

UTILIZAREA SISTEMELOR HVAC BAZATE PE TEHNOLOGIA VRF ÎN CLĂDIRI DE BIROURI DE TIP DESCHIS

*Mihai Cruceru, Facultatea de Inginerie,
Universitatea “Constantin Brâncuși” din
Târgu-Jiu, Str. Eroilor, 30, Targu-Jiu, Gorj,
RO-210152, e-mail: cruceru@utgjiu.ro*

*Bogdan Marian Diaconu,
Facultatea de Inginerie, Universitatea
“Constantin Brâncuși” din Târgu-Jiu
Str. Eroilor, 30, Targu-Jiu, Gorj, RO-210152*

Rezumat. Sistemele HVAC bazate pe tehnologia VRF (debit variabil de agent frigorific) sunt din ce în ce mai mult utilizate datorită avantajelor pe care le introduc: adaptarea debitelor și temperaturilor aerului climatizat la cerințele momentane, posibilitatea încălzirii și răcirii simultane a unor zone diferite ale clădirii, eficiență energetică ridicată etc. În lucrare se prezintă cazul unei clădiri de birouri de tip deschis, analizându-se variația coeficientului energetic de performanță a instalației HVAC în condițiile specifice de montare și exploatare.

1. Introducere

Clădirea analizată este amplasată în zona climatică II și are destinația imobil pentru birouri. Clădirea are o suprafață utilă de 3500 mp și un volum încălzit $V=10500 \text{ m}^3$. Coeficientul global de izolare termică al clădirii $G1 = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pentru realizarea climatului interior în imobilul de birouri s-a montat o instalație de climatizare tip VRFZ realizată de firma MITSUBISHI ELECTRIC, din gama City Multi seria Y, ce utilizează un agent termic de tipul HFC (fără atomi de clor în molecula) respectiv R 410A. R 410A este un agent de tip nou care are un impact minim asupra mediului înconjurător coeficientul de distrugere al stratului de ozon fiind zero (ODP=0).

Instalația de climatizare este formată din 12 unități exterioare. Caracteristicile

USING VRF-BASED HVAC SYSTEMS IN LARGE OFFICE BUILDINGS

*Mihai Cruceru, Engineering Faculty,
„Constantin Brâncuși” University of Târgu-
Jiu, Str. Eroilor, 30, Targu-Jiu, Gorj, RO-
210152, e-mail: cruceru@utgjiu.ro*

*Bogdan Marian Diaconu, Engineering
Faculty, „Constantin Brâncuși” University of
Târgu-Jiu, Str. Eroilor, 30, Targu-Jiu, Gorj,
RO-210152*

Abstract. VRF(variable refrigerant flow) - based HVAC systems are becoming increasingly used because they introduce a lot of benefits: adjusting air conditioned flow and temperature at momentary requirements, the possibility of simultaneous heating and cooling of different building parts, high energy efficiency and so on. The paper presents the case of open office buildings, analyzing the coefficient of performance variation of a HVAC plant under specific conditions for installing and operating.

1. Introduction

The building is located in the second climatic area of Romania and it is intended as office building. The building has a floor area of 3,500 sq.m. and a heated volume $V = 10,500 \text{ c.m.}$ The overall coefficient of thermal insulation of the building is $G1 = 0.56 \text{ W/m}^2\text{K}$

To achieve the indoor climate in the office building, an VRFZ type air conditioning system was installed fixtures made by Mitsubishi, in the range of City Multi Y series, which uses a HFC refrigerant type (without chlorine atoms in the molecule), named R 410A. R-410A is a new type of refrigerant that has a minimal impact on the environment. The ozone destruction coefficient is zero (ODP = 0).

The HVAC system has of 12 outdoor unit. The outdoor units characteristics are presented in Table 1.

unităților exterioare sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristicile unității exterioare PUHY P 250 YGM

Caracteristici		Condiții de funcționare	
Puterea frigorifică	- 28 kW	Tensiunea de alimentare	380/400/415 V 50/60 HZ
Puterea termică	- 31,5 kW		
Consum de energie	7,72 kW	Temp. de funcționare în regim de răcire	De la -5°C la +43 °C (DB)
Putere motor electric	6,7 kW		
Unități interioare folosite	P 20- P250/ max 16 buc	Temperatura de funcționare în regim de încălzire	De la -20°C la +15,5 °C
Puterea totală a unităților interioare folosite	De la 50% la 130 % din puterea unității exterioare	C.O.P încălzire	
		4 la + 6°C, lungimea conductei 7,5 m și diferență de nivel 0 m	

Table 1. The PUHY P 250 YGM outdoor unit characteristics

Caracteristici		Condiții de funcționare	
Puterea frigorifică	- 28 kW	Tensiunea de alimentare	380/400/415 V 50/60 HZ
Puterea termică	- 31,5 kW		
Consum de energie	7,72 kW	Temp. de funcționare în regim de răcire	De la -5°C la +43 °C (DB)
Putere motor electric	6,7 kW		
Unități interioare folosite	P 20- P250/ max 16 buc	Temperatura de funcționare în regim de încălzire	De la -20°C la +15,5 °C
Puterea totală a unităților interioare folosite	De la 50% la 130 % din puterea unității exterioare	C.O.P încălzire	
		4 la + 6°C, lungimea conductei 7,5 m și diferență de nivel 0 m	

Fiecare unitate exterioara se afla in legătură cu un număr de unități interioare ce se găsesc montate aparent sau in plafonul fals al clădirii. Numărul și mărimea unităților interioare montate în clădire sunt prezentate în tabelul 2. Unitățile interioare recirculă aerul interior încălzindu-l sau răcindu-l funcție de valoarea temperaturii presetate iar distribuția aerului tratat se face prin intermediul unei tubulaturi metalice si a unor guri de distribuție plasate in zona de lucru.

Each outdoor unit is in connection with a number of indoor units that are mounted apparent or in false ceiling of the building. The number and size of the indoor units installed in the building are shown in Table 2. The indoor units recirculate indoor air by heating or cooling it, according to preset temperature. The air distribution is treated through a metal pipe and distribution holes placed in the working area.

Tabelul 2. Numărul și mărimea unităților interioare montate în clădire

	Corp A		Corp B	
	Nr. unități	Caracteristici	Nr. unități	Caracteristici
Parter	3 buc P 63	Q _{răcire} = 21,3 kW Q _{încălzire} = 24 kW SIUI = 189	1 buc P 32 1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	Q _{răcire} = 27,9 kW Q _{încălzire} = 31,3 kW SIUI = 248

Etaj 1	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	2 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 28,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 32,3 \text{ kW}$ SIUI = 256
Etaj 2	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 32 1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 27,9 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 31,3 \text{ kW}$ SIUI = 248
Etaj 3	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 24,3 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 27,3 \text{ kW}$ SIUI = 216
Etaj 4	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 24,3 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 27,3 \text{ kW}$ SIUI = 216
Etaj 5	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 32 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 23,4 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 26,3 \text{ kW}$ SIUI = 208
SIUI – suma indicilor unităților interioare				

Table 2. The number and size of indoor units

	Corp A		Corp B	
	Nr. unități	Caracteristici	Nr. unități	Caracteristici
Parter	3 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 21,3 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 24 \text{ kW}$ SIUI = 189	1 buc P 32 1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 27,9 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 31,3 \text{ kW}$ SIUI = 248
Etaj 1	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	2 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 28,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 32,3 \text{ kW}$ SIUI = 256
Etaj 2	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 32 1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 27,9 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 31,3 \text{ kW}$ SIUI = 248
Etaj 3	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 24,3 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 27,3 \text{ kW}$ SIUI = 216
Etaj 4	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 40 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 24,3 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 27,3 \text{ kW}$ SIUI = 216
Etaj 5	3 buc P50 1 buc P80	$Q_{\text{răcire}} = 25,8 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 28,9 \text{ kW}$ SIUI = 230	1 buc P 32 1 buc P 50 2 buc P 63	$Q_{\text{răcire}} = 23,4 \text{ kW}$ $Q_{\text{încălzire}} = 26,3 \text{ kW}$ SIUI = 208
SIUI – suma indicilor unităților interioare				

2. Puterea termică a unităților HVAC

Conform documentației tehnice referitoare la unitățile PUHY P 250 YGM, puterea termică a acestora este influențată de:

2. Heating capacity of HVAC units

According to technical documentation relating to YGM PUHY P 250 units, their heating capacity is

- a. temperaturile exterioară și interioară
- b. capacitatea unităților interioare care sunt conectate la unitatea exterioară
- c. lungimea traseului de conducte
- d. timpul de degivrare.

Puterea termică pentru încălzire a unei unități PUHY P 250 YGM, la o temperatură exterioară Θ [°C] se modifică astfel:

$$Q_{\Theta} = Q_n * c_1 * c_2 * c_3 * c_4$$

În care:

Q_{Θ} – puterea termică la temperatura Θ ;

Q_n – puterea termică în condiții nominale, $Q_n = 31,5$ kW;

c_1 – coeficient ce ține seama de temperatura exterioară și temperatura interioară – fig. 1;

c_2 – coeficient ce ține seama de capacitatea unităților interioare care sunt conectate la unitatea exterioară – fig.2;

c_3 – coeficient ce ține seama de lungimea echivalentă a traseului de conducte – fig. 3;

c_4 - coeficient ce ține seama de timpul de degivrare tabelul 3.

Pentru determinarea coeficientului c_2 se procedează astfel:

- Pentru fiecare unitate exterioară se calculează suma indicilor unităților interioare care sunt conectate la aceasta
- Se calculează valoarea medie ponderată a indicilor unităților interioare

Din graficul furnizat de producător se determină puterea termică furnizată de unitățile exterioare corespunzătoare valorii calculate anterior

influenced by:

- Outdoor and indoor temperatures
- Total capacity of indoor units connected to outdoor units
- Refrigerant pipe equivalent length
- Defrosting period

The PUHY P 250 YGM heating capacity corresponding at a certain outdoor temperature Θ [°C] is:

$$Q_{\Theta} = Q_n * c_1 * c_2 * c_3 * c_4$$

Where:

Q_{Θ} – heating capacity at temperature Θ ;

Q_n – heating capacity at nominal conditions, $Q_n = 31,5$ kW;

c_1 — Correction factor related to outdoor and indoor temperatures - fig. 1;

c_2 – Correction factor related to total capacity of indoor units connected to an outdoor unit – fig.2;

c_3 – Correction factor related to refrigerant pipe equivalent length – fig. 3;

c_4 - Correction factor related to defrosting period - table 3.

To determine the coefficient c_2 , we proceed as:

- For each outdoor unit is calculated the indexes amount of indoor units that are connected to it
- Calculate the weighted average of indoor units indexes

The chart provided by the manufacturer is used to determine the thermal power supplied by external units corresponding to the previously calculated

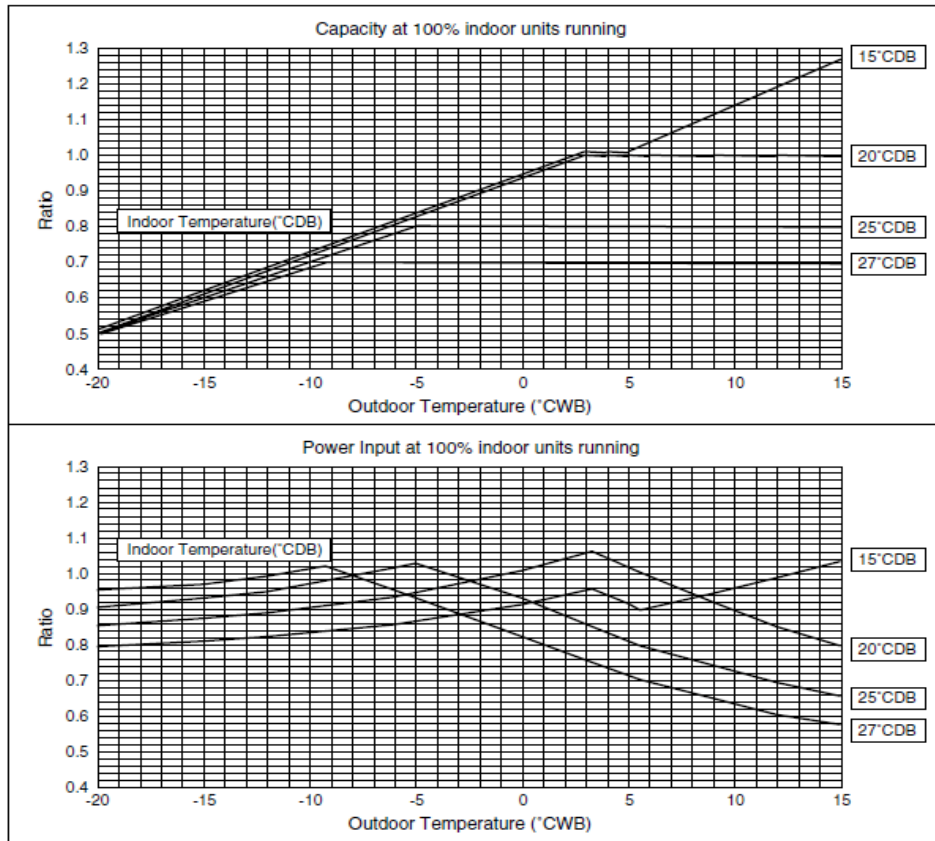


Fig. 1. Puterea termică și consumul de energie electric la sarcină nominală
 Fig. 1. Capacity and power input at 100% indoor units running

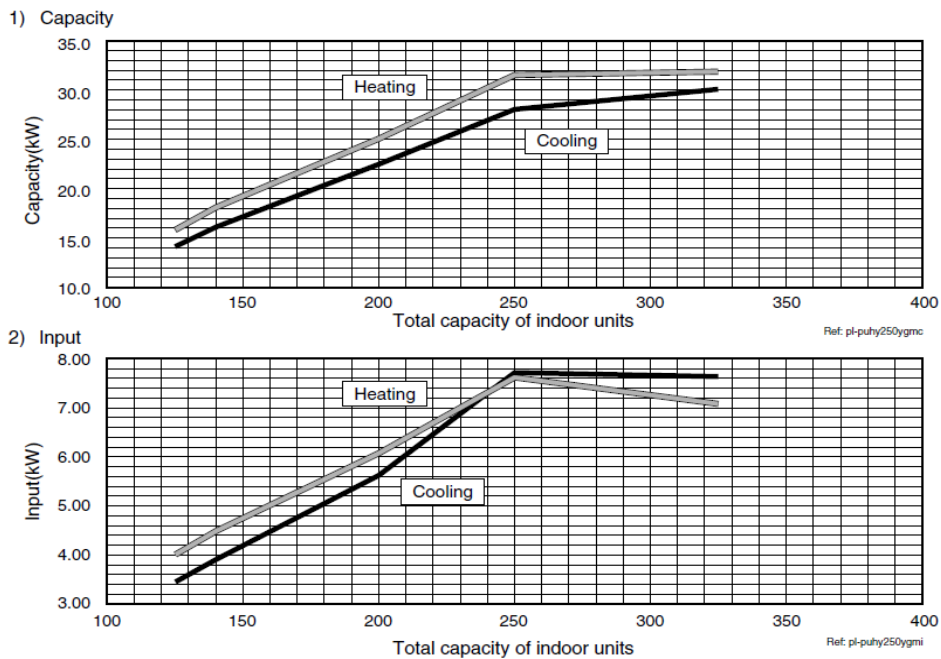


Fig. 2. Puterea termică și consumul de energie electric în funcție de suma indicilor unităților interioare
 Fig. 2. Capacity and power input related to total indexes of indoor units

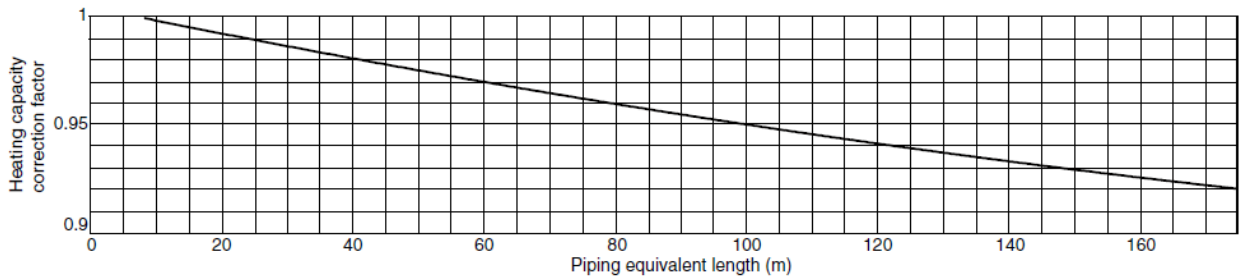


Fig. 3. Coeficient de corecție funcție de lungimea schivalentă a conductei
 Fig. 3. Heating capacity correction factor by piping equivalent length

Tabelul 3. Coeficient de corecție pentru degivrare
 Table 3. Defrosting period correction factor

Outdoor inlet air temp (°CWB)	6	4	2	1	0	-2	-4	-6	-8	-10	-20
Correction factor	1.0	0.95	0.84	0.83	0.83	0.87	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95

Suma indicilor unităților interioare este 2731.

Valoarea medie ponderată a indicilor unităților interioare este:

$$SIUL_m = \frac{2731}{12} = 227,58$$

Acestei valori îi corespunde o putere termică a unității exterioare pentru încălzire de 29 kW.

Coeficientul c_2 are valoarea:

$$c_2 = \frac{29}{31,5} = 0,9206$$

Coeficientul c_3 se alege din fig. 3 pentru cel mai lung traseu de conductă din clădire. Pentru încălzire, rezultă $c_3 = 0,96$.

Coeficientul de reducere funcție de timpul de degivrare, c_4 , se alege în funcție de temperatura exterioară.

Puterea termică, în condiții nominale, corespunzătoare tuturor unităților exterioare este:

$$Q_{nt} = n \times Q_n = 12 \times 31,5 = 378 \text{ kW}$$

Puterea termică pentru încălzire asigurată de unitățile exterioare PUHY P 250 YGM în condițiile specifice de montaj și funcționare este prezentată în fig 4.

Total index of indoor units is 2731.

The weighted average index of indoor units is

$$SIUL_m = \frac{2731}{12} = 227,58$$

This value corresponds to a thermal power for heating outdoor unit de 29 kW.

The c_2 correction factor is;

$$c_2 = \frac{29}{31,5} = 0,9206$$

The c_3 correction factor is chosen from fig.

3 for longest pipeline in the building, $c_3 = 0,96$.

The defrosting period correction factor, c_4 , is chosen as a function of outdoor temperature.

The heating capacity, at 100% running for all outdoor units, is:

$$Q_{nt} = n \times Q_n = 12 \times 31,5 = 378 \text{ kW}$$

The heating capacity supplied by PUHY P 250 YGM outdoor units, in specific conditions of installation and operating is presented in fig. 4.

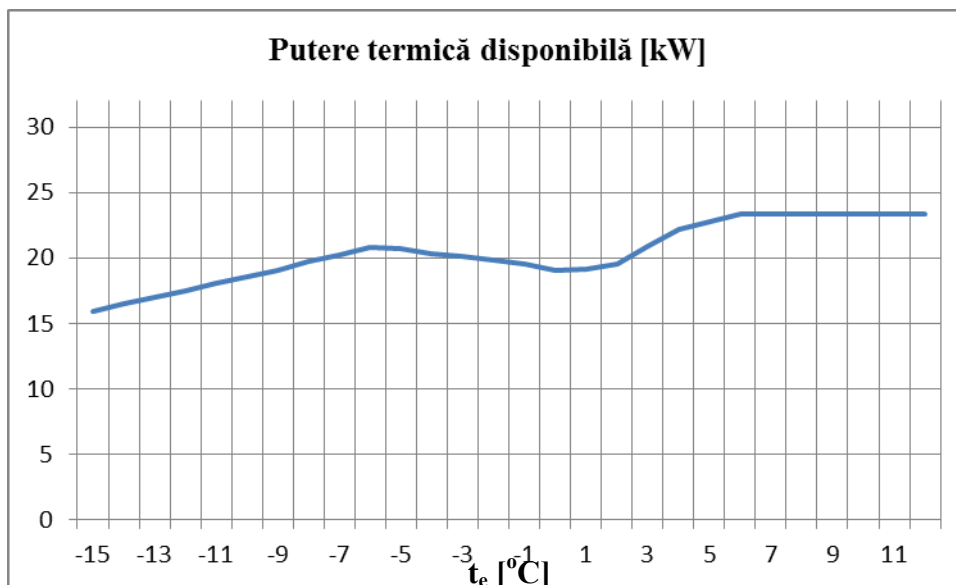


Fig. 4. Puterea termică disponibilă în funcție de temperatura exterioară
 Fig. 4. Heating capacity

3. Consumul de energie electrică a unităților HVAC

Conform documentației tehnice referitoare la unitățile PUHY P 250 YGM, puterea electrică absorbită de acestea este influențată de:

- temperaturile exterioară și interioară
- capacitatea unităților interioare care sunt conectate la unitatea exterioară

Puterea electrică absorbită la încălzire a unei unități PUHY P 250 YGM, la o temperatură exterioară Θ [°C] se modifică astfel:

$$E_{\Theta} = E_n * c_1 * c_2$$

În care:

E_{Θ} – puterea electrică absorbită la temperatura Θ ;

E_n – puterea electrică absorbită în condiții nominale, $E_n = 7,62$ kW;

c_1 – coeficient ce ține seama de temperatura exterioară și temperatura interioară fig. 1;

c_2 – coeficient ce ține seama de capacitatea unităților interioare care sunt conectate la unitatea exterioară – fig. 2.

Pentru SIUI calculat în (2) corespunde o puterea electrică absorbită a unității exterioare de 7,1 kW.

Coeficientul c_2 are valoarea:

3. Input power for HVAC units

According to technical documentation relating to YGM PUHY P 250 units, the input power is influenced by:

- Outdoor and indoor temperatures
- Total capacity of indoor units connected to outdoor units

The PUHY P 250 YGM heating capacity corresponding at a certain outdoor temperature Θ [°C] is:

$$E_{\Theta} = E_n * c_1 * c_2$$

Where:

E_{Θ} – input power at Θ temperature;

E_n – input power at 100% running, $E_n = 7,62$ kW;

c_1 – Correction factor related to outdoor and indoor temperatures - fig. 1;

c_2 – Correction factor related to total capacity of indoor units connected to an outdoor unit – fig.2;

The average index value corresponds to an outdoor unit input power of 7,1 kW.

The c_2 correction factor is:

$$c_2 = \frac{7,1}{7,62} = 0,9317$$

$$c_2 = \frac{7,1}{7,62} = 0,9317$$

Puterea electrică absorbită în condițiile de montaj și exploatare specifice imobilului, la diferite temperaturi interioare și exterioare este prezentată în fig.5.

The input power for PUHY P 250 YGM outdoor units, in specific conditions of installation and operating is presented in fig. 5.

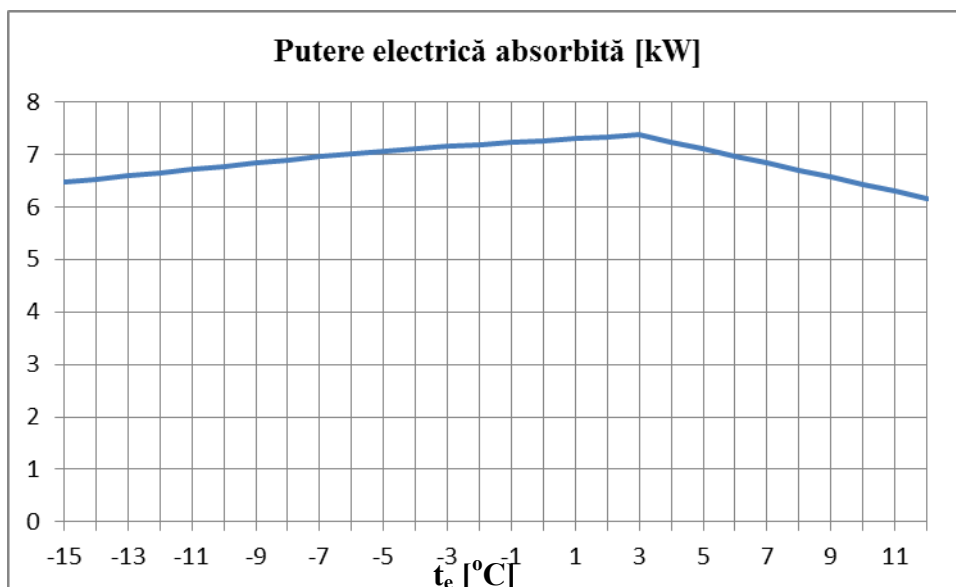


Fig. 5. Puterea electrică absorbită în funcție de temperatura exterioară

Fig. 5. Input power

4. Coeficientul de performanță al unităților HVAC

Coeficientul de performanță (COP) al unei pompe de căldură reprezintă raportul dintre puterea termică a acesteia și puterea electrică absorbită de la rețea.

Puterea termică și puterea electrică absorbită de la rețea au fost calculate anterior.

Variația coeficientului de performanță teoretic pentru condițiile de montaj și o temperatură interioară de 22 °C este prezentată în fig. 6.

4. Coefficient of performance of HVAC units

The coefficient of performance (COP) of a heat pump is the ratio of its thermal capacity and power absorbed from the network.

The thermal capacity and the power absorbed from the network have been previously calculated.

The variation of theoretical coefficient of performance in specific conditions of operating and mounting, at an indoor temperature of 22 °C, is shown in Fig. 6.

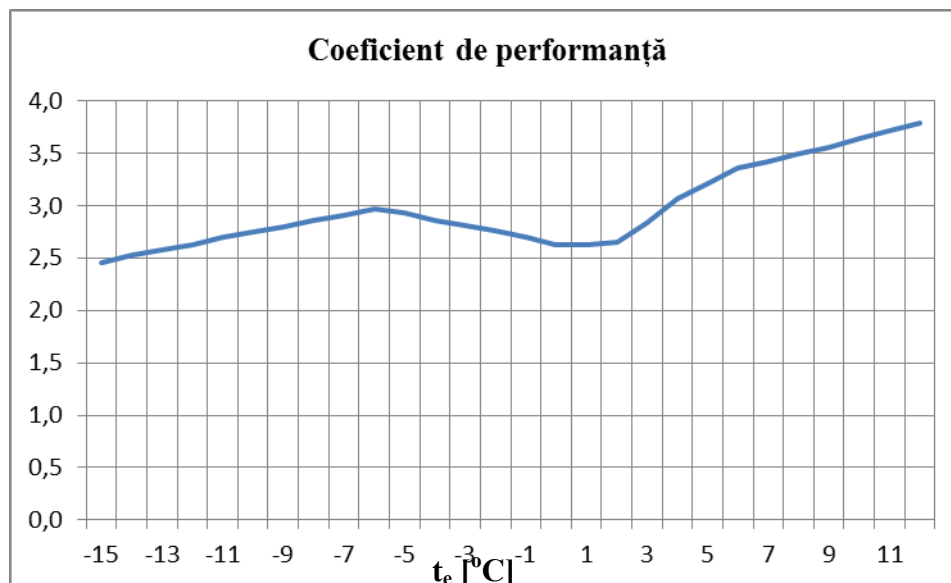


Fig. 6. Coeficientul de performanță în funcție de temperatura exterioară
 Fig. 6. Coefficient of performance

Se observă că pentru o mare perioadă a sezonului de încălzire, respectiv pentru temperaturi exterioare mai mici de 4 °C, coeficientul de performanță are o valoare sub 3.

It is noted that for a significant period of heating season, i.e. temperatures below 4 °C, the coefficient of performance is worth less than 3.

5. Concluzii

5. Conclusion

În lucrare este analizată o clădire de birouri de tip deschis în care confortul termic este asigurat de o instalație HVAC bazată pe tehnologia VRF. Coeficientul de performanță comunicat de producător este 4, dar pentru condițiile specifice de montaj și exploatare valoarea acestuia este mult mică, între 2,5 și 3, pentru temperaturi mai mici de 4 °C.

In the paper is considered an open-office building in which thermal comfort is provided by a VRF-based technology HVAC system. The coefficient of performance supplied by the manufacturers is 4, but for the specific installation and operation conditions its value is much lower, between 2.5 and 3 for temperatures below 4 °C.

Chiar și în aceste condiții, sistemul HVAC prezintă mai multe avantaje față de sistemele clasice de încălzire: uniformizare rapidă a temperaturii aerului din încălțare datorită introducerii prin mai multe guri de refulare simultan, reglaj zonal al temperaturii, răspuns rapid al instalației la modificarea parametrilor, eficiență energetică ridicată.

Even under these conditions, the HVAC system has several advantages over traditional heating systems: quick smoothing of the room air temperature due to introducing air through several openings at the same time; area temperature control; quick answer of HVAC system at parameters changing, high efficiency energy.

Bibliografie

References

- [1] *** - Mitsubishi Electric, City Multy, Energy efficient VRF systems, <http://www.mitsubishielectric.com/>

- [1] *** - Mitsubishi Electric, City Multy, Energy efficient VRF systems, <http://www.mitsubishielectric.com/>

- [2] Haines R. W.. Hittle D.C. - Control Systems for Heating, Ventilating, and Air Conditioning, Springer; 6th edition, 2006, ISBN 978-0387305219
- [3] Althouse A.D. et al. - Modern Refrigeration and Air Conditioning, Goodheart-Willcox Co; 18th edition , 2003), ISBN-13: 978-1590702802

- [2] Haines R. W.. Hittle D.C. - Control Systems for Heating, Ventilating, and Air Conditioning, Springer; 6th edition, 2006, ISBN 978-0387305219
- [3] Althouse A.D. et al. - Modern Refrigeration and Air Conditioning, Goodheart-Willcox Co; 18th edition , 2003), ISBN-13: 978-1590702802