

A gépészeti rendszer hatása a különböző hőszigetelési teljesítményű könnyűszerkezetes épületek energiafelhasználására

KARÁCSONYI Zsolt¹, HANTOS Zoltán²

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet

² Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Építéstani Intézet

Kivonat

A szerzők egy könnyűszerkezetes lakóházat vizsgáltak három különböző hőszigeteltségi fokozattal és három különböző, fatüzelésen alapuló épületgépészeti rendszerrel kiépítve. A vizsgálatok eredménye hétköznapi ismeretekkel is feltételezhető, hiszen mind a szigetelések vastagságának, mind az épületgépészeti rendszer hatásfokának növelésével egyaránt csökkenthető az épület energiafelhasználása. Tényleges értékekkel azonban elsőként mutathatjuk be, hogy mekkora fogyasztáscsökkentést eredményez a komolyabb hőszigetelés, vagy egy modern napkollektoros, hővisszanyerővel kombinált fűtési rendszer a Magyarországon megvalósítható fa bordavázás épületek esetében. A cikkben bemutatott kilenc épület mindegyike teljesíti a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet A+ energetikai besorolását, de a leggyengébb és a legjobb közötti több mint kétszeres energiafelhasználási mutatóval. Az épületek a korszerű fa bordavázás épületek energiafogyasztás-csökkentésének lehetséges fokozataiként értelmezhetők.

Kulcsszavak: energia, energiahatékonyság, könnyűszerkezetes épület, fa bordavázás épület, épületgépészet

The effect of the HVAC system on the energy consumption of various insulated lightframe buildings

Abstract

The authors examined a wood frame house with three different insulation thicknesses and three different HVAC (Heating, Ventillation and Air Conditioning) system – all based on wood burning. The results are evident without prior knowledge: the thicker the insulation, or the more effective the heating system, the lower the energy consumption. This is the first attempt to quantify this effect with scientific calculation for timber frame houses built in Hungary. The question was how large is the energy saving using thicker insulation or the application of a high end HVAC system with solar collector and heat exchanger. All 9 buildings presented in this article meet the standards of the A+ category of the governmental order 176/2008. (VI. 30.), but comparing the worst to the best, the energy consumption is more than double. These buildings show the steps of reducing the energy consumption of modern timber frame houses.

Keywords: energy, energy-efficiency, lightframe-construction building, wood frame house, HVAC

Bevezetés

Az Európai Unió energiapolitikája kapcsán a lakossági energiafelhasználás a figyelem középpontjába került az elmúlt évtizedekben. A fosszilis energiahordozók közelgő kimerülésével és környezetvédelmi szempontokkal egyaránt magyarázzák azt a törekvést, hogy a lakosság energiafelhasználását kényszerrel és támogatással egyaránt csökkenteni kell. Az első látványos lépés ebben a kérdésben a 2002-es EU direktíva [1], amit Magyarországon a 7/2006-os [2], majd a 176/2008-as [3] számú rendeletek hivatottak megvalósítani. E rendeletek számszerű követelményeket írnak elő az épületek hőszigetelésének teljesítményére, valamint a beépített épületgépészeti rendszer hatásfokára – különböző energiahordozók felhasználása esetén.

Az épületek tényleges energiafelhasználását földgáz egyenértékre kell meghatározni, ez lehetővé teszi az összehasonlítást és az energetikai osztályba sorolást is.

Az EU azóta továbblépett: 2020-ra a tagországok fosszilis energiafelhasználásának 20%-os csökkentését írja elő, melynek megvalósításához hazánknak is komoly változásokat kell életbe léptetnie. Az energiatakarékos épületek piacán komoly szerepet kapnak a könnyűszerkezetes épületek, ami többek között a fa tartószerkezet kedvező hőtechnikai tulajdonságaival is magyarázható (Dávid és Pakainé Kováts, 2012). Az energiahatékonyan túl azonban a fa tartószerkezetű, cellulóz szigeteléseket tartalmazó, illetve a fatüzelésen alapuló gépészeti rendszerrel kiépített épületek még kedvezőbb energetikai illetve ökológiai megítélést kapnak. Ezeket a jellegzetességeket különböző, Nyugat-Európában már alkalmazott komplex, ökológiai szempontokon alapuló értékelési rendszerek már figyelembe is tudják venni az épületek minősítése során (Bejó, Szabó, U. Nagy és Kuzsner, 2013).

A „Környezettudatos energia hatékony épület” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projektben lakóházakkal kapcsolatos kutatás-fejlesztési munkák folytak párhuzamosan. A szerzők az épület-szerkezeti alprojektben tevékenykedtek, ahol fatüzeléssel működő épületgépészeti rendszerekkel kiépített fa bordavázis könnyűszerkezetes lakóépületek energiahatékonyasági vizsgálatait végezték.

A szerzők a cikkben egy könnyűszerkezetes lakóházat mutatnak be három különböző hőszigetelési fokozattal és három különböző, fatüzelésen alapuló épületgépészeti rendszerrel ellátva. A beépített szigetelési vastagságok fokozatos növelése és az épületgépészeti rendszerek hatásfokának javítása kilenc, egymástól jól elkülönülő teljesítménnyel rendelkező épületet eredményezett. Ezek az épületek lépésenként közelítik meg a közel nulla energiaigényű épületek 2016 januárjától érvénybe lépő követelményeit [6], kihangsúlyozva, hogy a fa bordavázis könnyűszerkezetes épületek és a fatüzelésen alapuló gépészeti rendszerek valós, jól használható megoldást nyújtanak az építőipar előtt álló kihívásokra.

Kutatási munka bemutatása

A számítási eljárást az épületfizika és épületenergetika általános szakmai szabályai (Zöld, 1985 és 2000), (Sembery, 2004) szerint végeztük, kiegészítve az energiatanúsítást szabályozó rendeletekkel. A rétegrendek hőátbocsátási tényezőjének meghatározását az MSZ EN ISO 6946 [10], a vonalmenti hőhidak analízisét az MSZ EN ISO 10211 [11] szabványok útmutatásai alapján végeztük. Utóbbit végeelem szoftver alkalmazásával lehet pontosan elvégezni. A téma egyes részleteivel korábban is foglalkoztunk, kutatásainkból több cikk is született (Hantos és Karácsonyi, 2007, 2009, 2014). A jelen vizsgálathoz szükséges három különböző épületgépészeti rendszer kialakításában és az ahhoz tartozó számításokban Bajor Ervin épületgépész nyújtott segítséget (Bajor, 2014), a mintaként szolgáló családi házat Szabó Péter okleveles építészmérnök tervezte (1. és 2. ábra).

A munka során rétegrendi és csomóponti szinten született meg három különböző épület, melyek rendre $U = 0,20; 0,17$ és $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási értékű falszerkezettel, és ezekhez teljesítményben hozzá hangolt egyéb rétegrendekkel rendelkeznek.

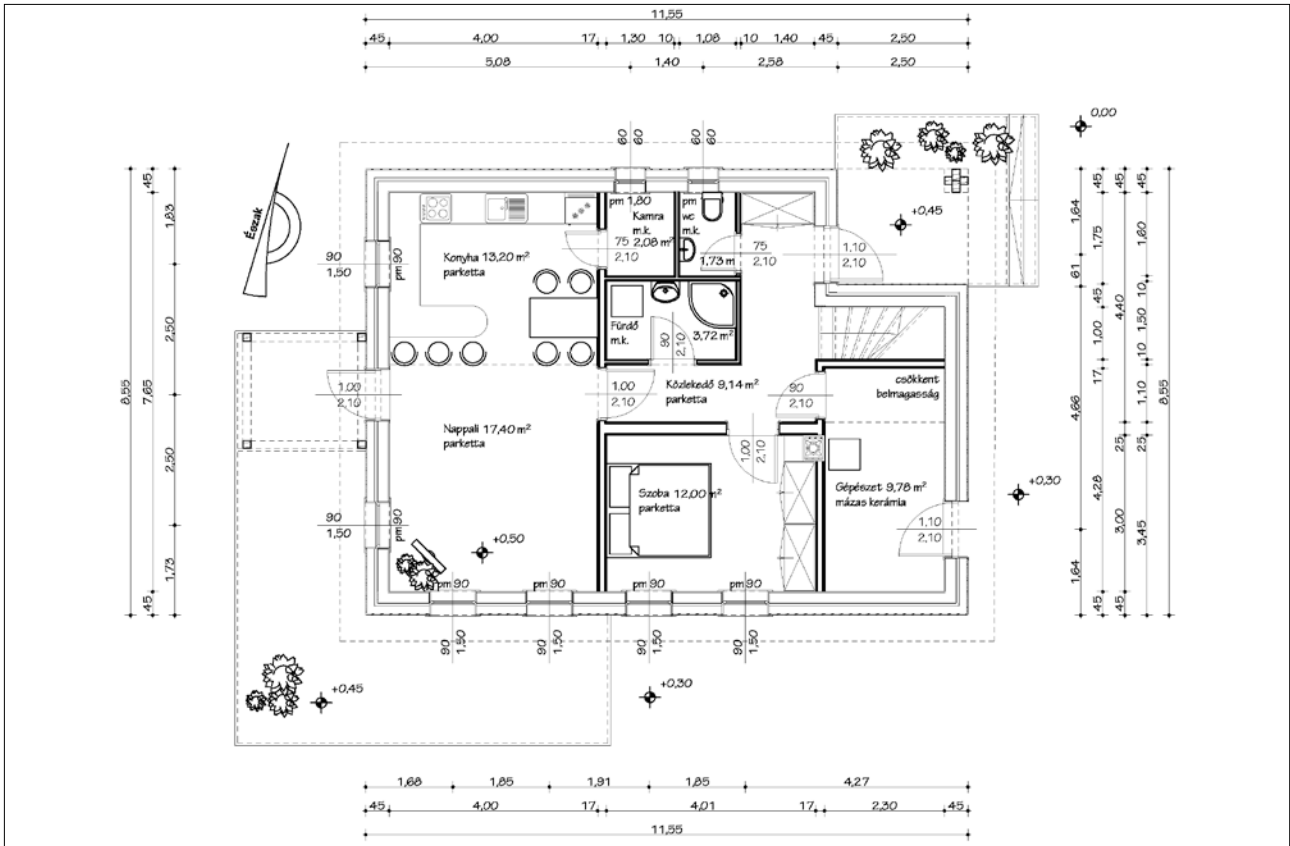
Részletes, az egyes inhomogén rétegeket is figyelembe vevő módszerrel határoztuk meg az összes rétegrend hőátbocsátását (1. táblázat), valamint elvégeztük a páratechnikai ellenőrzésüket is. Így egy olyan építőkészlet állt rendelkezésünkre, melyeket szabadon kombinálhattuk a gépészeti rendszerekkel.

A cikk alapját képező kutatómunka során kidolgoztuk az összes előforduló szerkezeti csomópontot, majd a THERM végeelem szoftverrel elvégeztük a vonalmenti hőhidveszteségi tényezők (ψ) meghatározását.

A számítás során három szinten ellenőriztük az épületek teljesítményét: az első a rétegrendek hőátbocsátása, a második az épület fajlagos hővesztesége, a harmadik pedig az épületgépészeti rendszer tényleges energiafogyasztása – a szakmailag elfogadott szabályok szerint földgáz egyenértékben kifejezve. Vizsgálatainkat valós arányokkal rendelkező épületen folytattuk, melyekhez három különböző gépészeti rendszert terveztünk:

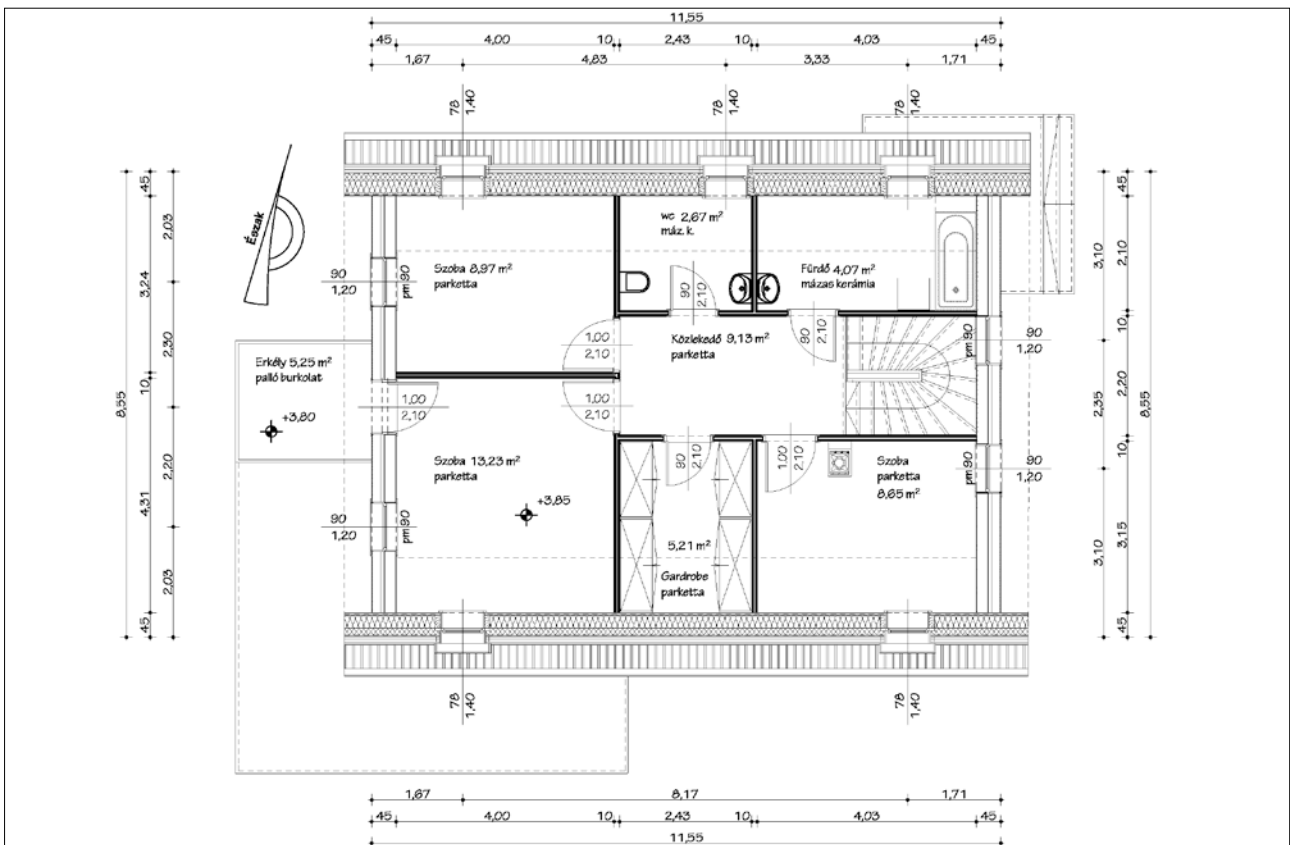
G1: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt puffertárolóval kombinálva.

A rendszer alapját egy 20 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán adja, amely a fűtést és a használati melegvíz-ellátást is biztosítja. Fűtéshez és a használati melegvíz-ellátáshoz külön puffertárolót terveztünk. A fűtési rendszer hőleadó elemei acéllemez lapradiátorok. A helyiség hőmérsékletek pontos szabályozhatósága érdekében a radiátorokat termosztatikus fejjel kell ellátni, így a csökkentett fűtés lehetősége is megvalósítható, illetve a túlfűtés elkerülhető. A radiátoros fűtési kör a pufferról csatlakozik le, saját keringető szivattyúval és keverőszeleppel. A használati melegvíz-ellátást a 120 literes indirekt bojlerrel biztosítjuk.



1. ábra Földszint alaprajza

Figure 1 First floor



2. ábra Tetőtér alaprajza

Figure 2 Second floor

A csapolók és a bojler között cirkulációs rendszer épül. A fűtési és használati melegvíz-termelő rendszer szabályozását a kazán automatikája biztosítja. A radiátoros fűtési kör időjárásfüggő előremenő hőmérsékletű vízzel üzemel. A cirkulációs szivattyú időprogram szerint üzemel.

G2: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel.

A „G1” változattal azonos rendszer, de használati melegvíz-ellátásra egy nagyméretű (300 l) tárolót helyezünk el, amibe a kazánon kívül a napkollektor vezetékét is bekötjük. A tetőn elhelyezésre kerül 3 db 2 m² felületű napkollektor. A napkollektorok a két hőcserélős tároló alsó hőcserélőjét fűtik. Számítások alapján – egy 4 fős család esetén – a fenti rendszer az éves melegvíz-ellátás 60%-át fedezi, így csak a fennmaradó 40%-ot kell a faelgázosító kazánnak biztosítani. Opcióként beépíthető a tárolóba egy elektromos fűtőpatron is, amivel kiváltható a kazán befűtése az átmeneti időszakban.

G3: Fűtés és használati melegvíz-előállítás faelgázosító kazánal, fűtésre és használati meleg vízre külön indirekt pufferrel tárolóval kombinálva, használati meleg vízre napkollektoros rásegítéssel, hővisszanyerős lakásszellőző alkalmazásával.

A „G2” változattal azonos rendszer, de az épületben központi gépi szellőzés is készül. A hővisszanyerős szellőztető berendezés a földszinti gépészeti helyiségben kerül elhelyezésre. A berendezés névleges térfogatárama 200 m³/h. A befűtési pontokat a lakóterekben, azaz a hálószobákban és a nappaliban kell elhelyezni, a visszaszívási pontokat pedig a konyhában, fürdőben és a WC-kben. A helyiségek közötti átszellőzést ajtóréssel vagy ajtóráccsal kell biztosítani.

Az eredmények ismertetése

Az energiatakarékos szabályok szerint az épület tömegarányai alapján kell meghatározni azt az energiafelhasználási követelményértéket, mely az energetikai besorolás alapját képezi [2]. A vizsgált lakóház teljes fűtött térfogata $V = 413 \text{ m}^3$, míg az összes lehűlő felülete $A = 336 \text{ m}^2$. Az ezekből számítható éves energiafogyasztási követelmény $E_p = 171,6 \text{ kWh/m}^2$. Az épület annak függvényében sorolható be energiafelhasználási kategóriába, hogy a számított követelmény értéknek mekkora hányadát fogyasztja ténylegesen [3]. Ennek megfelelően százalékosan kifejezhetők az egyes épületek és gépészeti rendszerek éves fogyasztásai (2. táblázat). Az épületek energetikai osztálya mindegyik épület esetében A+ (fokozottan energiatakarékos).

A 3. ábra a három különböző épület egyes lehűlő felületeinek a hőveszteségeit mutatja az adott felület hőátbocsátási tényezőjének és nagyságának a szorzatából kalkulálva. A felületek nagysága mindhárom esetben ugyanakkora.

A 3. táblázatban tüntettük fel az egyes épületek különböző épületgépészeti rendszereinek fogyasztási adatait – a szakmai szabályokra és előírásokra tekintettel az adatokat primer energiában, vagyis földgáz egyenértéken tüntettük fel. Az első oszlopban a fűtés éves energiaigénye látható kWh/m²-ben, a következő oszlopokban a használati meleg víz (HMV) és a szellőztetés energiafelhasználása látható. Az összesített adatokból egyértelműen kitűnik, hogy már a legkevésbé korszerű, 0.20 szerkezettel tervezett, és G1 jelű gépészettel ellátott rendszer is rendkívül alacsony energiafelhasználással üzemeltethető, de a hőtechnikailag legkorszerűbb, 0.12 szerkezetű és a G3 jelű épületgépészettel rendelkező épület ennek az értéknek kevesebb, mint a felét használja fel éves szinten.

1. táblázat Rétegrendi hőátbocsátási értékek

Table 1 Heat transmission values

Rétegrend megnevezése	Épület hőszigeteltségi színvonala ill. elnevezése		
	0.20	0.17	0.12
	U érték [W/m ² K]		
Fal	0,20	0,17	0,12
Padló	0,27	0,23	0,10
Padlásfödém	0,22	0,18	0,10
Tető	0,23	0,19	0,10
Árkádfödém	0,20	0,17	0,12
Nyílászárók	1,25	0,70	0,70

2. táblázat Az épületek viszonyított energiafogyasztása a különböző épületgépészetek esetén

Table 2 Relative energy-consumption of the examined buildings and HVAC systems

Épület megnevezése	Gépészeti rendszer		
	G1	G2	G3
0.20	48%	38%	29%
0.17	44%	34%	25%
0.12	40%	30%	21%

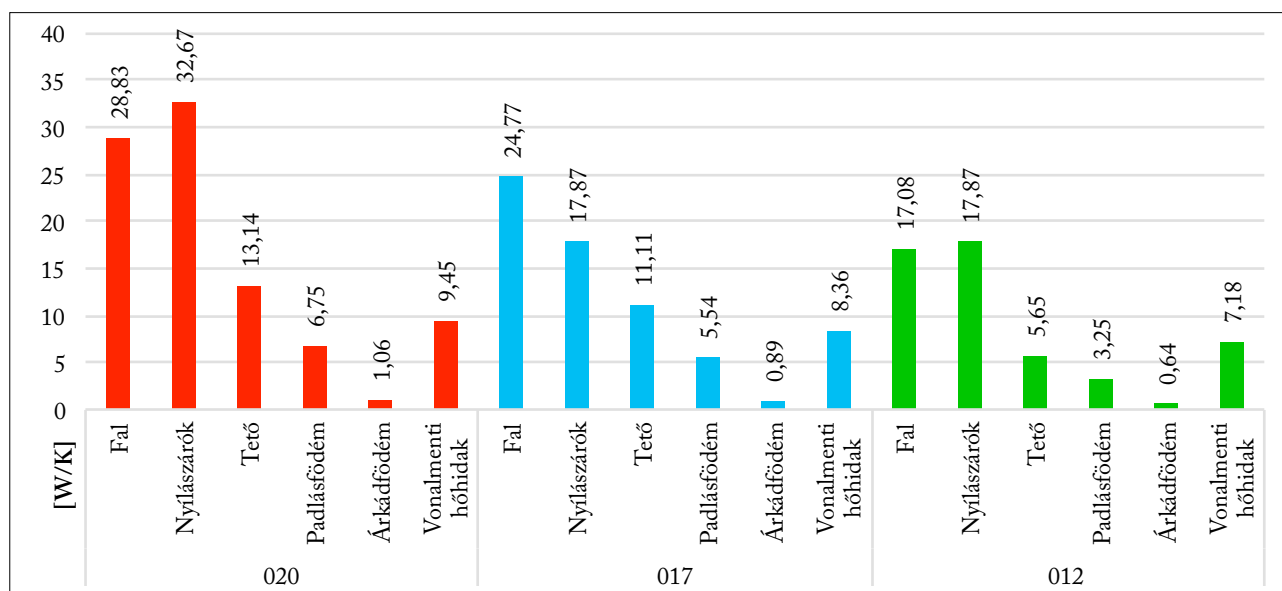
Az értékek azt is megmutatják, hogy a használati meleg víz előállításához napkollektoros rendszert üzemeltetve ugyanannak az épületnek az éves energiafelhasználása több mint 50%-kal csökkenthető. Ezt az értéket a telepített napkollektor minősége, hatásfoka javítani és rontani is képes.

Szembevetendő, hogy ahol hővisszanyerős szellőztetési rendszert alkalmazunk, ott a fűtési energiaigény 40–50%-kal is csökkenhet, miközben a szellőzés energiafelhasználása elhanyagolhatóan kicsi. Ebben az esetben a rendszer beszerzési és telepítési költségei egyszerűen magasabb kiadást követelnek meg, azonban a fenntartási költségek lényegesen alacsonyabbak lesznek.

Amennyiben a felhasznált tüzelőanyag, a tűzifa fűtőértékét 12 MJ/kg-mal, sűrűségét pedig 500 kg/m³-rel vesszük figyelembe, akkor közelítőleg meghatározhatjuk a felhasznált mennyiséget a hétköznapi életben könnyebben megfogható mértékegységekkel is (1 m³ tömör tűzifa ≈ 1 erdei méter). A 4. táblázatban a fűtés és használati meleg víz biztosításához szükséges éves tűzifa mennyiségeket mutatjuk be. Ugyanebben a táblázatban az épületgépészeti rendszerek üzemeléséhez szükséges villamosenergia-igény közelítő értékét is feltüntettük.

Összefoglalás

A vizsgálataink elsődleges célja volt, hogy olyan épületek kedvező energetikai tulajdonságait igyekezzünk megmutatni, melyekben a fa építőanyagként és fűtőanyagként egyaránt alkalmazásra kerül. A fa bordavázás épületek már a legegyszerűbb kivitelben is alacsony energiafogyasztásúak, amit további szigetelésekkel és azokhoz illeszkedő épületszerkezeti megoldásokkal számottevő arányban fokozhatunk.



3. ábra Az egyes épületszerkezetek W/K-ben kifejezett hővesztése a három épület esetén

Figure 3 Heat loss of the 3 examined structures in W/K

3. táblázat Az egyes épületek primer energiában kifejezett fogyasztási adatai a különböző épületgépészeti rendszerek esetén

Table 3 Energy consumption of the 9 examined system in primary energy

Épület megnevezése	Éves energiafelhasználás [kWh/m ²]				
	Fűtés	Melegvíz	Szellőztetés	Összesen	
0.20	G1	49,3	33,8	-	83,1
	G2	49,3	15,4	-	64,7
	G3	30,9	15,4	3,4	49,7
0.17	G1	42,1	33,8	-	75,9
	G2	42,1	15,4	-	57,5
	G3	23,7	15,4	3,4	42,5
0.12	G1	35,6	33,8	-	69,4
	G2	35,6	15,4	-	51,0
	G3	17,9	15,4	3,4	36,6

4. táblázat Az épületgépészeti rendszer működtetéséhez felhasznált éves tűzifa és villamosenergia-mennyiség

Table 4 Firewood and electrical energy consumption of the HVAC system (annual values)

Épület megnevezése	Tűzifa	Villamos energia	
	m ³	kWh	
0.20	G1	5,60	1137
	G2	4,21	1137
	G3	2,82	1561
0.17	G1	5,07	1137
	G2	3,67	1137
	G3	2,28	1561
0.12	G1	4,57	1137
	G2	3,18	1137
	G3	1,84	1561

A biomassza – és azon belül annak legelterjedtebb képviselője, a tűzifa – a mai napig az egyetlen olyan energiahordozó, amit az emberiség képes megújuló módon termelni és felhasználni. Ebből is következik, hogy a biomassza tüzelés önmagában is kedvező megítélést ad az épületeknek, hiszen a fatüzelésű rendszerek a földgázhoz képest mintegy 40%-kal kedvezőbb energetikai besorolásúak [2], de ezt egy teljes egészében megújuló energiát hasznosító napkollektoros rendszer, illetve a konvekciós hőveszteségeket minimalizáló hővisszanyerős szellőztetés alkalmazása tovább is javíthat, egészen a passzívházak követelményeit megközelítő értékig is.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatás a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2002/91/EK IRÁNYELVE (2002. december 16.) az épületek energiateljesítményéről
- 7/2006 (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról
- Dávid V. K., Pakainé Kovács J. (2012) Új tendenciák az Európai Unióban a könnyűszerkezetes készházak területén, *Faipar* 60(4): 20–26
- Bejő L., Szabó P., U. Nagy G., Kuzsner Á. (2013) Az energiatanúsításon túl: a környezetterhelés értékelése, különös tekintettel a faalapú építés esetén, *Faipar* 61(4): 26–31
- 7/2006 (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról, (2016. január 1-től érvénybe lépő állapot, 6. melléklet)
- Zöld A. (1985) Hővédelem, In: Fekete I. szerk. *Épületfizika kézikönyv*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 15–198. old.
- Zöld A. (2000) *Épületenergetika*, Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Sembery P., Tóth L. szerk. (2004) *Hagyományos és megújuló energiák*, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- MSZ EN ISO 6946, *Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszer.*
- MSZ EN ISO 10211, *Hőhidak az épületszerkezetekben. Hőáramok és felületi hőmérsékletek számítása.*
- Hantos Z., Karácsonyi Zs. (2007) Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása I., *Faipar* 55(1-2): 28–32
- Hantos Z., Karácsonyi Zs. (2009) Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása II., *Faipar*, 57(2): 5–10
- Hantos Z., Karácsonyi Zs., (2014) *Lakóépület fűtési energiaigényének modellezése*, *Faipar* 62. évf., DOI: 10.14602/WoodScience-HUN_2014_21
- Bajor E. (2014) *Épületgépész tanulmányterv a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 „Környezettudatos energia hatékony épület” pályázathoz*, Budapest