

LAKÓÉPÜLETEK KIEGYENLÍTETT SZELLŐZÉSÉNEK ENERGETIKAI ELEMZÉSE, HATÁSA A „B” TÍPUSÚ GÁZKÉSZÜLÉKEK ÜZEMÉRE

Dr. Kajtár László

Ph.D egyetemi docens

Épületgépészeti tanszék, BME

H-1111. Budapest, Műegyetem rkp. 9. Tel: (36-1) 463-25-03, e-mail: kajtar@egt.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A lakások hőveszteségének csökkentése céljából a külső falszerkezetek, majd az ablakok hőtechnikai jellemzőit javították. Jelentősen csökkentették a hőveszteséget az 1980-90-es években alkalmazott szerkezetekhez viszonyítva. A ma használatos építőanyagok és nyílászárók mellett a falszerkezetek esetében $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, nyílászárók esetében pedig a $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényező teljesíthető. A hőtechnikai jellemzők további javítását fogja segíteni az épületekre vonatkozó energetikai tanúsítvány bevezetése.

A fokozott hővédelmi nyílászárók jelentősen csökkentették az épület hőveszteségét. Ugyanakkor – konstrukciójukból adódóan – nagyságrenddel csökkent az épület természetes légcseréje. Emiatt a lakóépületek légcseréjét, szellőztetését tervezni kell. Gyártó cégek komplett rendszereket kínálnak a lakóépületek depressziós (elszívós), illetve kiegyenlített szellőztetéséhez.

A megfelelő légcseré fontos az egészséges lakókörnyezet, a komfort, a lakás állagvédelme, valamint a lakásban lévő gázkészülék égéslevegő ellátása miatt. Amennyiben nincs megtervezve a lakás levegőellátása illetve depressziós szellőzést alakítunk ki a tökéletlen égés miatt szénmonoxid keletkezhet és az égéstermék visszajuthat a lakásba. A témakör fontosságát igazolja a sajtóban is publikált tragikus esetek szaporodó száma.

A kiegyenlített szellőzés elengedhetetlen feltétele a „B” típusú gázkészülékek alkalmazásának. A kiegyenlített szellőzés a „B” típusú gázkészülékek biztonságos üzeme mellett hővisszanyerővel energetikailag is előnyös megoldást eredményez.

A kiegyenlített szellőztetéshez szükséges a lakásszellőztető központ alkalmazása. Az elszívós szellőztetés esetében a távozó levegő hőtartalmát nem tudjuk hasznosítani. A lakásszellőztető központ lemezes hőcserélőjében a távozó levegő felmelegíti a beszívott frisslevegőt, energetikailag előnyös szellőztetést tud biztosítani.

A kutatómunka keretében a lakásszellőztető központtal elérhető energia megtakarítást vizsgáltuk. A kidolgozott fizikai és matematikai modell elemei:

- a külső légállapot adatbázis létrehozása valószínűségelméleti alapon,
- matematikai modell kidolgozása a lakásszellőztető központban elérhető hővisszanyerés elemzéséhez,
- a lakásszellőztető központ szimulációs PC programjának kidolgozása.

A kutatómunka a Kamleithner Budapest Kft. megbízása alapján valósult meg, így a konkrét számításokat a KW 250 lakásszellőztető központra vonatkozóan végeztük el.

2. A LÉGÁLLAPOTJELLEMZŐK, MINT VALÓSZÍNŰSÉGI VÁLTOZÓK

A hőviszonyerővel üzemelő lakásszellőztető energetikai elemzésénél a külső légállapot legfontosabb jellemzői a hőmérséklet, nedvességtartalom és entalpia. Értékük véletlenszerűen változik pillanatról-pillanatra. A valószínűségelmélet valamely kísérlet (pl. levegő hőmérséklet mérés) elemi eredményeinek halmazát veszi alapul. Minden egyes elemi eseményhez rendelhetünk egy és csak is egy valószínű számot (a mért hőmérséklet). Ezen hozzárendeléssel értelmezett függvényt valószínűségi változónak nevezzük. Beszélhetünk diszkrét és folytonos eloszlású valószínűségi változóról. A légállapot értékek egy tartományon belül tetszőleges értéket felvehetnek, folytonos valószínűségi változónak tekinthetjük. A valószínűségi változónak beszélhetünk a várható értékéről, szórásáról, eloszlás és sűrűség függvényéről.

A folytonos eloszlású valószínűségi változó jellemezhető az eloszlás ($F(x)$) és a sűrűség ($f(x)$) függvényével.

A valószínűségi változó eloszlását az $f(x)$ sűrűségfüggvénnyel jellemezhetjük. Annak a valószínűsége, hogy a valószínűségi változó „a” és „b” közötti értéket vesz fel:

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx$$

A sűrűség függvény alatti terület:

$$P(-\infty < x < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$$

Tetszőleges sűrűség függvényre igaz, hogy a koordinátarendszerben ábrázolt görbe alatti terület egységnyi. Az elemi események halmaza a teljes eseményt adja.

Az eloszlásfüggvény azt fejezi ki, hogy mi a valószínűsége annak, hogy a „t” valószínűségi változó „x”-nél kisebb értéket vesz fel:

$$F(x) = P(t < x)$$

Az eloszlásfüggvény tulajdonságai:

$$F(x)_{x \rightarrow -\infty} = 0 \text{ és } F(x)_{x \rightarrow +\infty} = 1$$

Továbbá igaz, hogy a sűrűségfüggvény az eloszlásfüggvény deriváltja:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

Folytonos eloszlású valószínűségi változó esetében,

a várható érték:

$$M(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx$$

és a szórásnégyzet:

$$D^2(t) = M(t^2) - [M(t)]^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 \cdot f(x) dx - \left[\int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx \right]^2$$

A természetben előforduló jelenségek, mint folytonos valószínűségi változók eloszlását, a különböző eloszlástípusok közül jól jellemzi a normális eloszlás vagy Gauss-eloszlás. A „t” valószínűségi változó „m” és „σ” paraméterű normális eloszlású sűrűség függvénye:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$$

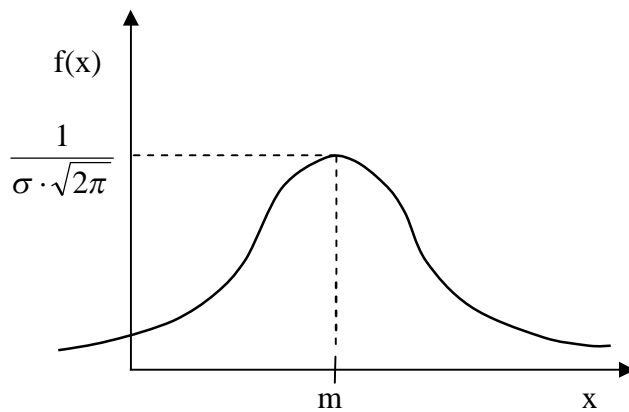
és az eloszlás függvénye:

$$F(x) = P(t < x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt$$

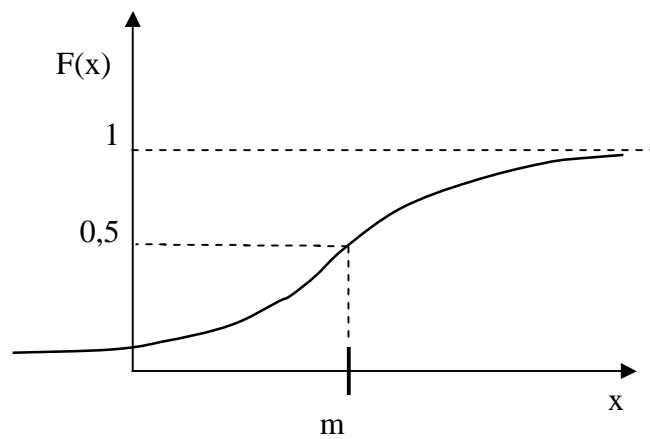
ahol:

- m: a valószínűségi változó várható értéke,
- σ²: a valószínűségi változó szórás négyzete.

A normális eloszlás sűrűség és eloszlás függvényeit a 2.1. és 2.2. ábrák szemléltetik.



2.1. ábra A normális eloszlás sűrűség függvénye

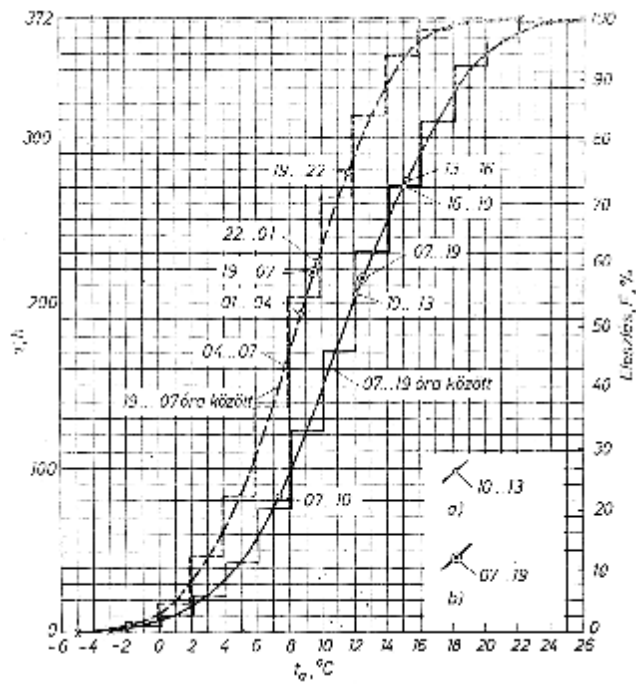


2.2. ábra A normális eloszlás, eloszlás függvénye

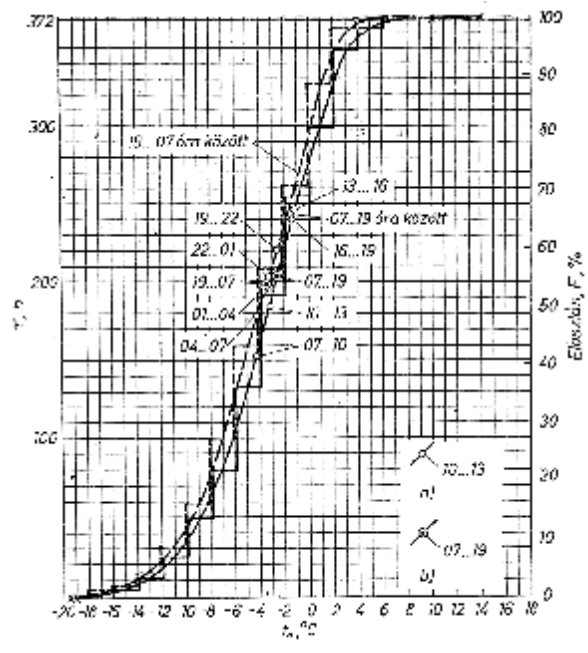
A külső légállapot jellemzőinek (hőmérséklet, entalpia) eloszlás függvényei használhatók fel a tényleges energiafelhasználás meghatározásához

A szakirodalomban megtalálhatók Budapestre vonatkozóan a külső légállapot havi eloszlás függvényei félnapos bontásban.

Az 2.3 – 2.4 ábrák Budapestre vonatkozóan szemléltetik a külső levegő hőmérsékletének havi eloszlásfüggvényeit november és január hónapokra vonatkozóan.



2.3. ábra
A külső levegő hőmérsékletének eloszlásfüggvénye
október hónapban
(Budapest 1964-1972 évek átlaga)



VI-1. ábra

2.4. ábra
A külső levegő hőmérsékletének eloszlásfüggvénye
január hónapban
(Budapest 1964-1972 évek átlaga)

2. A KW 250 LAKÁSSZELLŐZTETŐ KÖZPONT MATEMATIKAI MODELLJE

A lakásszellőztető központban egy lemezes hővisszanyerő, valamint egy elektromos fűtés található. Normál üzemben a távozó levegő a hővisszanyerőben felmelegíti a beszívott frisslevegőt. Amikor a külső levegő hőmérséklete kisebb $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, a fagyveszély miatt a hővisszanyerő nem üzemel. Ekkor a beépített elektromos fűtés melegíti fel a szellőző levegőt.

Fagyveszélyes időszakok a külső levegő hőmérsékletének eloszlásfüggvényei alapján:

- december hónap

01 - 13 óráig

22 - 01 óráig

- január hónapban

0 - 24 óráig

- február hónapban

04 - 07 óráig

A matematikai modellben alkalmazott jelölések:

η ; % : a hővisszanyerő hatásfoka,

V_{sz} ; m^3/h : a szellőző levegő térfogatárama,

t_{kb} ; $^{\circ}\text{C}$: a külső levegő belépő hőmérséklete a készülékbe,

t_{kk} ; $^{\circ}\text{C}$: a külső levegő kilépő hőmérséklete a készülékből,

t_{bb} ; $^{\circ}\text{C}$: a belső levegő belépő hőmérséklete a készülékbe,

t_{bk} ; $^{\circ}\text{C}$: a belső levegő kilépő hőmérséklete a készülékből,

Q_{havi} ; $\text{kJ}/\text{hó}$: a hővisszanyerővel hasznosított energia havonta,

$Q_{v,havi}$; $\text{kJ}/\text{hó}$: az elektromos fűtés villamosenergia felhasználása havonta,

Z ; $\text{nap}/\text{hó}$: a napok száma havonta,

n ; f : a lakásban tartózkodók száma.

A matematikai modell megalkotásánál a gyári katalógus adatait használtuk:

- maximális szellőző levegő térfogatáram $250\text{ m}^3/\text{h}$

- a beépített elektromos fűtőtéljesítmény $1,1\text{ kW}$.

A katalógus tartalmazta a hűvisszanyerő termikus hatásfokának változását a levegő térfogatáram függvényében. A jelleggörbéből leolvasható összetartozó érték párok alapján a hatásfok számító függvény paramétereinek meghatározása genetikussal történt:

$$\eta = -5,68980924806378 \cdot \ln(V_{sz} + 16,547179318315) + 118,48869925886 \quad ; \quad \%$$

H hűvisszanyerős üzemmód vizsgálata

A hűvisszanyerővel megtakarítható havi hőmennyiség

$$Q_{havi} = Z \cdot c_{pl} \cdot \rho \cdot V_{sz} \cdot \eta \cdot \int (t_{bb} - t_{kb}) d\tau \quad ; \quad \text{kJ/hó}$$

Az integrálegyenlet numerikus meghatározása:

$$Q_{havi} = Z \cdot c_{pl} \cdot \rho \cdot V_{sz} \cdot \Delta\tau \cdot \eta \cdot \sum_{i=1}^8 (t_{bb} - t_{kb})_i \quad ; \quad \text{kJ/hó}$$

Elektromos fűtési üzemmód vizsgálata

Ebben az esetben a szellőztető központ légszállítását lecsökkentjük a kötelező frisslevegő értékére:

$$V_{sz} = n \cdot 30 \quad ; \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Az elektromos fűtés teljesítménye alapján a szellőző levegő lehetséges maximális felmelegedése:

$$Q_{vill} = c_{pl} \cdot V_{sz} \cdot \rho \cdot \Delta t_{max} \quad ; \quad \text{kW}$$

$$\Delta t_{max} = \frac{Q_{vill}}{c_{pl} \cdot \rho \cdot V_{sz}} \quad ; \quad \text{°C}$$

Az anyagjellemzők és a villamos fűtőtelijsítmény behelyettesítése után kapjuk:

$$\Delta t_{max} = \frac{3300}{V_{sz}} \quad ; \quad \text{°C}$$

Amennyiben a bemenő adatok alapján adódó szellőző levegő felmelegedési igény nagyobb mint az adott szellőző levegő térfogatáramához tartozó elérhető maximális felmelegedés, akkor a lehetséges maximális hőmérsékletváltozással határozzuk meg az elektromos fűtési energiafelhasználást:

ha: $\Delta t = t_{bb} - t_{kb} > \Delta t_{max}$

akkor: $\Delta t = \Delta t_{max}$

A havi elektromos fűtési energiafelhasználás:

$$Q_{v,havi} = Z \cdot c_{pl} \cdot \rho \cdot V_{sz} \cdot \int (t_{bb} - t_{kb}) d\tau \quad ; \text{kJ/hó}$$

december hónapban : $\tau = 15$ óra/nap

január hónapban : $\tau = 24$ óra/nap

február hónapban : $\tau = 6$ óra/nap

3. A LAKÁSSZELLŐZTETŐ ENERGETIKAI SZIMULÁCIÓJA PC PROGRAMMAL

Az energetikai szimulációs programot a KW 250 lakásszellőztető központra dolgoztuk ki az előzőekben ismertetett matematikai modell alapján.

Helios
VENTILÁTOROK

kamleithner budapest kft.

M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

KW250 lakásszellőztető központ energetikai elemzése

Megbízó: Kamleithner Budapest Kft.
1214 Budapest, II. Rákóczi F. út 189.

Fejlesztő: BME Épületgépészeti Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

Dr. Kajtár László egyetemi docens
Gráff József tudományos munkatárs

Alapvető szempontnak tartottuk, hogy a PC program könnyen kezelhető legyen. Az adatbevitel során csupán három adatot kell megadni:

Szállított térfogatáram
 $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$

Belső levegő hőmérséklet a belépő oldalon
 $^{\circ}\text{C}$

Bent tartózkodók száma
 [fő]

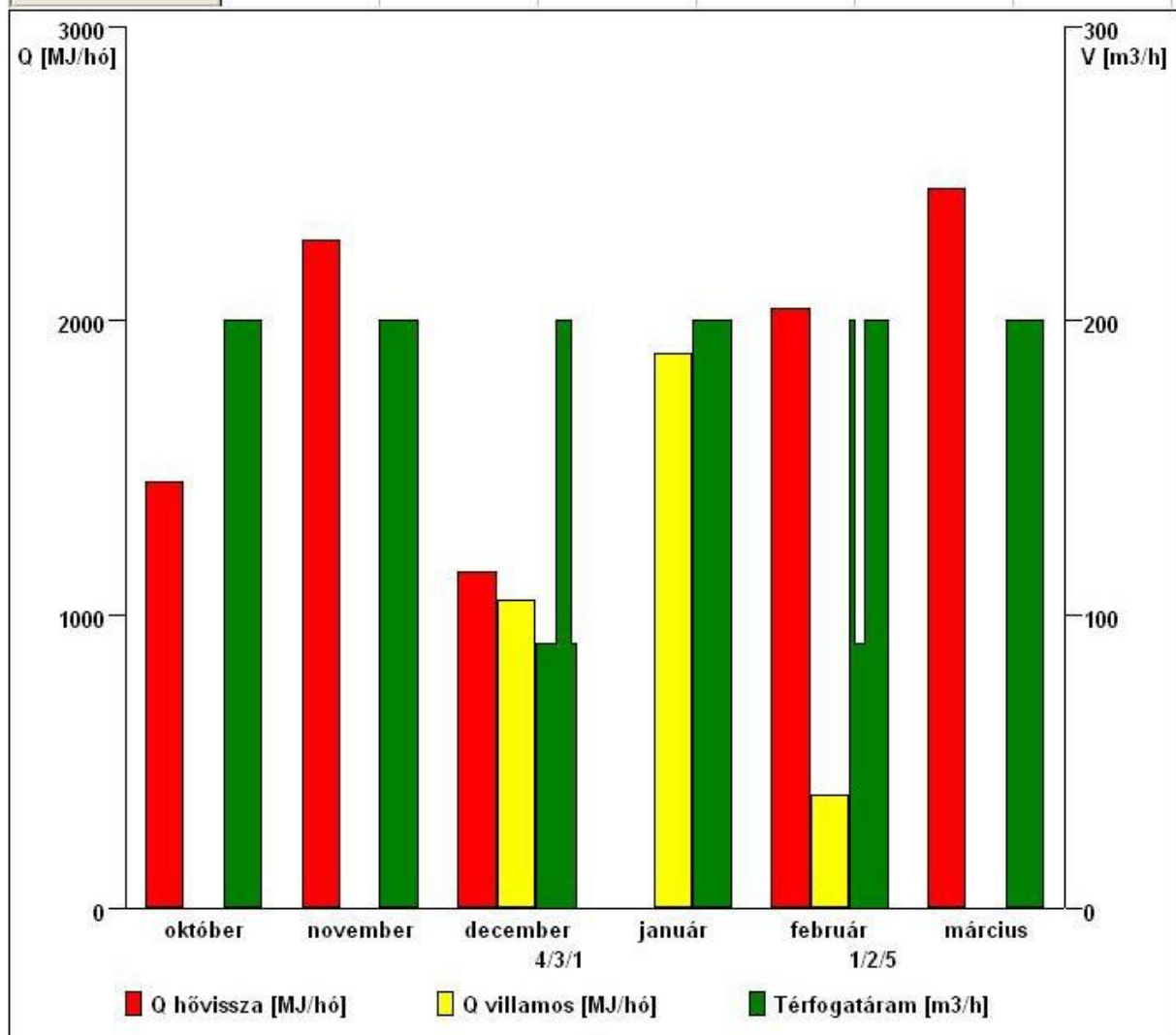
A megadható adatok értéke korlátozva van, elkerülendő az esetleges gépelési hibákat és a téves adatmegadást. A lehetséges értékek a következők:

Szállított térfogatáram	Belső levegő hőmérséklet a belépő oldalon	Bent tartózkodók száma
1-250	0-40	0-8

Az adatbevitel után indítható a számítás. Ezt követően az elemzés elkészül, az eredmények azonnal megtekinthetők. Az egyoldalas eredmény lap tartalmazza a megadott alapadatokat, a számított eredményeket grafikus- és táblázatos formában.

A számított eredményeket egy konkrét adatsorra vonatkozóan szemléltetjük:

	október	november	december	január	február	március
Q hővissza [MJ/hó]	1453,7703	2276,6849	1144,1152	0	2039,5464	2449,0902
Q villamos [MJ/hó]	0	0	1049,0707	1890,1804	386,8301	0
Térfogatáram [m3/h]	200	200	200/90	90	200/90	200



A térfogatáramnál két hónap esetén (december, február) nem egy, hanem két érték található. Ennek az az oka, hogy a napok egy részében a fagyveszély miatt a hővisszanyerő nem üzemelhet, ekkor a légszállítás a kötelező frisslevegő értékére csökken. A nem téglalap alakú térfogatáram oszlopok alatt három szám található, amelyek azt mutatják, hány három órás periódus tartozik egybe. Például decemberben: $4 \cdot 3 = 12$ óra fagyveszély, majd $3 \cdot 3 = 9$ óra fagymentes, végül újabb 3 óra fagyveszély.

A konkrét eset alapján a $200 \text{ m}^3/\text{h}$ légszállításra és $20 \text{ }^\circ\text{C}$ belső hőmérsékletre vonatkozó energetikai eredmények:

Hővisszanyerővel megtakarított energia: 9 363,2 MJ
 Elektromos fűtés a fagyveszélyes időszakban: 3 326,1 MJ

A hazai energiaárak alapján számszerűsíthető a megtakarított energia és a fagyveszélyes időszak fűtési energia költsége. Magyarországon a gáz és a villamos energia ára eltérő. Létezik a lakásszellőztető központoknak olyan változata amelynél a fagyveszélyes időszakban a szükséges fűtési energia a lakás melegvizes fűtési rendszeréről biztosítható. Ezért a gazdasági értékelést elektromos és gázenergiára vonatkozóan is elvégeztük. Az eredményeket a fűtési szezonra vonatkozóan a 3.1 táblázat tartalmazza.

3.1. táblázat
A lakásszellőztető központ gazdasági értékelése

Megtakarítás/ Költség	Gáz energiahordozóval, Ft	Elektromos energiával, Ft
Hővisszanyerés	11 199	45 312
Fűtés	5 100	20 632

Összefoglalva megállapítható, hogy a hővisszanyerős lakásszellőztető központtal hatékony és energetikailag is kedvező szellőztetés valósítható meg. Amennyiben „B” típusú gázkészülék is van a lakótérben a lakásszellőztető központ alkalmazásával tudjuk a hatékony szellőzést és a gázkészülék biztonságos üzemét egyidejűleg biztosítani.

4. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. G. A. Korn - T. M. Korn: Matematikai kézikönyv műszakiaknak
Bp. 1975. Műszaki Könyvkiadó
2. Garbai L.-Némethi B.: Az épületgépészet tudományos problémái
Bp. 2000. Magyar épületgépészet 49/3 szám, 3-4p.
3. Bolla M.-Krámlí A.: Statisztikai következtetések elmélete
Bp. 2005. TYPOTEX Kiadó
4. Kajtár L.-Bánhidi L: Effekt of the external air pollution on indoor air quality and selecting mechanical ventilation system

- Nagoya. 1996. The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Kiadvány Volume 2. 211-216 p.
5. Kajtár L.-Vörös Sz.: Klímatechnikai rendszerek kockázati elvű méretezése
16. Fűtés- és légtechnikai konferencia
Bp. 2004. Márc. 4-5. CD kiadvány 15p.
 6. Kajtár L.-Vörös Sz.: Risk-Based Modelling of Air-Conditioning System in Hungary. Coimbra, Portugália. 2004. ROOMVENT 2004, 9th International Conference on Air Distribution in Rooms. Book of Abstracts 236-237p. CD 6p.
 7. Kajtár L.-Bánhidi L.-Vörös Sz.:Risk-based modelling of air conditioning systems. Beijing, China. 2005. Sept. 4-9. 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate CD. 6p.
 8. Kajtár L.:Klímatechnikai rendszerek energetikai, gazdasági elemzése valószínűség-elméleti alapon.
17. Fűtés- és légtechnikai konferencia
Bp. 2005. Május 26. CD kiadvány 12p.
 9. Kiss R.:Légtechnikai adatok
Bp. 1980. Műszaki könyvkiadó
 - 10.Monostory Iván: Valószínűségelmélet és matematikai statisztika
Bp. 2002. Műegyetemi Kiadó
 - 11.HELIOS gyártmánykatalógus