

# Ablakszerkezetek hőátbocsátási tényezőjének meghatározása a hőhídhatások figyelembevételével

ELEK László<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NymE FMK Terméktervezési és Gyártástechnológiai Intézet

## Kivonat

Az energiahatékonyság iránti igény napról napra növekszik. Egyre nagyobb figyelmet kell fordítanunk a nyílászárók hőszigetelő képességének fokozására. Ezt a hőveszteségek csökkentésével, illetve a szoláris hőnyereség növelésével érhetjük el. Ablakok esetében a hőátbocsátási tényező értékének számítással való meghatározására az EN ISO 10077-1:2000 és EN ISO 10077-2:2004 szabványok adnak előírásokat. A cikk egy példán keresztül bemutatja, hogy milyen különbség adódik a szabvány és a Therm végeelem módszert alkalmazó szoftver által meghatározott hőátbocsátási tényezők között. A vizsgálat végén javaslatokat tettünk a kapott értékek pontosítására.

**Kulcsszavak:** ablak hőátbocsátási tényezője, vonalmenti hőhíd, számítógépes modellezés

## Heat permeability coefficient assay of windows considering the effect of thermal bridges

### Abstract

There is a growing demand for energy efficiency. Increasing of thermal insulation capacity of windows and doors has to be taken into consideration. This can be reached by the decrease of heat loss or the increase of solar heat gain. Heat permeability coefficient of windows can be calculated based on the standards EN ISO 10077-1:2000 and EN ISO 10077-2:2004. This article reveals the difference between the heat permeability coefficients calculated based on the standard and defined using the Term finite element method. Having the results of the analysis proposals were given to refine the calculated values.

**Key words:** heat permeability coefficient of windows, one-dimensional thermal bridge, computer simulation

### Bevezetés

Hazánk épületállományának energiahatékonysága rendkívül kedvezőtlen (az EU-15 országok átlagának kétszerese). A folyamatosan csökkenő energiakészletek és az emelkedő energiaárak indokolttá teszik az egyre hatékonyabb hőszigeteléssel rendelkező épületek kialakítását. Az Európai Unió irányelvekkel szabályozza az épületek energiafelhasználását. Ennek eredménye a 7/2006-os TNM kormányrendelet, mely tartalmazza a nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőjére vonatkozó követelményértékeket is (Prohászka 2007). Jelenleg a homlokzaton elhelyezett fa vagy PVC keretszerkezetű üvegezett

nyílászáróknál a felső határérték  $U=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ . A szigorodó előírások mellett a felhasználók anyagi érdeke is, hogy az üzemeltetés során – a lakáskomfort megtartása mellett – a lehető legkevesebb energiát használják fel. A nyílászárók az épületek homlokzatának általában kis hányadát teszik ki, mégis a legnagyobb hőveszteséget okozzák, mivel még a hőszigetelt ablak is jelentősen elmarad a falszerkezet hőszigetelési tulajdonságaitól (Thomas 2006). Számunkra az lenne az ideális, ha az ablakok hőszigetelését a falazattal azonos értékig tudnánk fokozni. A kutatás elsődleges célja azt megvizsgálni, hogy a Magyarországon jelenleg leginkább elterjedt



68 mm-es profilvastagságú ablakok megfelelhetnek-e a szigorodó hőtechnikai előírásoknak. Ennek megállapítása során megvizsgáltuk az ablakszerkezetekre vonatkozó szabványokat, illetve az azokban alkalmazott számítási módszereket. A kapott eredményeket összevetettük egy végeselem-módszert alkalmazó számítógépes programmal meghatározott eredményekkel. Mindkét módszer esetében igyekeztünk javaslatot tenni az eredmények pontosabb meghatározására.

### **Tudományos előzmények, épületfizikai alapfogalmak**

Az ablakok hőátbocsátását befolyásolja az üvegezés szerkezetének kialakítása, a tok és a szárny rétegfelépítése, ezek kapcsolata, továbbá a beépítés módja. A nyílászárókon áthaladó kifelé irányuló hőáram a hőfokkülönbség okozta transzmissziós hőátbocsátásból, valamint a légáteresztésből következő konvektív hőáramból adódik össze (Kovács 2000). Az ablakok működtetése nem képzelhető el ütközési hézagok és illesztési rések kialakítása nélkül. Az épületen belül és a környezetben uralkodó légnyomás- és hőmérsékletkülönbségek következtében a levegő ezeken a réseken át ki-, vagy beáramolhat. Ez a nyílászárók égtáj szerinti tudatos elhelyezésével és az uralkodó szélirányok figyelembevételével csökkenthető (Thomas 2006). A filtrációt fokozza, hogy a környezeti és egyéb hatásoknak köszönhetően a tömítés idővel rideggé válik, elhasználódik, ezáltal funkcióját nem, vagy csak részben tudja teljesíteni. Emellett az ablakok használata során a vasalatokban bekövetkeznek olyan kopások, elváltozások, melyek a záródás pontosságát csökkentik, ezzel a filtrációs veszteségeket jelentősen megnövelik (Kovács 2000). Az ablak záródásának tökéletlenségéből adódó veszteségeket nevezzük a légáteresztésből származó, vagy filtrációs hőátbocsátásnak.

Transzmissziós hőátbocsátásnál a hő terjedése hővezetéssel, hőáramlással (konvekcióval) és hőszugárzással történhet. A valóságban jellemzően ezek kombinációjával találkozunk. Határoló szerkezeteknél (ilyenek az ablakok is) az egyik oldalon légnemű közegből konvekcióval, a környező melegebb felületekről sugárzásos úton belépő hőáram állandósult állapotban a szerkezeten keresztül haladva a másik oldalon lép ki. A hőterjedés ezen összetett módját hőátbocsátásnak nevezzük. Nagysága függ a keret anyagától, vastagságától, felületi részarányától, illetve az üvegezéstől.

A nyílászárók többrétegű üvegezésén keresztülli hőátvitelhez mind a konvekciós, mind a sugárzásos

terjedési mód jelentősen hozzájárul. Előbbi a légréteg vastagságával fokozódik. A sugárzásos hőátvitel intenzitását befolyásolja a felület emissziós tényezője ( $\epsilon$ ), ami a felületi hőmérsékletre jellemző sugárzási hullámhossz tartományban a sugárzó hő elnyelését is befolyásolja. Az üvegfelület tulajdonságainak módosítása, így például fénoxid bevonat felvitele a sugárzásos energia áteresztést hatékonyan mérsékli (Kovács 2000).

Könnyűszerkezetes faházakkal kapcsolatban találkozhatunk olyan kutatással, melynek keretében, a légrétegben a nyugvó levegő hővezetését a légréteg vastagságának megosztásával sikerült megközelíteni. A megoldás egyúttal a sugárzásos hőátvitelt is minimalizálja. Ezt a falszerkezetben a homlokzat síkjával párhuzamosan kifeszített tükörpanelek (hőtükörfóliák) segítségével sikerült elérni (Pásztory 2007).

Az épület fűtőenergia felhasználását a hőhidak következtében eltávozó hő jelentősen növeli. Hőhidak a különböző hővezetési tulajdonságú és eltérő geometriai formájú szerkezetek, illetve anyagok találkozásánál alakulnak ki. Lehetnek pontszerűek, vonalmentiek és foltszerűek. A jobb hővezetésű szerkezeti részeknél erősebb lehűlés tapasztalható. A megnövekedett hőleadás következtében a belső felületek hőmérséklete lecsökken, ami rontja a lakóter komfortérzetét. További problémát jelenthet, hogy a lehűlt felületek környezetében páralecsapódás is kialakulhat, ami tartós fennállás esetén a penészképződést is elindíthatja (Zöld 1999).

A hőhidakon keresztüli többlet hőáram meghatározására rendelkezésre állnak hőhid-katalógusok, valamint szabványok adnak útmutatást a számításokra. Amennyiben a szerkezet nagyon összetett és sok időt igényelnének a számítások, vagy nem állnak rendelkezésre megfelelő szabványok, számítógépes programok, mint amilyen az ingyenesen elérhető, végeselem-módszerre épülő Window és Therm nyújthat segítséget. Az említett szoftvert Hantos Z. (2008) alkalmazta egy könnyűszerkezetes épület hőtechnikai optimalizálásával kapcsolatos kutatásban. Esetében a nyílászárók egy átlagos hőátbocsátási tényezővel lettek figyelembe véve, azok részletes vizsgálatára nem került sor.

### **Modellalkotás, anyag és módszer**

A hőátbocsátási tényező vizsgálatát egy 1480 x 1230 mm-es tok külméretű bukó-nyíló ablakon végeztük. A 68 mm-es profilvastagságú, háromrétegű tömbösített vörösfenyőből (*Larix decidua*) készült ablakban kétrétegű üvegezés kapott helyet. A nemesacél táv-

tartóval ellátott üvegszerkezetben argon gáztöltést alkalmaztunk, a belső üvegtábla gágréteg felőli felületére pedig alacsony emissziós bevonat került.

Az ablak hőtechnikai vizsgálatát kétféleképpen végeztük el: a szabvány által előírt módon, majd egy, az üvegezést és a keretszerkezetet együtt elemző szoftver segítségével. Utóbbinál a modellalkotás grafikus módon történt, ahol az egyes anyagtulajdonságokat anyagtárból adtuk meg, de a hővezetési tényező és emissziós tényező segítségével új anyagokat is definiáltunk. A szükséges csomópontokról AutoCad programmal készítettünk síkmetszeteket. A kutatásban a kaliforniai Berkeley Egyetemen kifejlesztett Therm végeelem-alapú kétdimenziós hőtechnikai modellező szoftvert használtuk. Az ingyenesen letölthető program hiányossága, hogy a pontszerű hőhidakat nem tudja figyelembe venni, továbbá csak az időben állandósult folyamatok vizsgálatát teszi lehetővé. Ez utóbbi esetünkben nem bírt jelentőséggel.

A szabvány szerinti számítás során a tok és keret hőátbocsátását az EN ISO 10077-1:2000 szabvány szerint határoztuk meg. A vonalmenti hőhidakat az 1. ábrán jelölt módon, a szárny belső felülete mentén vettük fel.

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f} \quad [1]$$

ahol:

$U_w$  - az ablak hőátbocsátási tényezője [ $W/m^2 \cdot K$ ]

$A_g$  - az üvegezett felület nagysága [ $m^2$ ]

$U_g$  - az üvegezés hőátbocsátási tényezője [ $W/m^2 \cdot K$ ], (EN ISO 10077 szerint)

$A_f$  - a tok és szárnykeret vetületi felülete [ $m^2$ ]

$U_f$  - a tok és szárnykeret átlagos hőátbocsátási tényezője [ $W/m^2 \cdot K$ ], (EN ISO 10077 szerint)

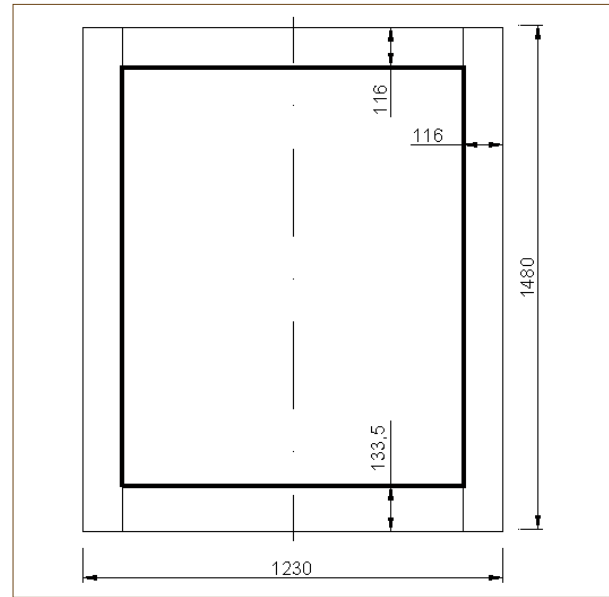
$l_g$  - az üvegezett keretkitöltés szegélyének hossza [ $m$ ]

$\psi_g$  - az üvegezett keretkitöltés vonalmenti hőátbocsátási tényezője [ $W/m \cdot K$ ], (EN ISO 10077 szerint)

Miután a szabványban rögzített módon az [1] összefüggéssel elvégeztük a hőátbocsátási tényező számítását, a gyártó által megadott  $U_g' = 1,1 W/m^2 \cdot K$  értékkel megismételtük a lépéseket. A kapott eredményt  $U_w'$ -vel jelöltük:

$$U_w = \frac{1,2280 \cdot 1,2 + 0,5924 \cdot 1,8 + 4,457 \cdot 0,06}{1,2280 + 0,5924} = 1,54$$

$$U_w' = \frac{1,2280 \cdot 1,1 + 0,5924 \cdot 1,8 + 4,457 \cdot 0,06}{1,2280 + 0,5924} = 1,47$$



**1. ábra** A vonalmenti hőhidszakaszok az EN ISO 10077-1 szabvány szerint

**Figure 1** One-dimensional thermal bridges according to the EN ISO 10077-1 standard

Az EN ISO 10077-es szabvány szerinti számítási mód a sarkok környezetében a 2. ábrán sraffozással jelölt helyeken megváltozó hő-átszármaztatási feltételeket (pontszerű hőhíd, két irányból fellépő zavarhatás) nem veszi figyelembe. Ennek kompenzálására, a szabványtól eltérően a vonalmenti hőhíd hosszát nem a szárny belső felülete mentén, hanem az ablak tok-külméretével határoztuk meg. Ennek eredményeként a szabvány alapján meghatározott hőátbocsátási tényező  $U_w = 1,57 W/m^2 \cdot K$ -re, míg a gyártó által megadott üvegezéssel számolt érték  $U_w' = 1,51 W/m^2 \cdot K$ -re módosult.

Második módszerként az ablak hőtechnikai vizsgálatát a Therm végeelem-alapú szoftverrel és az ehhez kapcsolható Window programmal végeztük. A modell helyes felvételéhez az eredeti profilon egyszerűsítéseket alkalmaztunk. AutoCad segítségével elkészítettük a kívánt metszeteket, melyeket a Therm programban alátétfoliaként hasznosítottunk. A 3. ábrán bekeretezett részen a tok és szárny külső oldalán kialakuló nem szellőzött légüreg látható, melyet az EN ISO 10077-2:2004 szerint két részre bontva vizsgáltunk. A 3. ábrán jelölt módon elkülönített üregek egyenértékű hővezetési értékeit az alábbi összefüggésekkel határoztuk meg:

$$\lambda_{eq} = \frac{d}{R_s} \quad [2]$$

$$R_s = \frac{1}{h_a + h_r} \quad [3]$$

$$h_a = \max \left\{ \frac{C_1}{d}; C_3 \right\} \quad [4]$$

$$h_r = C_4 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{d}{b} \right)^2} - \frac{d}{b} \right) \quad [5]$$

ahol:

$\lambda_{eq}$  - egyenértékű hővezetési tényező

$d$  - az üreg mérete a hőterjedés irányában

$R_s$  - a légréteg egyenértékű hővezetési ellenállása

$h_a$  - konvektív hőátadási tényező

$h_r$  - sugárzásos hőátadási tényező

$C_1$  - együtttható (EN ISO 10077-2 szerint 0,025 W/m<sup>2</sup>·K)

$C_3$  - együtttható (EN ISO 10077-2 szerint 1,57 W/m<sup>2</sup>·K)

$C_4$  - együtttható (EN ISO 10077-2 szerint 2,11 W/m<sup>2</sup>·K)

$b$  - az üreg mérete a hő terjedésére merőlegesen

A 3. ábrán 1-gyel jelölt üreg esetében a következő eredményeket kaptuk:

$$h_a = 1,57 \text{ W/m}^2\text{·K}$$

$$h_r = C_4 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{d}{b} \right)^2} - \frac{d}{b} \right) =$$

$$= 2,11 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{0,025}{0,01} \right)^2} - \frac{0,025}{0,01} \right) = 2,52 \text{ W/m}^2\text{·K}$$

$$R_s = \frac{1}{h_a + h_r} = \frac{1}{1,57 + 2,52} = 0,244 \text{ m}^2\text{·K/W}$$

$$\lambda_{eq} = \frac{d}{R_s} = \frac{0,025}{0,244} = 0,102 \text{ W/m·K}$$

A 2-vel jelölt üregnél az alábbi értékek adódtak:

$$h_a = \frac{C_1}{d} = \frac{0,025}{0,0005} = 50$$

$$h_r = C_4 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{d}{b} \right)^2} - \frac{d}{b} \right) =$$

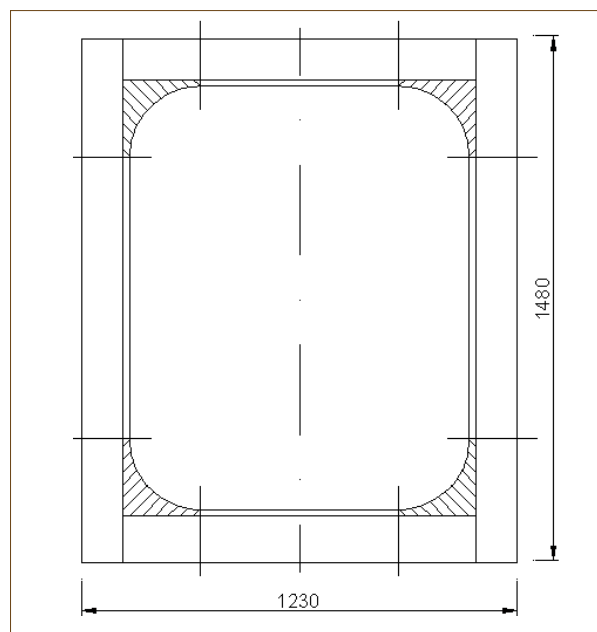
$$= 2,11 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{0,0005}{0,012} \right)^2} - \frac{0,0005}{0,012} \right) = 4,134 \text{ W/m}^2\text{·K}$$

$$R_s = \frac{1}{h_a + h_r} = \frac{1}{50 + 4,134} = 0,018 \text{ m}^2\text{·K/W}$$

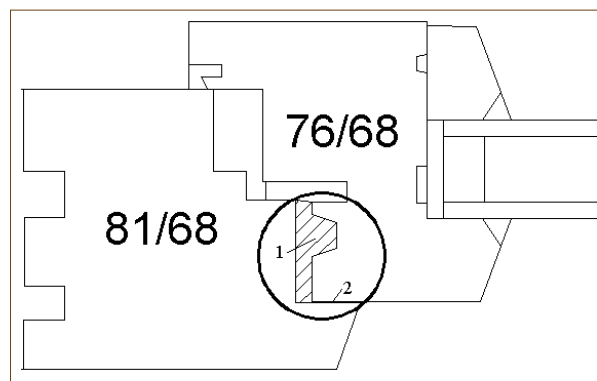
$$\lambda_{eq} = \frac{d}{R_s} = \frac{0,0005}{0,01847} = 0,027 \text{ W/m·K}$$

Az egyes anyagtulajdonságok definiálása után a modellbe beillesztettük a Window programmal elkészített kétrétegű üvegezésű rendszerünk függőleges szimmetriasíkkal elvágott felét. Az ablak külső és

belső oldalán uralkodó peremfeltételek beállítását követően (lásd 1. táblázat) elvégeztük a számítást. Az



**2. ábra** Feltételezett hőáram zavarok a sarkok környezetében  
**Figure 2** Supposed convection disorder around the corners



**3. ábra** A tok és szárny külső oldalán kialakuló nem szellőzött légüreg szétválasztása két részre

**Figure 3** Disassociation of the non-ventilated area created by the case and the frame

**1. táblázat** Peremfeltételek az EN ISO 10077:1 és EN ISO 10077:2 szerint

**Table 1** Boundary conditions according to the standards EN ISO 10077:1 and EN ISO 10077:2 ( $\Theta_i$  internal temperature,  $\Theta_e$  external temperature,  $R_{si}$  internal heat transfer resistance,  $R_{se}$  external heat transfer resistance,  $\psi_g$  one-dimensional thermal bridge loss coefficient)

Belső léghőmérséklet: $\Theta_i$	20°C
Külső léghőmérséklet: $\Theta_e$	0°C
Belső hőátadási ellenállás: ( $R_{si}$ )	0,13 m <sup>2</sup> ·K/W
Külső hőátadási ellenállás: ( $R_{se}$ )	0,04 m <sup>2</sup> ·K/W
Vonalmenti hőhídvesztési tényező: ( $\psi_g$ )	0,06 W/m·K

ablakprofil különböző rétegeiben kialakuló hőmérsékletek a 4. ábrán látható izotermák szerint változnak. A felvett modellre a Therm program alapján az átlagos hőátbocsátási tényező  $U_T=1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  nagyságú. Ennél a vizsgálati módszernél felmerül az a probléma, hogy a kapott átlagos hőátbocsátási tényező csak végtelen magasságú ablakra lenne érvényes, azaz sem az alsó és felső vízszintes elemek menti viszonyokat, sem a sarkok környezetében kialakuló zavarokat nem tartalmazza. Ezért a szoftver által számított  $U_T$  értéket az ablak eredő hőátbocsátási tényezőjének meghatározásához úgy használtuk fel, hogy az üvegtábla felületére számítható egydimenziós hőáramokat a modell teljes hőátbocsátásából leválasztottuk. Más szóval az 1 m magas keret- és üvegezéssávra számított [6] összefüggésből az  $U_{T,f+g}$  értéket fejeztük ki.

$$U_T = \frac{A_f \cdot U_{T,f+g} + A_g \cdot U_{gw}}{A_f + A_g} \quad [6]$$

ahol:

$U_T$  - a Therm programmal számított átlagos hőátbocsátási tényező [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$A_f$  - a tok és szárnykeret vetületi felülete [ $\text{m}^2$ ]

$U_{T,f+g}$  - az üvegezésen keresztüli egydimenziós hőárammal csökkentett hőátbocsátási tényező [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$A_g$  - az üvegezett felület nagysága [ $\text{m}^2$ ]

$U_{gw}$  - az üvegezés Window programmal számolt hőátbocsátási tényezője [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

A [6]-os összefüggés szerint, az üvegezésen keresztüli egydimenziós hőárammal csökkentett hőátbocsátási tényező értéke:

$$U_{T,f+g} = \frac{U_T \cdot (A_f + A_g) - A_g \cdot U_{gw}}{A_f} =$$

$$= \frac{1,30 \cdot (0,116 + 0,500) - 0,500 \cdot 1,1}{0,116} = 2,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Az  $U_{T,f+g}$  értékét a tok és keret hőátbocsátási tényezőjeként ( $U_f$ ) felhasználva, az ablak átlagos hőátbocsátási tényezőjét az ISO 10077-1 szabványnak megfelelően az [1] összefüggésből az alábbi módon számíthatjuk:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f} =$$

$$= \frac{1,2280 \cdot 1,1 + 0,5924 \cdot 2,16}{1,2280 + 0,5924} = 1,44 \text{ W/m}^2\text{K}$$

(Ennél a számításnál az üveg távtartó hatása az üvegezésen keresztüli egydimenziós hőárammal csökkentett hőátbocsátási tényező értékében már figyelembe lett véve.)

További pontosításként az ablak átlagos hőátbocsátási tényezőjét a sarkokon fellépő zavarok kompenzálására a tok- és keretdarabok átlapoltsági tényezőivel számítjuk (5. ábra).

$$U_{w,T.ál.} = \frac{A_g \cdot U_{gw} + U_f \cdot [2 \cdot (x \cdot a) + x \cdot b + y \cdot b]}{a \cdot b} \quad [7]$$

ahol:

$A_g$  - az üvegezett felület nagysága [ $\text{m}^2$ ]

$U_{gw}$  - az üvegezés Window programmal számolt hőátbocsátási tényezője [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

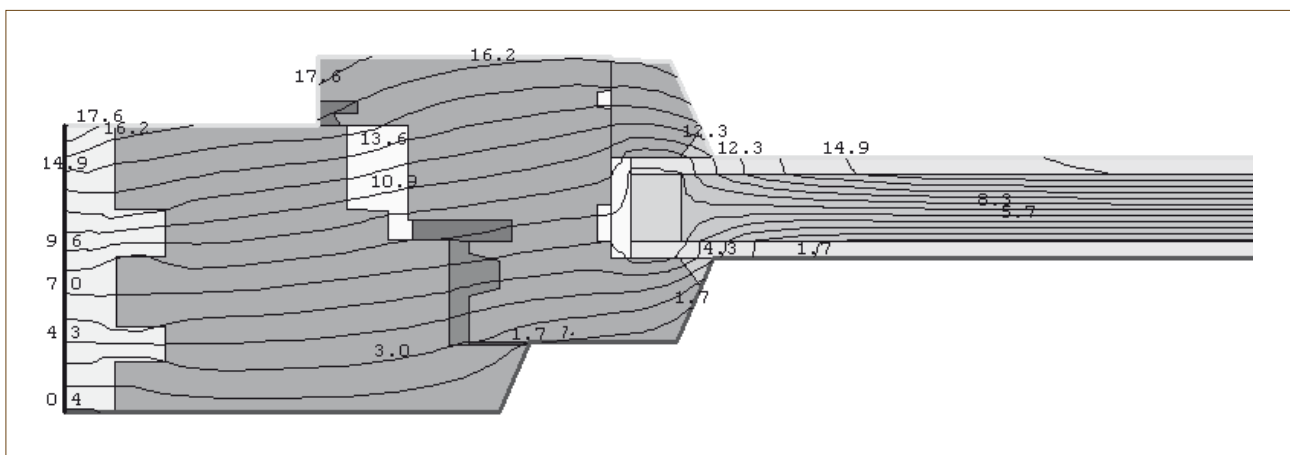
$U_{w,T.ál.}$  - az ablak átlagos hőátbocsátási tényezője [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$a$  - az ablak magassági mérete [ $\text{m}$ ]

$b$  - az ablak szélességi mérete [ $\text{m}$ ]

$x$  - a tok és szárny vízszintes, illetve felső függőleges vetületi mérete [ $\text{m}$ ]

$y$  - a tok és szárny alsó függőleges vetületi mérete [ $\text{m}$ ]



**4. ábra** Az ablakprofilnál kialakuló izotermák (az értékek °C-ban értendőek)

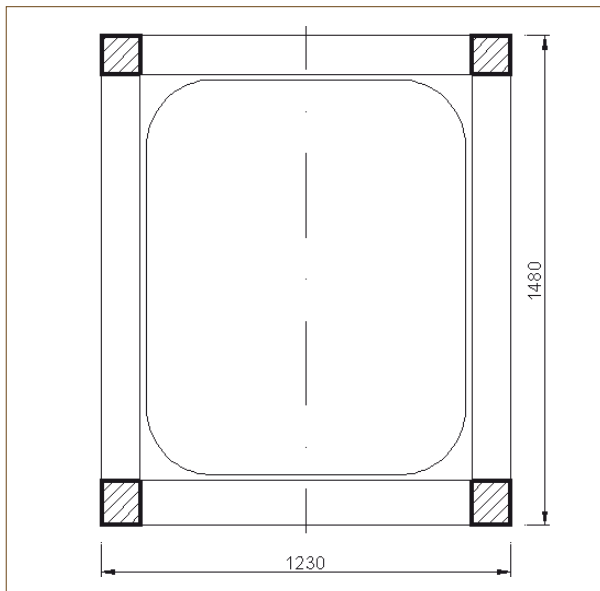
**Figure 4** Isotherms of a window structure (values in °C)



A [7]-es összefüggés alapján az ablak átlagos hőátbocsátási tényezője:

$$U_{T. \text{átl.}} = \frac{1,2280 \cdot 1,1}{1,23 \cdot 1,48} + \frac{2,16 \cdot [2 \cdot (0,116 \cdot 1,48) + 0,116 \cdot 1,23 + 0,1335 \cdot 1,23]}{1,23 \cdot 1,48}$$

$$U_{T. \text{átl.}} = 1,51 \text{ W/m}^2\text{K}$$



**5. ábra** A többdimenziós hőáramokat generáló tok és keret egyenértékű hőátbocsátási tényezőjével kétszeresen figyelembe vett területek, a sarokmenti hatások kompenzálására

**Figure 5** Compensation of the effects around the corners. Denoted areas with heat permeability coefficient of the three-dimensional convection generated by the case and the frame were taken into account twice

**2. táblázat** A számítások eredményeinek összefoglalása

**Table 2** Calculated results

Számítási módszer:	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]
EN ISO 10077-1 alapján	1,54
EN ISO 10077-1 alapján, sarokhatással	1,57
EN ISO 10077-1 alapján, az üvegezés gyártói értékével	1,47
EN ISO 10077-1 alapján, az üvegezés gyártói értékével, sarokhatással	1,51
<i>Therm</i> és <i>Window</i> értékeivel, EN ISO 10077-1 alapján	1,44
<i>Therm</i> és <i>Window</i> értékeivel, EN ISO 10077-1 alapján, sarokhatás kétszeres kompenzálásával	1,51

Tájékoztató:	
<i>Therm</i> és <i>Window</i> alapján, a 4. ábrán látható modellel	1,30
<i>Therm</i> és <i>Window</i> alapján, a 4. ábrán látható modellel, az üvegezésre számítható egydimenziós hőáramok leválasztása után	2,16

### Eredmények és értékelés

A vizsgálatok eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze. A két módszert összehasonlítva a várt eredményt kaptuk: a 10077-1 szabvány alapján felvett/számított jellemzőkkel meghatározott hőátbocsátási érték lett a nagyobb. Ez elsősorban a számításokba épített biztonságból következik. Az eltérést megvizsgálva megállapítható, hogy a hőáramok többdimenziós jellegét is figyelembe vevő végeeselemes szoftver mintegy 5%-kal kisebb értéket számított, (1,51 W/m<sup>2</sup>K értékkel szemben 1,44 W/m<sup>2</sup>K), ami a mérnöki gyakorlatban már nem elhanyagolható. Ilyen eltérés befolyásolhatja az adott nyílászáró minősítését, besorolását is. Mindkét esetben javaslatot tettünk az eredmények pontosabb meghatározására, ami elsősorban az üvegezés sarkainál kialakuló fokozott, nagyobb kiterjedésű kétdimenziós hőáram hatás (hőhídhatás) kompenzálására irányult. Az alkalmazott pontosítások jelentős eltéréseket nem eredményeztek. A pontosítás megfelelő módját laboratóriumi mérések igazolhatják.

Általánosságban elmondható, hogy a fa profilú nyílászárók kétrétegű üvegezéssel, alumínium távtartóval, Low-E bevonattal és argon gázöltéssel a nyílászárókra vonatkozó jelenleg érvényben lévő felső határértéket ( $U=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) teljesíteni tudják.

### Összefoglalás

Cikkünkben kétféleképpen határoztuk meg egy Magyarországon szokványos 68 mm-es profilvastagságú kettős üvegezésű fa nyílászáró

hőátbocsátási tényezőjét. Mindkét esetben javaslatot tettünk az eredmények pontosabb meghatározására, ezek azonban jelentős eltéréseket nem okoztak. A modellalkotásnál a jobb hőszigetelés érdekében a két üvegréteg közötti tér kitöltésére a levegőnél ideálisabb argon gáztöltést vettünk figyelembe. Az ablak sarkainak környezetében kialakuló többdimenziós hővesztéséget nemesacél üvegtávtartó alkalmazásával mérsékeljük. Megjegyzendő, hogy ez háromrétegű üvegszerkezettel szinte nullára csökkenthető. Megállapítottuk, hogy a Therm 5.0 végeselem program alkalmazásával az EN ISO 10077-1:2000 szabvány szerint számítható értékhez képest csekély mértékben (esetünkben 5%-kal) kisebb hőátbocsátási érték adódik. Ez megfelel annak a tendenciának, ami az EN ISO 10077 szabvány 1. és 2. része szerinti számítási eredmények közt fennáll (Kovács 2008).

#### Irodalomjegyzék

- 7/2006. (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. in: Magyar Közlöny 2006/62. Magyar Hivatalos Közlönykiadó, Budapest, 2006
- Albert J (1962) A hőszigetelés kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Bálint P (2007) Hol tart az épületenergetikai szabályozás? in: Magyar Építéstechnika, Az Építési Vállalkozók Országos Szövetségének lapja XLV/2-3 – 2007/2-3
- EN ISO 10077-1:2000: Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: Simplified method
- EN ISO 10077-2:2004: Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 2: Numerical method for frames
- Fekete I (1985) Épületfizika kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Fisch K (2003) Energiatakarékos ház és lakás. Cser Kiadó, Budapest
- Gábor L, Zöld A (1981) Energiagazdálkodás az építészetben. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Hantos Z (2008) Fa bordaváz, könnyűszerkezetes építési rendszer hő-és páratechnikai optimalizálása. NymE, Sopron
- Hantos Z, Karácsonyi Zs (2007) Fa bordaváz épületek hőátbocsátási tényező számítása I. Faipar LV/1-2 – 2007/1-2
- Hantos Z, Karácsonyi Zs (2008) Fa bordaváz épületek hőátbocsátási tényező számítása II. Faipar LVI/1-2 – 2008/1-2
- Kovács Zs (2000) Épületfizikai alapfogalmak és követelmények. in: Mérnöki faszervezetek I. Szerk.: Dr. Wittmann Gyula, Mezőgazdasági szaktudás Kiadó, Budapest. pp.160-197
- Kovács Zs (2002) Ajtók, ablakok épületfizikai és szilárdsági jellemzői. In: Faipari Kézikönyv II. (szerkesztette Dr. Molnár Posch Paula) Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron. pp. 271-290
- Kovács Zs (2003) A nyílászárók épületfizikai és szilárdsági jellemzőiről. Magyar Építéstechnika, Az Építési Vállalkozók Országos Szövetségének lapja 2003/11-12
- Kovács Zs (2008) ECWINS project Deliverable 4.1. Ftp://ftp.bouw.tno.nl/
- Pásztory Z (2007) Hőszigetelés fejlesztési lehetőségek könnyűszerkezetes faházak számára NymE, Sopron
- Prohászka R (2007) Az épületenergetika helyzete hazánkban. in: Magyar Építéstechnika, Az Építési Vállalkozók Országos Szövetségének lapja XLV/6 – 2007/6
- Reis F, Várfalvi J, Zöld A (2002) Az épületfizika alapjai. Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Sólyomi P (2005) Hőátbocsátás. in: Magyar Építéstechnika, Az Építési Vállalkozók Országos Szövetségének lapja XLIII/7-8 – 2005/7-8
- Széll M (2001) Transzparens épületszerkezetek. Szerényi és Gázsó Bt., Pécs
- Thomas K (2006) Az energiatakarékos építkezés kézikönyve. Z-Press Kiadó Kft, Miskolc
- Zöld A (1999) Energiatudatos építészet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- WINDOW 6 / THERM 6, 2006. Research Version User Manual For Analyzing Window Thermal Performance, Windows & Daylighting Group, Building Technologies Program, Environmental Energy Technologies Department Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley, CA 94720 USA