIEREA MODURILOR DE FUNCȚIONARE

1. Funcționarea în mod ventilator 


În această mod, aerul doar circulă fără încălzire sau răcire.

2. Funcționarea în mod de uscare 


În acest mod, umiditatea aerului va fi redusă cu o reducere minimă a temperaturii. Temperatura și turația ventilatorului sunt controlate automat și nu pot fi controlate de telecomandă. Exploatarea în mod de uscare nu va fi funcționa dacă temperatura din încăperea este prea joasă.

3. Funcționarea automată 

În acest mod, telecomanda va comuta automat între încălzire și răcire după cum cer temperatura de referință sau cea limită.

4. Funcționarea în mod de Răcire 


În acest mod, răcirea va fi activată după cum cer temperatura de referință sau cea limită.

5. Funcționarea în mod de Încălzire 


În acest mod, încălzirea va fi activată după cum cere temperatura de referință sau cea

limită.

#### Pornirea la cald (numai pentru tipurile cu pompă termică)


La începerea funcționării în mod de încălzire, ventilatorul din interior este oprit până se atinge o anumită temperatură a schimbătorului de căldură din interior și se afișează . Aceasta împiedică ieșirea aerului rece din unitatea interioară.

#### Dezghetarea (numai pentru tipurile cu pompă termică)

La funcționarea în mod de încălzire, poate surveni înghețarea schimbătorului de căldură din exterior. În acest caz, capacitatea de încălzire a sistemului scade și sistemul intră în modul de dezghetare. Ventilatorul unității interioare se oprește și se afișează . După maxim 10 minute de mod de dezghetare, sistemul revine la funcționarea în mod de încălzire.

6. Funcționarea între limite  $t^{\max}$  și  $t^{\min}$ .



Funcționarea între limite este un mod suplimentar care permite menținerea temperaturii din încăperea în interiorul anumitor limite. Pictogramele  $t^{\max}$  și  $t^{\min}$  sunt afișate pentru a confirma activarea funcționării între limite.






7. Plecat de acasă .


Plecat de acasă este o dotare care permite menținerea temperaturii încăperii peste 10°C când ocupanții sunt plecați. Această funcție va cupla încălzirea dacă instalația este decuplată.




## 7.4.EXPLOATAREA

### EXPLOATAREA MANUALĂ

În exploatarea manuală, utilizatorul decide asupra reglajelor instalației. Ultimul reglaj rămâne activ până când utilizatorul îl schimbă. Întrucât telecomanda poate fi aplicată pentru o largă varietate de instalații și dotări, se poate întâmpla să selectați o funcție care nu este disponibilă. În acest caz apare mesajul  NOT AVAILABLE. Utilizați butonul  pentru a selecta modul de funcționare dorit.





	Funcționarea în mod ventilator
	Funcționarea în mod de uscare
	Funcționarea automată
	Funcționarea în mod de răcire
	Funcționarea în mod de încălzire

Apăsați butonul  pentru a comuta între funcționarea în limite și operațiunile enumerate mai sus.

La funcționarea între limite utilizați butonul  pentru a selecta reglajele de temperatură minimă și maximă. Utilizați butoanele  și  pentru a fixa valorile temperaturii minime și maxime.




### 1. Funcționarea în mod ventilator

Parametri reglabili de către utilizator:

- Turația ventilatorului, utilizați butonul 
- Reglarea direcției fluxului de aer, utilizați butonul 
- Modul de ventilare, utilizați butonul 
- Gradul de ventilare, utilizați butonul 







### 2. Funcționarea în mod de uscare

Parametri reglabili de către utilizator:

- Reglarea direcției fluxului de aer, utilizați butonul 
- Modul de ventilare, utilizați butonul 
- Gradul de ventilare, utilizați butonul 







### 3. Funcționarea automată

Parametri reglabili de către utilizator:



- Temperatura de referință, utilizați butoanele  și 
- Turația ventilatorului, utilizați butonul 
- Reglarea direcției fluxului de aer, utilizați butonul 
- Modul de ventilare, utilizați butonul 
- Gradul de ventilare, utilizați butonul 





### 4. Funcționarea în mod de răcire

Parametri reglabili de către utilizator:





- Temperatura de referință, utilizați butoanele  și 
- Turația ventilatorului, utilizați butonul 
- Reglarea direcției fluxului de aer, utilizați butonul 
- Modul de ventilare, utilizați butonul 
- Gradul de ventilare, utilizați butonul 

### 5. Funcționarea în mod de încălzire

- Temperatura de referință, utilizați butoanele  și 

- Turația ventilatorului, utilizați butonul 
- Reglarea direcției fluxului de aer, utilizați butonul 
- Modul de ventilare, utilizați butonul 
- Gradul de ventilare, utilizați butonul 


## 6. Funcționarea între limite

- Turația ventilatorului, utilizați butonul 
- Reglarea direcției fluxului de aer, utilizați butonul 
- Modul de ventilare, utilizați butonul 
- Gradul de ventilare, utilizați butonul 





## 7.5.DOTĂRI SUPLIMENTARE ALE TELECOMENZII

### 1. Plecat de acasă

Apăsați simultan butoanele  și  pentru a activa funcția LEAVE HOME (plecat de acasă).

Butonul  trebuie să fie decuplat pentru a asigura pornirea funcției de **Plecat de acasă**.


### 2. Reglarea direcției fluxului de aer



Utilizați butonul  pentru a regla direcția fluxului de aer. Apăsați butonul pentru a comuta direcția fixă sau variabilă a fluxului de aer. Utilizați pictograma  pentru a stabili direcția fixată a fluxului de aer apăsând butonul  când pictograma  indică direcția dorită.

### 3. Temporizatorul de program

La funcționarea cu temporizatorul de program, instalația este controlată și de temporizatorul de program. Acțiunile programate cu temporizatorul de program vor fi executate automat.

Temporizatorul de program execută totdeauna ultima comandă; aceasta înseamnă că utilizatorul poate anula ultima acțiune programată executată.

Utilizați butonul  pentru a activa sau dezactiva temporizatorul de program.

Temporizatorul de program este activat când pictograma  este vizibilă. Numai butonul  anulează temporizatorul de program până la următoarea acțiune programată.

Temporizatorul de program are următoarele funcții:

1. Cuplarea instalației la un timp programat, în combinație cu a valoare de referință (control exact al temperaturii)

2. Decuplarea instalației (încetarea controlului)
  3. Cuplarea instalației la un timp programat, în funcționarea între limite
- Temporizatorul poate accepta maxim 5 comenzi pe zi și până la 35 de acțiuni pe o săptămână.


Temporizatorul nu realizează:





- controlul turației ventilatorului
- controlul direcției fluxului de aer
- controlul modului de ventilare
- controlul gradului de ventilare





## 7.6.APLICAȚIE CONFIGURAREA TELECOMENZII


După instalarea inițială, utilizatorul poate potrivi ceasul și ziua săptămânii. Telecomanda este echipată cu un temporizator de program care permite utilizatorului să exploateze instalația automat; pentru a se putea utiliza temporizatorul de program sunt necesare potrivirea ceasului și zilei săptămânii.

### Funcția de reglaj al ceasului

Țineți apăsat butonul  timp de 8 secunde. Afișajul ceasului și indicatorul zilei săptămânii vor clipi, ambele pot fi acum reglate.







Utilizați butoanele  și  pentru a potrivi ceasul. Fiecare apăsare a butonului de reglare a timpului va mări / reduce timpul cu 1 minut. Ținând apăsat butonul  sau  se va mări respectiv reduce timpul cu 10 minute.

Utilizați butoanele  și  pentru a potrivi zilele săptămânii. Fiecare apăsare a butoanelor  sau  va fi afișat ziua următoare sau cea anterioară.



Apăsați butonul  pentru a confirma ora și ziua curentă fixată.


Dacă telecomanda, cu citirea ceasului și zilei săptămânii clipind, este lăsată neatinsă timp de 5 minute, ceasul și ziua săptămânii vor reveni la reglajele lor anterioare; funcția de reglaj al ceasului nu mai este activă.


### Programarea temporizatorului



- Apăsați butonul  și țineți apăsat  timp de 8 secunde pentru a lansa modul de trecere în revistă după care apare pictograma  clipind. Prin apăsarea scurtă a tastei  ambele pictograme  și  vor clipi și apare prima programare cu temperatura, durata acțiuni, OFF sau temperatura minimă sau maximă.


Presupunând că ziua de Luni au fost programate 5 acțiuni va fi nevoie de 5 apăsări pentru afișarea tuturor acțiunilor programate.


- Dacă se doresc mai puține acțiuni pe ziua respectivă se ține apăsat butonul  până când se sare la ziua următoare. Programarea se sfârșește prin apăsarea butonului  până când indicatorul zilei săptămânii afișează ziua curentă (fără să clipească).





Pentru ca programarea să fie activă trebuie să apară pe display icoana. În caz că nu este afișat se apasă .




Continuați să apăsați butonul  până când indicatorul zilei săptămânii afișează ziua curentă (fără să clipească), ați terminat acum trecerea în revistă.




- În cazul în care acțiunile din ziua programată curent corespund cu ziua ce urmează se pot copia acțiunile respective prin combinația de taste apăstate simultan  și  timp de 8 secunde.

Pentru editarea unei zile se ține apăsat 8 secunde butonul . Acest lucru este valabil doar dacă vă aflați în modul de programare.

- Pentru a șterge una sau mai multe acțiuni asigurați-vă că nu sunteți în modul de programare. Dacă este necesar apăsați butonul  pentru a părăsi modul program.

Treceți la acțiunile programate utilizând butonul , selectați ziua pe care doriți să o editați. Apăsați butonul  timp de 8 secunde; modul de program este activat, pictograma  și acțiunea respectivă clipește. Selectați "ultima acțiune" pe care doriți să o păstrați utilizând butonul . Toate acțiunile superioare vor fi șterse.

Confirmați ștergerea apăsând butonul  timp de 8 secunde sau confirmați ștergerea pentru ziua curentă și cea următoare apăsând simultan butoanele  și  timp de 8 secunde.

- Pentru ștergerea tuturor acțiunilor asigurați-vă că ați părăsit programul. Apăsați simultan butoanele  și  timp de 8 secunde. Pictograma  va dispărea confirmând ștergerea.



Lucrarea nr. 8

DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A VARIĂȚIEI PRESIUNILOR IN CANALELE DE AER

8.1.NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Canalele de aer permit transportul aerului proaspăt sau tratat spre încăperile ventilate și evacuarea în exterior a aerului viciat.

Într-un canal de aer racordat la refularea unui ventilator se creează o suprapresiune, care variază de-a lungul acestuia în funcție de pierderile de presiune. Presiunea aerului într-o secțiune a canalului de aer se definește prin :

$$P_t = P_s + P_d \tag{8.1}$$

**Presiunea statică ( $p_s$ )**, corespunzătoare energiei potențiale, este presiunea exercitată în masa de fluid, în mod egal și după direcții perpendiculare pe direcția de curgere.

Prin deschiderile practicate în pereții unei conducte, aerul din mediul ambiant pătrunde în conductă dacă presiunea statică a fluidului care curge este negativă.

Presiunea statică poate fi pozitivă sau negativă. Fluidul va ieși în mediul ambiant, dacă presiunea statică este pozitivă.

**Presiunea dinamică ( $p_d$ )**, corespunzătoare presiunii cinetice, este acea presiune care împusă fluidului îl scoate din starea de repaus și întreține mișcarea cu viteza  $v$  și se exercită numai în sensul de mișcare a curentului de fluid.

Întrucât presiunea statică se exercită în mod egal după direcții perpendiculare pe direcția de curgere, ea poate fi măsurată, prin intermediul prizelor de presiune statică (orificii) practicate în perețele conductei și racordate la micromanometre figura 8.1 .

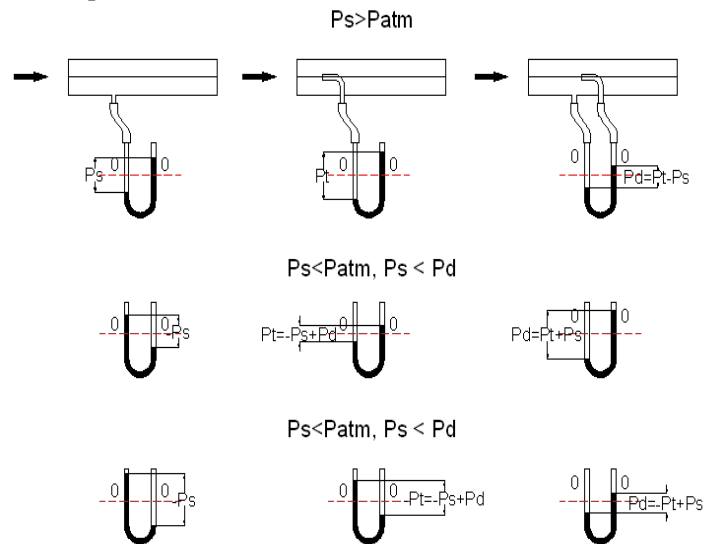


Fig.8.1 Măsurarea presiunilor fluidului care curge într-o conductă

Determinarea presiunii dinamice se face în funcție de viteza aerului în canal, pe baza cunoașterii debitului de aer, care circulă printr-o secțiune cunoscută. Presiunea dinamică nu poate fi măsurată direct, deoarece, oriunde s-ar plasa o sondă de presiune, aceasta ar prelua și presiunea statică care se exercită în toată masa de fluid.

Pierderile de presiune la curgerea aerului printr-un canal, reprezintă suma dintre pierderile de presiune prin frecare de-a lungul canalului și pierderile locale produse în zonele cu schimbări de secțiuni, de direcție de curgere.

Pierderile de presiune care se produc între două secțiuni oarecare 1 și 2 ale unei conducte, se pot defini pe baza ecuației lui Bernoulli în cazul curgerii reale, conform expresiei :

$$P_{d1} + P_{s1} = P_{d2} + P_{s2} + \Delta P_{12} \quad (8.2)$$

sau

$$\rho_1 \frac{v_1^2}{2} + P_{s1} = \rho_2 \frac{v_2^2}{2} + P_{s2} + \Delta P_{12} \quad (8.3)$$

În instalațiile de ventilare, din cauza variațiilor mici ale presiunii de-a lungul canalului de aer, densitatea aerului nu variază mult și deci se poate considera  $\rho_1 \cong \rho_2$ .

În cazul unui canal de secțiune constantă, când  $A_1 = A_2$  și  $v_1 = v_2$  rezultă conform ecuației 8.3 că:

$$\Delta p_{12} = p_{s1} - p_{s2} \quad (8.4)$$

Deci într-un canal de aer cu secțiunea constantă, pierderile de presiune afectează numai presiunea statică.

În cazul unui canal de secțiune variabilă  $A_1 \neq A_2$  și  $v_1 \neq v_2$ , pierderea de presiune va fi :

$$\Delta P_{12} = P_{s1} - P_{s2} + \rho \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2} \quad (8.5)$$

În fig.8.2 se reprezintă diagrama de variație a presiunilor într-un canal de aer, având trasee cu secțiune constantă și tronsoane cu secțiune variabilă.

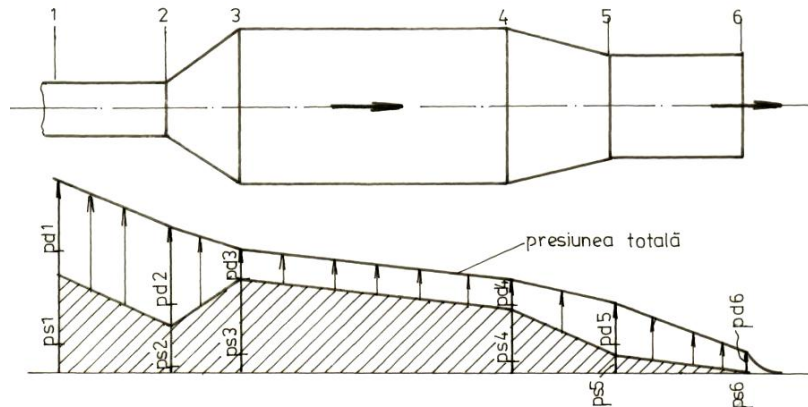


Fig. 8.2 Variația presiunilor la curgerea aerului prin canal

Pierderi de presiune în tubulaturile circulare sunt măsurate în sistemul tehnic. În figura 8.3 este prezentată diagrama de pierderi de presiuni lineare pentru conducta rotundă tip SPIRO.

Pentru a nu apare pierderi mari de presiune în sistem se recomandă dimensionarea tubulaturilor în funcție de vitezele recomandate de normativul I5-98. Valorile vitezelor sunt prezentate în tabelul 8.1 .

**Tabel 8.1**

Tipul canalului	Viteza aerului în m/s	
	Clădiri civile , social-culturale	Clădiri industriale
Priză de aer	3-4	4-6
Canalul prizei de aer	4-6	6-8
Canalul principal	5-8	8-12
Canalul secundar	3-5	5-8
Ramificații	1-3	3-5
Guri aspirație	2-3	3-5

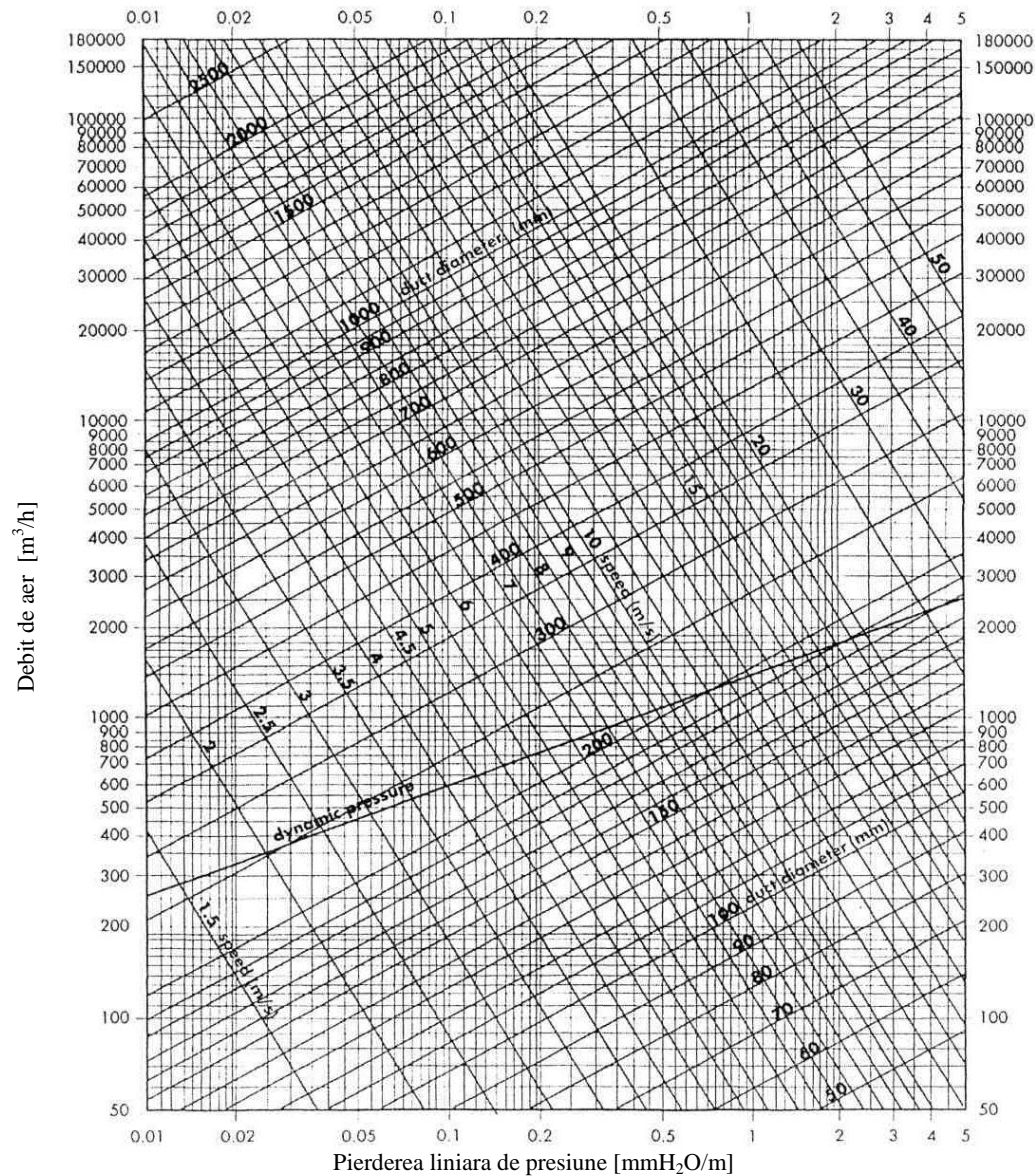


Fig. 8.3 Diagrama de pierderi de presiuni liniare

## 8.2.PREZENTAREA STANDULUI

Instalația experimentală (figura 8.4) cuprinde o centrală de tratare a aerului GEA AT-Plus 10.10 formată dintr-un ventilator centrifugal de tip C-L cu debitul de  $2700 \text{ m}^3/\text{h}$  cu pierderea presiunii maxime de  $250 \text{ Pa}$ , filtru fin clasa F5, baterie de încălzire și un canal de aer cu secțiune variabilă, de formă circulară. În tubulatură sunt

intercalate: atenuator de zgomot, clapetă de reglare, clapetă de închidere și o serie de piese speciale: confuzoare, difuzoare, coturi, teuri și guri de refulare .

Pe pereții canalului de aer sunt prevăzute prize pentru măsurarea presiunii statice, care prin demontare permit introducerea sondei de măsurare a umidității relative, temperaturi, vitezei și a debitului de aer sau a tubului Prandtl – Pitot cu măsurarea directă a presiuni statice și totale. În urma măsurărilor se vor verifica căderile de presiune pe clapete, atenuatorul de zgomot, coturi și teuri.

Durata unei citiri cu multimetru Testo este de 10 secunde.

### **8.3.DESFĂȘURAREA LUCRĂRII**

Instalația experimentală fiind executată printr-o tehnologie de producție de serie, având dimensiunile comparabile cu instalațiile industriale, studenții vor preciza modul de confecționare, îmbinare și asamblare a elementelor componente. Se va identifica conform catalogului tipul de ventilator și elementele componente ale centralei.

Se va măsura debitul de aer cu multimetrul TESTO după clapeta CI, pentru a se vedea dacă aceasta este complet închisă.

În secțiunile de canal sunt prevăzute prize de măsurare în care se va introduce tubul Prandtl-Pitot și se va conecta la micrometrul Ascania sau micromanometrul U. Se măsoară presiunea statică. Pentru verificare se măsoară și presiunea dinamică.

Pentru determinarea debitului de aer vehiculat, se va măsura în tubulatura de aspirație viteza medie, pe baza a trei citiri în interiorul tubulaturii. Se vor efectua trei citiri: în poziție verticală, și înclinat la  $+30^\circ$  și  $-30^\circ$  a tubulaturii cu multimetrul TESTO. Cunoscând viteza medie la aspirație și mărimea secțiunii de aspirație se poate determina debitul de aer:

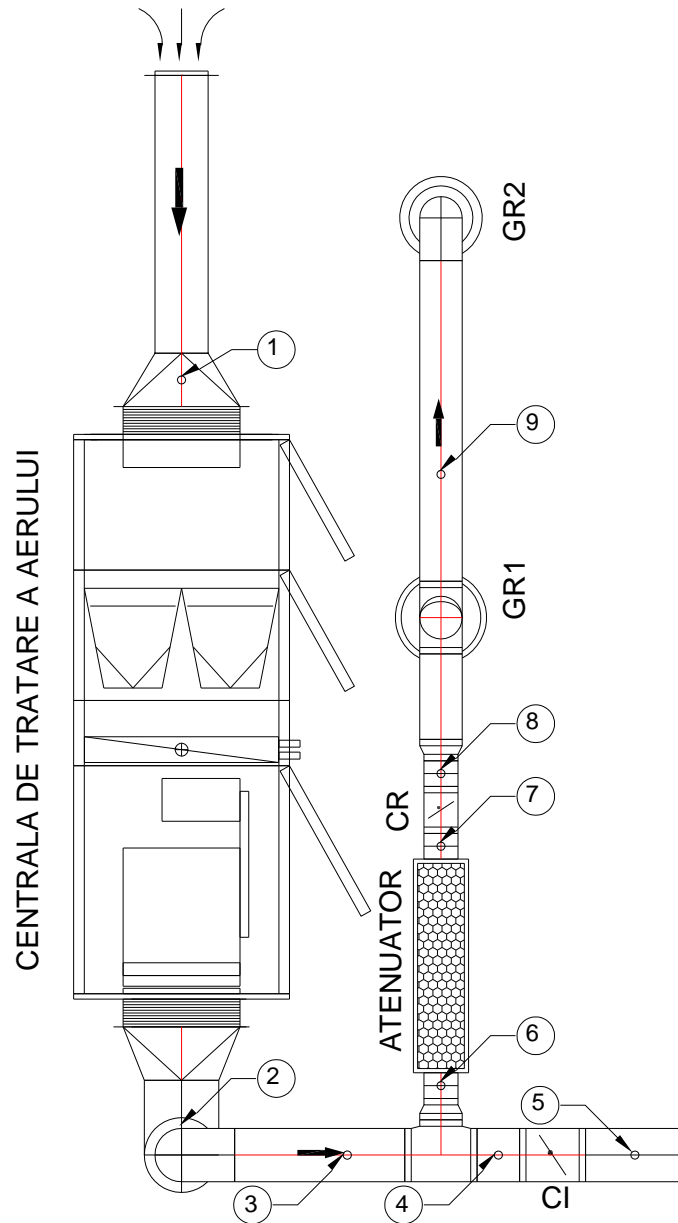


Fig.8.4 Centrala de tratare GEA AT- Plus 10.10 a aerului și prizele de presiune aferente

$$L = A_{asp} \times v_{masp} \quad [m^3/s] \quad (8.6)$$

$$v_{masp} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} \quad [m/s] \quad (8.7)$$

Se va întocmi o schemă de principiu a canalului și se vor preciza secțiunile tronsoanelor prevăzute cu prize de presiune.

**8.4.PRELUCRAREA REZULTATELOR MĂSURĂTORILOR**

a) Pentru determinarea variației presiunilor de-a lungul canalului de aer mărimile măsurate se trec în tabelul 8.2 .

**Tabel 8.2**

Regim, secțiune	Debitul	Psi	Ai	$v_i = \frac{L}{A_i}$	$P_{di} = \rho \frac{v_i^2}{2}$	$P_t = P_{si} + P_{di}$
	m <sup>3</sup> /h	[N/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[N/m <sup>2</sup> ]	[N/m <sup>2</sup> ]
1	2	3	4	5	6	7

Se va reprezenta într-un sistem de axe, având în abscisă distanța între secțiunile caracteristice și în ordonată presiunea statică și presiunea dinamică, variația presiunii totale de-a lungul canalului de aer.

b) Curba caracteristică a instalației, reprezintă variația pierderilor de presiune Δp în funcție de debitul de aer L care trece prin canal.

Pentru ridicarea caracteristicii instalației, se măsoară suprapresiunea statică în secțiunea de ieșire din ventilator, pentru un debit de aer.

Se calculează constanta instalației:  $C = \frac{P_s}{L^2}$  (8.8)

Dacă se dau valori diferite debitului, rezultă presiunile statice corespunzătoare aceleași constante C. Se reprezintă grafic  $p_s=f(L)$ , obținând o curbă (parabolă), dependentă de caracteristicile constructive ale canalului (fig. 8.5).

Se vor efectua măsurătorile pentru diferite poziții ale clapetei de reglare a debitului, obținând curbele caracteristice corespunzătoare diverselor constante C<sub>i</sub>.

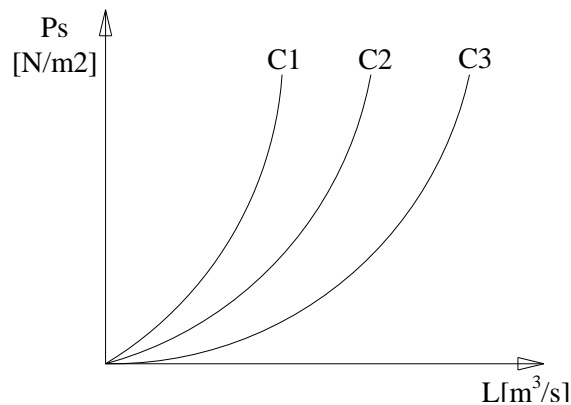


Fig.8.5 Curbe caracteristice ale instalației

## Lucrarea nr. 9

### DIMENSIONAREA AERAULICĂ ȘI ECHILIBRAREA CANALELOR DE AER CU RAMIFICAȚII

#### 9.1. NOȚIUNI INTRODUCATIVE

Prin dimensionarea conductelor de aer se înțelege dimensionarea tuturor tronsoanelor care alcătuiesc sistemul de conducte și stabilirea pierderilor de presiune în sistem. Valoarea acestei pierderi trebuie să fie mai mică sau egală cu presiunea dezvoltată de ventilator.

Pierderile totale de presiune în sistem reprezintă suma dintre rezistențele locale și cele liniare.

Canalele de aer trebuia dimensionate respectând următoarele reguli :

- a. Aerul trebuie condus pe drumul cel mai scurt posibil cu un număr minim de rezistențe;
- b. Dimensiunile conductelor de aer se stabilesc astfel încât să se obțină rezultatele dorite de viteză, debit și pierderi de presiune;  
Vitezele trebui să se încadreze în cele recomandate de normativul I5 prezentat în laboratorul nr.8;
- c. Forma conductelor se alege în funcție de spațiul disponibil, de posibilitatea de a se îngloba în structura spațiului și de condiții economice. Cele mai des folosite sunt cele rotunde SPIRO și cele rectangulare;  
**Important:** La cele rectangulare nu se recomandă depășirea raportului de 3:1;
- d. La alegerea ventilatorului se recomandă ca aceasta să fie supradimensionată cu un factor de siguranță;
- e. Tubulaturile nu trebuie să fie străbătute de țevi sau alte instalații care pot afecta funcționarea acestuia așa cum s-a prevăzut în proiect;
- f. În cazul în care se face și răcire este recomandat să se izoleze tubulatura pentru a nu se pierde sarcina de răcire a aerului și pentru a nu se produce condensul.  
Pentru dimensionarea instalației de ventilare trebuie cunoscut debitul de aer vehiculat care se determină fie din bilanțul termic fie în funcție de numărul de schimburi orare.

#### 9.2. PREZENTAREA STANDULUI

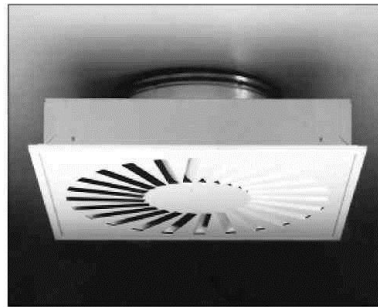
Instalația experimentală (figura 9.1) cuprinde o centrală de tratare a aerului GEA AT-Plus 10.10 formată dintr-un ventilator centrifugal de tip C-L cu debitul de 2700 m<sup>3</sup>/h cu pierderea presiunii maxime de 250 Pa, filtru fin clasa F5, baterie de încălzire și un canal de aer cu secțiune variabilă, de formă circulară cu clapete de închidere și reglaj, anemostate și grilă de ventilare. Centrala funcționează numai pe aer proaspăt fără recirculare și numai pe refulare.

Anemostatele și grila de ventilare sunt marca Lindab Comfort după cum urmează:

1. Anemostat RKD 200, 2. Anemostat FKD 200, 3. Anemostat CRL 200,
4. Anemostat PKA 200, 5. Anemostat LKA 200, 6. Grilă de ventilare RGS 625x125



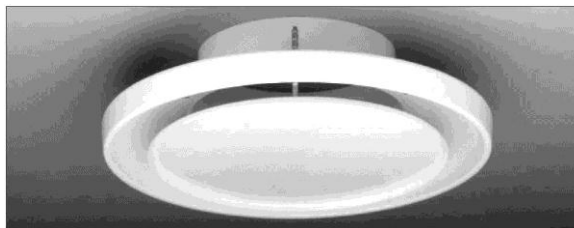
**1. Anemostat RKD 200**



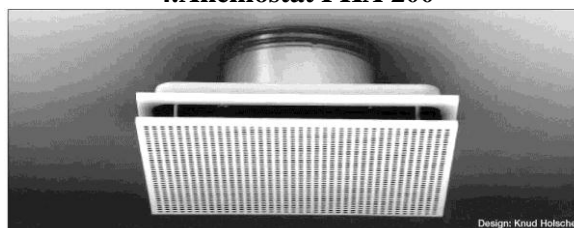
**2. Anemostat FKD 200**



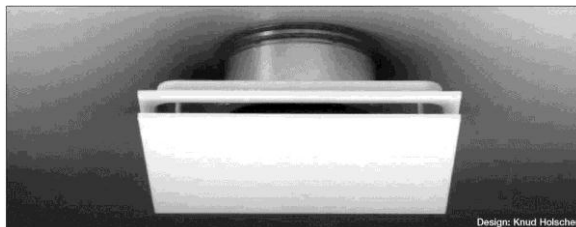
**3. Anemostat CRL 200**



**4. Anemostat PKA 200**



### 5. Anemostat LKA 200



### 6. Grilă de ventilare RGS 625x125



Datele tehnice și alegerea acestora se găsesc în anexa 4.

### 9.3. DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Se vor distribui anemostatele în funcție de bătaia jetului, debit și viteza în zona de lucru, pierderea de presiune pe anemostat, nivelul de zgomot și înălțimea de montare.

Acestea se găsesc în catalogul Lindab. Viteza în zona de lucru trebuie să fie cuprinsă între 0,2 și 0,3 [m/s].

Se stabilește punctul cel mai defavorizat din rețea și dimensionează ca și tronson principal până la centrală.

Acesta va fi tronsonul de referință iar ramificațiile se vor echilibra față de acestea.

Se numerotează punctele de ramificare și de capăt a rețelei în cazul nostru inclusiv grila de refulare RGS înainte și după acesta. Numerotarea se face începând cu traseul cu cea mai mare rezistență până la centrală iar apoi tronsoanele secundare de la anemostate la piesele de ramificare.

În acest mod se divizează rețeaua într-o succesiune de tronsoane, prin tronson înțelegându-se o porțiune de conductă parcurs de același debit și viteză a aerului.

Se va nota pe fiecare tronson debitul de aer, lungimea, viteza și dimensiunea.

Se trece la dimensionarea tubulaturii conform tabelului nr.9.1

Pentru dimensionarea tronsonului cel mai defavorizat se determină viteza aerului în tubulatură cu relația :

$$L = \frac{S}{V} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (9.1)$$

unde :

L- debitul de aer în [m<sup>3</sup>/s]

S- aria secțiunii transversale a tubulaturii în [m<sup>2</sup>]

$$S = \frac{\pi \times d_e^2}{4} \quad [\text{m}^2] \quad (9.2)$$

Se determină numărul Reynolds

$$\text{Re} = \frac{v \times d_e}{\nu} \quad (9.3)$$

$\nu$  -vâscozitatea cinematică a aerului la temperatura specificată [m<sup>2</sup>/s]  
 $d_e$ - diametrul echivalent

Diametrul echivalent în cazul tubulaturii rectangulare este :

$$d_e = 2 \times \frac{a \times b}{a + b} \quad [\text{m}] \quad (9.4)$$

Coefficientul de frecare  $\lambda$ :

$$\lambda = 0,0055 \times \left( 1 + 20000 \times \frac{k}{d_e} + \frac{1000000}{\text{Re}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (9.5)$$

$k$  - rugozitatea absolută a tubulaturii (pentru tabla zincată  $k = 0,15$  mm)

### Pierderi de presiune liniare

Pierdere liniară unitară:

$$i = \lambda \times \rho \times \frac{v^2}{2 \times d_{exg}} \quad [\text{mmH}_2\text{O}/\text{m}]$$

(9.6)

Pierdere liniară

$$H_{loc} = i \times l \quad [\text{mmH}_2\text{O}] \quad (9.7)$$

### Pierderi de presiune locale

1. Pierdere de presiune locală ale anemostatelor, grilelor, clapetelor, coturilor, teurilor, reducățiilor în cazul în care sunt precizate de firma producătoare  $\Delta P$ .

2. Pierderi de presiune locală

$$H_{loc} = \sum \xi \frac{v^2 \times \rho}{2 \times g} \quad [\text{mmH}_2\text{O}]$$

(9.8)

unde:

$\xi$ - rezistențe locale standardizate anexate la sfârșit

Presiunea disponibilă este presiunea de referință pentru tronsonul secundar.

Diferența dintre aceasta și presiunea rezultată în urma dimensionării nu trebuie să depășească 5%. În cazul în care acest lucru nu se poate realiza din schimbarea diametrelor atunci diferența de presiune se reglează din clapete.

Hlin + Hloc - Suma dintre pierderea liniară și totală pe tronsonul curent în mmH<sub>2</sub>O;

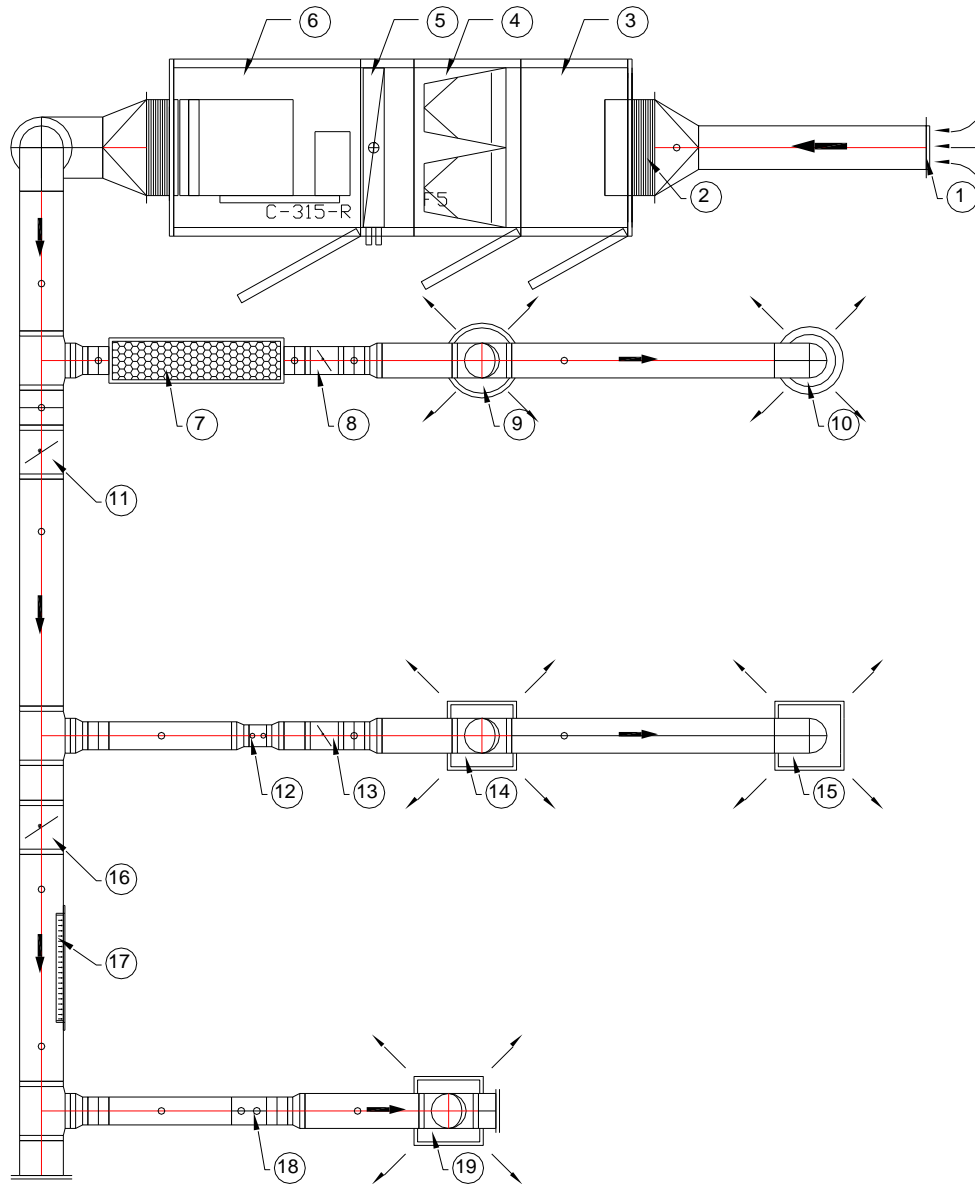


Fig.9.1 Standul experimental : 1-Priză de aer proaspăt;2- Clapetă de reglaj-închidere; 3- Element gol;4- Filtru tip sac F5;5- Baterie de încălzire;6- Ventilator centrifugal;7- Atenuator de zgomot;8 și 13- Clapetă de reglaj;

9- Anemostat FKD 200; 10- Anemostat CRL 200;11 și 16- Clapetă de închidere;12- Priză de presiune FMU;14- RKD 200;15- Anemostat PKA 200; 17- Grilă de refulare RGS;18- Priză de presiune FMDU;19- Anemostat LKA 200

$\sum (H_{loc} + H_{lin})$ - Suma dintre pierderea liniară și totală pe tronsonul anterior și cel curent în mmH<sub>2</sub>O.

Alegerea ventilatorului se face în funcție de pierderea totală de presiune

$\sum (H_{loc} + H_{lin})$  dar se supradimensionează cu un 10%.

Valorile calculate se vor introduce în tabelul 9.1 .



**Lucrarea nr. 10****REGLAREA LA PUNEREA ÎN FUNCȚIE A CANALELOR DE AER ÎN  
FUNCȚIE DE PARAMETRI DIN PROIECT****10.1.NOȚIUNI INTRODUCATIVE**

Un rol important îl are echilibrarea instalației cu ajutorul clapetelor de reglaj și alte dispozitive astfel încât instalația să funcționeze conform parametrilor din proiectare.

Metoda folosită la lucrarea de laborator este metoda proporțională, măsurându-se debitele de aer pe gurile de refulare sau ramificații și raportarea acestora la debitele de aer stabilite prin proiect. Pentru acest tip de reglare sunt admise următoarele toleranțe față de procentul de debit de aer proiectat:

- la echilibrarea gurilor de ventilare  $0 \div 10 \%$
- la echilibrarea ramificațiilor  $0 \div 5 \%$
- la reglarea debitului total de aer  $0 \div 5 \%$  ( din debitul total al ventilatorului )

Se definește procentul de debit ca raport între debitul măsurat și debitul stabilit în proiect:

$$P_d = \frac{L_{\text{măsurat}}}{L_{\text{proiect}}} \times 100 \quad \% \quad (10.1)$$

**10.2.PREZENTAREA STANDULUI**

Instalația experimentală (fig.9.1) din laboratorul anterior cuprinde o centrală de tratare a aerului GEA AT-Plus 10.10 formată dintr-un ventilator centrifugal de tip C-L cu debitul de  $2700 \text{ m}^3/\text{h}$  cu pierderea presiunii maxime de  $250 \text{ Pa}$ , filtru fin clasa F5, baterie de încălzire și un canal de aer cu secțiune variabilă, de formă circulară.

Pe pereții canalului de aer sunt prevăzute prize pentru măsurarea umidității relative, temperaturi, vitezei și a debitului de aer. În urma măsurărilor se vor verifica debitele pe fiecare gură de refulare și reglarea acestora cu clapetele de reglaj. Pe tronsoanele principale sunt clapete de închidere iar pe ramurile secundare sunt clapete de reglaj. Clapeta de închidere (fig 10.1 a) închide complet, în timp ce clapeta de reglaj (fig 10.1 b) la închiderea ei complete lasă să treacă un anumit debit de aer.



Clapetă de închidere



Clapetă de reglaj

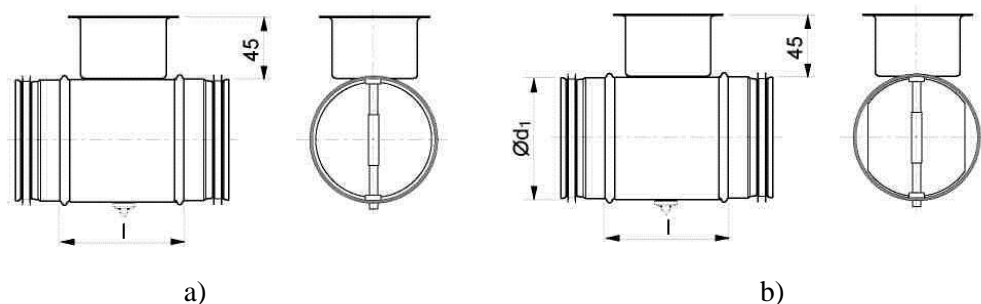


Fig 10.1 Dispozitive de reglare a debitului de aer: a) Clapetă de închidere;  
b) Clapetă de reglaj

Date tehnice despre dimensiune și pierderi de presiune ale părților componente ale instalației cum ar fi : coturi, teuri, clapete, atenuator, anemostate se găsesc în catalogul firmelor producătoare.

### 10.3.DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

#### a) Dimensionarea hidraulică

Se vor deschide toate clapetele și se vor identifica prizele de măsurare și se va măsura debitul în fiecare gură de refulare.

#### Reglarea gurilor

Reglarea unui grup de guri de aer se face independent pe ramuri, începând cu gura cea mai defavorizată (care are valoarea cea mai mare a procentului de debit  $P_d$ ).

Dacă gura cea mai defavorizată este plasată la capătul cel mai depărtat de ventilator procedeul decurge astfel:

- Se măsoară debitul gurii de capăt și se raportează la debitul proiectat stabilindu-se valoarea lui  $P_d$  de referință;
- Dacă  $P_d$  se află în toleranța admisă atunci se fixează poziția în definitivă clapeta de reglaj.
- În caz contrar se fac măsurători și reglări succesive până se ajunge la valoarea  $P_d$  de referință.
- După reglarea acestei guri se trece la reglarea gurii următoare

După reglarea gurilor de introducere a aerului se va măsura viteza aerului în zona de lucru, verificându-se ca aceasta să se încadreze în limitele admise.

#### Reglarea ramurilor tubulaturii de ventilare

Reglarea pe ramuri se face până când debitele de aer măsurate pe ramificații și comparate între ele se înscriu în toleranțele admise ale procentului  $P_d$ .



În timpul echilibrării ramificațiilor secundare, clapeta de pe ramificația secundară rămâne complet deschisă. După echilibrarea primei ramificații secundare, clapeta de pe ramificația secundară rămâne complet deschisă.

După echilibrarea primei ramificații secundare se trece la reglarea următoarelor ramificații și în continuare la echilibrarea ramurilor după aceeași metodă.

### Reglarea debitului total de aer

Reglarea debitului total de aer se face după reglarea debitelor de aer pe toate gurile de aer, ramificațiile și ramurile instalației de ventilare – climatizare. Valoarea totală a debitului de aer de pe ramura principală se determină prin măsurători sau prin însumarea debitelor de aer de pe ramificațiile secundare.

Reglarea se face în condițiile în care filtrele sunt necolmatate.

Durata unei citiri cu multimetru Testo este de 10 secunde.

Citirile se vor trece în tabelul 10.1

**Tabel 10.1**

Nr. trons.	Debit	d	S	v	Ps	Reglare clapeta după	
						Unghi	Debit
	m <sup>3</sup> /h	m	m <sup>2</sup>	m/s	mmH <sub>2</sub> O	°	m <sup>3</sup> /h
1	2	3	4	5	6	7	8

### 10.4.VERIFICAREA CANALELOR DE AER

Conform Normativului pentru verificarea calității și recepția lucrărilor de instalații aferente construcțiilor (C 56-02), pentru instalațiile de ventilare și climatizare se prevede controlul calității la:

- Montarea canalelor de aer și a pieselor speciale, cu referire la: aspectul și natura materialelor canalelor de ventilare, dimensiunile canalelor de ventilare, proba de etanșitate a canalelor de ventilare, calitatea protecției anticorozive, traseul canalelor de ventilare, modul de fixare și distanțele între elementele de susținere, izolația canalelor
- Montarea dispozitivelor de închidere, reglare și accesoriiile canalelor de aer, cu referire la: montarea clapetelor de reglare și șibărelor, a clapetelor de închidere (cu acționare manuală, automată, antifoc sau antifum), montarea ramelor cu jaluzele, montarea coturilor cu aripioare de dirijare, montarea capacelor de vizitare și curățire, punctele de măsură
- Montarea gurilor de refulare și aspirație, cu privire la: grile de refulare (simplă sau dublă deflecție), de transfer, de introducere, anemostate, panouri de refulare, fante de aer, grătare pentru montaj în pardoseală sau contratreptele

- gradenelor, guri de refulare (pe 2 sau 3 direcții) sau pentru ventilare transversală, prize de aer (de perete, de acoperiș, guri de evacuare în exterior)
- Dispozitive de protecție a gurilor de defumare (șibăre, panouri, trape etc.)
  - Montarea dispozitivelor de ventilare naturală organizată, cum sunt: grile de absorbție din încăperi, deflectoare, luminatoare, căciuli de protecție pentru canale de aer
  - Montarea dispozitivelor de ventilare locală, cum sunt: hote, absorbții marginale, nișe de laborator, dușuri și perdele de aer
  - Montarea echipamentelor componente ale instalației de ventilare și climatizare, cum sunt: ventilatoare, baterii de încălzire și răcire, filtre de aer, separatoare de praf, camere de umidificare, ventiloconvectoare, aparate de inducție (climaconvectoare), aparate de amestec, atenuatoare de zgomot, recuperatoare de căldură, instalația de alimentare
  - Montarea aparatelor pentru ventilare și încălzire, cum sunt: aeroterme pentru abur/apă caldă, fierbinte, generatoare de aer cald, dulapuri pentru climatizare, ventilatoare de acoperiș, instalația de alimentare
  - Montarea aparatelor de răcire și climatizare, cum sunt: aparate de răcire, aparate de climatizare, instalația de alimentare
  - Aparate de automatizare, măsură și control
  - Proba de funcționare.

Fiecare procedură de verificare va cuprinde referiri asupra:

- Criteriu/Parametru – de exemplu: tipul, locul de amplasare, parametri tehnici, mod de racordare, stabilitate fixării, etc.
- Metoda de verificare – de exemplu: tipul, dimensiunile, măsurări directe, etc.
- Momentul verificării – de exemplu: după montare, înainte de proba de funcționare;
- Gradul de verificare – bucată cu bucată, procentual, etc.
- Condiții de admisibilitate – respectarea prevederilor proiectului și a instrucțiunilor de montare ale producătorului;
- Aparatura de verificare – mijloace de măsurare a dimensiunilor (exemplul din tabelul 10.2)
- Documente încheiate – procese verbale de verificare-constatare a calității lucrărilor (Model de proces-verbal 10.3)

**Tabel 10.2**

**Aparate de măsură și control**

Nr.crt.	Mărimea fizică măsurată	Aparatul de măsură și control	Clasa de precizie
1	Timp	Cronometru, ceas	$\pm 1$ s
2	Presiune	Manometru, Manometru diferențial, Micromanometru	1,6
3	Debit	Debitmetru, Rotametrul, Tub Prandtl-Pitot, Contor,	1,0

4	Temperatură	Termometru, Termocuplu, Termorezistență, Multimetru Testo	$\pm 0,5$
5	Rezistență izolație	Megaohmetru	
6	Rezistență dispersie	Ampermetru, Voltmetru, Sursă variabilă de curent	1,5
7	Rezistență electrică	Indicator de continuitate	
8	Rezistență priză de pământ	Aparat portabil pentru măsurarea rezistenței prizei de pământ	
9	Dimensiuni (diametre, lungimi, lățimi, adâncimi, unghiuri, distanțe, cote de montaj)	Șubler, Ruletă, Șablon	0,1 mm/1 mmm
10	Orientare	Busolă	
11	Planeitate, pantă, orizontalitate, paralelism	Nivelă cu bulă de aer, Nivelă cu laser, Metru	
12	Nivel de zgomot și vibrații	Sonometru, Dozimetru pentru zgomot	$\pm 2$ dB
13	Viteză aer	Anemometru, Velometru, Tub Prandtl-Pitot, Multimetru Testo	
14	Umiditate	Psihrometru, Multimetru Testo	

**Model de proces-verbal 10.3**

UNITATEA.....

**PROCES – VERBAL  
DE VERIFICARE – CONSTATARE A CALITĂȚII LUCRĂRILOR  
Nr. ....din .....**

*(Se completează pentru toate fazele prevăzute în programul de control)*

Cu ocazia verificării efectuate la:

.....  
.....  
.....

Au stat la baza verificărilor următoarele documente:

.....  
.....  
.....

Din verificările efectuate pe teren și examinarea documentelor au rezultat următoarele:....

.....  
.....  
.....

Au fost stabilite următoarele măsuri

(concluzii):.....

.....  
.....

Mențiuni speciale:

.....  
.....  
.....

	Numele	Prenumele	Semnătura
PRIPECTANT:			
BENEFICIAR:			
EXECUTANT:			

**Lucrarea nr. 11****DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A STRUCTURII UNUI  
JET LIBER IZOTERM****11.1.NOȚIUNI INTRODUCTIVE**

Se înțelege prin jet masa de aer introdusă sub presiunea unui dispozitiv mecanic, într-un spațiu cu aer stagnant sau în mișcare. Dacă se respectă condiția:

$$x \leq 1,5\sqrt{A} \quad [m] \quad (11.1)$$

unde: x- reprezintă distanța măsurată față de planul gurii de refulare, în m;

A-reprezintă aria liberă a secțiunii transversale a încăperii, în m<sup>2</sup>;

și aerul care înconjoară jetul este stagnat, jetul se poate considera în mișcare liberă. De regulă un jet poate fi considerat liber când suprafața deschiderii de refulare este mică în raport cu dimensiunile spațiului.

La introducerea aerului printr-o gură de refulare într-un spațiu cu aer stagnant, aerul din spațiu este antrenat de jet prin inducție, pe măsură ce masa de aer în mișcare avansează. Energia cinetică inițială a jetului se consumă treptat, iar viteza aerului în mișcare scade și ea.

Distanța măsurată de la planul gurii de refulare până în secțiunea în care acțiunea jetului nu se mai resimte, se numește bătaie. Capătul jetului se consideră în zona în care viteza aerului din jet atinge limitele vitezei de confort. Pentru jeturile izoterme, a căror temperatură este egală cu cea a mediului în care se dezvoltă, capătul jetului se consideră în zona în care viteza în axa de curgere  $v_x = 0,2...0,3$  [m/s].

Caracteristicile jetului depind de forma și dimensiunile deschiderii de refulare a aerului. Din acest punct de vedere se disting:

- jeturi rotunde, obținute prin refularea aerului prin deschideri circulare (fie deschideri pătrate sau dreptunghiulare, la care jetul ia forma rotundă la o anumită distanță de planul de refulare);

- jeturi plane, obținute la refularea prin guri de aer având raportul laturilor mai mari de 1:10;

- jeturi radiale, rezultate prin refularea unor jeturi rotunde sau plane pe o placă așezată frontal față de jet la o distanță h și a cărei dimensiune este mai mare decât conul jetului.

Experimentările efectuate au evidențiat că indiferent de forma deschiderilor de refulare sau de direcția de propagare, jeturile se caracterizează printr-o structură similară conform fig. 11.1.

În structura jetului, se disting trei zone sub aspectul variației vitezei aerului în funcție de distanța față de planul gurii de refulare:

- zona inițială, în care jetul mai păstrează forma gurii de refulare, din care a provenit și viteza în axa jetului  $v_{ox}$  rămâne egală cu viteza medie din planul de refulare  $v_0$ ;

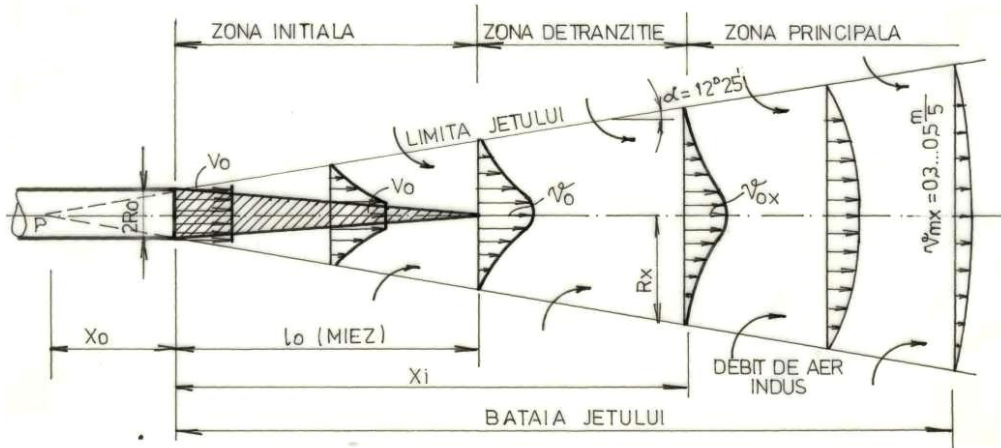


Fig. 11.1. Structura jetului liber rotund izoterm

-zona de tranziție, în care viteza scade după legea:  $v_{0x} = \frac{1}{\sqrt{x}}$

- zona principală, în care toate jeturile au o formă similară, rotundă, oricare ar fi forma gurii de refulare și care realizează propriu-zis ventilarea; viteza scade după

legea:  $v_{0x} = \frac{1}{x}$

În zona inițială datorită inerției, particulele caută să păstreze viteza inițială din planul de refulare. Ciocnirea cu particulele de aer imobile din apropierea gurii de refulare, frânează această mișcare, mai ales în partea periferică a masei de aer în mișcare. Conul de aer în care toate particulele se deplasează cu viteza  $v_0$  este numit miez al jetului. Prin măsurători s-a constatat că unghiul de convergență al miezului jetului are valoarea de  $8,8^\circ$ .

Miezul vine în contact la exterior cu mediul ambiant imobil și la interior cu curentul primar în mișcare. Din cauza vâscozității aerului înconjurător, la marginile miezului se formează turbioane care se propagă spre interior, antrenând particulele de aer din mediul ambiant și îngroșând stratul limită, având ca efect îngustarea miezului.

## 11.2.PREZENTAREA STANDULUI

Instalația experimentală (fig.11.2.) cuprinde un ventilator centrifugal tip V425 cu motorul de antrenare, având pe aspirația ventilatorului un canal circular având în capăt un ajutoraj tip lemniscată.

Refularea ventilatorului este racordată la un canal cu secțiunea variabilă care are un ultim tronson circular, cu secțiune constantă cu lungimea de  $l = 10 \cdot d_0$  pentru uniformizarea curentului de aer.

Prin intermediul unei clapete de reglaj (șibăr) prinsă pe refulare se pot obține diverse regimuri de funcționare.



Aceste valori se compară cu cele deduse din relațiile de calcul, care au la bază elementele caracteristice ale jeturilor circulare cu desfășurare spațială.

#### 11.4.PRELUCRAREA REZULTATELOR MĂSURĂRILOR

Rezultatele calculului se trec în tabelul 11.2.

**Tabel 11.2.**

Nr. crt.	$x_i =$	$\bar{x} = \frac{x}{R_o}$	$R_x = 0,22x$	$v_{xm} = \frac{3,2v_o}{x}$	$v_{ox} = \frac{12,4v_o}{x}$	$L_x = 0,155 \times L_o$
	[m]	-	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
1	2	3	4	5	6	7

#### Observații

$R_x$ - raza jetului, la distanță  $x$  față de planul gurii de refulare, [m];

$v_o$ - viteza medie în planul gurii de refulare [m/s];

$v_{xm}$ - viteza medie în secțiunea transversală [m/s];

$v_{ox}$ - viteza axială [m/s];

$L_o$  – debitul de aer în planul gurii de refulare [m<sup>3</sup>/s];

$$L_o = \pi \times R_o^2 \times v_o \quad (11.3)$$

$L_x$ - debitul de aer al jetului la distanța  $x$  față de planul gurii de refulare [m<sup>3</sup>/s];

Se va reprezenta grafic variația vitezei în diverse secțiuni ale jetului de aer, obținând de fapt curbele de distribuție a vitezelor în secțiuni (fig. 11.3.).

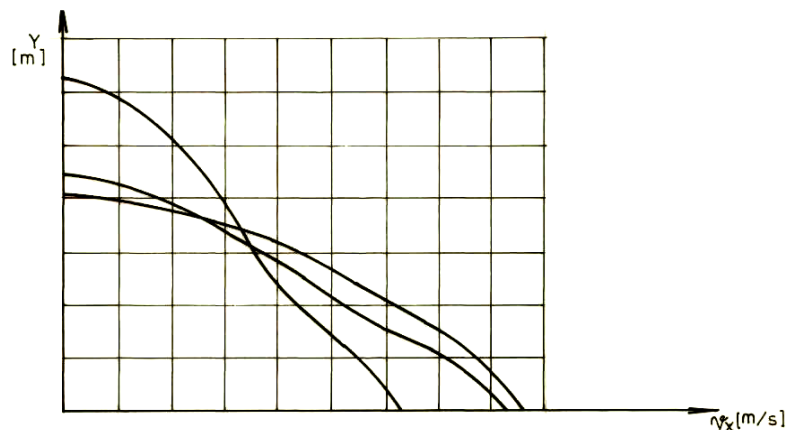


Fig. 11.3. Distribuția vitezelor aerului în jet

Aceste viteze se vor compara cu valorile obținute pe baza relațiilor de calcul teoretic.



## Lucrarea nr. 12

**TRATAREA COMPLEXĂ A AERULUI ÎNTR-O INSTALAȚIE DE  
CLIMATIZARE ( ÎNCĂLZIRE – UMIDIFICARE )**

**11.1.Noțiuni introductive****a)Încălzirea aerului**

Refularea aerului în încăperile climatizate se face la parametri de stare, în funcție de valoarea factorilor de confort, cât și procesul de termoumiditate care au loc în încăpere. Astfel, iarna aerul introdus trebuie să aibă temperatură mai mare decât cea de confort, pentru a prelua și o parte din sarcina termică a încăperii.

Iarna aerul exterior, care urmează să fie introdus în spațiul climatizat, se încălzește, prin trecerea acestuia peste o baterie de încălzire și umidifică. Procesul este reprezentat în diagrama i-x din figura 12.1 și figura 12.2. Aerul exterior cu starea E, are un conținut de umiditate  $x_E$  scăzut, cu toate că umiditatea relativă  $\varphi_E$  este în general mare (80-90%). Prin încălzire cu ajutorul bateriei, procesul se desfășoară la  $x = \text{const.}$ , aerul ajunge în starea P. Acest aer nu poate fi introdus prea uscat ( $\varphi = 20-30\%$ ) în încăperi.

Căldura necesară pentru încălzirea aerului:

$$Q_{EP} = L \times (i_P - i_E) \quad [\text{W}]$$

unde:

L- debitul de aer, în kg/h

$i_P, i_E$ - entalpiile aerului, în kJ/kg

Căldura Q poate fi redusă prin recircularea unei părți din aerul evacuat din încăpere. Pentru a putea fi introdus în spațiul climatizat, aerul cu stare P trebuie umidificat.

**b)Tratarea aerului cu abur saturat**

În afară de procesul de umidificare cu apă, mărirea conținutului de umiditate a aerului se poate face și prin injectarea directă a aburului saturat de presiune joasă. Este mult mai recomandat decât umidificarea cu apă deoarece aburul se produce la temperatură ridicată și se distruge bacteriile conținute în apă.

Direcția procesului de schimbare a stării aerului amestecat cu abur saturat este arătat în figura 12.2 prin segmentul P-R. Aerul din starea P primește de la abur umiditate( $\Delta x$ ) și căldură( $\Delta i$ ). Pentru punctul de stare R se pot scrie următoarele relații:

$$i_R = i_P + i_{va} \times \Delta x \quad [\text{kJ/kg}] \quad (12.1)$$

$$i = i_R - i_P = i_{va} \times \Delta x \quad [\text{kJ/kg}] \quad (12.2)$$

în care  $i_{va}$  este entalpia aburului având temperatura  $t_{ab}$ :

$$i_{va} = 1,85 \times t_{ab} + 2500 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (12.3)$$

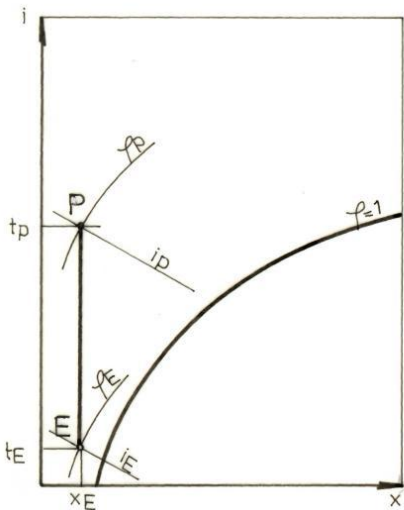


Fig.12.1 Proces de încălzire a aerului reprezentat în diagrama i-x

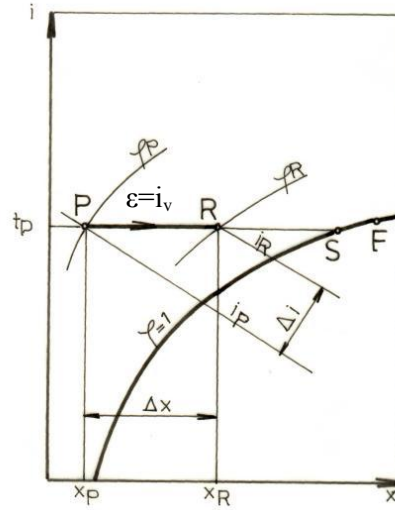


Fig.12.2 Proces de tratare cu abur saturat reprezentat în diagrama i-x

Direcția procesului de umidificare P-R este dată de raportul de termoumiditate:

$$\varepsilon = \frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{i_{va} \times \Delta x}{\Delta x} = i_{va} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (12.4)$$

Comparând entalpia vaporilor de apă la temperatura  $t_p$  a aerului :

$$i_v = 1,85 \times t_p + 2500 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (12.5)$$

Se constată diferența:

$$i_{va} - i_v = 1,85 \times (t_{ab} - t_p) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (12.6)$$

este foarte mică în raport cu 2500, astfel încât se poate admite că direcția procesului decurge după  $\varepsilon=i_v$  având aceeași direcție cu izoterma  $t_p$ .

## 12.2.PREZENTAREA STANDULUI

Standul experimental prezentat în figura 12.3 este o centrală de tratare a aerului GEA AT-Plus 10.10 numai pe refulare format din:

- un ventilator centrifugal de tip C-L cu debitul de 2700 m<sup>3</sup>/h cu pierderea de presiunea maximă de 250 Pa,
- un filtru fin clasa F5,
- o baterie de încălzire este o construcție din țevi orizontale cu aripioare și colector – distribuitor. Bateria funcționează cu apă caldă, preparată într-un cazan din fontă sau opțional cu unul electric. Vehicularea apei din instalație se face cu ajutorul unei pompe P.
- o cameră de umidificare cu abur saturat introdus în canalul de aer

Aburul pentru umidificare este produs într-un generator G și introdus în curentul de aer prin țeava TA, în care sunt practicate o serie de orificii având diametrul de 2 mm.

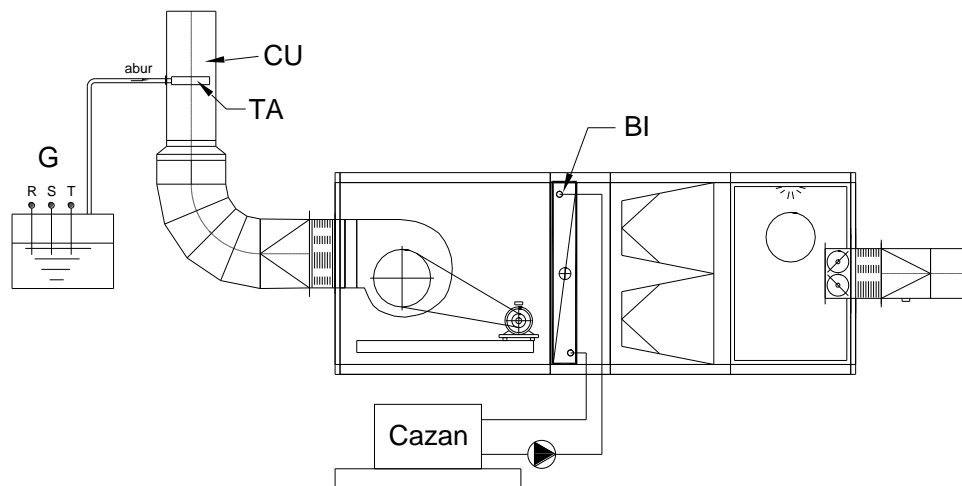


Fig.12.3 Schema instalației de umidificare cu abur și centrala de tratare a aerului GEA AT Plus 10.10

Căldura pentru vaporizarea apei este produsă prin trecerea curentului electric, între trei electrozi legați trifazic, direct prin apă (fig.12.4).

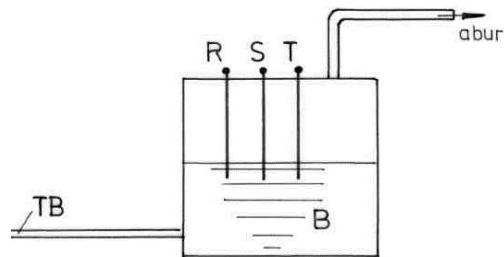


Fig.12.4 Generatorului de abur cu electrozi imersați în apă

Prin tubul TB se poate face alimentarea rezervorului TB. La un nivel normal al apei se pot cufunda cei trei electrozi R,S,T în apă. Prin trecerea curentului electric se produce abur.

### 12.3.DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

- La începutul ședinței se conectează la rețea rezistențele electrice ale cazanului de încălzire a apei.

- Se conectează la instalația electrică a generatorului de abur
- Se pornește pompa de circulație a apei din circuitul bateriei de încălzire
- Se pornește centrala
- Se urmărește funcționarea instalației de umidificare cu abur
- După intrarea în regim staționar a instalației, se fac citirile, iar valorile se trec în tabelul 12.1;

$t_1$ - temperatura aerului la intrare în centrala de tratarea a aerului, la termometrul uscat al multimetrului Testo;

$t_1'$  - idem, după termometrul umed;

$t_3, t_3'$  - aceleași mărimi, la ieșirea din instalație;

$t_2$ - temperatura în canalul de aer, cu ajutorul termometrului montat într-un punct mai îndepărtat al tubulaturii..

$v_i$ - viteza aerului la intrare.

#### 12.4.Prelucrarea rezultatelor măsurilor

După completarea măsurătorilor în tabelul 12.1 se trece la reprezentarea procesului de tratare a aerului în diagrama i-x, și se determină mărimile caracteristice, completându-se în tabelul centralizator 12.2.

**Tabel 12.1**

Regim	$t_1$	$t_1'$	$v_i$	$t_2$	$t_3$	$t_3'$
	°C	°C	m/s	°C	°C	°C
1	2	3	4	5	6	7

**Tabel 12.2**

Regim	L	$\phi_1$	$x_1$	$i_1$	$\phi_2$	$i_2$	$x_3$	$\phi_3$
	Kg/s	%	gr/kg	kJ/kg	%	kJ/kg	gr/kg	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Tabel 12.2 (continuare)**

$i_3$	$q_{12}$	$Q_{12}$	$x=x_3-x_2$	$i_{23}=2500\Delta x$
kJ/kg	kJ/kg	kW	gr/kg	kJ/kg
10	11	12	13	14

Din Anexa 3 în funcție de temperatură și umiditatea relativă se pot scoate valorile entalpiei și a conținutului de umiditate.

**Lucrarea nr.13**

**PROCESE DE SCHIMBARE A STĂRII AERULUI  
APLICAȚII NUMERICE**

**Exemplul 13.1**

O instalație de uscare a lemnului, funcționează cu  $L=1\text{kg/s}$ . Pentru uscare aerul este încălzit (preluând 81 kW) cu o baterie de încălzire cu apă iar aerul la intrare:  $T_1=323\text{K}$ ,  $\varphi_1=90\%$ . Să se determine:

- a)  $T$ ,  $\varphi$  a aerului la ieșirea din bateria de încălzire.
- b) Valorile parametrilor dacă datorită temperaturi mai scăzute a apei de încălzire, fluxul termic este numai 34 kW.

**Rezolvare:**

a)  $i_1 = 249 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ;  $x_1 = 77 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$

$Q = L(i_2 - i_1) \text{ kW};$

$i_2 = i_1 + \frac{Q_{12}}{L} = 249 + \frac{81}{1} = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$T_2 = 393 \text{ }^\circ\text{K}$ ,  $\varphi_2 = 11\%$

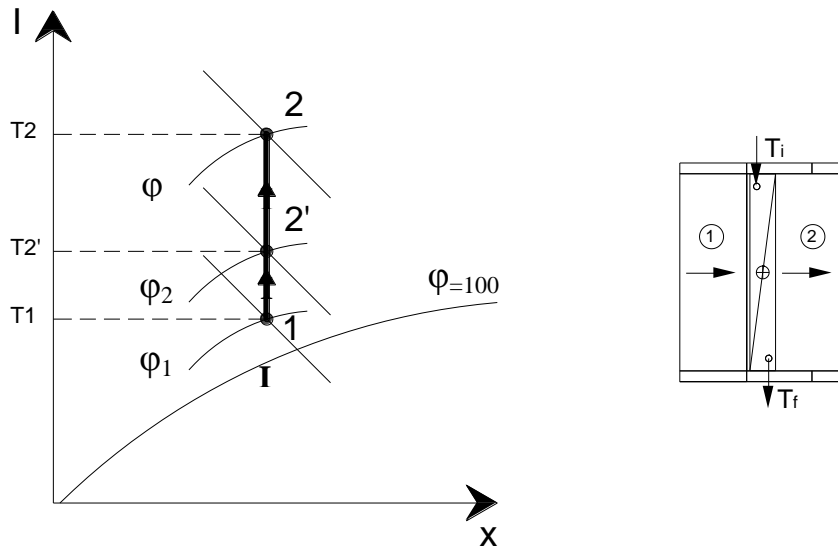


Fig.13.1 Procesul de schimbarea stării aerului în diagrama i-x și bateria de încălzire pentru uscarea aerului

$$i_2' = i_1 + \frac{Q_{12}}{L} = 249 + \frac{34}{1} = 283 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$T_2' = 352 \text{ }^\circ\text{K}; \varphi_2' = 24\%.$$

$$x_2' = x_1 = 77 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

### Exemplul 13.2

Să se studieze procesul de climatizare într-o centrală de tratare a aerului pentru perioada de iarnă, debitul de aer tratat este  $L = 10 \text{ kg/s}$  parametrii iar aerului la intrare în centrală este  $t_0 = -7^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 80\%$ .

Tratările succesive ale aerului în componentele centralei de tratare sunt:

- preîncălzire, cu o baterie având sarcina termică  $Q_1 = 232 \text{ kW}$ ;
- umidificare cu vapori saturați, cu debitul  $G_v = 100 \text{ kg/h}$ , la  $100^\circ\text{C}$ ;
- reîncălzire, cu o baterie având sarcina termică  $Q_2 = 116 \text{ kW}$ .

În fig.13.2 se prezintă schema instalației de climatizare și diagrama  $i-x$  cu procesul de schimbare a stării aerului după fiecare treaptă de tratare

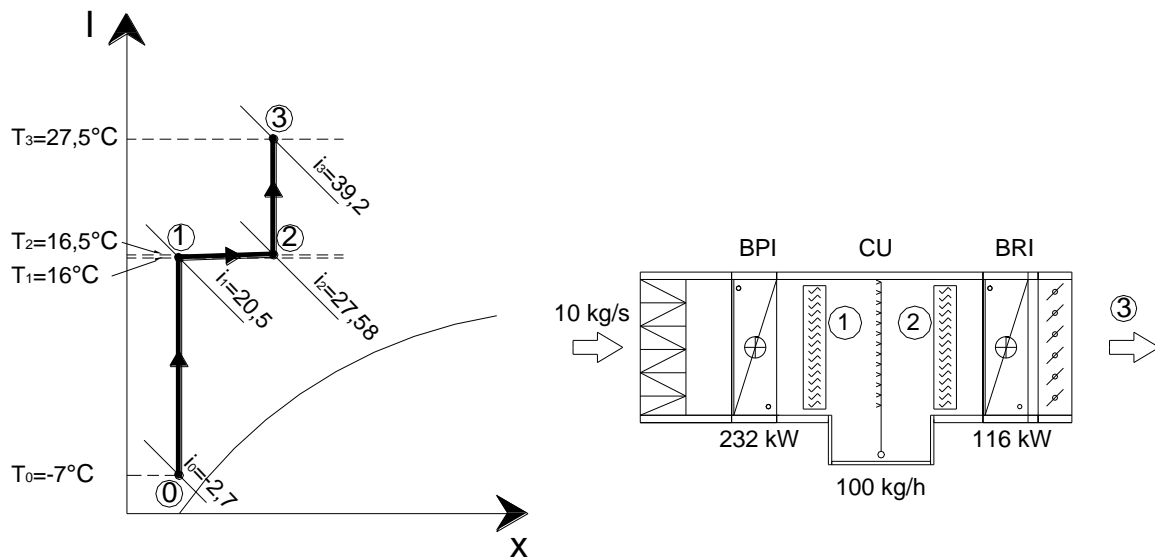


Fig.13.2 Procesul de schimbarea stării aerului iarna în diagrama  $i-x$  și elementele centralei de tratare a aerului

Se determină direcția procesului de transformare a stării aerului după fiecare treaptă de tratare și se stabilesc mărimile caracteristice ale aerului după fiecare transformare.

- Preîncălzirea se desfășoară după direcția raportului de termoumiditate  $\varepsilon = +\infty$ .

Entalpia aerului după preîncălzire va fi:

$$i_1 = i_0 + \frac{Q_1}{L} = -2,7 + \frac{232}{10} = 20,5 \text{ kJ/kg}$$

Starea aerului 1 se obține la intersecția dreptei verticale ce trece prin 0, cu dreapta corespunzătoare entalpiei de 20,5 kJ/kg.

▪ Umidificarea se desfășoară după raportului de termoumiditate  $\varepsilon$ , în a cărei determinare se are în vedere aportul de entalpie al cantității de vapori saturați folosiți în procesul de tratare (din tabele se stabilește entalpia vaporilor saturați la 100 °C),  $i_s = 2671 \text{ kJ/kg}$ .

$$\varepsilon = \frac{G_v \cdot i_s}{G_v} = 2671 \text{ kJ/kg}$$

Conținutul de umiditate al aerului după umidificare va fi:

$$x_2 = x_1 + \frac{G_v}{L} = 1,7 + \frac{100}{10 \times 3600} \times 10^3 \cong 4,5 \text{ g/kg}$$

Dreapta ce trece prin starea aerului 1, pe direcția  $\varepsilon = 2671 \text{ kJ/kg}$  și se intersectează cu dreapta conținutului de umiditate  $x_2$ , definește în punctul de intersecție starea aerului 2 după umidificare.

▪ Reîncălzirea se desfășoară după direcția raportului de termoumiditate  $\varepsilon = +\infty$ . Entalpia aerului după reîncălzire va fi:

$$i_3 = i_2 + \frac{Q_2}{L} = 27,6 + \frac{116}{10} = 39,2 \text{ kJ/kg}$$

Starea aerului 3 se obține la intersecția dreptei verticale ce trece prin 2, cu dreapta corespunzătoare entalpiei de 39,2 kJ/kg.

Mărimile caracteristice ale stării aerului în procesul de tratare se centralizează în tabelul 13.1

**Tabel 13.1**

Punctele de stare ale aerului	Temperatura t (°C)	Umiditatea relativă φ (%)	Entalpia i (kJ/kg)	Conținutul de umiditate x (g/kg)	Densitatea ρ (kg/m <sup>3</sup> )
0	-7	80	-2,7	1,7	1,32
1	16	15	20,5	1,7	1,215
2	16,5	38	27,6	4,5	1,209
3	27,5	20	39,2	4,5	1,167

**Exemplul 13.3**

Se cere climatizarea unui laborator, în perioada de iarnă, în condițiile menținerii parametrilor aerului interior la valorile:  $t_i = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_i = 60\%$ .

Pierderile de căldură sunt  $\Delta Q_{\text{pierderi}} = 29\text{ kW}$ , în condițiile parametrilor aerului exterior:  $t_e = -5\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_e = 80\%$ . Degajările de căldură ale ocupanților, iluminatului și a proceselor de analiză sunt de  $\Delta Q_{\text{degaj}} = 5800\text{ W}$ , iar degajările de umiditate au valoarea de  $\Delta G = 10\text{ kg/h}$  (2,78 g/s).

Se adoptă o diferență de temperatură între aerul exterior și aerul refulat de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  și un raport de recirculare de 0,4. Umidificarea va fi de tip adiabatic cu recircularea apei și umiditatea relativă maximă a aerului va fi  $\varphi = 95\%$ .

În fig.13.3 și fig.13.4 se prezintă schema instalației de climatizare și diagrama i-x cu procesul de schimbare a stării aerului după fiecare treaptă de tratare.

- Se calculează caracteristica procesului de schimbare a stării aerului:

$$\varepsilon = \frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{\Delta Q}{\Delta G} = \frac{5,8 - 29}{10} \cdot 3600 = -8352\text{ kJ/kg}$$

Trasând direcția procesului  $\varepsilon$  în condițiile unei diferențe de temperatură dintre interior și exterior de  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , se obține temperatura aerului refulat  $t_{\text{ref}} = 45\text{ }^\circ\text{C}$  și  $i_{\text{ref}} = 71\text{ kJ/kg}$

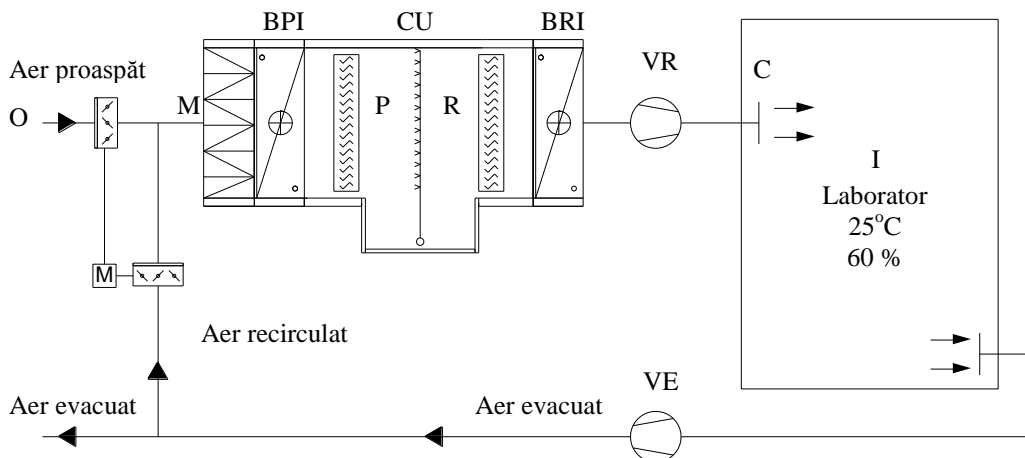


Fig.13.3 Climatizarea unui laborator în perioada de iarnă



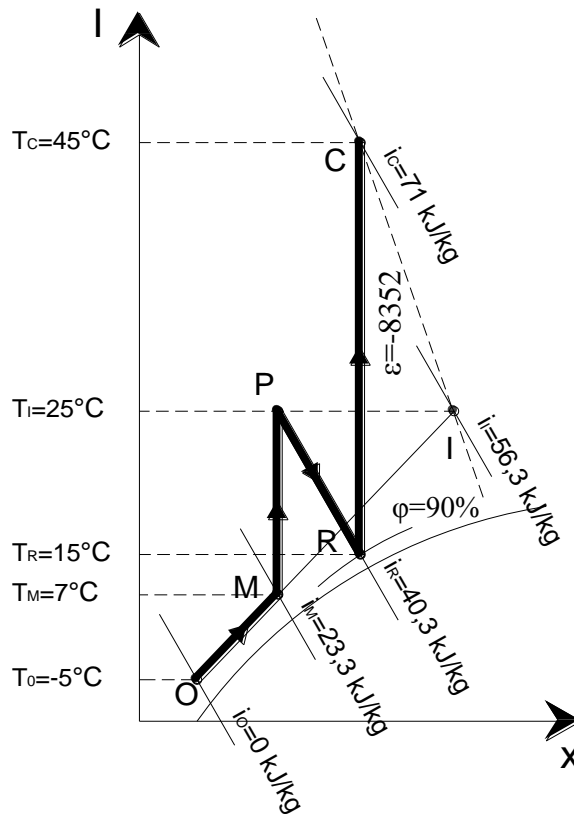


Fig.13.4 Procesul de schimbare a stării aerului iarna

- Calculul debitului de aer refulat cu relația:

$$L = \frac{\Delta Q}{\Delta i} = \frac{5,8 - 29}{56,3 - 71} = 1,58(\text{kg/s})$$

- Calculul caracteristicilor aerului de amestec:

40 % aer recirculat ( $t_i = 25^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_i = 60\%$ )

$$L_{\text{rec}} = 0,4 \cdot 1,58 = 0,63 (\text{kg/s})$$

60 % aer proaspăt ( $t_e = -7^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_e = 80\%$ .)

$$L_p = 0,6 \cdot 1,58 = 0,95 (\text{kg/s})$$

Parametrii aerului de amestec se calculează cu relațiile:

$$i_m = \frac{L_p \cdot i_e + L_{\text{rec}} \cdot i_i}{L}$$

$$x_m = \frac{L_p \cdot x_e + L_{\text{rec}} \cdot x_i}{L}$$

Temperatura aerului de amestec:

$$t_m = \frac{L_p \cdot t_e + L_{rec} \cdot t_i}{L} = \frac{0,95 \cdot (-5) + 0,63 \cdot (25)}{1,58} \cong 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Se trasează în diagrama i-x procesul succesiv de tratare a aerului.
- Se calculează caracteristicile componentelor instalației de climatizare:
- sarcina bateriei de preîncălzire  $Q_{BPI} = L \cdot \Delta i = 1,58 (40,3 - 22,3) = 28,5 \text{ kW}$
- sarcina bateriei de reîncălzire  $Q_{BRI} = 1,58 (71 - 40,3) = 48,5 \text{ kW}$
- consumul de apă în camera de umidificare  $G_v = L \cdot \Delta x = 1,58 \times (10-6)/10^{-3} = 0,0063 \text{ kg/s} = 22,8 \text{ kg/h}$

Mărimile caracteristice ale stării aerului în procesul de tratare se centralizează în tabelul 13.2, iar în figura 13.5 se prezintă detaliat componentele centralei de tratare a aerului.

Tabel 13.2

Punctele de stare ale aerului	Temperatura t (°C)	Umiditatea relativă φ (%)	Entalpia i (kJ/kg)	Conținutul de umiditate x (g/kg)	Densitatea ρ (kg/m <sup>3</sup> )
E	-5	80	0	1,8	1,31
M	7	97	22,3	6	1,219
C	45	70	71	10	1,092
I	25	60	56,3	12	1,161
P	25	31	40,3	6	1,172
R	15	95	40,3	10	1,206

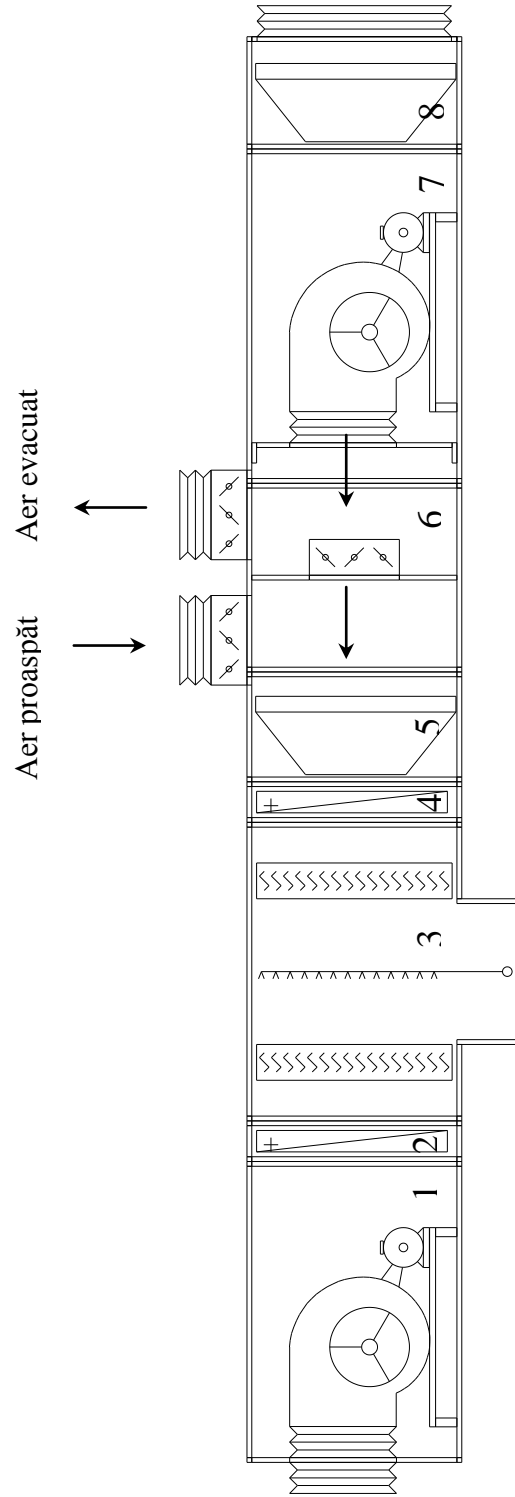


Fig.13.5 Centrala de tratare a aerului cu introducerea și evacuare aerului și cameră de amestec  
 1- Ventilator de refîncălzire a aerului tratat; 2- Baterie de rîncălzire; 3- Cameră de umidificare adiabată;  
 4- Baterie de preîncălzire; 5- Filtru sac; 6- Cameră de amestec; 7- Ventilator de evacuare a aerului viciat;  
 8- Filtru sac

**Lucrarea nr.14****TRATAREA COMPLEXĂ A AERULUI ÎN INSTALAȚII DE CLIMATIZARE  
APLICAȚII NUMERICE****Exemplul 14.1**

Climatizarea unei săli de conferințe în perioada de vară, cu menținerea aerului interior la parametrii  $t_i = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_i = 50\%$ .

Sarcina de răcire a sălii este  $\Delta Q = 17,4\text{ kW}$ , degajările de umiditate ale ocupanților sunt  $\Delta G = 2\text{ kg/h}$ . Aerul exterior vara are parametrii  $t_e = 35\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_e = 20\%$ . Diferența de temperatură dintre aerul interior și aerul refulat  $\Delta t = t_i - t_{\text{ref}} = 5\text{ }^\circ\text{C}$ . Instalația de climatizare funcționează fără recircularea aerului.

Tratările succesive ale aerului în componentele centralei de tratare vor cuprinde:

- răcire, cu o baterie de răcire la conținut de umiditate constant (fără condensare);
- umidificare adiabată, cu umiditatea relativă a aerului la ieșire de  $\varphi = 90\%$ ;
- reîncălzire, cu o baterie de încălzire.

Se calculează caracteristica procesului de schimbare a stării aerului în sala de conferințe:

$$\varepsilon = \frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{\Delta Q}{\Delta G} = \frac{17,4}{2} \cdot 3600 = 31.320\text{ kJ/kg}$$

Trasând direcția procesului  $\varepsilon$  în condițiile unei diferențe de temperatură dintre interior și exterior de  $5\text{ }^\circ\text{C}$  (paralele la direcția  $\varepsilon$  prin starea aerului interior I până intersectează izoterma de  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ), se obține temperatura aerului refulat  $t_{\text{ref}} = 20\text{ }^\circ\text{C}$  și  $\varphi_{\text{ref}} = 67\%$ ,  $i_{\text{ref}} = 44,70\text{ kJ/kg}$ ,  $x_{\text{ref}} = 0,0097\text{ kg}_{\text{vapori}} / \text{kg}_{\text{aer}}$ .  
Calculul debitului de aer refulat cu relația:

$$L = \frac{\Delta Q}{\Delta i} = \frac{17,4}{50,6 - 44,7} = 2,95\text{ kg/s} = 2,51\text{ m}^3/\text{s} = 9036\text{ m}^3/\text{h}$$

În figura 14.1 și 14.2 se prezintă schema instalației de climatizare și diagrama i-x cu procesul de schimbare a stării aerului după fiecare treaptă de tratare.

Se calculează caracteristicile componentelor instalației de climatizare:

- sarcina bateriei de răcire  $Q_{\text{BR}} = L \cdot \Delta i = 2,95 (53,09 - 40,13) = 38,2\text{ kW}$
- sarcina bateriei de încălzire  $Q_{\text{BÎ}} = 2,95 (44,7 - 40,13) = 13,5\text{ kW}$
- consumul de apă în camera de umidificare  $G_v = L \cdot \Delta x = 2,95 (9,7-7)/10^3 = 0,008\text{ kg/s} = 28,8\text{ kg/h}$

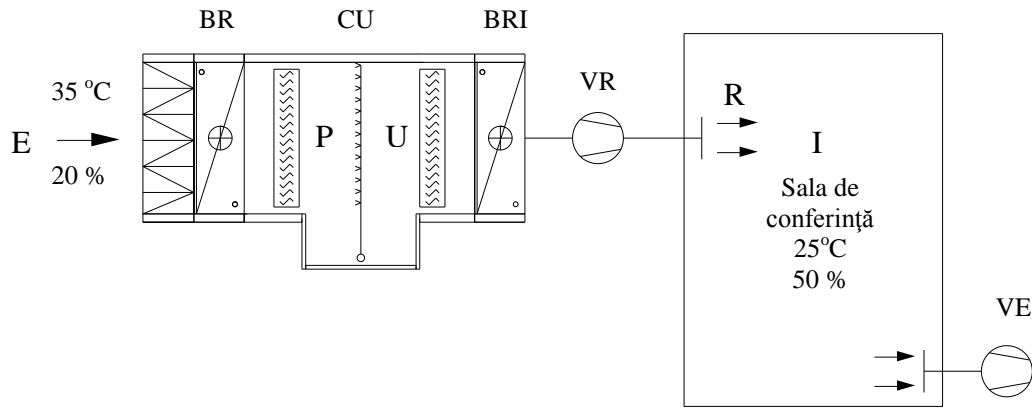


Fig.14.1 Schema centralei de tratare a aerului

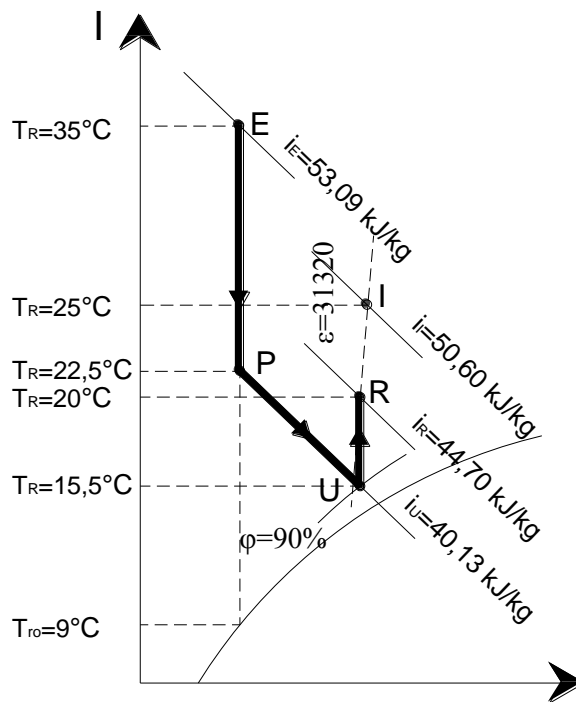


Fig.14.2 Procesul de schimbare a stării aerului vara X

Mărimile caracteristice ale stării aerului în procesul de tratare se centralizează în tabelul 14.1

Tabel 14.1

Punctele de stare ale aerului	Temperatura $t$ (°C)	Umiditatea relativă $\varphi$ (%)	Entalpia $i$ (kJ/kg)	Conținutul de umiditate $x$ (g/kg <sub>aer</sub> )	Densitatea $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
E	35	20	53,09	7	1,134
P	22,5	42	40,13	7	1,182
R	20	67	44,70	9,7	1,186
I	25	50	50,60	9,9	1,166
U	15,5	90	40,13	9,7	1,203

**Exemplul 14.2**

2. Climatizarea unei secții productive în care trebuie menținută temperatura interioară constantă tot timpul anului, la parametrii:  $t_i = 20$  °C,  $\varphi_i = 50$  %.

Numărul maxim de lucrători este 483, cu o activitate corespunzătoare unui efort fizic mediu. În incintă nu sunt degajări nocive sau cu pericol de inflamabilitate / explozie.

Sarcinile termice ale incintei sunt:

- Iarna:*
- pierderi de căldură 162,4 kW
  - degajări de căldură ale lucrătorilor 17,4 kW
  - degajări de căldură de la mașini și utilaje 23,2 kW
  - degajări de umiditate (proces de fabricație + lucrători) 0,014 kg/s

- Vara:*
- aporturi de căldură prin insolație și din spații vecine 58 kW
  - degajările de căldură și umiditate sunt identice cu cele din perioada de iarnă.

Ipotezele de calcul sunt:

- Iarna:*
- aerul exterior  $t_e = -7$  °C,  $\varphi_e = 80$  %
  - temperatura aerului refulat 40 °C
  - randamentul umidificatorului adiabatic 90 %
  - în canalele de transport, aerul refulat își micșorează temperatura cu 5 °C iar aerul aspirat cu 3 °C.

- Vara:*
- aerul exterior  $t_e = 28$  °C,  $\varphi_e = 60$  %
  - în canalele de transport, aerul refulat își mărește temperatura cu 1 °C
  - temperatura medie a apei de răcire în bateria de răcire 5 °C.

Să se calculeze pentru:

- *iarnă* – debitul de aer refulat; - debitul de aer proaspăt; - sarcinile termice ale bateriilor de încălzire; - debitul de apă al camerei de umidificare;
- *vară* (în condiții de debit de aer refulat egal cu cel de iarnă) – parametrii aerului refulat; - randamentul și sarcina bateriei de răcire; - sarcina bateriei de reîncălzire.

Climatizarea în perioada de iarnă

- Se calculează caracteristica procesului de schimbare a stării aerului:

$$\varepsilon = \frac{Q_{deg} - Q_{pierd}}{G_v} = \frac{17,4 + 23,2 - 162,4}{0,014} = -8700 \text{ kJ/kg}$$

Starea aerului refulat R se determină în diagrama i-x, la intersecția paralelei la direcția  $\varepsilon$  prin starea aerului I până intersectează izoterma de 40 °C. Parametrii aerului refulat sunt:  $t_{ref} = 40 \text{ °C}$ ,  $\varphi_{ref} = 13 \%$ ,  $i_{ref} = 51,83 \text{ kJ/kg}$ .

- Calculul debitului de aer:

$$L = \frac{\Delta Q}{i_i - i_{ref}} = \frac{-121,8}{38,46 - 51,83} = 9,11 \text{ kg/s} = 8,14 \text{ m}^3/\text{s} = 29304 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Calculul debitului de aer proaspăt: în condițiile unui minim de 14 l/s.om  
 $L_p = 438 \cdot 0,014 \cdot 3600 = 22075 \text{ m}^3/\text{h} = 6,13 \text{ m}^3/\text{s} = 7,3 \text{ kg/s}$  reprezintă un procent de 80 % din debitul total.
- Se calculează starea aerului de amestec M.
- Trasarea procesului de tratare în diagrama i-x: preîncălzire MP; umidificare adiabatică PU; reîncălzire UR.

În figura se prezintă diagrama i-x cu procesul de schimbare a stării aerului după fiecare treaptă de tratare.

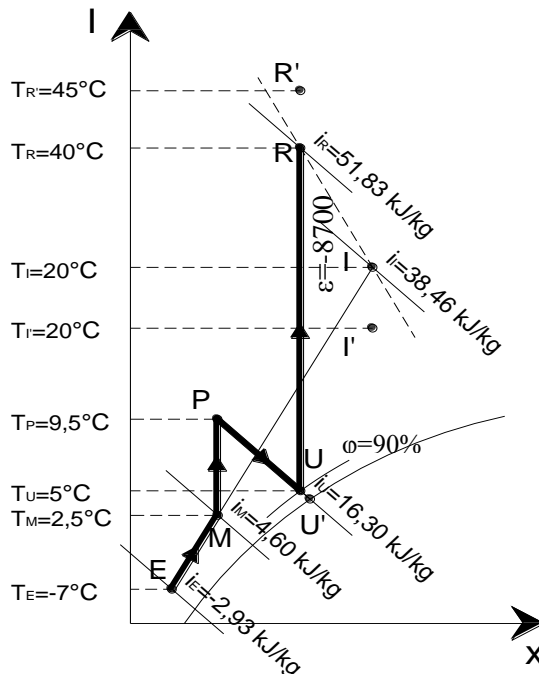


Fig.14.3 Procesul de schimbare a stării aerului iarna

Caracteristicile aerului este prezentat în tabelul 14.2:

**Tabel 14.2**

Punctele de stare ale aerului	Temperatura t (°C)	Umiditatea relativă φ (%)	Entalpia i (kJ/kg)	Conținutul de umiditate x (g <sub>vapori</sub> /kg <sub>aer</sub> )	Densitatea ρ (kg/m <sup>3</sup> )
E	-7	80	-2,93	1,7	1,32
M	-2,5	90	4,60	2,7	1,29
R	40	10	51,83	4,6	1,12
I	20	50	38,46	7,2	1,19
P	9,5	37	16,30	2,7	1,24
U	5	90	16,30	4,6	1,26
R'	45	7	56,85	4,6	1,10
I'	17	60	35,53	7,2	1,20
U'	4	100	16,30	5,0	1,26

Calculul sarcinilor componentelor centralei:

- sarcina bateriei de preîncălzire  $Q_{BPI} = L \cdot \Delta i = 9,11 (16,3 - 4,6) = 106,6 \text{ kW}$
- sarcina bateriei de reîncălzire  $Q_{BRI} = 9,11 (56,85 - 16,3) = 369,2 \text{ kW}$
- consumul de apă în camera de umidificare  $G_v = L \cdot \Delta x = 9,11 (4,6 - 2,7) / 10^3 = 0,017 \text{ kg/s} = 62,3 \text{ kg/h}$

#### Climatizarea în perioada de vară

##### **Calculul parametrilor aerului refulat**

- Raportul de termoumiditate  $\varepsilon$  va fi:
 
$$\varepsilon = \frac{Q_{ap} + Q_{deg}}{G_v} = \frac{58 + 17,4 + 23,2}{0,014} = 7045 \text{ (kJ/kg)}$$
- În condițiile aceluiași debit de aer refulat ca în perioada de iarnă
 
$$i_{ref} = i_i - \frac{\Delta Q}{L} = 38,5 - \frac{98,6}{9,11} = 27,68 \text{ (kJ/kg)}$$
- Se trasează în diagrama i-x o dreaptă paralelă la direcția procesului  $\varepsilon$  prin starea aerului interior I până intersectează dreapta entalpiei calculate, obținând parametrii aerului:  $t_{ref} = 13 \text{ °C}$ ,  $\varphi_{ref} = 64 \text{ %}$ .
- Alegerea procesului de tratare în perioada de vară și trasarea în diagrama i-x: - proces de răcire în bateria de răcire  $\overline{MT}$ ; - dreapta  $\overline{UR}$  reprezintă reîncălzirea necesară obținerii parametrilor de refulare;



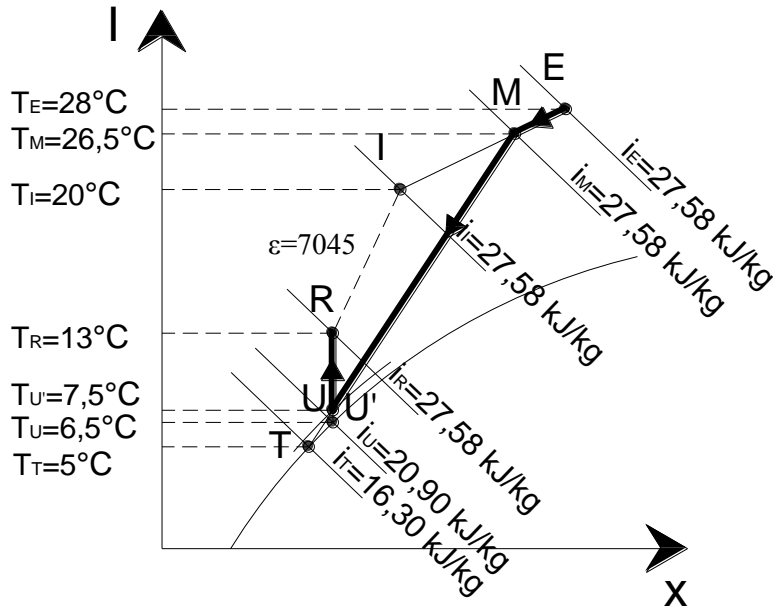


Fig.14.4 Procesul de schimbare a stării aerului vara

Caracteristicile aerului este prezentat în tabelul 14.3:

**Tabel 14.3**

Punctele de stare ale aerului	Temperatura t (°C)	Umiditatea relativă φ (%)	Entalpia i (kJ/kg)	Conținutul de umiditate x (g/kg)	Densitatea ρ (kg/m <sup>3</sup> )
E	28	60	64,4	14,40	1,145
M	26,5	59	59,77	13,00	1,155
R	13	64	27,58	5,80	1,222
I	20	50	38,45	7,20	1,190
U	6,5	97	20,9	5,5	1,250
T	5	100	18,56	5,40	1,257
U'	7,5	90	22,57	5,80	1,245

- Calculul sarcinilor componentelor centralei:
  - o sarcina bateriei de răcire  $Q_{BR} = L \cdot \Delta i = 9,11 (59,77 - 20,9) = 356,47$  kW
  - o sarcina bateriei de reîncălzire  $Q_{BRI} = 9,11 (27,58 - 22,57) = 45,64$  kW

Alcătuirea schematică a centralei de climatizare.

**Exemplul 14.3**

Într-o încăpere este necesar să se realizeze parametrii  $T_i=293\text{ °K}$  și  $\phi_i=50\%$ . Aerul exterior cu  $T_e=278\text{ °K}$  și  $\phi_e=53\%$  este supus unui proces de condiționare încât să preia degajările de căldură și umiditate din încăpere, ale căror valori sunt:

$Q_{deg}=58\text{ kW}$ ;  $m_d=0,01\text{ kg/s}$ . Debitul de aer introdus în încăpere este  $L=4\text{ kg/s}$ .

Să se determine:

- Parametrii aerului introdus în încăpere
- Sarcina termică a bateriei de încălzire a aerului, dacă are randamentul de 0,9
- Cantitatea de umiditate preluată de aer în procesul de umidificare
- Temperatura până la care trebuie încălzit aerul

**Rezolvare:**

$$i_i=37,6\text{ kJ/kg}; x_i=7,2\text{ g/kg};$$

$$i_e=12\text{ kJ/kg}; x_e=2,9\text{ g/kg}$$

$$a) Q_{deg}=L(i_i-i_c); m_d=L(x_i-x_c)$$

$$i_c = i_i - \frac{Q_{deg}}{L} = 37,6 - \frac{58}{4} = 23,1\text{ kJ/kg}$$

$$x_c = x_i - \frac{m_d}{L} = \left(7,2 - \frac{10}{4}\right)10^{-3} = 4,7\text{ g/kg}$$

$$b) T_c=284,5\text{ K}; \phi_c=58\%$$

$$Q_{mc} = \frac{L(i_i - i_c)}{\eta}; \quad i_i=i_c$$

$$Q_{mc} = \frac{4(23,1-12)}{0,9} = 48,9\text{ kW}$$

$$c) m_{ap\grave{a}} = L(x_c-x_1);$$

$$x_1=x_e$$

$$m_{ap\grave{a}} = 4(4,7-2,9)10^{-3}=72 \times 10^{-3}\text{ kg}_{ap\grave{a}}/\text{s}$$

$$d) i_1=i_c=23,1\text{ kJ/kg}$$

$$\text{și } x_1=x_e=2,9 \times 10^{-3}\text{ kg/kg}$$

$$T_1=289\text{ K}$$

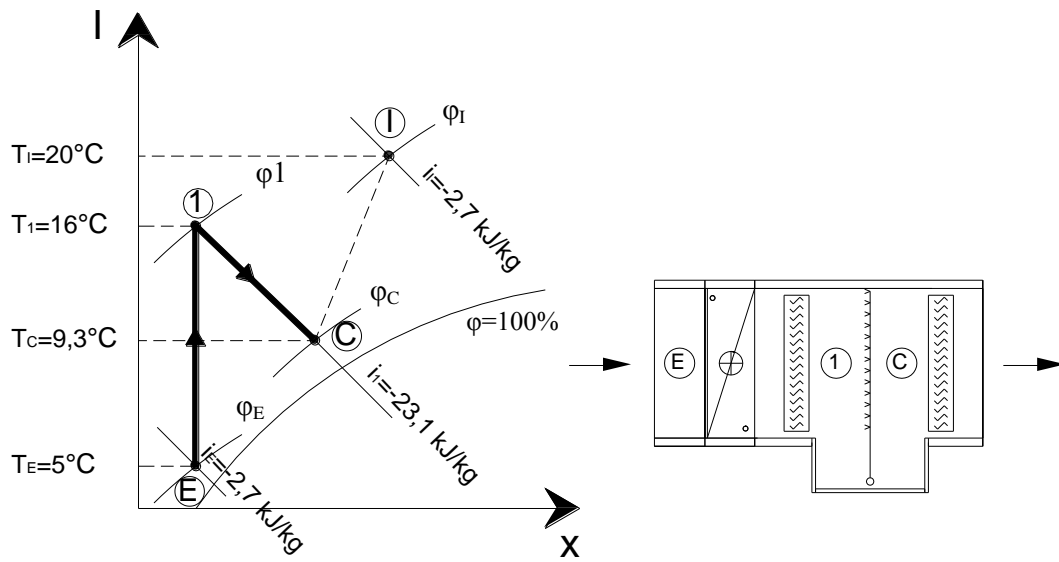


Fig.14.5 Procesul de schimbare a stării aerului iarna și centrala de tratare a aerului

ANEXA 1 - UNITĂȚI DE MĂSURĂ

Tabel 1 Presiuni

Simbolul unității de măsură	$N/m^2$ Pa	bar	mbar	mmH <sub>2</sub> O $\left[ \frac{kgf}{m^2} \right]$	atm	at $\left[ \frac{kgf}{cm^2} \right]$	Torr mmHg	Psi
1 $N/m^2=1 Pa$	1	$10^{-5}$	0,01	0,102	$9,87 \times 10^{-6}$	$1,02 \times 10^{-5}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$1,45 \times 10^{-4}$
1 bar	$10^5$	1	1000	$1,02 \times 10^4$	0,987	1,02	750	14,50
1 mbar	100	$10^{-3}$	1	10,2	$9,87 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-3}$	0,75	$14,50 \times 10^{-3}$
1 mmH <sub>2</sub> O	9,81	$9,81 \times 10^{-5}$	$9,81 \times 10^{-2}$	1	$9,7 \times 10^{-5}$	$10^{-4}$	0,074	$14,22 \times 10^{-4}$
1 atm	$1,01 \times 10^5$	1,01	$10,10 \times 10^2$	$10,332 \times 10^3$	1	1,033	760	14,70
1 at	$9,81 \times 10^4$	0,981	981	10000	0,968	1	735	14,22
1 Torr	133	$1,33 \times 10^{-3}$	1,33	13,6	$1,32 \times 10^{-2}$	$1,36 \times 10^{-2}$	1	$19,33 \times 10^{-3}$
1 Psi	$6,894 \times 10^3$	$68,948 \times 10^{-3}$	68,948	$7,030 \times 10^4$	$68,046 \times 10^{-3}$	$7,030 \times 10^{-2}$	51,715	1

at - Atmosferă tehnică

atm - Atmosferă normală

Psi - Poundal pe inch pătrat

TABEL 2 Energie și putere

Simbol	J Ws	kJ kWs	MJ MWs	GJ GWs	kWh	MWh	GWh	Btu	CPh
Cal	4,186	$4,186 \times 10^{-3}$	$4,186 \times 10^{-6}$	$4,186 \times 10^{-9}$	$1,163 \times 10^{-6}$	$1,163 \times 10^{-9}$	$1,163 \times 10^{-12}$	$3,968 \times 10^{-3}$	$1,581 \times 10^{-3}$
Kcal	4186	4,186	$4,186 \times 10^{-3}$	$4,186 \times 10^{-6}$	$1,163 \times 10^{-3}$	$1,163 \times 10^{-6}$	$1,163 \times 10^{-9}$	3,968	$1,581 \times 10^{-3}$
Mcal	$4,186 \times 10^6$	4186	4,186	$4,186 \times 10^{-3}$	1,163	$1,163 \times 10^{-3}$	$1,163 \times 10^{-6}$	$3,968 \times 10^3$	$1,581 \times 10^{-6}$
Gcal	$4,186 \times 10^9$	$4,186 \times 10^6$	4186	4,186	1163	1,163	$1,163 \times 10^{-3}$	$3,968 \times 10^6$	$1,581 \times 10^{-9}$
CPh	$2,648 \times 10^6$	$2,648 \times 10^3$	2,648	$2,648 \times 10^{-3}$	$7,355 \times 10^{-1}$	$7,355 \times 10^{-4}$	$7,355 \times 10^{-7}$	2509	1
Btu	$1,055 \times 10^3$	1,055	$1,055 \times 10^{-3}$	$1,055 \times 10^{-6}$	$2,931 \times 10^{-4}$	$2,931 \times 10^{-7}$	$2,931 \times 10^{-10}$	1	$3,93 \times 10^{-4}$
	cal	kcal	Mcal	Gcal	kWh	MWh	GWh	Btu	CPh
J	0,24	$0,24 \times 10^{-3}$	$0,24 \times 10^{-6}$	$0,24 \times 10^{-9}$	$2,78 \times 10^{-7}$	$2,78 \times 10^{-10}$	$2,78 \times 10^{-13}$	$9,48 \times 10^4$	$3,775 \times 10^{-7}$
kJ	240	0,24	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-7}$	$2,78 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-7}$	$2,78 \times 10^{-10}$	$9,48 \times 10^{-1}$	$3,775 \times 10^{-4}$
MJ	$2,4 \times 10^5$	240	0,24	$2,4 \times 10^{-5}$	0,278	$2,78 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-1}$	$9,48 \times 10^2$	$3,775 \times 10^{-1}$
GJ	$2,4 \times 10^8$	$2,4 \times 10^5$	240	0,24	278	$2,78 \times 10^5$	$2,78 \times 10^8$	$9,48 \times 10^5$	$3,775 \times 10^2$

Energie

<b>CPh</b>	$6,324 \times 10^{-1}$	$6,324 \times 10^{-4}$	$6,324 \times 10^{-7}$	$6,324 \times 10^{-10}$								1
<b>Btu</b>	252	0,252	$2,52 \times 10^{-4}$	$2,52 \times 10^{-7}$								1
	<b>cal</b>	<b>kcal</b>	<b>Mcal</b>	<b>Gcal</b>								<b>CPh</b>
<b>Wh</b>	860	0,86	$8,6 \times 10^{-4}$	$8,6 \times 10^{-7}$	3,6	$3,6 \times 10^3$	$3,6 \times 10^6$	$3,6 \times 10^9$	$3,6 \times 10^{12}$	$3,6 \times 10^{15}$	$3,6 \times 10^{18}$	$1,341 \times 10^3$
<b>kWh</b>	$8,6 \times 10^5$	860	0,86	$8,6 \times 10^{-4}$	3600	$3,6 \times 10^3$	$3,6 \times 10^6$	$3,6 \times 10^9$	$3,6 \times 10^{12}$	$3,6 \times 10^{15}$	$3,6 \times 10^{18}$	1,341
<b>MWh</b>	$8,6 \times 10^8$	$8,6 \times 10^5$	860	0,86	$3,6 \times 10^6$	$3,6 \times 10^9$	$3,6 \times 10^{12}$	$3,6 \times 10^{15}$	$3,6 \times 10^{18}$	$3,6 \times 10^{21}$	$3,6 \times 10^{24}$	$1,341 \times 10^3$
<b>GWh</b>	$8,6 \times 10^{11}$	$8,6 \times 10^8$	$8,6 \times 10^5$	860	$3,6 \times 10^9$	$3,6 \times 10^{12}$	$3,6 \times 10^{15}$	$3,6 \times 10^{18}$	$3,6 \times 10^{21}$	$3,6 \times 10^{24}$	$3,6 \times 10^{27}$	$1,341 \times 10^6$

Tabel 2 (continuare)

<b>Simbol</b>	<b>J/h</b>	<b>kJ/h</b>	<b>MJ/h</b>	<b>GJ/h</b>	<b>W</b>	<b>kW</b>	<b>MW</b>	<b>GW</b>	<b>Btu/h</b>
<b>Cal/h</b>	4,186	$4,186 \times 10^{-3}$	$4,186 \times 10^{-6}$	$4,186 \times 10^{-9}$	$1,163 \times 10^{-3}$	$1,163 \times 10^{-6}$	$1,163 \times 10^{-9}$	$1,163 \times 10^{-12}$	$3,968 \times 10^{-3}$
<b>Kcal/h</b>	4186	4,186	$4,186 \times 10^{-3}$	$4,186 \times 10^{-6}$	1,163	$1,163 \times 10^{-3}$	$1,163 \times 10^{-6}$	$1,163 \times 10^{-9}$	3,968
<b>Mcal/h</b>	$4,186 \times 10^3$	4186	4,186	$4,186 \times 10^{-3}$	$1,163 \times 10^3$	$1,163 \times 10^6$	$1,163 \times 10^9$	$1,163 \times 10^{12}$	$3,968 \times 10^3$
<b>Gcal/h</b>	$4,186 \times 10^6$	$4,186 \times 10^3$	4186	4,186	$1,163 \times 10^6$	$1,163 \times 10^9$	$1,163 \times 10^{12}$	$1,163 \times 10^{15}$	$3,968 \times 10^6$
<b>Btu/h</b>	$1,055 \times 10^3$	1,055	$1,055 \times 10^{-3}$	$1,055 \times 10^{-6}$	$2,931 \times 10^{-1}$	$2,931 \times 10^{-4}$	$2,931 \times 10^{-7}$	$2,931 \times 10^{-10}$	1
	<b>cal/h</b>	<b>kcal/h</b>	<b>Mcal/h</b>	<b>Gcal/h</b>	<b>W</b>	<b>kW</b>	<b>MW</b>	<b>GW</b>	<b>Btu/h</b>
<b>J/h</b>	0,24	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-7}$	$2,4 \times 10^{-10}$	$2,78 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-7}$	$2,78 \times 10^{-10}$	$2,78 \times 10^{-13}$	$9,478 \times 10^{-4}$

<b>kJ/h</b>	240	0,24	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-7}$	0,278	$2,78 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-7}$	$2,78 \times 10^{-10}$	$9,478 \times 10^{-1}$
<b>MJ/h</b>	$2,4 \times 10^5$	240	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-7}$	278	0,278	$2,78 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-7}$	$9,478 \times 10^2$
<b>GJ/h</b>	$2,4 \times 10^8$	$2,4 \times 10^5$	240	0,24	$2,78 \times 10^5$	278	0,278	$2,78 \times 10^{-4}$	$9,478 \times 10^5$
<b>Btu/h</b>	252	$2,52 \times 10^{-1}$	$2,52 \times 10^{-4}$	$2,52 \times 10^{-7}$					
<b>W=J/s</b>	860	0,86	$8,6 \times 10^{-4}$	$8,6 \times 10^{-7}$	3600	3,6	$3,6 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-6}$	3,412
<b>kW=kJ/s</b>	$8,6 \times 10^5$	860	0,86	$8,6 \times 10^{-4}$	$3,6 \times 10^6$	3600	3,6	$3,6 \times 10^{-3}$	$3,412 \times 10^{-3}$
<b>MW=MJ/s</b>	$8,6 \times 10^8$	$8,6 \times 10^5$	860	0,86	$3,6 \times 10^9$	$3,6 \times 10^6$	3600	3,6	$3,412 \times 10^{-6}$
<b>GW=GJ/s</b>	$8,6 \times 10^{11}$	$8,6 \times 10^8$	$8,6 \times 10^5$	860	$3,6 \times 10^{12}$	$3,6 \times 10^9$	$3,6 \times 10^6$	3600	$3,412 \times 10^{-9}$

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = \frac{4186\text{J}}{\text{h}} = \frac{4186\text{J}}{3600\text{s}} = 1,16 \text{ W}$$

**ANEXA 2 Relații de transformare**

**1. Forță**

$$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp} = 7,233 \text{ pdl} = 0,2248 \text{ lbf} = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 10^5 \text{ dyn} = \frac{1}{9,80665} \text{ kgf}$$

N - Newton

kp - Kilopoun forță

pdl - Poundal

lbf - Pound forță

dyn - Dyne

kgf - Kilogram forță

**1. Coeficienți de transfer termic**

$$1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} = 0,85984 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{C}}$$

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2\text{C}} = 1,163 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

**2. Debite**

$$1 \frac{\text{lb}}{\text{h}} = 1,26 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{lb}}{\text{s}} = 0,4536 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{lb}}{\text{min}} = 7,56 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 3,67 \times 10^{-2} \frac{\text{lb}}{\text{min}}$$

lb/s - pound pe secundă

lb/h - pound pe oră

**3. Putere**

horsepower, kilowatt, watt, btu/second, calorie/second, foot lbf/second,  
kilocalorie/second

$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3}$$



$$1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$1 \text{ CP} = 0,74570 \text{ kW} = 641,2 \text{ kcal/h} = 2545 \text{ Btu/h} = 75 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 3,939 \times 10^{-4} \text{ CP} = 0,293 \text{ W}$$

$$1 \text{ kW} = 1,341 \text{ CP}$$

$$1 \text{ Therm} = 100000 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{ft} \times \text{lb}}{\text{s}} = 1,3558 \text{ W}$$

$$1 \frac{\text{Btu}}{\text{s}} = 1055,1 \text{ W}$$

Btu – British thermal unit

CP – Cal putere

Therm (thm)

ft –foot

#### 4. Energie specifică

$$1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 2,39 \times 10^{-4} \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 4187 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

#### 5. Debit de căldură specifică

$$1 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} = 2,389 \times 10^{-4} \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 4,186.8 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

#### 6. Temperatură

$$1^\circ\text{C} = 1,8^\circ\text{F}$$

$$1^\circ\text{F} = 0,555^\circ\text{C}$$

0°C corespunde la 32°F, 273,16K, 491,69R

$$T(^{\circ}\text{R}) = \frac{9}{5} T(\text{K})$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = [T(^{\circ}\text{C})] \left(\frac{9}{5}\right) + 32$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = [T(\text{K}) - 273,16] \left(\frac{9}{5}\right) + 32$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9} [T(^{\circ}\text{F}) - 32]$$

### 7. Viteză

$$1 \frac{\text{ft}}{\text{s}} = 0,3048 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{ft}}{\text{min}} = 5,08 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,0183 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 0,0114 \text{ mph}$$

$$1 \text{mph} = 0,44703 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,609 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 88 \frac{\text{ft}}{\text{h}} = 5280 \frac{\text{ft}}{\text{h}} = 1,467 \frac{\text{ft}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 196,85 \frac{\text{ft}}{\text{min}} = 2,237 \text{ mph}$$

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 0,2778 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 54,68 \frac{\text{ft}}{\text{min}} = 0,6214 \text{ mph}$$

### 8. Volum

$$1 \text{ ft}^3 = 0,02832 \text{ m}^3 = 28,32 \text{ dm}^3 = 0,03704 \text{ yd}^3$$

$$1 \text{ in}^3 = 1,6387 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 1,639 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 16,39 \text{ cm}^3 = 16390 \text{ mm}^3 = 0,000579 \text{ in}^3$$

$$1 \text{ Gallon (U.S.)} = 3,785 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 3,785 \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 0,13368 \text{ ft}^3 = 4,951 \times 10^{-3} \text{ yd}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 \text{ (Litru)} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,03532 \text{ ft}^3 = 1,308 \times 10^{-3} \text{ yd}^3$$

$$1 \text{ yd}^3 = 0,7646 \text{ m}^3 = 764,6 \text{ dm}^3 = 27 \text{ ft}^3 = 168,2 \text{ Gallon (UK)} =$$

$$= 202,0 \text{ gallon (US)} = 46,656 \text{ Cu.In.} = 764,6 \text{ Litri}$$

$$1 \text{ km}^3 = 109 \text{ m}^3 = 1012 \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 1015 \text{ cm}^3 = 1018 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 0,061 \text{ in}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 103 \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 35,31 \text{ ft}^3 = 1,3093 \text{ yd}^3$$

yd - yard

in - inch

gallon

Cu. In. – Cubic Inch

**9. Debite volumice**

$$1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 3600 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 1000 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 35,32 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} = 2118,9 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} = 15852 \frac{\text{gallon(US)}}{\text{min}}$$

$$1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 2,7778 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,2778 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 9,81 \times 10^{-3} \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} = 0,5886 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} =$$

$$4,403 \frac{\text{gallon(US)}}{\text{min}}$$

$$1 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} = 1,7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,47 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,03532 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} = 2,1189 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} = 15,852 \frac{\text{gallon(US)}}{\text{min}} =$$

$$= 60 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 3600 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} = 0,0283168 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 101,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 28,32 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 60 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} = 448,9 \frac{\text{gallon(US)}}{\text{min}}$$

$$1 \frac{\text{gallon(UK)}}{\text{min}} = 7,57682 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,0273 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,0758 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 2,675 \times 10^{-3} \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} =$$

$$= 0,1605 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

$$1 \frac{\text{gallon(US)}}{\text{min}} = 6,30888 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,227 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,06309 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} = 2,228 \times 10^{-3} \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} =$$

$$= 0,1337 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

ANEXA 3-Umiditatea absolută și entalpia aerului umed

t [°C]	Umiditatea relativă φ [%]									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
0	<sup>x</sup> [kJ/kg]	0,38	0,76	1,14	1,52	1,91	2,29	2,67	3,06	3,44
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	0,95	1,9	2,85	3,8	4,75	5,70	6,65	7,60	8,55
1	<sup>x</sup> [kJ/kg]	0,41	0,82	1,23	1,63	2,05	2,46	2,87	3,28	3,69
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	2,02	3,05	4,07	5,07	6,12	7,15	8,18	9,20	10,2
2	<sup>x</sup> [kJ/kg]	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,09	3,53	3,97
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	3,10	4,20	5,30	6,40	7,50	8,60	9,73	10,8	11,9
3	<sup>x</sup> [kJ/kg]	0,47	0,94	1,42	1,89	2,37	2,84	3,31	3,79	4,26
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	4,17	5,35	6,55	7,73	8,93	10,1	11,3	12,5	13,7

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
4	$x$ [kJ/kg]	0.50	1.02	1.52	2.03	2.54	3.05	3.56	4.07	4.59
	$h$ [kJ/kg]	5.25	6.55	7.81	9.09	10.4	11.6	12.9	14.2	15.5
5	$x$ [kJ/kg]	0.54	1.08	1.63	2.17	2.72	3.27	3.82	4.37	4.92
	$h$ [kJ/kg]	6.35	7.71	9.09	10.4	11.8	13.2	14.6	16.0	17.3
6	$x$ [kJ/kg]	0.58	1.17	1.75	2.34	2.92	3.51	4.10	4.69	5.28
	$h$ [kJ/kg]	7.45	8.93	10.4	11.9	13.3	14.8	16.3	17.8	19.3
7	$x$ [kJ/kg]	0.62	1.25	1.87	2.50	3.13	3.75	4.38	5.02	5.65
	$h$ [kJ/kg]	8.55	10.1	11.7	13.3	14.9	16.4	18.0	19.6	21.2
8	$x$ [kJ/kg]	0.67	1.33	2.01	2.68	3.35	4.03	4.70	5.38	6.06
	$h$ [kJ/kg]	9.68	11.3	13.1	14.7	16.4	18.1	19.8	21.5	23.2

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>9</b>	$x$ [kJ/kg]	0.72	1.43	2.15	2.87	3.59	4.31	5.04	5.76	6.49
	$h$ [kJ/kg]	10.8	12.6	14.4	16.2	18.0	19.8	21.7	23.5	25.3
<b>10</b>	$x$ [kJ/kg]	0.77	1.53	2.30	3.07	3.84	4.61	5.39	6.17	6.94
	$h$ [kJ/kg]	11.9	13.9	15.8	17.7	19.7	21.6	23.6	25.5	27.5
<b>11</b>	$x$ [kJ/kg]	0.82	1.63	2.46	3.28	4.11	4.93	5.76	6.60	7.43
	$h$ [kJ/kg]	13.1	15.1	17.2	19.3	21.4	23.4	25.5	27.6	29.7
<b>12</b>	$x$ [kJ/kg]	0.87	1.75	2.62	3.50	4.39	5.28	6.16	7.05	7.94
	$h$ [kJ/kg]	14.2	16.4	18.6	20.8	23.1	25.3	27.5	29.8	32.0
<b>13</b>	$x$ [kJ/kg]	0.93	1.87	2.81	3.75	4.70	5.65	6.60	7.55	8.51
	$h$ [kJ/kg]	15.3	17.7	20.1	22.5	24.9	27.3	29.7	32.1	34.5

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
14	x [kJ/kg]	1.00	2.00	3.00	4.01	5.02	6.3	7.05	8.06	9.09
	h [kJ/kg]	16.5	19.1	21.6	24.1	26.7	29.2	31.8	34.4	37.0
15	x [kJ/kg]	1.06	2.12	3.19	4.26	5.34	6.41	7.49	8.58	9.66
	h [kJ/kg]	17.7	20.4	23.1	25.8	28.5	31.2	33.9	36.7	39.4
16	x [kJ/kg]	1.13	2.27	3.41	4.56	5.71	6.85	8.00	9.15	10.3
	h [kJ/kg]	18.9	21.7	24.6	27.5	30.4	33.3	36.2	39.1	42.1
17	x [kJ/kg]	1.21	2.42	3.63	4.85	6.08	7.30	8.58	9.79	11.0
	h [kJ/kg]	20.1	23.1	26.2	29.3	32.4	35.5	38.7	41.8	44.8
18	x [kJ/kg]	1.28	2.57	3.87	5.17	6.47	7.81	9.09	10.4	11.8
	h [kJ/kg]	21.2	24.5	27.8	31.1	34.4	37.8	41.10	44.3	47.9

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
19	x [kJ/kg]	1.37	2.74	4.13	5.51	6.92	8.32	9.73	11.1	12.6
	h [kJ/kg]	22.5	25.9	29.5	33.0	36.5	40.1	43.7	47.1	50.9
20	x [kJ/kg]	1.46	2.92	4.39	5.87	7.36	8.83	10.4	11.9	13.3
	h [kJ/kg]	23.7	27.4	31.1	34.9	38.7	42.4	46.4	50.2	53.7
21	x [kJ/kg]	1.55	3.11	4.67	6.24	7.81	9.41	11.0	12.6	14.3
	h [kJ/kg]	24.9	28.9	32.9	36.8	40.8	44.9	48.9	53.0	57.3
22	x [kJ/kg]	1.65	3.30	4.97	6.66	8.32	10.1	11.7	13.4	15.2
	h [kJ/kg]	26.2	30.4	34.6	38.9	43.1	47.7	51.7	56.0	60.0
23	x [kJ/kg]	1.75	3.52	5.28	7.06	8.83	10.6	12.5	14.3	16.2
	h [kJ/kg]	27.4	32.0	36.4	41.0	45.5	50.0	54.8	59.4	64.2



$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>24</b>	<sup>x</sup> [kJ/kg]	1.86	3.73	5.62	7.49	9.41	11.3	13.3	15.2	17.1
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	28.7	33.5	38.3	43.1	47.9	52.8	57.8	62.7	67.5
<b>25</b>	<sup>x</sup> [kJ/kg]	1.98	3.96	5.97	8.00	9.99	12.1	14.1	16.2	18.3
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	30.0	35.1	40.2	45.4	50.4	55.8	60.9	66.3	71.6
<b>26</b>	<sup>x</sup> [kJ/kg]	2.10	4.21	6.35	8.45	10.6	12.8	15.0	17.2	19.4
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	31.3	36.7	42.2	47.5	53.0	58.6	64.2	69.8	75.4
<b>27</b>	<sup>x</sup> [kJ/kg]	2.22	4.47	6.73	9.02	11.3	13.6	15.9	18.8	20.6
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	32.7	38.4	44.2	50.0	55.8	61.7	67.5	73.7	79.6
<b>28</b>	<sup>x</sup> [kJ/kg]	2.36	4.74	7.11	9.54	12.0	14.5	16.9	19.4	21.9
	<sup>h</sup> [kJ/kg]	34.0	40.1	46.1	52.3	58.6	65.0	71.1	77.5	83.9

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
29	x [kJ/kg]	2.5	5.02	7.55	10.1	12.7	15.3	17.9	20.6	23.2
	h [kJ/kg]	35.4	41.8	48.3	54.8	61.4	68.1	74.7	81.6	88.3
30	x [kJ/kg]	2.65	5.32	8.00	10.8	13.5	18.2	19.0	21.8	24.7
	h [kJ/kg]	36.8	43.6	50.4	57.6	64.5	71.4	78.6	85.7	93.1
31	x [kJ/kg]	2.81	5.64	8.51	11.4	14.3	17.2	20.2	23.2	26.2
	h [kJ/kg]	38.2	45.4	52.8	60.2	67.6	75.0	82.7	90.3	98.0
32	x [kJ/kg]	3.14	5.97	9.02	12.1	15.2	18.3	21.4	24.6	27.8
	h [kJ/kg]	39.6	47.3	55.1	63.0	70.9	78.8	86.8	95.0	103.2
33	x [kJ/kg]	3.14	6.35	9.54	12.8	16.0	19.4	22.7	26.1	29.5
	h [kJ/kg]	41.0	49.3	57.4	65.8	74.0	82.7	91.1	99.9	108.6

t [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
34	x [kJ/kg]	3.33	6.66	10.1	13.5	17.0	20.5	24.0	27.6	31.3
	h [kJ/kg]	42.5	51.1	59.9	68.6	77.6	86.5	95.5	104.7	114.2
35	x [kJ/kg]	3.52	7.05	10.7	14.3	18.0	21.7	25.5	29.3	33.2
	h [kJ/kg]	44.0	53.1	62.4	71.7	81.2	90.7	100.4	110.2	120.2
36	x [kJ/kg]	3.72	7.49	11.3	15.2	19.0	23.0	27.0	31.2	35.2
	h [kJ/kg]	45.5	55.2	65.0	75.0	84.8	95.0	105.3	116.1	126.4
37	x [kJ/kg]	3.92	7.94	11.9	16.0	20.2	24.3	28.6	32.9	37.3
	h [kJ/kg]	47.1	57.4	67.6	78.1	88.9	99.4	110.5	121.5	132.8
38	x [kJ/kg]	4.5	8.32	12.6	16.9	21.3	25.7	30.3	34.8	39.4
	h [kJ/kg]	48.7	59.4	70.4	81.4	92.8	104.1	115.9	127.5	139.3

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
39	x [kJ/kg]	4.38	8.83	13.3	17.9	22.6	27.3	32.1	36.9	41.8
	h [kJ/kg]	50.3	61.7	73.2	85.1	97.1	109.2	121.6	133.9	146.5
40	x [kJ/kg]	4.62	9.34	14.1	18.9	23.8	28.8	33.8	39.0	44.2
	h [kJ/kg]	51.9	64.0	76.3	88.7	101.3	114.1	127.0	140.4	153.8
41	x [kJ/kg]	4.88	9.86	14.8	20.0	25.2	30.5	35.8	41.3	46.8
	h [kJ/kg]	53.6	66.4	79.1	92.5	105.9	119.6	133.3	147.4	161.6
42	x [kJ/kg]	5.14	10.4	15.7	21.1	26.6	32.2	37.9	43.7	49.6
	h [kJ/kg]	55.3	68.8	82.5	96.4	110.6	125.0	139.7	154.7	159.9
43	x [kJ/kg]	5.42	11.0	16.5	22.3	28.1	34.0	40.1	46.2	52.5
	h [kJ/kg]	57.0	71.4	85.6	100.5	115.5	130.7	146.5	162.2	178.5

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
44	x [kJ/kg]	5.71	11.5	17.5	23.5	29.7	35.9	42.3	48.8	55.5
	h [kJ/kg]	58.7	73.7	89.2	104.7	120.7	136.8	153.2	170.0	187.3
45	x [kJ/kg]	6.02	12.2	18.4	24.8	31.3	38.0	44.7	51.7	58.7
	h [kJ/kg]	60.6	76.5	92.5	109.2	125.9	143.2	160.5	178.6	196.7
46	x [kJ/kg]	6.35	12.8	19.4	26.1	33.0	40.1	47.3	54.6	62.1
	h [kJ/kg]	62.4	79.1	96.2	113.5	131.3	149.7	168.3	187.2	206.6
47	x [kJ/kg]	6.66	13.5	20.4	27.5	34.9	42.3	49.9	57.7	65.7
	h [kJ/kg]	54.2	81.9	99.8	118.2	137.3	156.5	176.1	196.3	217.0
48	x [kJ/kg]	7.05	14.2	21.6	29.0	36.8	44.7	52.7	61.0	69.4
	h [kJ/kg]	66.3	84.8	103.9	123.1	143.3	163.7	184.5	206.0	227.7

$t$ [°C]		10	20	30	40	50	60	70	80	90
49	$x$ [kJ/kg]	7.36	15.0	22.7	30.6	38.8	47.1	55.7	64.5	73.5
	$h$ [kJ/kg]	68.1	87.9	107.8	128.3	149.5	171.0	193.3	216.1	239.5
50	$x$ [kJ/kg]	7.75	15.8	23.9	32.3	40.9	49.7	58.8	68.1	77.7
	$h$ [kJ/kg]	70.1	91.0	112.0	133.8	156.1	178.9	202.5	226.6	251.5

## ANEXA 4 – Mărimi caracteristice ale gurilor de aer tipizate LindabComfort Anemostat PKA



Anemostat PKA

### Descriere

Anemostatul PKA are formă pătratică, perforată folosit atât pentru refulare cât și pentru aspirația aerului. Are aspect discret și este ușor de înglobat în tavanul fals. Anemostatul PKA este folosit pentru răcirea încăperilor cu cerințe stricte din punct de vedere al climatului și poate fi folosit în sisteme de ventilare cu debit de aer constant sau variabil.

### Dimensiuni

Dimensiunile anemostatelor (figura 1) se dau funcție de mărimea racordului acestora la tubulatură sau la Plenum-box în tabelul 1

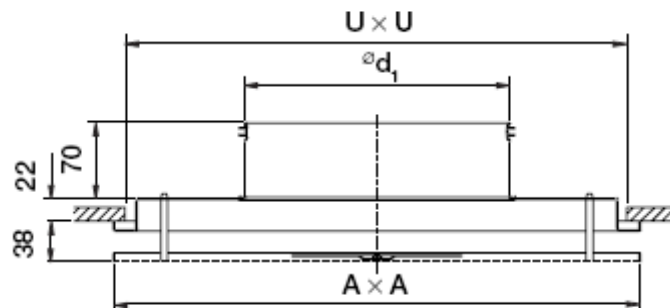


Fig.1 Dimensiuni caracteristice ale anemostatului PKA

**Tabel .1**

Mărime $\Phi d$	A mm	U mm	Suprafața liberă $m^2$	Greutate kg
125	235	200	0.020	1.1
160	295	260	0.028	1.8
200	395	360	0.037	2.8
250	495	460	0.047	4.2
315	595	560	0.059	5.7
400	595	560	0.072	5.7

Posibilități de direcționare a jetului de aer în trei, două sau o direcție figura 2.

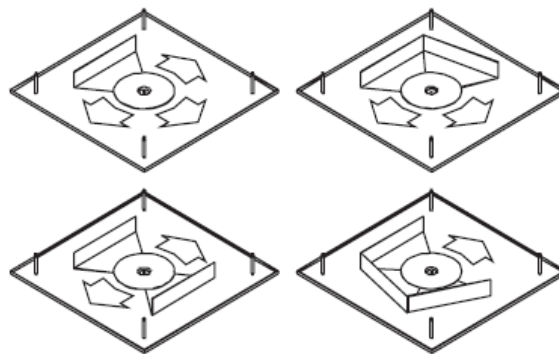


Fig.2 Posibilități de reglare a bătaii jetului

În figura 3 se determină în funcție de debitul de aer și tipul anemostatului distanța unde bătaia jetului are viteza de 0,2 m/s.

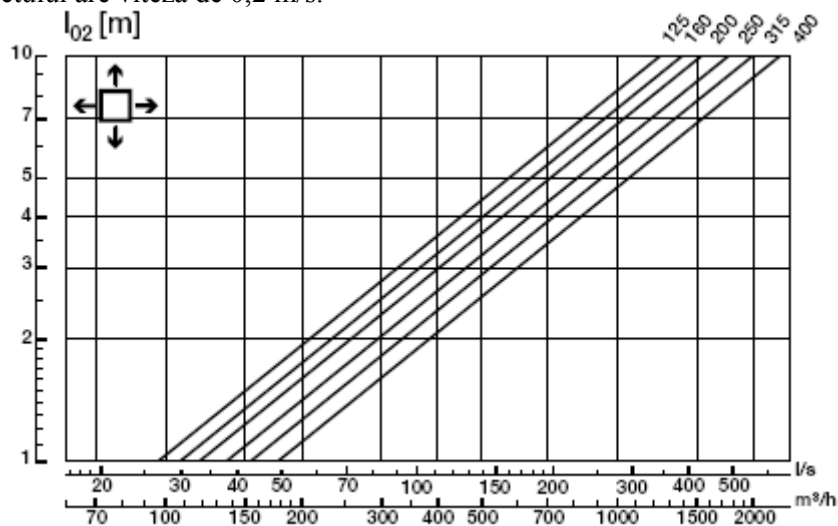


Fig.3 Nomograma de determinare a distanței jetului de 0.2 m/s



În figura 4 se prezintă lăţimea pe orizontală şi verticală a jetului în funcţie de numărul direcţiilor de suflare.

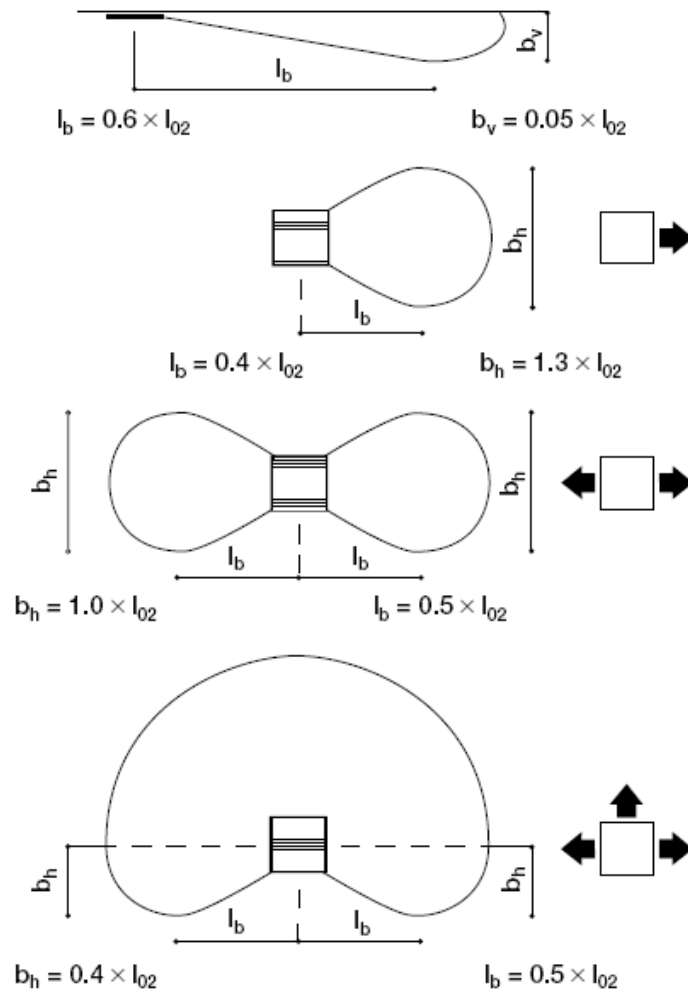


Fig.5 Lăţimea jetului în funcţie de numărul direcţiilor de suflare

unde:

$l_b$ - Distanţa de la anemostat până în punctul unde jetul are lăţimea respectiv adâncimea maximă

$b_h$ - Lăţimea jetului orizontal

$b_v$ - Lăţimea jetului verticală

Anemostatul se poate monta şi pe plenum-box ce oferă o distribuţie mai uniformă a jetului de aer şi o mai bună echilibrare datorită clapetei de reglaj incluse figura 6



Fig.6 Plenum-box MBA

Pentru PKA 200+MBA în figura 7 și figura 8 se determină nivelul de zgomot și pierderea de presiune pentru refularea respectiv aspirația aerului.

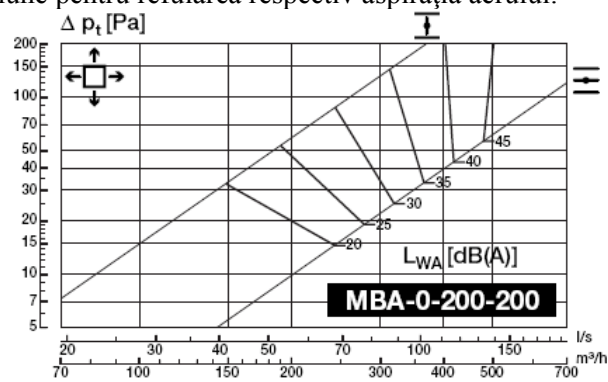


Fig.7 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la refulare

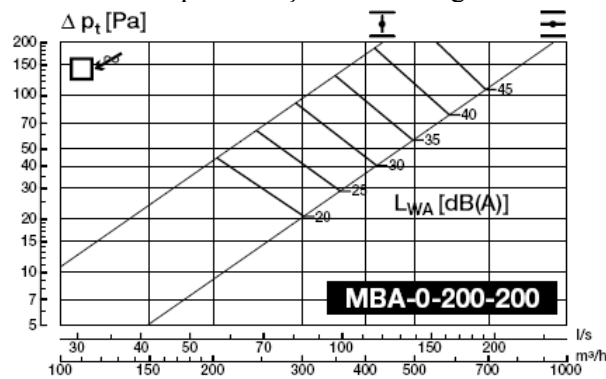


Fig.8 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la aspirație

**LindabComfort****Anemostat RKD**

Anemostat RKD

**Descriere**

Anemostatul RKD are formă pătratică, care imprimă jetului de aer o mișcare circulară folosit pentru a rupe stratificarea aerului datorită temperaturii. Anemostatul poate fi folosit atât pentru refulare cât și pentru aspirația aerului. Are aspect discret și este ușor de înglobat în tavanul fals.

Anemostatul RKD este folosit pentru răcirea dar și pentru încălzirea încăperilor , iar lamele de dirijare a jetului se pot regla manual funcție de temperatura aerului refulat.

**Dimensiuni**

Dimensiunile anemostatelor (figura 1) se dau funcție de mărimea racordului acestora la tubulatură sau la Plenum-box în tabelul .1, iar forma grilei în figura 2.

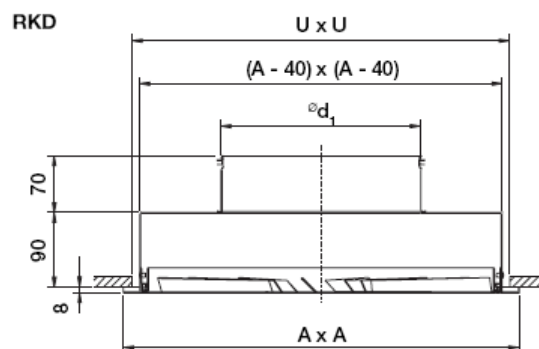


Fig.1 Dimensiuni caracteristice ale anemostatului RKD

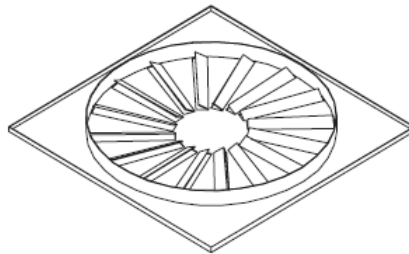


Fig.2 Forma grilei anemostatului RKD

Tabel.1

Mărime	A mm	$\Phi d$ mm	U mm	Greutate kg
300	295	160	270	2.4
400	395	200	370	3.1
500	495	250	470	4.2
600	595	315	570	6.0
625	620	315	595	6.3

În figura 2 se determină în funcție de debitul de aer și tipul anemostatului distanța unde bătaia jetului are viteza de 0,2 m/s.

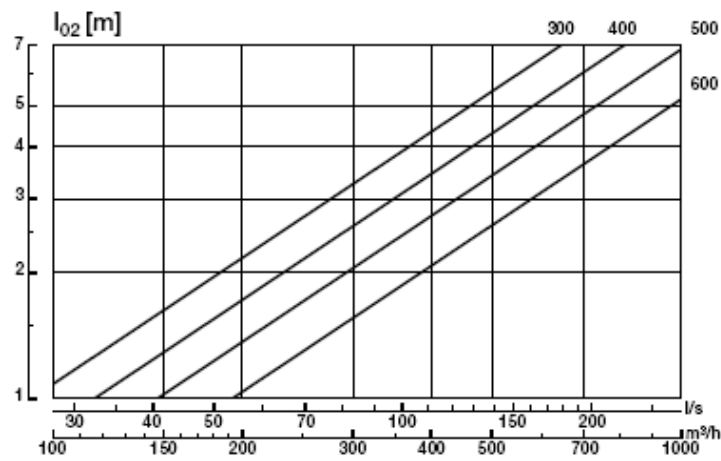


Fig.2 Nomograma de determinare a distanței jetului de 0.2 m/s

Anemostatul se poate monta și pe plenum-box ce oferă o distribuție mai uniformă a jetului de aer și o mai bună echilibrare datorită clapetei de reglaj incluse figura 3



Fig.3 Plenum-box MBA

Pentru RKD 400+MBA în figura 4 și figura 5 se determină nivelul de zgomot și pierderea de presiune pentru refularea respectiv aspirația aerului.

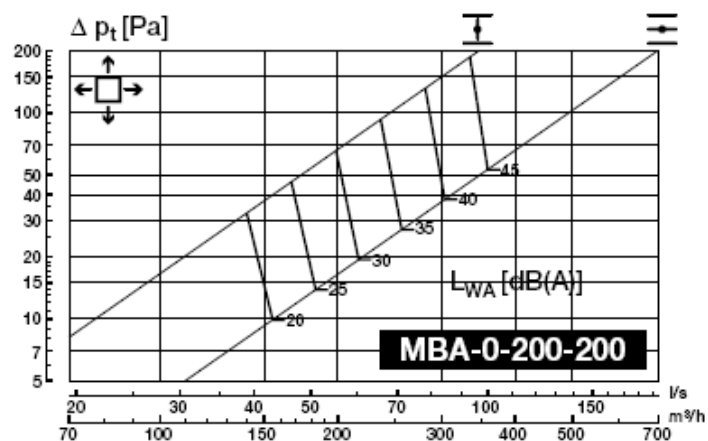


Fig.4 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la refulare

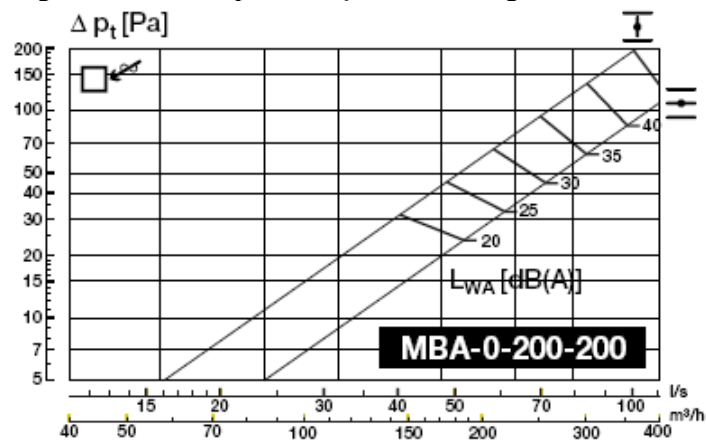


Fig.5 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la aspirație

Pentru RKD 400 fără MBA se determină nivelul de zgomot și pierderea de presiune pentru refularea respectiv aspirația aerului în figura 6 și figura 7.

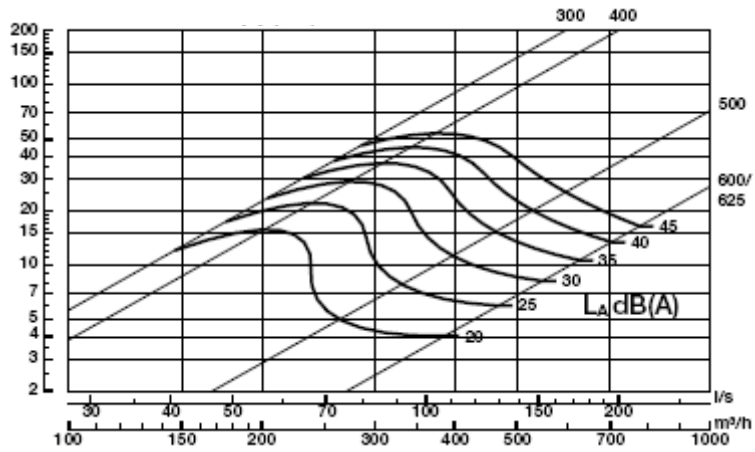


Fig.6 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la refulare

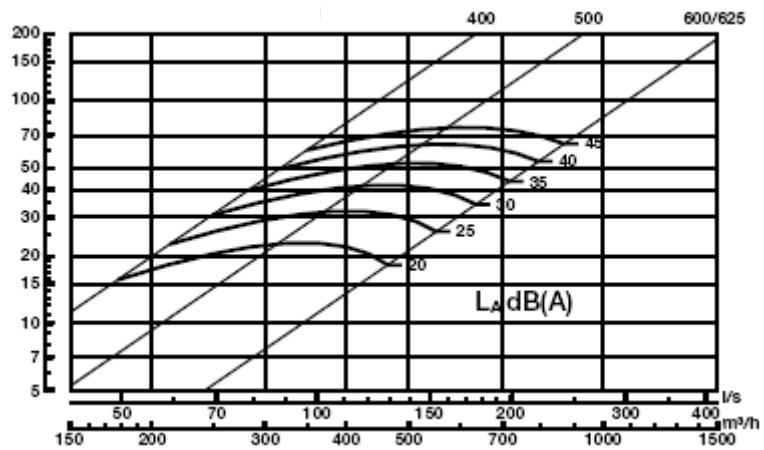
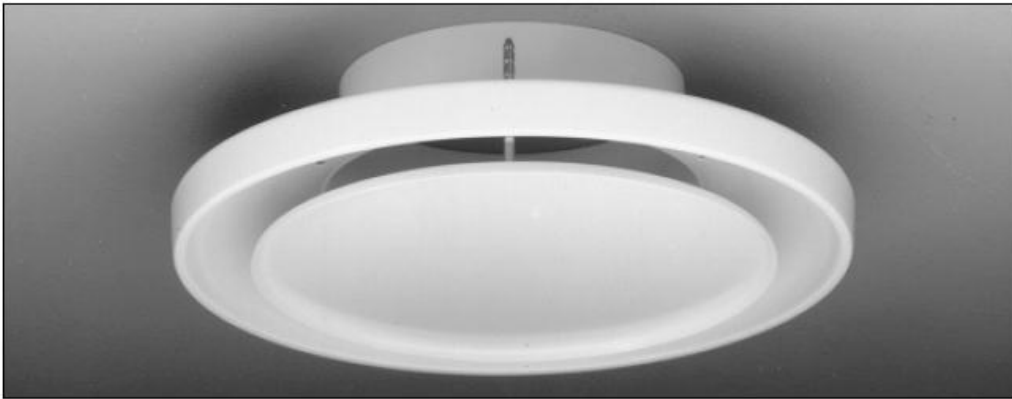


Fig.7 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la aspirație

**LindabComfort****Anemostat CRL**

Anemostat CRL

**Descriere**

Anemostatul CRL are formă rotundă, folosit pentru refularea orizontală sau verticală a aerului. Are aspect discret și este ușor de înglobat în tavanul încăperii. Trecerea de la refulare orizontală la verticală se face prin demontarea discului.

Anemostatul CRL este folosit pentru răcirea și încălzirea încăperilor iar datorită designului său asigură distribuția jetului 360°.

**Dimensiuni**

Dimensiunile anemostatelor (figura 1) se dau funcție de mărimea racordului acestora la tubulatură sau la Plenum-box în tabelul 1

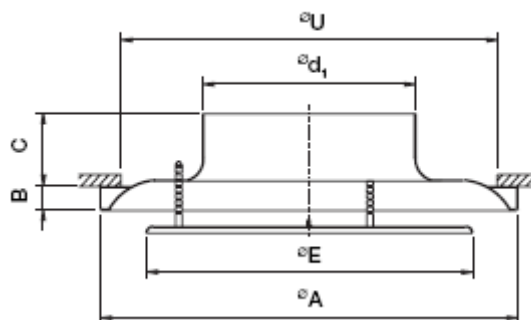


Fig.1 Dimensiuni caracteristice ale anemostatului CRL

**Tabel.1**

Mărime $\Phi d$	A mm	B mm	C mm	E mm	$\Phi U$	Greutate kg
100	188	15	60	146	158	0.4
125	238	20	65	180	198	0.6
160	288	25	65	220	238	0.8
200	388	28	72	300	330	1.4
250	488	33	82	380	438	2.0
315	588	33	97	480	508	3.0
400	720	40	100	590	650	-

În figura 2 și figura 3 se determină în funcție de debitul de aer refulat și tipul anemostatului distanța unde bătaia jetului pe orizontală respectiv pe verticală are viteza de 0,2 m/s .

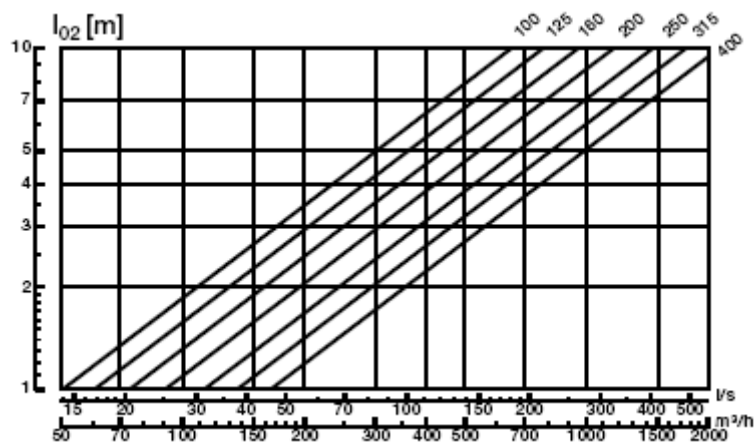


Fig.2 Nomograma de determinare a distanței pe orizontală a jetului de 0.2 m/s

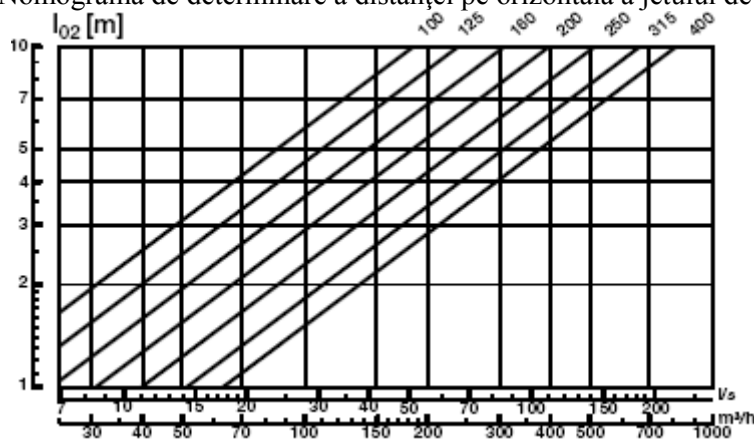
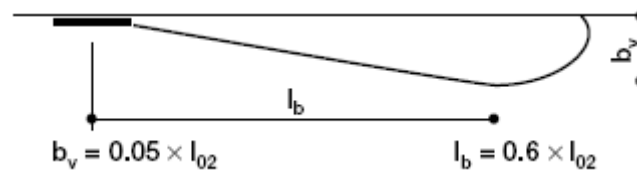


Fig.3 Nomograma de determinare a distanței pe verticală a jetului de 0.2 m/s



În figura 4 se prezintă lățimea pe orizontală și verticală a jetului  
**Refulare pe orizontală**



**Refulare pe verticală**

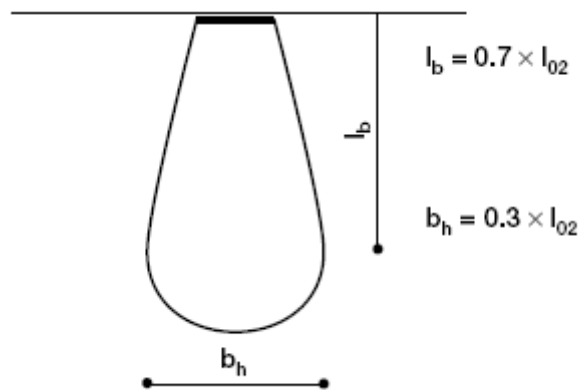


Fig.5 Lățimea jetului în funcție de numărul direcțiilor de suflare

unde:

$l_b$ - Distanța de la anemostat până în punctul unde jetul are lățimea respectiv adâncimea maximă

$b_h$ - Lățimea jetului orizontal

$b_v$ - Lățimea jetului verticală

Anemostatul se poate monta și pe plenum-box ce oferă o distribuție mai uniformă a jetului de aer și o mai bună echilibrare datorită clapetei de reglaj incluse figura .6



Fig.6 Plenum-box MBA

Pentru CRL 200+MBA în figura 7 și figura 8 se determină nivelul de zgomot și pierderea de presiune pentru refularea respectiv aspirația aerului.

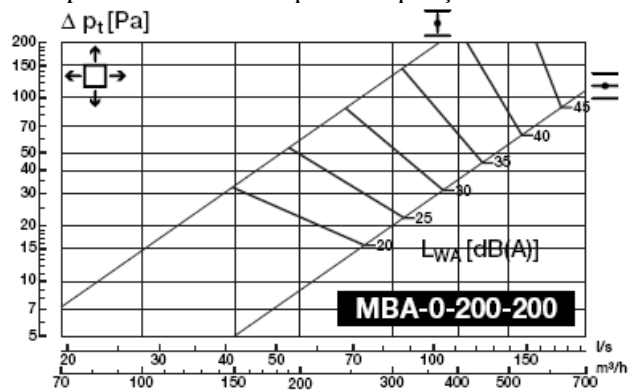


Fig.7 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la refulare

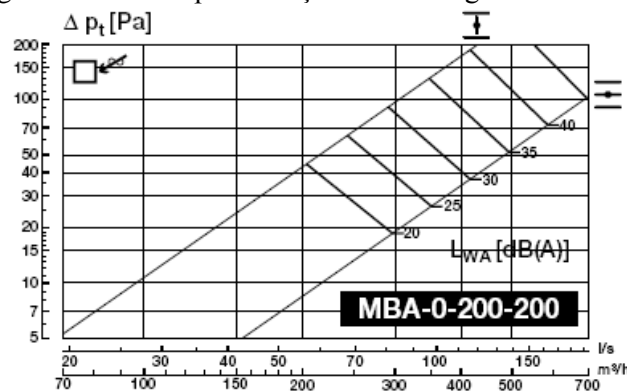


Fig.8 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la aspirație

**LindabComfort****Anemostat LKA**

Anemostat LKA

**Descriere**

Anemostatul LKA are formă pătratică, cu placa frontală neperforată folosit atât pentru refulare cât și pentru aspirația aerului. Are aspect discret și este ușor de înglobat în tavanul fals.

Anemostatul LKA este folosit pentru răcirea încăperilor cu cerințe stricte din punct de vedere al climatului și poate fi chiar suspendat de tavan.

**Dimensiuni**

Dimensiunile anemostatelor (figura 1) se dau funcție de mărimea racordului acestora la tubulatură sau la Plenum-box în tabelul .1

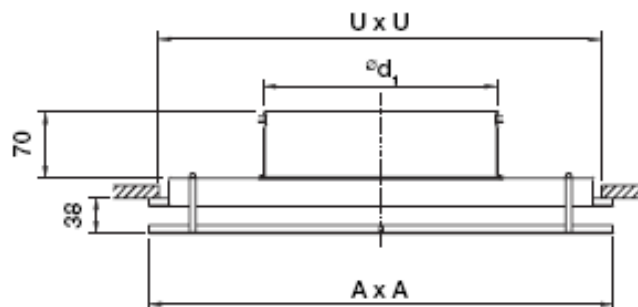


Fig.1 Dimensiuni caracteristice ale anemostatului LKA

**Tabel.1**

Mărime $\Phi d$	A mm	U mm	Suprafața liberă $m^2$	Greutate kg
125	235	200	0.013	1.1
160	295	260	0.015	1.8
200	395	360	0.021	2.8
250	495	460	0.030	4.2
315	595	560	0.036	5.7
400	595	560	0.045	5.7

Posibilități de direcționare a jetului de aer în trei, două sau o direcție figura 2.

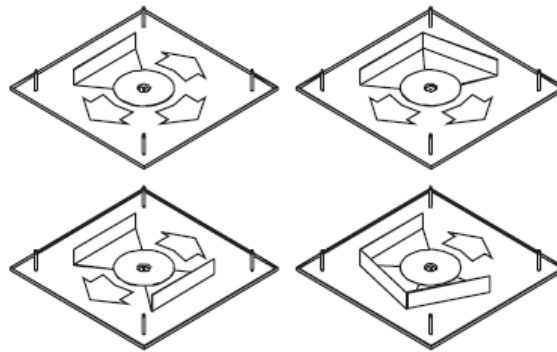


Fig.2 Posibilități de reglare a bătaii jetului

În figura 3 se determină în funcție de debitul de aer și tipul anemostatului distanța unde bătaia jetului are viteza de 0,2 m/s.

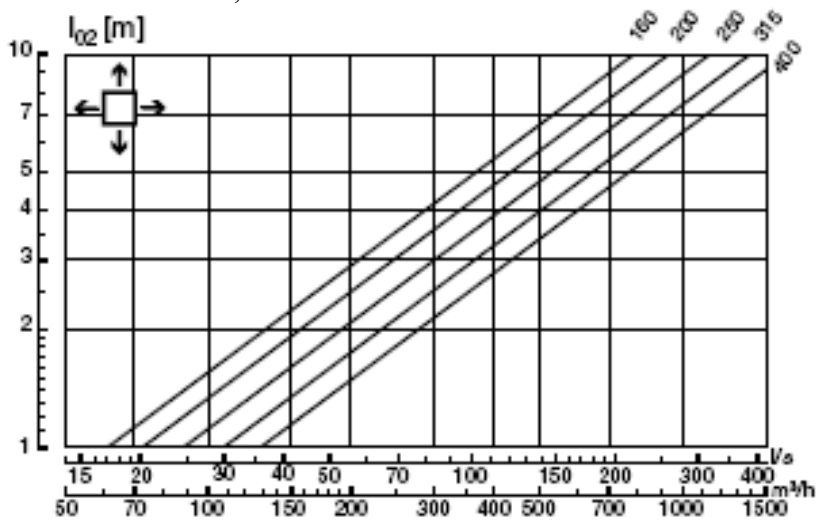


Fig.3 Nomograma de determinare a distanței jetului de 0.2 m/s

În figura 4 se prezintă lățimea pe orizontală și verticală a jetului în funcție de numărul direcțiilor de suflare.

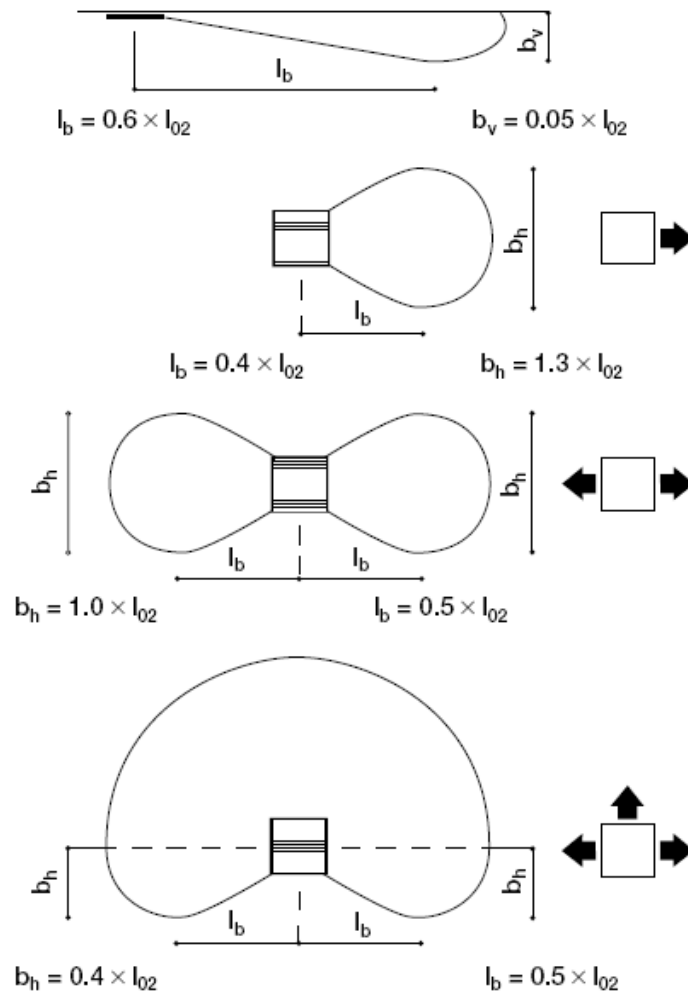


Fig. .5 Lățimea jetului în funcție de numărul direcțiilor de suflare

unde:

$l_b$ - Distanța de la anemostat până în punctul unde jetul are lățimea respectiv adâncimea maximă

$b_h$ - Lățimea jetului orizontal

$b_v$ - Lățimea jetului verticală

Anemostatul se poate monta și pe plenum-box ce oferă o distribuție mai uniformă a jetului de aer și o mai bună echilibrare datorită clapetei de reglaj inclus figura 6



Fig. 6 Plenum-box MBA

Pentru LKA 200+MBA în figura 7 și figura 8 se determină nivelul de zgomot și pierderea de presiune pentru refularea respectiv aspirația aerului.

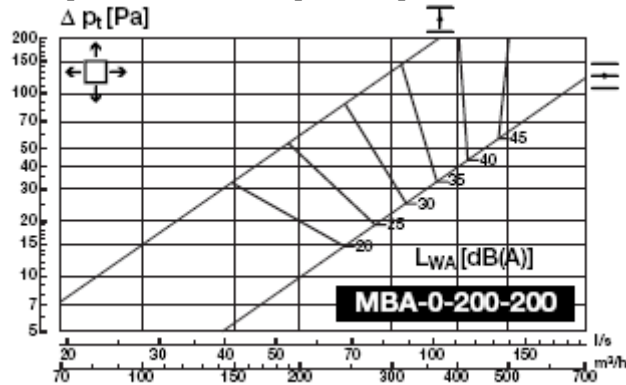


Fig.7 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la refulare

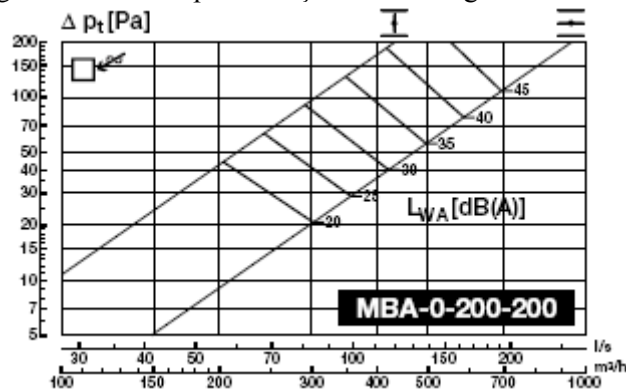


Fig.8 Pierderea de presiune și nivelul de zgomot la aspirație

**LindabComfort****Anemostat FKD**

Anemostat FKD

**Descriere**

Anemostatul FKD are formă rotundă, folosit pentru refularea orizontală sau verticală a aerului. Are aspect discret și este ușor de înglobat în tavanul încăperii. Trecerea de la refulare orizontală la verticală se face prin demontarea discului.

Anemostatul FKD este folosit pentru răcirea și încălzirea încăperilor iar datorită designului său asigură distribuția jetului 360°.

**Dimensiuni**

Dimensiunile anemostatelor (figura .1a și 1b) se dau funcție de mărimea racordului acestora la tubulatură în tabelul .1

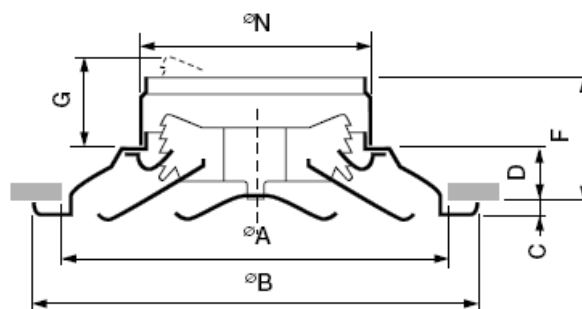


Fig. 1a Dimensiunile anemostatului pe verticală

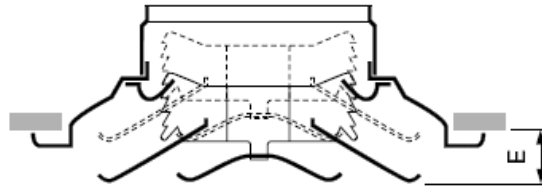


Fig. .1b Dimensiuni anemostatului pe orizontală

**Tabel .1**

Mărime $\Phi d$	$\Phi A$ mm	$\Phi B$ mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	$\Phi N$ mm	Greutate kg
160	279	323	12	35	22	85	46	160	1.75
200	375	428	10	51	26	101	55	200	2.7
250	467	538	14	67	33	117	68	250	4.7
315	557	635	10	85	42	135	80	315	6.2
355	648	743	18	96	46	146	86	355	8.0
400	740	856	14	116	49	166	92	400	11.8
450	832	970	14	135	66	185	110	450	14.0
500	924	1081	17	149	66	199	116	500	18.0
630	1103	1286	18	182	66	232	116	630	21.0

În figura 2 și figura 3 se determină în funcție de debitul de aer refulat și tipul anemostatului distanța unde bătaia jetului pe orizontală are viteza de 0,2 m/s și pierderea de presiune.

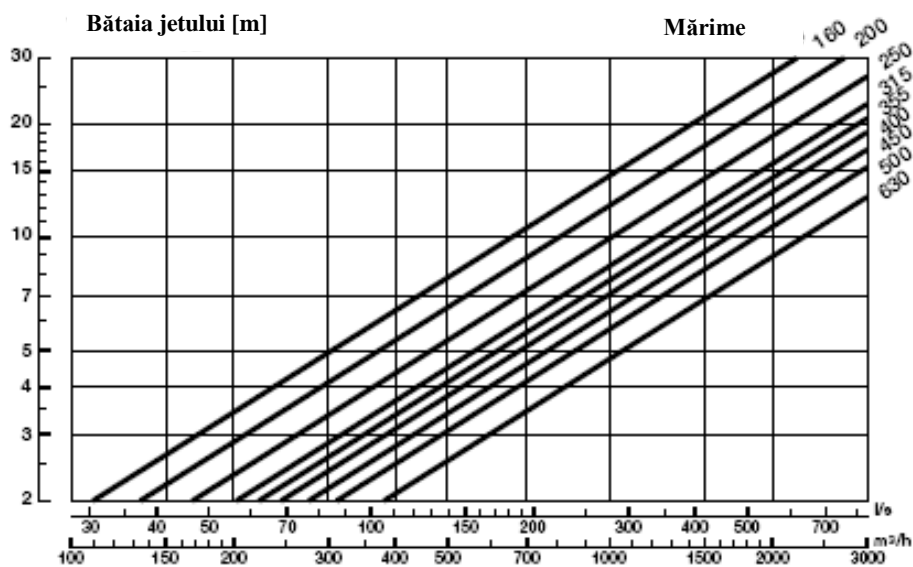


Fig. 2 Nomograma de determinare a distanței pe orizontală a jetului de 0.2 m/s



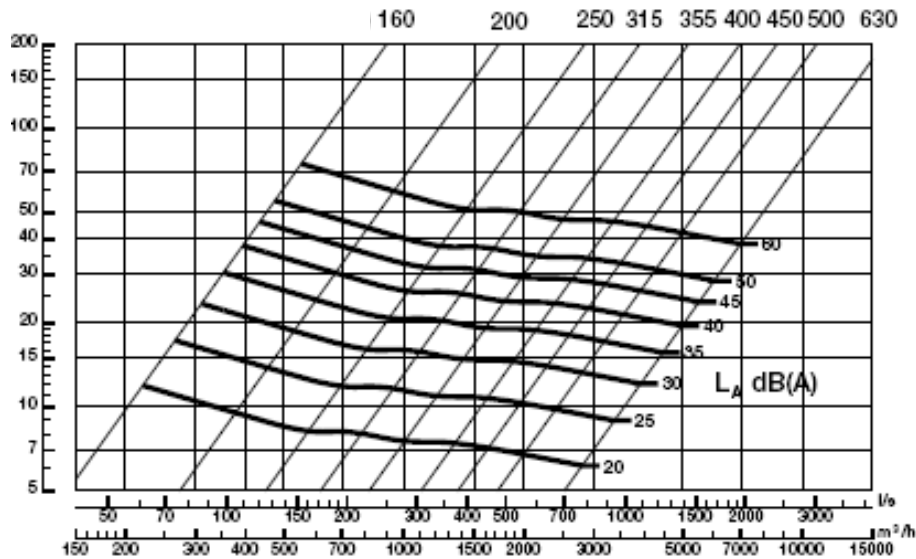


Fig. 3 Nomograma de determinare a pierderii de presiune la refularea orizontală

În figura 4 și figura 5 se determină în funcție de debitul de aer refulat și tipul anemostatului distanța unde bătaia jetului pe verticală are viteza de 0,2 m/s și pierderea de presiune.

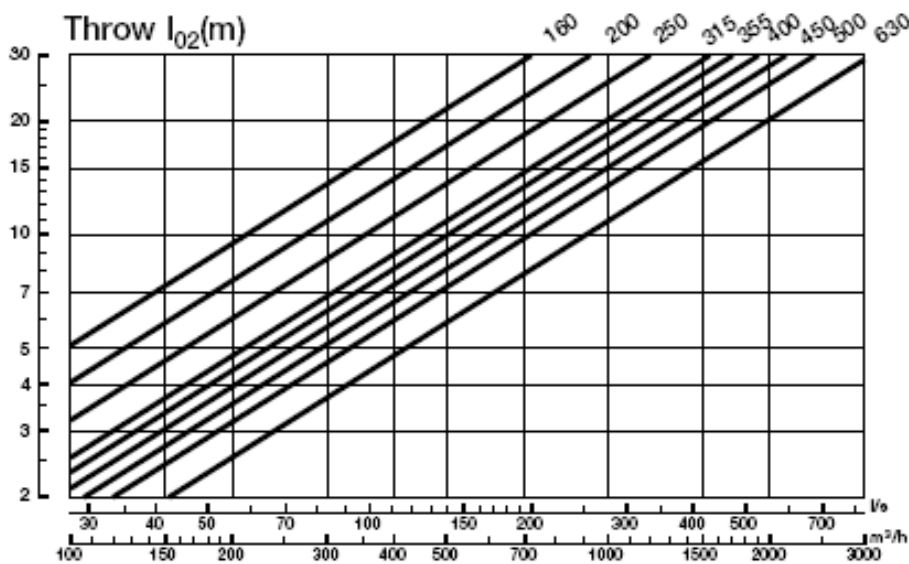


Fig. 4 Nomograma de determinare a distanței pe verticală a jetului de 0.2 m/s

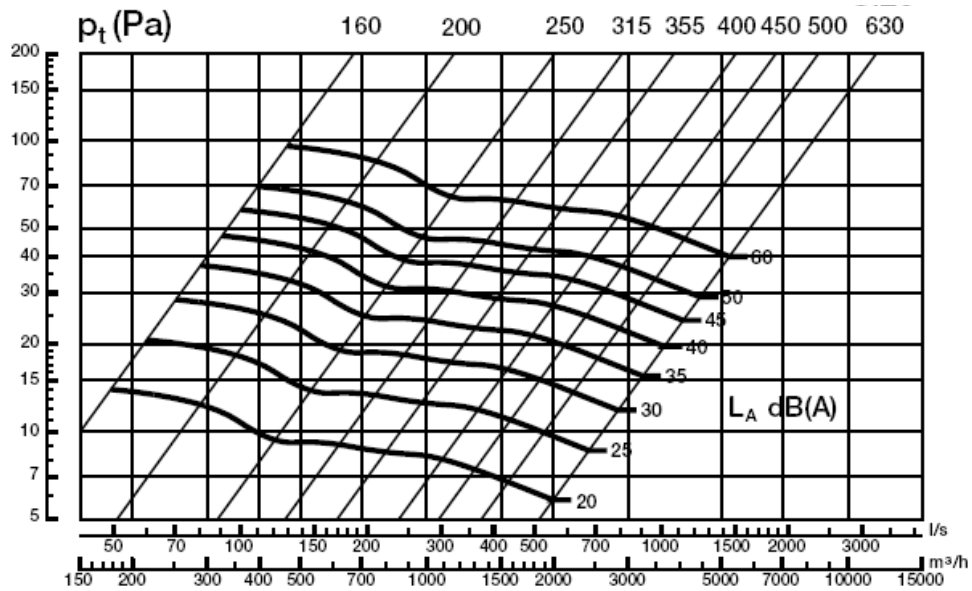


Fig. 5 Nomograma de determinare a distanței pe verticală a jetului de 0.2 m/s

**LindabComfort****Grilăde tubulatură RGS**

Grilă de tubulatură RGS

**Descriere**

RGS-ul este o grilă de ventilare montată direct pe tubulatură circulară și este dotat cu lamele verticale pentru orientarea jetului. Grila este astfel concepută încât să fie etanșă pe tubulatură, pentru a împiedica să apară pierderi pe rețea, nefiind nevoie de o prelucrare a materialului tubulaturii.

Grila RGS este folosit atât pe parte de refulare cât și pe parte de aspirație, pentru răcirea și încălzirea încăperilor sistemelor de ventilare cu debit de aer constant sau variabil.

**Dimensiuni**

În figura 1a, figura 1b și figura 1c se prezintă dimensiunile caracteristice ale grilei.

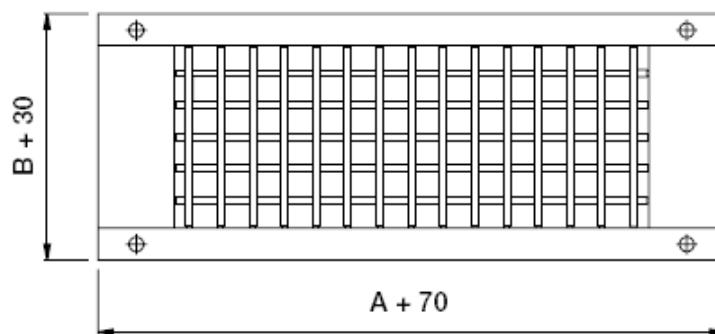


Fig.1a Dimensiuni caracteristice ale grilei RGS văzut din față

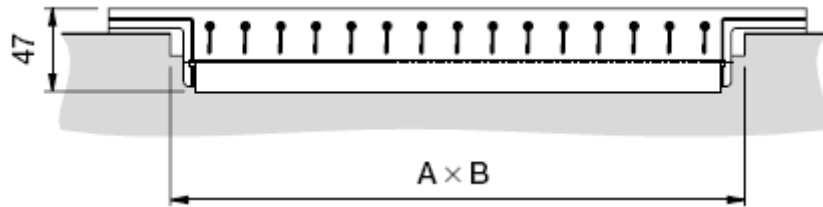


Fig. 1b Dimensiuni caracteristice ale grilei RGS văzut de sus

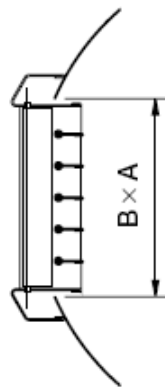


Fig. 1c Dimensiuni caracteristice ale grilei RGS văzut din secțiune

**Tabel .1**

Dimensiune A x B	Diametrul minim al conductei mm	Suprafața liberă m <sup>2</sup>	Greutate kg
325x75	160	0.017	1.1
425x75	160	0.023	1.4
525x75	160	0.028	1.7
625x75	160	0.034	1.9
825x75	160	0.045	2.4
1025x75	200	0.056	2.9
1225x75	200	0.068	3.2
325x125	250	0.028	1.3
425x125	250	0.037	1.8
525x125	250	0.047	2.0
625x125	250	0.056	2.4
825x125	250	0.074	3.1
1025x125	250	0.093	3.4
1225x125	250	0.112	4.0
325x150	315	0.034	1.4
425x150	315	0.045	1.9

525x150	315	0.056	2.3
625x150	315	0.068	2.6
825x150	315	0.093	3.5
1025x150	315	0.112	3.9
1225x150	315	0.136	4.4
325x225	500	0.056	2.2
425x225	500	0.074	3.0
525x225	500	0.093	3.4
625x225	500	0.112	3.7
825x225	500	0.148	5.1
1025x225	500	0.186	5.8
1225x225	500	0.224	6.3

În figura 2 se determină în funcție de debitul de aer și tipul grilei distanța unde bătaia jetului are viteza de 0,2 m/s.

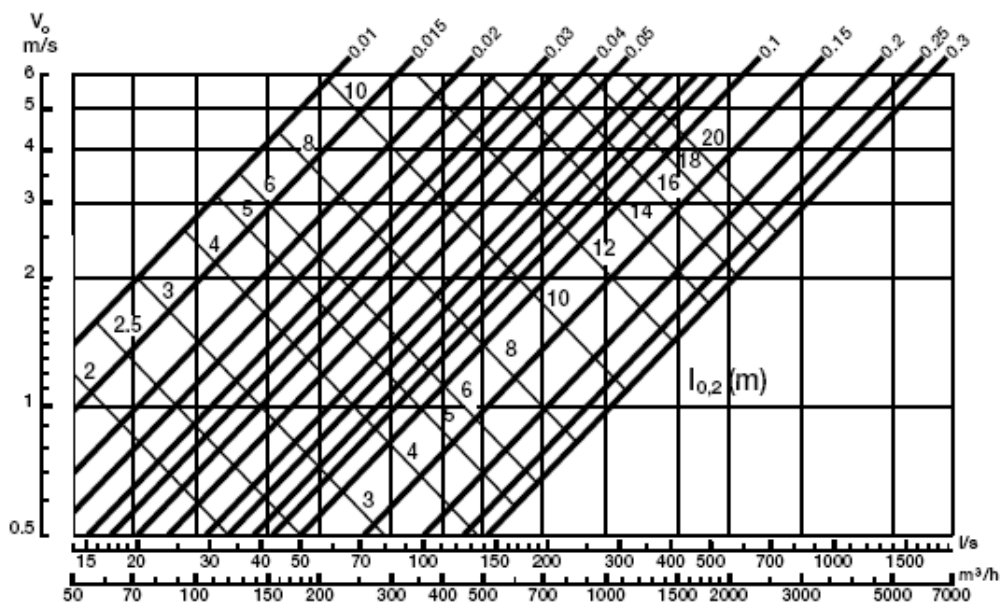


Fig.2 Nomograma de determinare a distanței jetului de 0.2 m/s

Lamelele de la grilă se pot regla pe anumite poziții fixe cum ar fi 45°C și 90°C figura 3. iar în figura 4 se prezintă lățimea jetului pe orizontală și pe verticală.

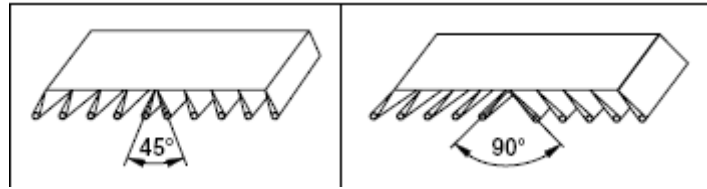


Fig.3 Reglarea lamelelor la grila RGS

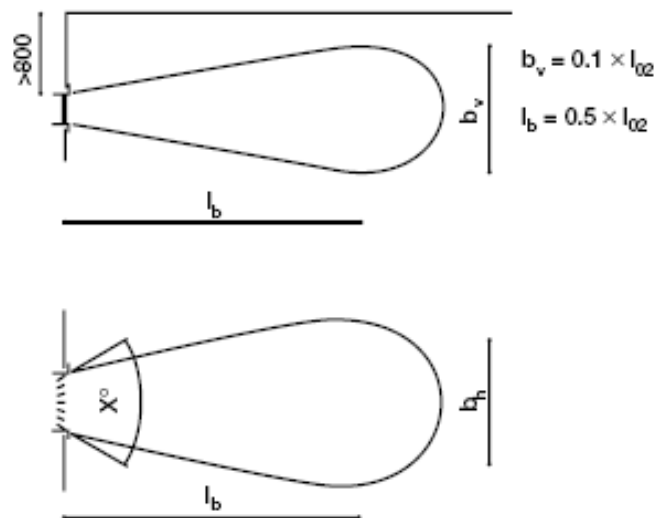


Fig.4 Lățimea jetului în funcție de reglarea unchiului lamelelor

unde:

$l_b$ - Distanța de la Grilă până în punctul unde jetul are lățimea respectiv adâncimea maximă

$b_h$ - Lățimea jetului orizontal

$b_v$ - Lățimea jetului verticală

În figura 5 se prezintă pierderea de presiune și nivelul de zgomot al grilei în funcție de gradule de deschidere al acestui 50% sau 100%.

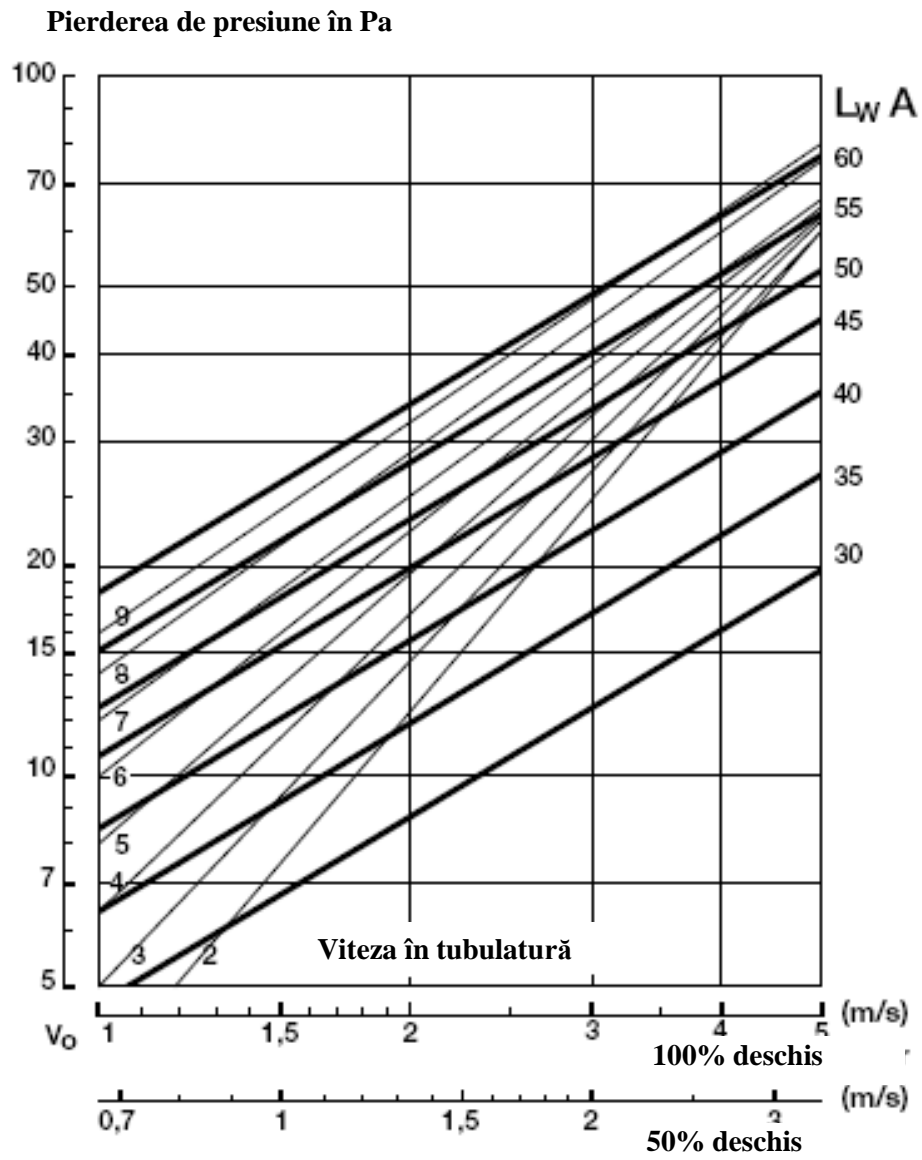


Fig.5 Pierdere de presiune și nivelul de zgomot al grilei

### **BIBLIOGRAFIE**

1. \*\*\* Manualul de instalații – Instalații de ventilare și climatizare – Ed. ARTECNO București, 2002.
2. Christea, A., Niculescu, N. – Ventilarea și condiționarea aerului, vol.II, Ed. Tehnică, 1971.
3. Bancea, O., Cinca, M. – Instalații de ventilare și climatizare – Îndrumător de lucrări de laborator, Litografia UPT, 1994.
4. Lazăr, I., Popovici, T. – Instalații de ventilare și climatizare – îndrumător, Atelier de multiplicare – IP Cluj-Napoca, 1986.
5. Brun, M., Porcher, G. – Conception et calcul des procedes de climatisation – Chaud Froid Plomberie, 1987.
6. STAS 4369 – Instalații de încălzire și ventilare. Terminologie.
7. STAS 185/6 – Instalații sanitare, de încălzire centrală, de ventilare și de gaze. Aparat de măsură și control. Semne convenționale.
8. STAS 6562 – Tuburi Pitot-Prandtl. Metode de măsurare.
9. STAS 6563 Măsurarea presiunii, vitezei și debitului cu tuburi Pitot-Prandtl.
10. STAS 7347/1 -79 – Determinarea debitelor fluidelor în sisteme de curgere sub presiune. Metoda micșorării locale a secțiunii de curgere. Măsurarea cu diafragme și ajutaje. Prescripții generale.
11. STAS 7347/2-90 Determinarea debitelor fluidelor în sisteme de curgere sub presiune. Metoda micșorării locale a secțiunii de curgere.
12. STAS 7347/3-83 - Determinarea debitelor fluidelor în sisteme de curgere sub presiune. Metoda micșorării locale a secțiunii de curgere. Măsurarea cu tuburi și ajutaje venturi.
13. STAS 7465 – Ventilatoare. Terminologie și clasificare.
14. STAS 9660 – Instalații de ventilare și climatizare. Canale de aer. Forme și dimensiuni.
15. STAS 10750 – Instalații de ventilare și climatizare. Rame cu jaluzele. Clasificare și tipizare.
16. STAS 13046/2 – Instalații de ventilare și condiționare. Rame cu jaluzele. Determinarea caracteristicii de reglare.
17. I5 -98 – Normativ privind proiectarea și executarea instalațiilor de ventilare și climatizare.
18. I5/2 -98 - Normativ privind exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare.
19. I13/1 -02 – Normativ pentru exploatarea instalațiilor de încălzire centrală.
20. I13 -02 - Normativ privind proiectarea și executarea instalațiilor de încălzire centrală.



21. SR 13446 – Instalații de ventilare și climatizare a aerului CANALE DE AER, Caracteristici, condiții esențiale și specifice, metode de încercare.
22. STAS 12781-89 – Instalații de ventilare și climatizare. Determinarea puterii termice a bateriilor de răcire cu apă.
23. STAS 12795-89 – Instalații de ventilare și climatizare. Determinarea pierderilor de sarcină ale bateriilor de încălzire și de răcire.
24. \*\*\* Ventilation – Comfort 98 – Catalog produse Lindab, 2000.
25. \*\*\* Daikin air conditioning – Catalog produse, 2005.
26. \*\*\* GEA – Klimatechnik – Catalog produse, 2002.
27. \*\*\* Catalog TESTO, 2005.

GEA Klimatechnik srl [www.gea-klimatechnik.ro](http://www.gea-klimatechnik.ro)



Autorii mulțumesc pentru susținerea editării lucrării de față  
sponsorilor:

**GEA KLIMATEHNIK**

**DOSET IMPEX SRL**