FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

AZ EMBERI HŐÉRZET VIZSGÁLATA DINAMIKUSAN VÁLTOZÓ KÖRNYEZETI FELTÉTELEK MELLETT

THE INVESTIGATION OF HUMAN THERMAL COMFORT UNDER DYNAMICALLY CHANGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

GYULAI Zoltán

*Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék, Cím:
4028 Magyarország, Debrecen, Ótmető u. 2-4.; Telefon: +36 (52) 415-155, E-mail:
gyulai03@hotmail.com*

Abstract

People spend significant part of their life in closed places. The requirements of these places, furthermore the demands of the people, who live in these rooms, have continuously increased during the last few decades. Up to now, the assurance of people's thermal comfort, as well as the fresh air supply became available during any period of the year. However, the expenditures and the amount of energy consumption, that are necessary to ensure the above mentioned conditions, became an important issue. I perform a research regarding surface heating and cooling systems which are used for short time periods. My research is supported by the Loránd Eötvös Student Scholarship within the framework of 'National Excellence Program'¹. The title of my research is 'The investigation of the human thermal comfort under dynamically changing environmental conditions. In the course of my research I search the evolved thermal comfort that is caused by the periodically operated surface heating and cooling systems. My research was performed with the involvement of living people during summer and winter periods in the Sustainable Building Energy Information Center of the University of Debrecen. In my research report I presented the preliminary calculations, technical features of the applied floor heating system and the changing of room temperature that was used in my research during the heating and cooling periods.

Keywords: Comfort theory, floor heating, surface heating, National Excellence Program

Összefoglalás

Életünk meghatározó részét épületek zárt tereiben töltjük. Ezen terek követelményei, a benne tartózkodó emberek igényei folyamatosan növekedtek az elmúlt évtizedekben. Napjainkra megoldatóvá vált a bent tartózkodó személyek megfelelő hőérzetének, friss levegő ellátásának biztosítása az év bármely szakaszában, egyre nagyobb kérdés azonban, hogy milyen áron, mennyi energiával lehet mindezt biztosítani. A Nemzeti Kiválóság Program keretében elnyert Eötvös Loránd Hallgatói Ösztöndíjpályázat támogatásával¹. Az emberi hőérzet vizsgálata dinamikusan változó környezeti feltételek mellett címmel végzek kutatást a szakaszosan üzemeltetett felületfűtési/hűtési rendszerekkel. A mérések során nyári és téli időszakban mérési alanyok bevonásával vizsgálom a szakaszosan üzemeltetett rendszerek esetén kialakult hőérzetet a Debreceni Egyetem Fenntartható Épületenergetikai Információs Központjában. A dolgozatom témája a mérési alanyok bevonását megelőző számítások, az alkalmazott padlófűtési rendszer jellemzői, a későbbi mérésekhez használt helyiség hőmérsékletének változása a felfűtés, lehűlési időszakok alatt.

Kulcsszavak: komfortelmélet, padlófűtés, felületfűtés, Nemzeti Kiválóság Program

1. Bevezetés

Életünk meghatározó részét épületek zárt tereiben töltjük. Ezen terek követelményei, a benne tartózkodó emberek igényei folyamatosan növekedtek az elmúlt évtizedek során. A technika fejlődése lehetővé tette, hogy napjainkra megoldató a zárt terekben tartózkodó személyek magas elvárásainak biztosítása, a megfelelő hőérzet évszaktól független kialakítása. A hőérzet biztosítása azonban energiafelhasználással jár. „A lakás- és szolgáltatói ágazat, amelynek legnagyobb részét az épületek teszik ki, a Közösség végső energiafelhasználásának több mint 40%-át képviseli, és folyamatosan bővül...”[1]. A jelenséget felismerve az Európai Parlament és Tanács irányelvet dolgozott ki 2002/91/EK irányelv címmel, melyben rögzítik, hogy mivel az épületek hosszútávon befolyást gyakorolnak az egyes országok energiafelhasználására, így az új épületeknek eleget kell tenniük, a helyi éghajlat figyelembevételével kidolgozott minimális energiateljesítmény követelményeknek. Az irányelv értelmében kidolgozott hazai energetikai jellemzőkről szóló rendelet 2006-ban jelent meg, 7/2006. (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról címmel. A 2010/31/EU irányelv törekvéseivel összhangban kutatásomban, a Nemzeti Kiválóság Program keretében Hőérzeti feltételek vizsgálata dinamikusan változó mikrokörnyezeti paraméterek mellett címmel kutatást végeztem a szakaszosan üzemeltetett fűtési, illetve hűtési rendszerekkel. A kutatás része a szakaszos üzemmel elérhető energiamegtakarítás meghatározása. A mérések során nyári és téli időszakban mérési alanyok bevonásával vizsgálok a szakaszosan üzemeltetett rendszerek esetén kialakult hőérzetet a Debreceni Egyetem Fenntartható Épületenergetikai Információs Központjában. Jelen dolgozatom témája a mérési alanyok bevonását megelőző számítások, az alkalmazott padlófűtési rendszer jellemzői, a későbbi mérésekhez használt helyiség hőmérsékletének változása a felfűtés, lehűlési időszakok alatt.

2. Elvégzett számítások

2.1 Kutatószoba jellemzői

Az élőalanyos mérések megkezdése előtt szükséges volt néhány megelőző számítást elvégezni. A mérések helyszínéül választott helyiség jellemzői, a későbbi számítások során alkalmazott értékek az 1. táblázatban találhatóak. A helyiség alapterülete 4,92x4,92 m, belmagassága az álmennyezetig 2,6 m. A külső határoló falak 30cm vastagságú hőszigetelő falazóblokkból készültek, 14 cm közetgyapot szigeteléssel. A belső falak falazólappból, a födémek monolit vasbetonból kerültek kialakításra.

táblázat: A 2. számú kutatószoba jellemzői

Külső falszerkezet hőátbocsátási tényezője	0,153[W/m²K]
Külső nyílászárók hőátbocsátási tényezője	1,6 [W/m²K]
Zárfödém hőátbocsátási tényezője	0,144 [W/m²K]
Padló szerkezet hőátbocsátási tényezője	0,229 [W/m²K]
C- Effektív hőtároló képesség:	10038 [kJ/K]
K - Hővesztési tényező:	30,15 [W/K]
T - Időállandó:	92,46 [h]
Q - Hőszükséglet (tk=-15°C; tb=21°C)	951 [W]
Padlófűtés teljesítménye méretezési állapotban	1068

2.2 Kutatószoba lehűlésének számítása

A fűtött tér hőtároló képessége meghatározó jelentőségű egy szakaszosan üzemeltetett fűtési rendszer elemzésénél, ugyanis a fűtési rendszer kikapcsolását követően a szerkezetekben tárolt hő áramlásától, és mennyiségétől függ a helyiség lehűlése, így az esetlegesen bent tartózkodó személyek hőérzete. A későbbi mérések során két okból is fontos a mérőszoba hőtároló képességének vizsgálata. Az egyik, a helyiség felfűtési idejének meghatározása, a mérések megkezdése előtt mennyivel kell hamarabb bekapcsolni a fűtési rendszert, hogy a kívánt helyiség hőmérsékletet elérjük. A másik ok a helyiség lehűlése, a mérések során várhatóan mennyivel fog csökkenni a hőmérséklet. A lehűlés mértéke az idő függvényében az alábbi összefüggéssel határozható meg [2]:

$$\Delta \vartheta_i = \vartheta_{i0} \left[1 - \exp\left(-\frac{\tau_{\text{üsz}}}{T}\right) \right] \quad (1)$$

ahol: $\tau_{\text{üsz}}$ - az üzemszünet hossza, T - időállandó; ϑ_{i0} - a helyiség túlhőmérséklete. A nagy hőtároló képességű építőanyagok miatt a választott mérőszoba hőtárolóképessége igen jelentős, a jó hőszigetelő képességnek köszönhetően pedig nagy időállandóval rendelkezik. A kapott értékekből az következik, hogy a helyiség az üzemszünetek alkalmával igen lassan hűl le. Számításaim alapján 21°C belső kiindulási és -5°C állandó külső hőmérséklet mellett 8 órás üzemszünet alatt, mindössze 2,1°C-ot fog várhatóan hűlni a kutatószoba léghőmérséklete. Ez azt is jelenti, hogy a későbbi élő alanyos mérések során a kb. 1,5 órára tervezett lehűlési időszakban az épületből távozó hő nem okoz majd számottevő hőmérséklet csökkenést.

2.3 Felfűtési idő

A kutatószoba fűtéséhez a mérések során padlófűtési rendszert fogok alkalmazni, ezért erre a hőleadó rendszerre végeztem el számításaimat. A felfűtési időt az alábbi összefüggés segítségével meghatároztam meg [2]:

$$T_f = T \ln \frac{n - \exp\left(-\frac{\tau_{\text{üsz}}}{T}\right)}{n - 1} \quad (2)$$

ahol: $\tau_{\text{üsz}}$ - az fűtési üzemszünet hossza, T - időállandó; n - a fűtési rendszerrel bevezethető hőmennyiség és a helyiség hőigényének hányadosa. A számításokat különböző fektetési távolságú padlófűtési rendszer esetére is elvégeztem. A kapott eredményekből kitűnt, hogy a 300 mm csőtávolsággal fektetett padlófűtés esetén a többi fektetési távolsághoz (100, 200 mm) képest jelentősen nagyobb felfűtési idő szükséges. Például -5°C külső hőmérséklet esetén 200 mm csőosztás esetén: kb. 3,3 óra, 300mm csőosztás esetén kb. 7 óra felfűtési időre kell számítani egy 3 órás üzemszünetet követően. Mivel a kutatószoba 300 mm-es fektetési távolságú padlófűtéssel rendelkezik, ezért ezzel a felfűtéshez szükséges idővel a későbbi mérések alkalmával számolnom kell. A kapott hosszú felfűtési idők magyarázata, hogy az épületet, a benne található helyiségekkel együtt folyamatos üzemre tervezték, jelenlegi állapotban azonban szakaszosan üzemel.

3. Mérési eredmények

A számítási eredmények alátámasztására, valamint a fűtési rendszer reagálásának megismerésének érdekében, méréseket végeztem a Debreceni Egyetem Fenntartható Épületenergetikai Információs Központjának 2. számú kutatószobájában. A méréseimhez a

tanszéken található Testo gyártmányú hőmérséklet távadó műszereket, tapintóhőmérőt, gömbhőmérőt, valamint az épületfelügyeleti rendszer által mért és rögzített adatokat használtam fel. A mérések közül kiemelném az egyik, több órás mérés eredményeit, amely során a 4 órás felfűtés, majd a 4 órás lehűlés időszakában rögzítettem a levegő, fal és padlóhőmérsékleteket. A mérés alkalmával megfigyelhető volt a padlófűtési rendszer azon sajátossága, hogy a nagy hőtároló tömegéből adódóan bekapcsolást követően nem azonnal jelentkezett a hőmérséklet változása. Ez esetben a késés kb. 1 órás volt, a hatás azonban a kikapcsolást követően is megjelent, mellyel nem kívánt többlet hőleadás okozott a helyiségben. A mérés alatt érdekes állapot volt megfigyelhető, a felmelegedett padló lehűlése során a leadott hő és a helyiségből távozó hő mennyisége kiegyenlítette egymást, tehát további energia bevitele nélkül huzamosabb ideig (jelen mérés esetén kb. 2 órán keresztül) a hőmérséklet nem változott. A jelenségnek a későbbi kutatásomban fontos szerepe lesz, mivel ezen állapotot kihasználva a fűtési rendszer kikapcsolását (szakaszos üzem) követően se várható jelentős változás a bent tartózkodó személyek hőérzetében.

4. Összefoglalás

A nagy hőtároló képességgel rendelkező helyiség és a kisebb teljesítményű padlófűtési rendszer párosítása nem feltétlen kedvez a szakaszos üzemeltetésnek, azonban a kapott eredmények birtokában következtetni lehet a lejátszódó folyamatok időigényére. A méréseket követően a mért és számított értékek összehasonlításra kerültek. A helyiség lehűlésének számítása, igen pontos eredményt adott. A mért és számított eredmények eltérése $0,5^{\circ}\text{C}$ eltérést mutatott. A mérések alkalmával lehetőségem nyílt a mérő műszerek alkalmazásának megismerésére, az épület épületfelügyeleti rendszerének kiismerésére. A vizsgált padlófűtési rendszer jellemzőinek ismeretében a későbbi mérések alkalmával könnyebben, akár a mérés közben is értelmezni lehet majd a mért eredményeket.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm a Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék valamennyi munkatársának a kutatás során nyújtott segítségét valamint, hogy rendelkezésemre bocsátották a tanszéki mérőeszközöket.

Köszönöm a Nemzeti Kiválóság Programnak, hogy támogatásával hozzájárul a kutatás elvégzéséhez.

„A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Irodalom

- [1] Európai Parlament és Tanács: 2002/91/EK irányelv az épületek energiateljesítményéről, Brüsszel, 2002. december 16.
- [2] KALMÁR F.: *Energiafelhasználás csökkentése lakóépületekben*, Debreceni Egyetem, Debrecen 2009, p. 96-97.
- [3] Kalmár F., Kalmár T. *Analysis of floor and ceiling heating with intermittent operation* Environmental Engineering and management Journal. vol. 10. no. 9. p. 1243-1248.
- [4] Kalmár F., Kalmár T. *Interrelation between room geometry and mean radiant temperature*, Energy and Buildings Volume 55 (2012). p. 414-421.
- [5] Kalmár T. Kalmár F. *Comfort and energy analysis of heating up*. Int. Rev. of Applied Sciences and Engineering, 1 (2010), 1-2.p. 35-43.