

Doktori (Ph.D) értekezés tézisei

Fa bordavázás lakóépületek  
energetikai minősítési módszere, és  
alkalmazása fejlesztési célokra

**Hantos Zoltán**

Nyugat-magyarországi Egyetem

Sopron

2008

**Doktori iskola:**

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Faipari Mérnöki Kar  
Cziráki József Faanyagtudomány- és Technológiák  
Doktori Iskola  
*vezető: Dr. Winkler András DSc.*

**Doktori program:**

Faszerkezetek  
*vezető: Dr. Szalai József CSc.*

**Tudományág:**

Anyagtudományok és technológiák

**Kutatási téma:**

Fa bordavázás, könnyűszerkezetes építési rendszer hő-és  
páratechnikai optimalizálása  
*témavezető: Winkler Gábor az MTA doktora*

## **Bevezetés**

Magyarország energiafelhasználásában jelentős hányadot képvisel a lakossági energiafogyasztás, ami télen a fűtési célú földgázfogyasztásban, nyáron pedig a hűtési célú villamosenergia-fogyasztásban mutatkozik meg. Az energiával való takarékos bánásmód globális érdekünk, de ennél közelebbi indok az Európai Unió 2002/91/EK energetikai direktívája, valamint az ezzel összhangban született 7/2006. (V.24.) TNM rendelet az energetikai számításokról, és a 176/2008. (VI.30.) Korm. Rendelet az energiatanúsításról. Az említett jogszabályok közvetlenül szabályozzák az épületekkel szemben támasztott hőtechnikai és energetikai követelményeket. Felhasználói oldalról a rohamosan emelkedő földgáz-árak, illetve az állami támogatások arányának fokozatos csökkentése sürgeti az épületállomány energetikai hatékonyságának javítását. A könnyűszerkezetes épületek kedvező hőtechnikai jellemzőkkel rendelkeznek, ezáltal jelentős szerepet kaphatnak az energiatakarékos épületek piacán. A jelenleg átlagosnak mondható szerkezet némi fejlesztéssel megfelel a legmagasabb energetikai besorolásnak. A dolgozat ezt a szükséges fejlesztést értékeli teljesítménynövekedés, költség, és megtérülési idő szempontjából. A vizsgálathoz a hagyományos épületekre kidolgozott módszerek közvetlenül nem alkalmazhatóak, így az eltéréseket is magába foglaló számítási eljárást kellett kidolgozni. A számítási módszerrel szemben támasztott követelmények, hogy legyen pontos, vegye figyelembe a szerkezet sajátosságait. További követelmény, hogy maradjon egyszerű és gyors, ugyanis az energiatanúsítás elkészítésére legfeljebb két munkaóra számolható el. A dolgozat jelentős figyelmet fordít az üvegezett szerkezetek számításainak kidolgozására is. Az alkalmazott eljárás némi módosítással a hagyományos szerkezetű épületek minősítésében is használható.

## **Előzmények**

Magyarországon jelentős változások várhatók az energetikai szektorban. Lakásaink energiahatékonysága elmaradott, a mintegy 4,3 milliós magyar épületállomány közel fele, több mint 2 millió ingatlan energetikai besorolása „nagyon rossz”, emellett 33 % energetikailag „rossz”, illetve további 11 % „gyenge” besorolással rendelkezik. A családi házak fajlagos energiafogyasztása magasabb, mint a többlakásos épületeké: a hazai fűtési-energiafogyasztás 75 %-a a családi házakhoz köthető.

Az utóbbi években kialakult hatósági szabályozás, illetve a megalakult szakmai szervezetek tevékenysége miatt a piacon elterjedőben vannak a jó minőségű fa bordavázás épületek, melyek nagymennyiségű hőszigetelő-anyaggal épülnek, így az energiafelhasználásuk kedvezőbb, mint a hagyományos épületeké. Az egyik legjellemzőbb tulajdonságuk az alacsony fűtési költség, ami folyamatosan növeli a piaci keresletüket.

Az oroszországi importból származó földgáz ára a nyersolaj világpiaci árához igazodik, ami az elmúlt évben kétszeresére emelkedett, és egyes előrejelzések szerint még ebben az évben elérheti a 2007. júliusi ár háromszorosát. Ez az olajár-robbanás jelentősen túlszárnyalja az 1973-as olajválság 70%-os áremelkedését. Az ebből fakadó áremelkedés hatását a lakossági földgáz árában a magyar állam képtelen lesz csillapítani, sőt, az energiapolitika átszervezése okán inkább csökkenteni fogja az állami támogatás arányát az energiahordozók árában. Ezt az intézkedést a Nemzetközi Energia Ügynökség is elvárja Magyarországtól, de az ország pénzügyi helyzete is erre kényszeríti az országvezetést.

2008. június 30-án hirdették ki az energiatanúsítást szabályozó kormányrendeletet, ami 2009. január 1-től teszi kötelezővé az épületek ellátását energiatanúsítvánnyal. A tanúsítvány kiállításának feltételei mellett az elkészítésének díjazása is szabályozásra került. A rendeletben maximalizált munkaidő meglehetősen kevés, így a tanúsításhoz gyorsan elvégezhető, egyszerű, ugyanakkor az elvárható mértékig pontos számolási módszereket kell alkalmazni.

A fa bordavázás épületek külső térelhatároló szerkezetei hőtechnikailag inhomogénnek tekintendők, így már a hőátbocsátási tényezők számítása is összetettebb feladat, mint egy hagyományos szerkezetű épület esetén. Az alkalmazandó számolási módszert az MSZ EN 6946 szabvány ugyan tartalmazza, de értelmezése az angol nyelvhasználat nehézkes. Az üvegezett szerkezetek esetében a gyártók által kiadott katalógusok adatai nem használhatók fel közvetlenül, a nyílászárók emiatt csak jelentős egyszerűsítésekkel kerülnek be a számításokba. Az üvegezett szerkezetek részletes és pontos vizsgálata jelentős időt igényel az adatok beszerzése, illetve a számítások elvégzése miatt. A hőhidak vizsgálata történhet egyszerűsített, illetve részletes módszerrel. Az egyszerűsített módszer olyan kerekítéseket tartalmaz, melyek jelentősen túlbecsülik az épület energetikai besorolását meghatározó értékeket. Az épület tulajdonosának elemi érdeke, hogy a tanúsítvány ne tartalmazzon a ténylegesnél gyengébb energetikai besorolást, csökkentve az épület piaci értékét, emiatt a részletes módszer alkalmazása indokolt. Ehhez azonban ismerni kell az építési rendszer hőhídjainak jellemző értékeit.

## **Célkitűzések**

A kutatás célkitűzései között szerepel olyan energetikai ellenőrzési módszer kidolgozása, mely tartalmazza a fa bordavázás épületekre érvényes kiegészítéseket. A módszer kidolgozásának alap gondolata, hogy amennyiben rendelkezésre állnak a szükséges adatok, valamint ismertek a szükséges összefüggések, emellett ezek gyorsan integrálhatóak az ú.n. részletes számítási módszerbe, akkor az egyszerűsített számolási módszer időszükségletével kapjuk meg a részletes módszer pontosabb eredményeit.

A számoláshoz szükségesek olyan adatok, melyek nem találhatók meg szakirodalomban vagy gyártói katalógusokban. Ilyenek pl. az adott építési rendszer hőhídjai, az alkalmazott nyílászárók tényleges hővesztesége, illetve hőnyeresége. Céлом kiegészíteni, illetve szükség esetén kidolgozni a megfelelő számításokat, majd ezek alkalmazásával meghatározni egy mai átlagos, illetve egy fejlesztett építési rendszer tervezési adatait. Ezek az adatok tervezési segédlet jelleggel kerülnek publikálásra.

A módszer első alkalmazása a ma átlagosnak mondható fa bordavázás lakóépület-rendszer minősítése, bemutatva a számolási eljárást. A vizsgálat eredménye alapján meghatározható annak a fejlesztésnek a mértéke, ami az átlagos épületet fokozottan energiatakarékossá javítja. Céлом meghatározni azokat a hőszigetelési vastagságokat és módokat, melyekkel a lakóépület teljesíti a legmagasabb besorolás követelményeit.

A fejlesztés vizsgálata kiterjed az optimális falvastagság meghatározására, az ezzel összhangban lévő tető- és födém szerkezet felépítésére. Vizsgálom az átlagos és a fejlesztett rendszer energiaveszteségeit, illetve ezek arányait. Meghatározom az egyes fejlesztési lépések, illetve az összes fejlesztés együttes költségvonzatát, majd a fejlesztés által elérhető energia-megtakarítást. A jelenlegi földgáz-árak alapján meghatározható az egyes fejlesztési lépések prognosztizált megtérülési ideje. A megtérülési idő a folyamatosan növekvő energiaárak miatt nem számítható ki pontosan, így a számított értékek csak hozzávetőlegesen vehetők figyelembe. A tényleges megtérülési idő rövidebb a számítottnál.

## **A kutatás módszertana**

A vizsgálat előzményeként szakirodalmi ismeretek, és saját tapasztalatok összegzése tüntethető fel. Az irodalmi feldolgozás során az energetikával, energiapolitikával, illetve az energiahordozók áraival foglalkozó publikációk mellett a könnyűszerkezetes építési technológiák terén lényegesen fejlettebb országok esettanulmányaival foglalkoztam. A német és osztrák passzívház-építési trendeket összevetve a magyar építési piac energetikai megítélésével jól körvonalazható a lemaradásunk. A magyarországi fa bordavázás építési rendszereket tervezőként, és kivitelezői alkalmazottként ismertem meg az elmúlt évek során. A hőtechnikai számításokra vonatkozó, illetve szerkezeti rendszerek kidolgozására irányuló megbízásaim során megismerkedtem a hő- és páratechnikai számításokat szabályozó szabványokkal, rendeletekkel, illetve szakirodalmakkal.

A rétegtervi hőátbocsátási tényezők meghatározása inhomogén szerkezetek esetén súlyozással történik, ami falszerkezet esetén egyszeres, tető- és födémszerkezet esetén kétszeres súlyozást jelent. A súlyozási arányokat korábbi megbízásaim és kutatásaim szerint, grafikus módszerekkel határoztam meg.

A hőhidak jellemző értékeinek meghatározásához szükséges meteorológiai adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisából gyűjtöttem ki, míg a számolás különböző peremfeltételeit a vonatkozó szabványok útmutatásai alapján határoztam meg. A hőhidak analíziséhez a *Therm* elnevezésű végeelem-szoftvert, az eredmények feldolgozásához *Excel* táblázatkezelőt alkalmaztam. Az egyes csomópontok, illetve a számolás bemutatására szolgáló mintaépület rajzai *AutoCad* programban készültek.

Az eredmények összefoglalása ú.n. hőhídkatalógusban történik. A hőhidak páratechnikai vizsgálatához további adat-átszámítások

szükségesek, melyekhez a végeelemes részeredmények mellett a *Mollier-féle h-x* diagram alkalmazandó.

A nyílászárók elemzése összetett feladat. Az üvegezés hőátbocsátása nem jellemzi pontosan az ablak viselkedését, a részletesebb számoláshoz szükséges adatok pedig csak ritkán állnak a tervezők rendelkezésére. Módszeremben először a tok-szárny profilt, mint vonalmenti hőhidat határoztam meg, majd ugyanezt a szerkezetet falba (tetőablakok estén tetősíkba) építve is vizsgáltam. Az üvegezett szerkezetek napnyereséggel összevont energiavesztése kifejezhető alapadatok segítségével, ezek táblázatos összefoglalása a szokványos ablakméretekhez rendkívüli módon meggyorsítja a számolást.

A mintaépület energetikai vizsgálata a 7/2006-os illetve a 176/2008-as rendeletek alapján készült, itt néhány számolási egyszerűsítésre adódik lehetőség, ugyanis a fa bordavázás épületek jellemzően lakóépület funkcióval rendelkeznek.

A fejlesztés költségelemzése egy MAKÉSZ-tagsággal rendelkező építési vállalkozás egyszerűsített árajánlata, valamint különböző építési-anyag kereskedők árajánlatainak alapján állt össze. Elsődlegesen az anyagköltségek különbségére fektettem a hangsúlyt, mivel a munkadíjak azonosnak tekinthetőek. Az épület primer-energia igényéből az egységnyi földgáz-ár alapján meghatározható a várható fűtési költség. Az egységnyi földgáz-ár, illetve villamos-energia ár a szolgáltató honlapján megtalálható. A megtérülési idő számítása történhet aktuális, illetve prognosztizált földgáz-árakkal. Pontosabb képet ad az áremelkedést is magába foglaló kalkuláció. Az elkövetkezendő időben több nagyarányú áremelkedés várható, de remélhetőleg az áremelkedések hosszú távon beállnak egy egységes, alacsonyabb értékre. A hosszú távú áremelkedést évi 15 %-ban határoztam meg. Ennél alacsonyabb áremelkedés nem valószínű, ennél magasabb emelkedés esetén a számított megtérülési idők csökkennek.



## Tézisek

Vizsgálataim eredményeiből megállapíthatom, hogy

1. a fa bordavázás könnyűszerkezetes épületek esetén a faelemek hőhídhatása nem elhanyagolható, azonban számításainkban elegendő a faborda és bordaközi hőszigetelés inhomogenitásának figyelembevétele. Amennyiben a falszerkezet hőátbocsátási tényezőjét az EN ISO 6946 szerint súlyozva számítjuk, a továbbiakban a falfelület hőhídmentes, homogén felületnek tekinthető.
2. A 16 cm-es bordamagasságú könnyűszerkezetes falszerkezet 12 cm-es homlokzati hőszigeteléssel alkalmas arra, hogy belőle a legmagasabb 'A+' besorolású (fokozottan energiatakarékos) épület készüljön. Ennél vastagabb homlokzati hőszigetelés már nem csökkenti látványosan a szerkezet hőtechnikai jellemzőit, alkalmazása csak abban az esetben indokolt, ha a passzívházakra jellemző követelményeket kívánjuk elérni.
3. A külső oldali, folytonos elhelyezett hőszigetelő-rendszer jelentős mértékben csökkenti egy fa bordavázás szerkezet hőhídjainak energiaveszteségét, és alkalmas arra, hogy megfelelő vastagságban történő alkalmazásával teljesen homogénnek tekinthető térelhatároló szerkezetet hozzunk létre.
4. A hőszigetelt bordaközű favázás falszerkezet legalacsonyabb belső felületi hőmérséklete a bordák vonalában mérhető. A legkisebb felületi hőmérsékletet a borda síkjában számolt hőátbocsátás határozza meg. A bordaköz jobb hőszigetelése nem vehető figyelembe a felületi hőmérséklet emelése szempontjából.
5. Az inhomogén térelhatároló szerkezetek csatlakozási éléinél kialakuló vonalmenti hőhíd szintén inhomogén. Az ilyen vonalmenti hőhíd energiaveszteségét kimutató vonalmenti hőhídveszteségi tényezőt súlyozással kell megállapítani.

A súlyozáshoz az alábbi összefüggés alkalmazandó:

$$\psi_e = (0.1 \cdot L^{2D}_{Borda} + 0.9 \cdot L^{2D}_{Bordaköz}) - U_1 \times l_1 - U_2 \times l_2$$

Ahol:

$\psi_e$ : súlyozott vonalmenti hőhídveszteségi tényező

$L^{2D}_{Borda}$ ,  $L^{2D}_{Bordaköz}$ : a modellen kialakuló hőveszteség a borda síkjában illetve a bordaközben

$U_1$ ,  $U_2$ : a becsatlakozó térelhatároló szerkezetek súlyozott hőátbocsátási tényezői

$l_1$ ,  $l_2$ : a becsatlakozó szerkezetek referenciahossza a modellen

Az ilyen vonalmenti hőhíd felületi hőmérsékletét a bordák csatlakozásainál kell meghatározni, a bordaköz hőszigetelése nem vehető figyelembe a felületi hőmérséklet emelése szempontjából.

6. Üvegezett szerkezetek esetén a 7/2006-os rendelet meghatározza az eredő hőátbocsátási tényező határértékét. Az üvegezett szerkezetek tokprofilal együtt értelmezett hőátbocsátási tényezője az alábbi összefüggéssel számítható:

$$U_w = \frac{U_g \times sz \times m + (\psi_{pa} + \psi_{pf}) \times sz + 2 \cdot \psi_{po} \times m}{sz \times m}$$

Ahol:

$U_w$ : üvegezett szerkezet tokprofilal együtt értelmezett hőátbocsátási tényezője

$U_g$ : üvegezés hőátbocsátási tényezője

$sz$ ,  $m$ : az üvegezett szerkezet névleges szélessége és magassága

$\psi_p$ : a tokprofil vonalmenti hőhídveszteségi tényezője

(indexek: a: alsó; f: felső; o: oldalsó)

Az egyes profilok vonalmenti hőveszteség tényezője az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$\psi_p = L^{2D} - U_g \times l$$

Ahol:

$\psi_p$ : a tokprofil vonalmenti hőhídveszteségi tényezője

$L^{2D}$ : az üvegezésen és a tokprofilon együttesen kialakuló hőveszteség

$U_g$ : üvegezés hőátbocsátási tényezője

$l$ : az üvegezett szerkezet referenciahossza a modellben

7. A fa ablak és erkélyajtó-profilok belső felületi hőmérséklete jelentősen emelhető a kétkamrás üvegek és a profilra rögzített külső oldali habosított hőszigetelés alkalmazásával. A felületi hőmérséklet emelkedése a hagyományos szerkezetekhez képest olyan mértékű, hogy a szerkezeten történő páralecsapódás illetve penészképződés kockázata normál beltéri lakóterek esetén megszűnik. Tetősíkkablakok esetén az alapkivitel nem teljesíti a minimális követelményeket, így ilyen szerkezeteknél a javított hőszigetelésű tok, illetve üvegezés alkalmazása kívánatos.
8. A beépített üvegezett szerkezeteknek a beépítés hatását is magába foglaló összes hővesztesége az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$Q_w = U_g \times sz \times m + (\psi_{ba} + \psi_{bf}) \times sz + 2 \cdot \psi_{bo} \times m$$

Ahol:

$Q_w$ : üvegezett szerkezet hővesztesége

$U_g$ : üvegezés hőátbocsátási tényezője

$sz$ ,  $m$ : az üvegezett szerkezet névleges szélessége és magassága

$\psi_b$ : a beépített tokprofil vonalmenti hőhídveszteségi tényezője  
(indexek: a: alsó; f: felső; o: oldalsó)

az egyes beépített profilok vonalmenti hőveszteség tényezője az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$\psi_b = L^{2D} - U_g \times l$$

Ahol:

$\psi_b$ : a beépített tokprofil vonalmenti hőhídveszteségi tényezője

$L^{2D}$ : az üvegezésen és a tokprofilon együttesen kialakuló hőveszteség

$U_g$ : üvegezés hőátbocsátási tényezője

$l$ : az üvegezett szerkezet referenciahossza a modellben

9. Üvegezett szerkezetek esetén a 7/2006-os rendelet meghatározza a figyelembe vehető napsugárzási nyereséget. Könnyűszerkezetes épületekben a fűtési szezonra vonatkozó összes hőnyereség az egyes nyílászárókra az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$Q_w^+ = s \times g \times 0,3622 \cdot A_w^{1,38}$$

Ahol:

$s$ : az üvegezett szerkezet tájolási tényezője

$g$ : az üvegezés naptényezője

$A_w$ : az üvegezett szerkezet névleges méretéből számított felület

Az üvegezés  $g$  naptényezője összevonható a 0,3622-es szorzóval, így az egyes üvegtípusok esetén az összefüggés tovább egyszerűsödik:

egykamrás, normál üvegezésre:  $Q_w^+ = s \times 0,2354 \cdot A_w^{1,38}$

kétkamrás, extra üvegezésre:  $Q_w^+ = s \times 0,1992 \cdot A_w^{1,38}$

Az  $s$  tájolási tényező értékét az alábbi módon kell megválasztani:

Benapozott D homlokzaton  $s_D$ : 4,0

Benapozott DK és DNy homlokzaton  $s_{DK/DNy}$ : 3,0

Benapozott K és Ny homlokzaton  $s_{K/Ny}$ : 2,0

Benapozott ÉK és ÉNy homlokzaton  $s_{ÉK/ÉNy}$ : 1,5

Északi, és benapozatlan homlokzaton  $s_E$ : 1,0 (elhagyható)

Tetősíklablak esetén az  $s$  tájolási tényezők másfélszeres értékkel vehetők figyelembe

10. A 7/2006-os rendelet szerinti egyszerűsített számolási módszer mintegy 10 %-kal magasabb energiaszükségletet eredményez, és emiatt egyes esetekben az épületet rosszabb energetikai osztályba kell sorolni. Az egyszerűsített számolási módszer az épület energetikai minősítése céljára kedvezőtlen. Az egyszerűsített energetikai módszer legnagyobb hátránya a vonalmenti hőhidak jelentős túlbecslése. Mivel a szerkezet hővesztésében a vonalmenti hőhidak még az erősen hőhidas besorolás esetén is kevesebb, mint 10 %-ot tesznek ki, indokolatlan a 20 és 30 %-os növelő tényező. A hőhidasság kategóriahatárainak módosítása, illetve a kategóriákhoz tartozó  $\chi$  növelő tényezők csökkentése kívánatos.
11. Többlét hőszigetelés alkalmazása esetén megállapítható, hogy az egyes külső térelhatároló szerkezetek hőátbocsátási tényezőjének csökkenése számottevőbb, mint a csökkentés megvalósításához szükséges többlét-anyagköltség. Ebben a tekintetben az egyes térelhatároló szerkezetek fejlesztése hatékonynak mondható. Az épület összes energia-szükségletének csökkenése azonban egyéb tényezők befolyása miatt lényegesen kisebb, mint az egyes szerkezetek hővesztésének csökkenése. Emiatt az aktuális beruházási költségek és földgáz-árak mellett a beruházás megtérülése nem kimutatható.

## A kutatás eredményei

A kutatás eredményeként elsődlegesen az a számolási módszer mutatható fel, amivel meghatározhatóak a könnyűszerkezetes épületek energetikai minősítéséhez szükséges tervezési adatok. A módszer alapján összeállított tervezési segédlet tartalmazza az átlagos szerkezetű, illetve a fokozottan energiatakarékos fa bordavázás épület hőhídjainak  $\psi_e$  vonalmenti hőhídvesztési tényezőit,  $f_{Rsi}$  belső felületi hőmérsékleteit és az ezekkel összefüggő  $\varphi_{80}$  és  $\varphi_{100}$  páratechnikai küszöbértékeket. A tervezési segédlet táblázatos formában megadja az egyes vonalmenti hőhidak pontszerű csatlakozásainál kialakuló belső felületi hőmérsékleteket, tehát az  $f_{Rsi}$  és  $\varphi_{80}$  és  $\varphi_{100}$  értékeket. Ugyanígy táblázatos formában került összeállításra a szabványos méretű (átlagos illetve „felsőkategóriás”) nyílászárók tokkal egyesített hőátbocsátási tényezője, a beépített nyílászárók hővesztésege illetve figyelembe vehető hőnyeresége. A szükséges tervezési értékek ezután az ún. egyszerűsített, és a részletes számítási módszerhez egyaránt rendelkezésre állnak.

A kutatás másik eredménye a számolási módszer, amivel a tervezési segédletben található adatok alapján gyorsan és egyszerűen végezhető el a fa bordavázás lakóépületek energetikai minősítése, illetve tanúsítása. A módszer az egyszerűsített számolás időszükségletével a részletes számolás eredményeit határozza meg, így alkalmazása a készítőnek és a megrendelőnek egyaránt hasznos.

A számolások alapján kimutatható, hogy a fa bordavázás épületek energiatakarékosak, hiszen a ma forgalmazott átlagos szerkezet is teljesíti az 'A' (energiatakarékos) kategória követelményeit.

Meghatározásra kerültek azok a rétegtervek, melyekből átlagos épületgépészeti rendszerekkel is 'A+' (fokozottan energiatakarékos) lakóépület építhető. Az eredmények alapján elképzelések szülehetnek arról, hogy a fosszilis energiahordozókat nem igénylő passzívházak szintjéhez milyen további fejlesztésekre lesz szükség.

A költségelemzés újabb bizonyítékot szolgáltat arra, hogy a jelenlegi támogatott földgáz-árak a beláthatatlanul hosszú megtérülési idők miatt nem kényszerítik a beruházókat az energetikai fejlesztésekre. Az energiaárak fokozódó áremelkedése egyértelműen csökkenti a megtérülési időt, bár ez a hatás számszerűleg nem modellezhető.

Az eredmények közzétételével a szakmai és piaci érdekképviseltek tovább javíthatják a fa bordavázás épületek egyre kedvezőbb megítélését, lehetővé téve a piaci részesedés folyamatos növelését.

## **A témához kapcsolódó publikációk és megbízások**

1. Hantos, Z, Karácsonyi Zs: Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása I.– Faipar LV/1-2 – 2007/1-2, kiadó: NymE-FMK
2. Hantos, Z, Karácsonyi Zs: Fa bordavázás épület hőátbocsátási tényező számítása II. (nyomdai előkészítés alatt, várható megjelenés: Faipar LVI/1 2008/1 kiadó: NymE-FMK)
3. Hantos, Z: Fabordák hőhídhatása egy könnyűszerkezetes falazatban – III. Regionális Természettudományos Konferencia, Szombathely, 2008.01.31.  
– Faipar LV/4 – 2007/4, kiadó: NymE-FMK
4. Hantos, Z: Könnyűszerkezetes építési rendszer kidolgozása a Grand-Ács kft. részére – innovációs kutatás – 2007
5. Hantos, Z: Kétrétegű boronafalas faházrendszer hő-és páratechnikai vizsgálata a Grand-Ács Kft. részére – innovációs kutatás – 2008
6. Hantos, Z: Hő- és páratechnikai elemzés a Grand-Ács Kft. könnyűszerkezetes lakóépületeinek külső térelhatároló falszerkezeteiről – innovációs kutatás – 2008
7. Szabó, P.– Winkler, G.– Hantos, Z.– Andor, K.– Bejó, L.– Oszvald, F.– Sági, É. – Wehoffer, V: A fa az építészetben – digitális jegyzet (Kézirat, 2007)
8. Hantos, Z: A magyar és európai uniós hő-és páratechnikai szabványok kapcsolata, összehasonlítása – doktori szigorlat, Sopron, 2008
9. Hantos, Z: Könnyűszerkezetes épületek hőtechnikai fejlesztése – doktori beszámoló, Sopron, 2008
10. Hantos, Z: Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározása – MTESZ-MMK-MÉK kötelező továbbképzési tanfolyam, Sopron, 2008