

A nedvesség hatása az épületszerkezetek hőtároló képességére

Kovács Tamara¹ – Dr. Lakatos Ákos PhD²

Kivonat

A hőszigetelés feladatai közé tartozik elsősorban az épületben megtermelt vagy az odajuttatott hőmennyiség megtartása, a hőleadás csökkentése és az épületre kívülről érkező hőhatások távoltartása. A követelmények teljesítése érdekében az épületek hőszigetelése új építésnél és rekonstrukciókor is gyakorlatilag elengedhetetlen. Az Európai Unió 2020-as irányelve, a közel-zéró energiaigényű épületek, illetve a passzív házak iránti igény, továbbá a változó és egyre szigorúbb követelményértékek következtében a szerkezetek hőátbocsátási tényezője a kevésbé hatékony hőszigetelő-képességű (például a habüveg, amelynél $\lambda = 0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) anyagok hővezetési tényezőjének nagyságrendjébe esik (például: $U_{\text{passzívház}} = 0,10 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$). Tudva, hogy az építőanyagok nedvességtartalma nem csupán a hővezetési tényezőjüket, de hőtároló képességüket is befolyásolja, ezért kifejezetten fontos a szigetelőanyagok nedvességfelvételének (szorpciójának) a vizsgálata. Ebben a cikkben az anyagok hőtároló képességének nedvesség hatására történő változását vizsgáljuk.

Kulcsszavak: hőszigetelés, nedvesség hatása a szigetelőanyagokra

Abstract

The thermal insulating of the buildings is so important from the point of view of reducing the heat losses, and to prevent the building envelope from the outer effects. The 2020 directive of the European Union predicts very low U-values for the low-energy, or nearly passive houses (eg.: $U = 0.1 - 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$). This value is in the same range like the thermal conductivity of some insulating material (eg.: foamglas: $\lambda = 0.1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). These days, the investigations of the effects of water (moisture) on the building structures are so important. In our previous publications we showed that the moisture content of a given material can cause changes, furthermore can increase the thermal conductivity of a given material so the U-value of a building structure and decrease the thermal resistance. In this communication we present the influence of the water on the heat storing capacity of different building structures. The change in the heat storing capacity was examined for inner and outer insulating of the building materials. Furthermore, the comparison of the inner and outer insulating is presented as well.

Keywords: insulation, polystyrene, fibrous material, humidity content

1. A nedvesség hatása az építőanyagokra

Az építőanyagok nagyrészt pórusos szerkezetűek. A nedvesség megkötésében és felvételében nagy szerepe van az anyag pórusainak, illetve azok összesített felületének. A gáz- vagy folyadékfázisból kilépő molekulák szilárd felületen való megkötődését adszorpciónak nevezzük.

A pórusos anyag és környezete közötti kölcsönhatás lehet:

- száradás (deszorpció), amikor az anyag felületének parciális nyomása nagyobb, mint a levegőben lévő pára parciális nyomása ($p_f > p_g$),
- szorpció, amikor az anyag a környezetéből nedvességet vesz fel ($p_f < p_g$).

A nedvesség az épületszerkezetbe kerülve káros hatásokkal lehet, megnövelheti az adott rétegelem hővezetési tényezőjét, így a szerkezet hőátbocsátási tényezőjét. Az anyagok nedvességfelvétele jellegzetesen a szorpció izoterma görbén látható. Korábbi publikációkban a szorpció izoterma felvételének egy lehetséges módját már bemutattuk [1-6]. Továbbá, leírtuk a [2, 4, 7] hivatkozási számú publikációkban, hogy 1%-os nedvességtartalom egy 40 cm kisméretű tömör téglá vagy 40 cm pórusbeton + 10 cm expandált polisztirol (EPS) szigetelőanyag (30, 100, 150, 200) típusától függően akár 5 – 8% változást is jelenthet a szerkezet hőátbocsátási tényezőjében.

1.1. Az anyagok fajhőjének változása a nedvesség hatására

Most azt vizsgáljuk meg, hogy az egyes anyagok fajhője, így az épületszerkezet hőtároló-képessége hogyan változik a nedvesség hatására. A számításokhoz a következő képletet használjuk fel:

$$c_{pm} = \frac{c_{psz}(100 - \omega) + c_{pv}\omega}{100}, \quad (1)$$

ahol

c_{pm} – a nedves anyag fajhője, c_{psz} – a száraz anyag fajhője, c_{pv} – a víz fajhője, ω (%) – a nedvességtartalom. [8]

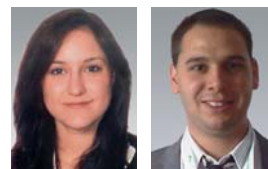
A számítások során felhasznált anyagokat és fajhőjüket az **1. táblázat** mutatja (lásd a következő oldalon).

A számítások során a következő 6 rétegrendet vizsgáltuk meg, ω (%) = 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 nedvességtartalmak feltételezése mellett:

¹ Építészmérnök, okleveles létesítménymérnök

² f. docens, tanszékvezető-helyettes,

Nemzeti Kiválóság Program – Magyary Zoltán posztdoktori ösztöndíjas,
Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék
Kapcsolattartó: dr. Lakatos Ákos, alakatos@eng.unideb.hu



1. rétegrend:

1,5 cm cementvakolat / 30 cm tégl / 5 cm EPS / 2 cm nemesvakolat,

2. rétegrend:

1,5 cm cementvakolat / 30 cm tégl / 5 cm kőzetgyapot / 2 cm nemesvakolat,

3. rétegrend:

1,5 cm cementvakolat / 30 cm tégl / 5 cm ásványgyapot / 2 cm nemesvakolat,

4. rétegrend:

1,5 cm cementvakolat / 30 cm pórusbeton / 5 cm kőzetgyapot / 2 cm nemesvakolat,

5. rétegrend:

1,5 cm cementvakolat / 30 cm pórusbeton / 5 cm ásványgyapot / 2 cm nemesvakolat,

6. rétegrend:

1,5 cm cementvakolat / 30 cm pórusbeton / 5 cm EPS / 2 cm nemesvakolat.

1.2. A falszerkezetek hőtároló képességének változása

A hőtároló képesség számításánál a [10] számú publikációban leírtak alapján jártunk el, minden esetben 10 cm vastag aktív zónát vizsgáltunk, a rétegeknél figyelembe vett falfelület nagysága 30 m². A falszerkezet belső felületén (t_{bf}) kialakult hőmérsékletet, illetve az egyes rétegek között kialakult hőmérsékleteket (t_1, t_2, t_3, t_4) az ismert alábbi összefüggések felhasználásával számítottuk ki:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \quad (2)$$

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i}, \quad (3)$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e}, \quad (4)$$

$$R_{\bar{o}} = R_i + \sum R + R_e, \quad (5)$$

$$t_{bf} = t_i - [(t_i - t_e) \frac{U}{\alpha_i}], \quad (6)$$

$$t_1 = t_i - [(t_i - t_e) \frac{R_i + R_1}{R_{\bar{o}}}], \quad (7)$$

$$t_2 = t_i - [(t_i - t_e) \frac{R_i + R_1 + R_2}{R_{\bar{o}}}], \quad (8)$$

$$t_3 = t_i - [(t_i - t_e) \frac{R_i + R_1 + R_2 + R_3}{R_{\bar{o}}}], \quad (9)$$

$$t_4 = t_i - [(t_i - t_e) \frac{R_i + R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{R_{\bar{o}}}], \quad (10)$$

ahol

U – a hőátbocsátási tényező, d – a rétegvastagság, λ – a hővezetési tényező, $R_{1,2,3,4}$ – az egyes rétegek hővezetési ellenállása, R_i, R_e – a belső, illetve külső oldali hőátadási ellen-

1. táblázat. A számítások során felhasznált anyagok és fajhőjük [9]

Az építőanyag megnevezése	Fajhő, c_{pszs} [kJ/kgK]
Tégla	0,76
Beton	1
EPS	1,46
XPS	1,46
Kőzetgyapot	0,84
Ásványgyapot	0,75
Nemes vakolat	0,88
Cementvakolat	0,93
Víz fajhője	c_{pv} , [kJ/kgK]
Víz	4,186

állások, α_i, α_e – a belső-, illetve külsőoldali hőátadási tényezők, $t_i = 20$ °C, $t_e = -15$ °C a számításoknál használt levegőhőmérséklet a belső és a külső oldalon. A hőtárolásban aktívan résztvevő 10 cm-es rétegvastagság két oldalán kialakult hőmérsékletkülönbséget a vastagságokkal arányosan határoztuk meg.

Egy adott réteg tárolt hőmennyiségének (Q_i) a kiszámításához szükségünk volt az egyes rétegeknél a rendelkezésre álló hőtároló anyagok tömegére (m_i), amelyeket a vastagság (d_i) és a felület ($A = 30$ m²), így a térfogat (V_i), valamint az anyagok sűrűségének (ρ_i) ismeretében könnyen kiszámíthatunk:

$$m_i = V_i \cdot \rho_i = d_i \cdot A \cdot \rho_i. \quad (11)$$

A tárolt hő mennyisége:

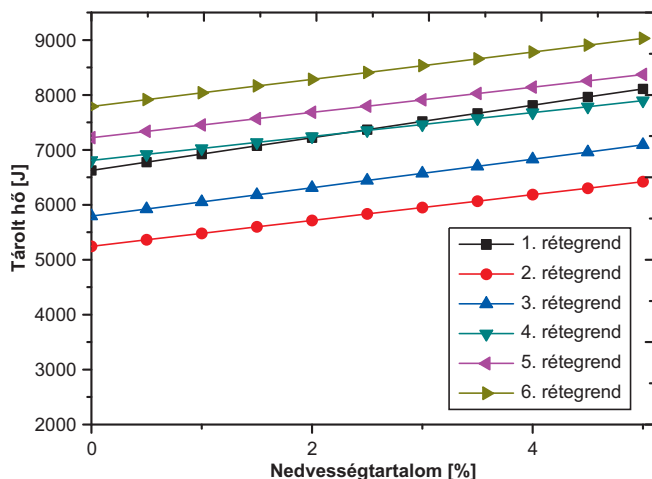
$$Q_i = c_i \cdot m_i \cdot \Delta t, \quad (12)$$

$$Q_{\text{összes}} = Q_1 + Q_2. \quad (13)$$

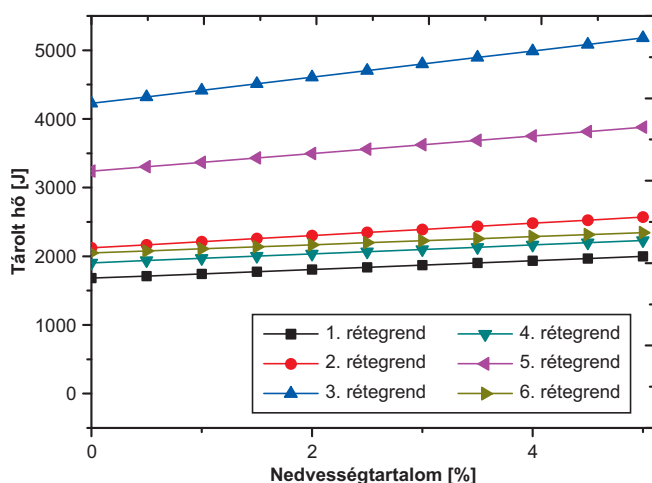
2. táblázat. A számítások során felhasznált sűrűségértékek [9, 11, 12]

Az építőanyag megnevezése	Sűrűség [kg/m ³]	
Beton	Tégla	740
	Beton	390
Szigetelések	EPS	25
	XPS	35
	Kőzetgyapot	35
	Ásványgyapot	150
Vakolatok	Nemesvakolat	1 850
	Cementvakolat	1 800

A teljes számítás részletesen megtalálható a 11-es számmal jelzett hivatkozásban. Az eredményeket az 1. és 2. ábrán mutatjuk be.



1. ábra. A hőtároló képesség változása a nedvesség hatására az egyes rétegeknél, külső oldali hőszigetelés esetén



2. ábra. A hőtároló képesség változása a nedvesség hatására az egyes rétegeknél, belső oldali hőszigetelés esetén

2. Következtetések

Az 1. és 2. ábrákról látható, hogy a legnagyobb kezdeti hőtároló képessége külső oldali hőszigetelés esetén a 6-os számú (1,5 cm cementvakolat / 30 cm pórusbeton / 5 cm EPS / 2 cm nemesvakolat), belső oldali hőszigetelés esetén a 3-as számú (1,5 cm cementvakolat / 30 cm tégl / 5 cm ásványgyapot / 2 cm nemesvakolat) rétegrendnek van.

Az ábrákról jól látszik, hogy egyaránt lineáris növekedéseket kapunk az (1)-es egyenletnek megfelelően. A nedvesség növelésének hatására, külső oldali hőszigetelés esetén a legnagyobb meredekségű, több mint 20%-os változások az 1, 2, 3-as rétegrendeknél vehetők észre. A hőszigeteléseket valamennyi esetben tégl hordozóra helyeztük el. Belső oldali hőszigetelés esetén ugyanekkora változás a 2, 3 és 5-ös rétegrendeknél figyelhető meg. A nagyobb mértékű változás a tégl kisebb fajhőjével és nagyobb módosító tényezőjével („pótszázalékával”) (téglára 20, betonra 12, műanyaghabokra és szálas hőszigetelőkre 2) magyarázható [7, 8]. Ez a „pótszáz-

lék” az anyagok nedvességfelvétel képességével, illetve az anyagok nedvességgel szembeni „viselkedésével” van összefüggésben.

Az 1. és a 2. ábra tehát megmutatja, hogy az építőanyagok nedvességtartalma és a szerkezet rétegrendjének sorrendisége hogyan befolyásolja a szerkezetekben tárolt hő mennyiségét adott peremfeltétel esetén.

Megjegyzendő, hogy a hőtárolásnak jelentősége az időben változó jelenségek (pl. a külső hőmérséklet hirtelen lecsökken) esetén van.

Köszönetnyilvánítás:

„Dr. Lakatos Ákos kutatása 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.”

Referenciák

1. Dr. Lakatos Ákos – Funkcionális rendszerek és működésük. Terc Kiadó Kft. (Tankönyv), 2013
2. A. Lakatos, F. Kalmár – Analysis of water sorption and thermal conductivity of expanded polystyrene insulation materials. Building Services Engineering Research and Technology. Online 2012. DOI: 10.1177/0143624412462043
3. A. Lakatos, F. Kalmár – Investigation of thickness and density dependence of thermal conductivity of expanded polystyrene insulation materials. Materials and Structures. Online 2012. DOI 10.1617/s11527-012-9956-5
4. A. Lakatos – Investigation of water sorption properties of different insulating materials. In: Ing Michal Mokryš, Ing Anton Lieskovský Ph D (szerk.) Proceedings in Advanced Research in Scientific Areas. The 1st Virtual International Conference. A konferencia helye, ideje: Zilina, Szlovákia, 2012.12.03-2012.12.07. Zilina: EDIS, 2012. pp. 1827-1831. (ISBN:978-80-554-0606-0)
5. A. Lakatos – Method for the determination of sorption isotherms of materials demonstrated through soil samples – International Review of Applied Sciences and Engineering 2 (2), 117-121. 2011
6. Lakatos Ákos – Mérések a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Hőtechnikai Laboratóriumában. Magyar Épületgépészet, 2013. április. pp.11-13
7. A. Lakatos, F. Kalmár – Examination of the change of the overall heat transfer coefficients of building structures in function of water content. Building Services Engineering Research and Technology, (2013) *under review*
8. Fekete Iván – Épületfizika kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985
9. MSZ-04-140-2-1991 Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai. Hőtechnikai méretezés. Szabvány.
10. Dr. Kalmár Ferenc – Épületfizika. Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar, Debrecen, 2003.
11. Kovács Tamara – Diplomamunka. Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék, 2013.
12. <http://tdk.bme.hu/EMK/DownloadPaper/Teherhordoszerkezetek-gipszkarton>