

## Hőszigetelés fokozása könnyűszerkezetekben: Tükörpanel

Pásztory Zoltán<sup>♦</sup>

Napjaink egyik fontos kutatási irányzata az energiahatékonyság növelése, melynek egyik területe a hőszigetelések hatékonyságának javítása. A kutatás keretében alacsony felületi emissziós tényezőjű fóliák segítségével jelentős szigetelő hatású panelek készültek. A párhuzamosan kifeszített fóliákkal sikerült megközelíteni a nyugvó levegő szigetelő képességét, melynél jobb szigetelő képesség csak a levegő eltávolítása vagy más gázra való cseréje útján válik lehetségessé.

**Kulcsszavak:** Hőszigetelés, Hősugárzás, Hővezetés, Konvekció,

### Enhancing the heat insulation in light frame construction: The Mirror panel

Nowadays research related to energy efficiency is getting more and more attention. The development of heat insulation systems is one possible way to increase energy efficiency. In through which the present research insulation panels have been prepared by using low emission screens, the insulation value of still air have been approached. Better insulation can be achieved by removing air from wall cavities or substituting it with a different gas of lower thermal conductivity.

**Keywords:** Heat insulation, Heat radiation, Heat transfer, Convection,

#### *Bevezetés*

Az elmúlt néhány évtized jelentős változásokat hozott a házépítés technikájában az elmúlt évszázadokhoz képest. Előtérbe került a gazdaságosság kérdése, mind az építés, mind az üzemeltetés terén. A világ energiafogyasztásának 45%-át teszi ki az épületek üzemeltetése, míg a felépítésük csak 5%-át (Zöld 1999). Ennek a ténynek a figyelembe vétele megnyilvánul az Európai Unióban hozott, 2002/91 EK irányelvek bevezetésében is. Az új, háromszintű energetikai szabályozás Magyarországon is szigorúbb feltételeket állít az épületek számára, mint a korábbi szabályozások (Zöld 2005).

Nemcsak az előírások, hanem az üzemeltető jól felfogott érdeke is az, hogy a megdrágult energiahordozókból minél kevesebbet használjon fel fűtési és hűtési célra. Kézenfekvő megoldást kínál az épületek hőszigetelésének javítása. Ez érinti az épület külső határoló szerkezeteinek összességét; az ajtókat, ablakokat, a falszerkezetet, és a födém szerkezeti kapcsolataival együtt. A dolgozat keretében nincs mód mindezeket az elemeket számba venni.

A kutató munka célja az volt, hogy a jelenleg általánosan használt szigetelőanyagoknál – ideértve az üveg- és ásványgyapot, valamint a polisztirol hab típusúakat – jobb szigetelő képességű szerkezetek készüljenek. A szálas és habosított szigetelő anyagok a levegő szigetelő képességét használják ki úgy, hogy apró légbuborékokat zárnak a szálaik és cellaik közé, ezáltal megakadályozva a levegő mozgását. A levegő hővezetési tényezője 10°C-on 0,025 W/mK, az említett szigetelő anyagok szigetelő képessége 0,04 W/mK körül mozog testsűrűségtől és gyártmány típustól függően, vagyis a szigetelő anyagok 60%-kal rosszabb szigetelőképeséget tudnak elérni, mint maga a levegő. Az eltérés okai a szigetelő termékekbe beépített anyag, az üvegszál, közetszálak és a polisztirol által okozott hőhidak. A kérdés az, hogy lehetséges-e olyan szigetelő rendszert összeállítani, ami a levegő szigetelő képességét jobban megközelíti, mint a tömegesen alkalmazott szigetelő anyagok.

<sup>♦</sup> Dr. Pásztory Zoltán PhD., NyME ERFARET

### A hő terjedési módjai

A hő három módon terjedhet egyik helyről a másikra:

- Hővezetéssel; a molekulák ütközéseik során rezgési energiájukat adják át egymásnak.
- Konvekcióval; gáz és folyadék részecskék kollektív elmozdulásuk során viszik magukkal belső energiájukat.
- Sugárzással; a hőenergia elektromágneses hullám formájában terjed, anyag közreműködése nélkül.

A levegőt is tartalmazó szigetelő rendszereknél a hőterjedés mindhárom formája fellép, mert a levegő jelenléte már magában hordozza a molekulák hőmozgása következtében létrejövő hőtranszportot. A konvekciót és a sugárzásos terjedési módokat viszont a lehető legnagyobb mértékben gátolni kellene. Elméletileg, ha a két utóbbi terjedési módot ki tudnánk iktatni, akkor elérnénk a nyugvó levegő hővezetési értékét.

A konvekció lejátszódása során fellépő folyamatok rendkívül bonyolultak és összetettek, ezért a szabad áramlással együtt járó hőcsere mechanizmusára és törvényszerűségére vonatkozó ismeretek kísérleteken alapulnak. A kísérletek során olyan hasonlósági kritériumokat állítottak fel, amelyek segítségével a gyakorlatban előforduló esetek is számíthatóvá váltak. A számítás egyszerűsítése érdekében bevezették a  $\lambda_e$  (W/mK) egyenértékű hővezetési tényezőt, ez a tényező jellemzi a két felület közötti hőáramot. Ha ezt az egyenértékű hővezetési tényezőt elosztjuk a közeg valóságos hővezetési tényezőjével, akkor egy olyan viszonyszámot kapunk, amely megmutatja, hogy a légáramlás hatására bekövetkező hőáram hányszorosa a nyugvó levegőének:

$$\frac{\lambda_e}{\lambda} = e \quad [1]$$

Az  $e$  az áramlás tényezője (dimenzió nélküli szám). Nagyszámú kísérlet eredményének az összevetése alapján kirajzolódott, hogy  $e$  meghatározható a Prandtl és a Grashof kritériumok függvényeként:

$$e = f(G_r * P_r)^n \quad [2]$$

A tapasztalatok szerint ha a  $G_r * P_r$  szorzat értéke 1000 alatt van, akkor az  $e$  értéke 1-nek vehető (Mihaljev 1990).

A sugárzási energiaáramot leíró összefüggés:

$$Q = \varepsilon_n C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad [3]$$

ahol:

$C_0$  – az abszolút fekete test emisszió tényezője ( $5,669 * 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K).

$T_1, T_2$  – a két sugárzó test hőmérséklete (K);

$\varepsilon_n$  – viszonyszám, amely megmutatja, hogy az adott test emissziós tényezője hányad része az abszolút fekete testének (relatív emissziós tényező).

Látható, hogy a felületeknek csupán két tulajdonsága befolyásolja a sugárzásos hőáramot: a hőmérséklet és az anyag felületi emissziós tényezője. Minél kisebb  $\varepsilon$  értéke, a felület annál nagyobb részarányban veri vissza az elektromágneses sugarakat. Néhány anyag  $\varepsilon$  tényezőjét mutatja az **1. táblázat** alacsony (0-20 °C) hőmérsékleti tartományban (Imrik 1981).

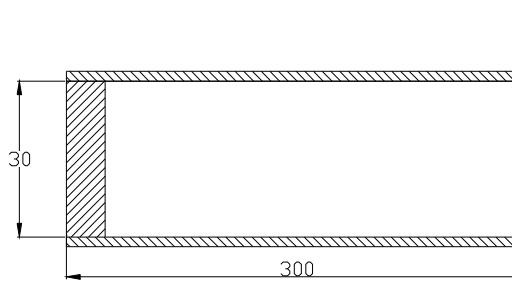
### Anyagok és módszer

A konvekciós és sugárzásos elméletek figyelembevételével kísérletsorozatot terveztünk meg fa szerkezetű szigetelő pannellel. A mérési sorozatban azt vizsgáltuk, hogy a panelszerkezeten belül alkalmazott alacsony felületi emissziójú rétegek milyen mértékben befolyásolják a panelon átáramló hőmennyiséget. A panel mérete 300\*300 mm, vastagsága 37,5-38,9 mm, a panel belsejében a légrés vastagság 30 mm. A panel metszetét az **1. ábra** mutatja.

A panel tervezéskor az esetleges későbbi alkalmazásban szóba jöhető anyagokat vettük figyelembe. A lemezelt keretszerkezet borító elemei 3 rétegű, 4 mm vastagságú bükk rétegelt lemezből készültek, a lapok között a távolságot a lemezek szélein elhelyezett lucfenyő keretelemek biztosították. A keretelemek 15 mm szélességűek és 285 mm hosszúságúak voltak.

**1. táblázat** – Néhány anyag felületi emissziós tényezője

Anyag	Emissziós tényező $\epsilon$
Alumínium (fényes)	0,055
Ón (fényes)	0,043-0,064
Víz	0,95-0,96
Tölgyfa (gyalult)	0,895
Lakk (fekete, matt)	0,96-0,98
Lakk (fehér)	0,80-0,95



**1. ábra** – A kiinduló panel metszete

A mérések a szabványoknak megfelelően az Építésügyi Minőségellenőrző Intézet (ÉMI) Épületszerkezeti Tudományos Osztályának Épületszerkezeti és Épületfizikai Szakági Laboratóriumában történtek. A méréseket Holometrix Rk80 Rapid-k típusú hőárammérő és Holzbau Holten típusú hővezetési tényező mérő berendezésen végeztük. Mivel a próbatestek nem homogén szerkezetek, a mérés során a teljes próbatestre egy egyenértékű hővezetési tényező adódik. A fedőlapok hővezetési tényezőjének ismeretében kiszámítható a keret belsejének egyenértékű hővezetési tényezője. Eredményként ezt a belső egyenértékű hővezetési tényezőt adjuk meg. Ez az érték az első panelra 0,1475 W/mK. A kísérlet során a panelek kitöltésében – a fóliák számában és a légrések vastagságában – történtek változtatások, annak érdekében, hogy a módosítások hatása megállapítható legyen.

A második lépésben a panel borítólemezek belső felületet alufóliával kasírozva, minden más paraméter az előző panelével azonos maradt. Az eredmény meglepő, az előzőhöz képest mert  $\lambda_e = 0,06868$  W/mK adódott. A két fóliaréteg az előző esethez viszonyítva kevesebb, mint felére csökkentette

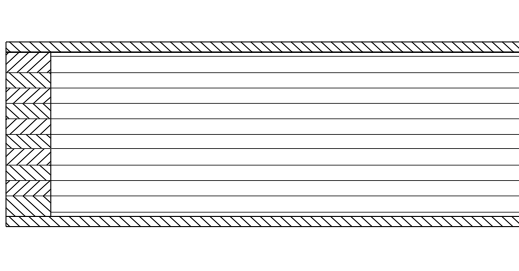
az egyenértékű hővezetési tényezőt. A változás a sugárzásos hőáram jelentőségét igazolja, mert a hőáram csökkenés teljes egészében a sugárzásos hőáram rovására történt. Biztos tehát, hogy kezdeti állapotban a teljes hőáram több, mint fele sugárzással jutott át a másik oldalra.

Harmadik lépésként egy pótlólagosan kifeszített alumínium fólia osztotta ketté a meglévő 30 mm-es légrést. A szigetelő képesség tovább javult, az eredmény  $\lambda_e = 0,04761$  W/mK. A fellépő sugárzást a beépített fóliával tovább sikerült csökkenteni, de ezen túl a 15 mm-es légrésemben a konvekció kialakulási valószínűsége is lényegesen alacsonyabb, mint a 30 mm esetében, tehát a konvekció mérséklődése révén is csökkent a hőáram sűrűség.

A következő fázisban a meglévő légrétegeket is tovább feleztük, szintén kifeszített alumínium fóliák segítségével, miközben a befoglaló panel változatlan maradt, csupán a kifeszített fóliák száma 1-ről 3-ra emelkedett. A 7,5 mm-es légrések esetén kapott eredménnyel sikerült a 0,04 W/mK-es érték alá menni, még hozzá ( $\lambda_e = 0,03142$  W/mK) nem is elhanyagolható mértékben. Ezzel a kitűzött célt részben elértük.

Az ötödik fázisban 5 mm-es légréseket lettek kialakítva, ehhez öt kifeszített fóliára volt szükség. A lecsökkentett légrések és a további két ernyő beépítése csekély mértékben változtatta az eredményt:  $\lambda_e = 0,02916$  W/mK. Az előzőhöz viszonyítva alig 10%-kal csökkent a hőáram, viszont még jobban sikerült megközelíteni a nyugvó levegő szigetelő képességét.

A kísérletsorozat utolsó lépésében a légréseket 3 mm-re csökkentettük, 9 beépített fólia segítségével (**2. ábra**). A hőáram a panelon keresztül továbbra is csökkent de csak 4,7%-kal. Az eredmény  $\lambda_e = 0,02778$  W/mK. Megállapítható, hogy a szerkezettel sikerült 11%-os eltéréssel megközelíteni a levegő 10 °C-on mért hővezetési tényezőjét. Ennél sűrűbb fóliaosztást a vizsgálati térrészben csak jóval magasabb technikai felkészültséggel lehetne megvalósítani, ami a szerkezet előállítási árát is növeli.



2. ábra – 9 fóliás panel, légrések vastagsága 3 mm

### A kísérletsorozat értékelése

A kísérleteket két cél vezérelte:

- megismerni a szigetelő panelban elhelyezett alacsony emissziójú rétegek száma és a köztes légrétegek hatását a hőátbocsátásra,
- a panel egyenértékű hővezetési tényezője minél jobban megközelítse a levegőét.

A kísérletek eredményeit a 3. ábra grafikonja szemlélteti. A kísérletsorozat próbatestjei látványosan szemléltetik a sugárzásos hőáram jelenlétét és jelentőségét. A 3, 5 és 9 fóliás próbatestek azt mutatják, hogy ha a sugárzásos hőátvitel jelentős részét kiküszöböltük, a további ernyőknek már kisebb-esekelelyebb hatása van. A konvekcióra bemutatott hasonlósági összefüggések és a mérések során alkalmazott alacsony hőmérsékletkülönbségek alapján feltehető, hogy a légkörzésből származó hőátzármaztatás már az egyfóliás próbatestnél is csökkent. A további fóliák beépítése még tovább csökkenti a konvekciós hatást. Ezekből azt feltételezhetjük, hogy a konvekcióból származó hővezetés a 3, 5 és 9 fóliás esetekben is alacsony, értéke egyre jobban megközelíti a zérust.

A hővezetéssel nem áll fenn ez a kedvező eset, mert amíg a tér két szemben lévő felülete között hőmérsékletkülönbség van és a térben levegőmolekulák vannak jelen, addig a hőmozgás következtében a levegő adott hőmérsékleti tartományhoz tartozó hővezető hatása is érvényesül. A 3 mm-es tükörpanellel jelentősen jobb hőszigetelő hatás érhető el, mint a szokványos hőszigetelő anyagokkal. A hőszigetelő hatásban mutatott javulás 30,55%. Ez azt is jelenti, hogy ilyen rendszer alkalmazása esetén



3. ábra – Tükörpanel kísérletsorozat eredményei

a falszigetelés vastagsága egyharmaddal vékonyabb is lehet ugyanazon U-érték mellett.

Egy 10 cm-es szigetelő rétegben a 0,04 W/mK hővezetési tényezőjű ásványgyapattal elérhető hővezetési ellenállás:

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{ m}^2 \text{K/W} \quad [4]$$

ahol:

- $\delta$  – a réteg vastagsága méterben,
- $\lambda$  – az anyag (egyenértékű) hővezetési tényezője.

A tükörpanel esetében ugyanez az érték:

$$\frac{0,1}{0,02778} = 3,599 \text{ m}^2 \text{K/W} \quad [5]$$

A tükörpanellel elérhető javulás 43,9% az ásványgyapot értékéhez képest.

Azt is figyelembe kell venni, hogy mindeközben kevesebb anyagot építettünk be az épületbe. A tükörpanel további előnye az ásványgyapattal szemben, hogy ha megfelelő a rögzítés, akkor nem tömörödik össze évek alatt, és nem lesz a felső sávban légréteg. Feltehetően nem fognak rovarok beköltözni, mint az esetenként az ásványgyapattal megtörténik. Számos további kérdés is felvetődik a használati lehetőségeket illetően, például, hogy mennyire időtálló a szerkezet, és milyen problémákat jelent párazárás tulajdonsága. Ezekre a kérdésekre a választ csak további vizsgálatok és kutatások tudják megadni, a termékfejlesztési fázisban.

### **Irodalomjegyzék**

1. Albert J. 1962. *A hőszigetelés kézikönyve*. Műszaki könyvkiadó, Budapest.
2. Beke J. 2000. *Műszaki hőtan mérnököknek*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
3. Budó Á. 1986. *Kísérleti fizika*. Tankönyvkiadó, Budapest.
4. Eichler, F. 1975. *Épületfizikai tervezés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
Építéstudományi Intézet 1982.
5. *Épületek fokozott hőszigetelésű kialakítása*. Budapest.
6. Fekete I. (szerk.) 1985. *Épületfizika kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
7. Fülöp Z. 1969. *Hőtechnikai alaptermékek*. Tankönyvkiadó, Budapest.
8. Gábor L., Zöld A. 1981. *Energiagazdálkodás az építészetben*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
9. Gereben Z. 1981. *Épületfizika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
10. Imrik Z. 1981. *Transzportfolyamatok*. Egyetemi jegyzet, Sopron.
11. M. A. Mihaljev 1990. *A hőátadás gyakorlati számításának alapjai*. Tankönyvkiadó, Budapest.
12. Neufert, E. 1999. *Építés és tervezéstan*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs.
13. Várfalvi J., Zöld A. 1986. *Határoló szerkezetek hőtechnikai méretezése*. Budapest.
14. Várfalvi J., Zöld A., Reis F. 2002. *Az épületfizika alapjai*. Műegyetemi kiadó, Budapest
15. Zöld A. 1999. *Energiatudatos építészet*. Műszaki könyvkiadó, Budapest.
16. Zöld A. 2005. *Az új épületenergetikai szabályozás*. Bausoft Pécsvárad Kft.