



Fenntarthatóság rétegről rétegre: Liapor- és cellulóزالapú hőszigetelés kombinációja homlokzati falpanelben

Sustainability Layer by Layer: Combining Liapor and Cellulose-Based Insulation in a Facade Wall Panel

Szendi Dorina,¹ Tárkányi Sándor,² Kósa Balázs³

¹ Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola, Sopron, Magyarország, VSWG@uni-sopron.hu

² Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet, Sopron, Magyarország, tarkanyi.sandor@uni-sopron.hu

³ Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Kreatívipari Intézet, Sopron, Magyarország, kosa.balazs@uni-sopron.hu

Abstract

The combination of Liapor lightweight concrete wall panels and cellulose-based insulation materials represents an outstanding example of the construction industry's commitment to sustainability. The aim of this research is to present the layered integration of Liapor technology and natural-based insulation materials, combining energy efficiency with the principles of eco-conscious architecture. As a result of this integration, an innovative building structure is created, which significantly reduces the energy consumption of buildings, meets passive house standards, and provides excellent acoustic properties.

Keywords: *Liapor, cellulose, sustainability, energy efficiency, layered integration, passive house.*

Összefoglalás

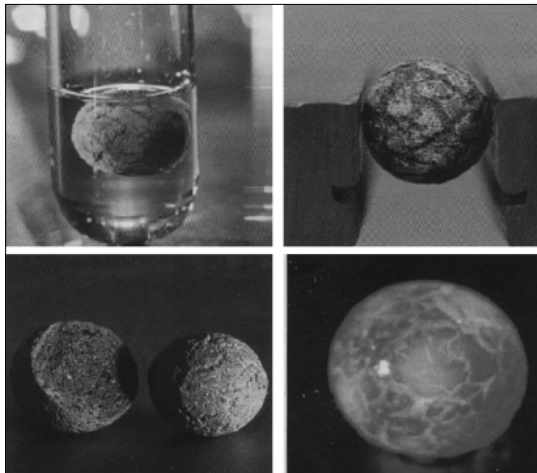
A Liapor könnyűbeton falpanelek és a cellulóزالapú szigetelőanyagok kombinációja az építőipar fenntarthatóság iránti törekvéseinek kiemelkedő példája. A kutatás célja a Liaporra alapuló technológia és a természetes alapú szigetelőanyagok rétegrendi integrációjának bemutatása, ami az energiahatékonyság és a környezettudatos építészet szempontjait ötvözi. Az integráció eredményeképpen olyan innovatív épületszerkezet jön létre, amely jelentősen csökkenti az épületek energiafogyasztását, megfelel a passzív ház iránti követelményeknek, és kiváló akusztikai tulajdonságokat nyújt.

Kulcsszavak: *Liapor, cellulóz, fenntarthatóság, energiahatékonyság, rétegrendi integráció, passzív ház.*

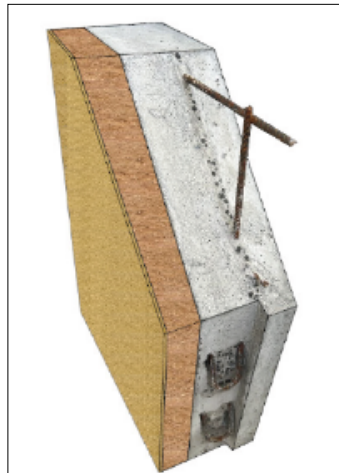
1. Bevezetés

A globális klímaváltozás, a természeti erőforrások kimerülése és a fenntarthatóság iránti növekvő társadalmi igény jelentős változásokat hozott az építészet és az építőipar világában. Az épített környezet ma már nem csupán a funkcionalitás és az esztétika szempontjából kerül megítélésre, hanem az energiahatékonyság, az anyaghasználat fenntarthatósága, valamint az ökológiai lábnyom minimalizálása is kiemelt prioritásként jelenik meg.

A hagyományos építőanyagok gyártása és felhasználása jelentős környezeti terheléssel jár, beleértve a nagy szén-dioxid-kibocsátást és a nagy mennyiségű hulladék keletkezését [1]. Az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljai (SDG-k) egyértelműen megfogalmazzák az ún. zöldtechnológiák előtérbe helyezésének szükségességét az építőiparban. Az előregyártott építőelemek alkalmazása, valamint a természetes és újrahasznosított anyagok beépítése kulcsfontosságú szerepet játszik a környezetterhelés csökkentésében [2].



1. ábra. Liapor kerámia mintatestek mikroszkópos vizsgálati képei



2. ábra. Liapor falszerkezet cellulóزالapú szigeteléssel

A Liapor könnyűbeton falpanelek és a cellulóزالapú szigetelőanyagok alkalmazása olyan innovatív megoldást kínál, amely nemcsak a fenntarthatósági elveket támogatja, hanem hozzájárul az energiahatékonyság javításához és az építési idő lerövidítéséhez is [3]. A kutatás célja ezen anyagok integrálási lehetőségeinek vizsgálata, különös tekintettel a szerkezeti stabilitásra, a hő- és hangszigetelési tulajdonságokra, valamint az építési költségekre gyakorolt hatásukra.

2. Anyagok és módszerek

Az alkalmazott módszertan több lépésből állt, beleértve az anyagvizsgálatokat, laboratóriumi kísérleteket és összehasonlító elemzéseket.

A vizsgált Liapor panelek alapvető összetevője az égetett agyaggranulátum, amelynek a kis testsűrűsége ($500\text{--}600\text{ kg/m}^3$) ellenére jelentős a nyomószilárdsága, elérve a $6\text{--}8\text{ N/mm}^2$ értéket. A porózus szerkezet hozzájárul a kis hővezetési tényezőhöz [kb. $0,12\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$]. A cellulóزالapú szigetelőanyagok természetes eredetűek, faipari melléktermékekből, például fűrészporból és nyárfakéregből készülnek.

A sűrűségük $35\text{--}70\text{ kg/m}^3$, a hővezetési tényezőjük $0,038\text{--}0,045\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ tartományban mozog, ami kiváló szigetelési tulajdonságokat eredményez.

A kutatás során különböző rétegrendi kombinációkat teszteltünk. A laboratóriumi mérések során az alábbi tulajdonságokat vizsgáltuk:

Hővezetési tényező: A Liapor és a cellulóزالapú szigetelés együttes alkalmazása esetén a rétegrend átlagos hővezetési tényezője $0,065\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

volt, ami jelentősen csökkenti a hőveszteséget.

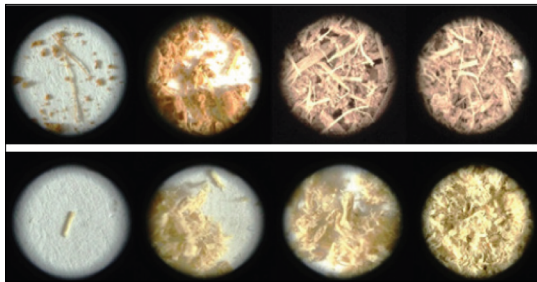
Nyomószilárdság: Az MSZ EN 826 szabvány szerint végzett vizsgálatok alapján a cellulóزالapú panelek nyomószilárdsága $110\text{--}140\text{ kPa}$ tartományban mozgott, ami megfelelő mechanikai stabilitást biztosít.

Tűzállóság: Az ISO 11925-2 szabvány szerint végzett gyúlékonysági vizsgálatok alapján a cellulóزالapú panelek D-s1, d0 tűzállósági besorolást kaptak, ami megfelelő védelmet jelent tűz esetén.

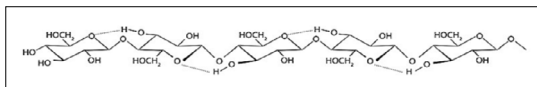
Páradiffúziós ellenállás: Az μ érték $2\text{--}5$ között mozgott, ami jó légáteresztő képességet jelent, és biztosítja a szerkezet megfelelő páratechnikai viselkedését.

Akusztikai tulajdonságok: Az 500 Hz -es frekvencián végzett hangelnyelési tesztek szerint az integrált falpanel $0,75\text{ NRC}$ (Noise Reduction Coefficient – magyarul: Zajcsillapítási Együttható) értéket ért el, ami kiváló zajcsökkentő képességet biztosít. Az anyagvizsgálatok eredményeképpen megállapítottuk, hogy a Liapor könnyűbeton és a cellulóزالapú szigetelőanyagok együttes alkalmazása nem csupán az épületek energiahatékonyságát növeli, hanem hozzájárul az élettartam növeléséhez is. A cellulóزالapú szigetelések kiválóan alkalmasak a hőszigetelési követelmények teljesítésére, ugyanakkor biztosítják a páraáteresztő képességet is, ami elengedhetetlen az épületek hosszú távú szerkezeti stabilitásának fenntartásához.

Az alkalmazott gyártási technológia lehetővé teszi az előregyártott elemek gyors és hatékony telepítését, minimalizálva az építési hulladékot és a kivitelezési időt. Az építőiparban az előregyár-



3. ábra. Nyárfakéregrost és tölgyfarost mikroszkópos vizsgálati képe



4. ábra. Cellulóz-molekula, láthatóan nagy számú hidroxilgyökökkel (https://www.ttko.hu/kb/f/tan-anyagok_html/kem_38b/index.html)

tott építőelemek alkalmazása különösen fontos az anyagfelhasználás optimalizálása és az energiahatékonyság növelése érdekében [4].

A kutatás során kifejlesztett szigetelőanyagok formázási és sűrűségi paramétereit elemeztük, hogy optimalizáljuk a mechanikai ellenálló képességet és a hőtechnikai teljesítményt. A cellulóزالapú szigetelőpanelek előállítása során alkalmazott rostosítási módszer biztosítja az egyenletes anyagszerkezetet, amely kulcsfontosságú a tartósság és a hatékonyság szempontjából. Az elért eredmények alapján a rendszer alkalmazása nemcsak az új építésekben, hanem az épületfelújításokban is ígéretes alternatívát nyújt a fenntartható építőanyagok piacán [5].

A cellulóزالapú szigetelőpanelek hővezetési tényezője körülbelül $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, ami kiemelkedően jó hőszigetelési tulajdonságokat eredményez, és versenyképes alternatívát jelent a hagyományos ásványgyapot és polisztirolalapú szigetelőanyagokkal szemben. Az anyag mechanikai stabilitását és rugalmasságát különböző nyomásállósági és terhelési tesztek segítségével vizsgáltuk, amelyek kimutatták, hogy a cellulóزالapú idomok a hagyományos építőipari felhasználás során is hosszú élettartamot és nagy szilárdságot biztosítanak.

A kutatás rámutatott arra, hogy a cellulóزالapú szigetelőanyagok és a Liapor falpanelek kombinációja hozzájárulhat az épületek fenntarthatóságának javításához azáltal, hogy csökkenti az energiateljesítményt és az építési ökológiai lábnyomot. Az ilyen rendszerek különösen előnyö-

sek lehetnek passzív házak építésénél, ahol a minimális energiafogyasztás és a kiváló hőszigetelő képesség elengedhetetlen követelmények [6].

A kutatás során különféle építőanyagokat és módszereket vizsgáltunk a fenntarthatóság, az energiahatékonyság és a szerkezeti stabilitás szempontjából. A Liapor panelek fő összetevője az égetett agyaggranulátum, amely könnyű, de nagy szilárdságú szerkezetet biztosít. A cellulóزالapú szigetelőanyagokat különböző faipari hulladékokból, például fűrészporból és kéregrostokból állítottuk elő, figyelembe véve azok termikus és mechanikai tulajdonságait.

A kutatás során kifejlesztett szigetelőanyagok formázási és sűrűségi paramétereit szintén elemeztük, hogy optimalizáljuk a mechanikai ellenálló képességet és a hőtechnikai teljesítményt. A cellulóزالapú szigetelőpanelek előállítása során alkalmazott rostosítási technológia biztosítja az egyenletes anyagszerkezetet, amely kulcsfontosságú a tartósság és a hatékonyság szempontjából. Az elért eredmények alapján a rendszer alkalmazása nemcsak az új építésekben, hanem az épületfelújításokban is ígéretes alternatívát nyújt a fenntartható építőanyagok piacán.

A Liapor könnyűbeton falpanelek alkalmazása a porózus szerkezet révén kiváló hőszigetelő tulajdonságokkal bírnak. E panelek kombinációja cellulóزالapú szigetelőanyagokkal innovatív építészeti megoldást eredményez, amely kitűnő energiahatékonyságot és fenntarthatóságot biztosít.

3. Eredmények és értékelésük

A kutatás során végzett mérések eredményei alapján megállapítható, hogy a Liapor könnyűbeton és a cellulóزالapú szigetelőanyagok kombinációja jelentős javulást eredményezett az építőanyagok hő- és hangszigetelő tulajdonságaiban, mechanikai szilárdságában, valamint tűzállóságában.

3.1. Hővezetési tényező

A hővezetési tényező vizsgálatai alapján megállapítható, hogy a Liapor és cellulóz kombináció esetén az érték $0,065 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ volt, amely kisebb, mint az Agepan terméké ($0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Ez a kisebb érték azt jelenti, hogy a vizsgált rétegrend jobban ellenáll a hővesztésnek, ezáltal hatékonyabban segíti az épületek energiatakarékosságát. A porózus szerkezet és az anyagok kombinációja csökkenti a hőhidak kialakulását, így hosszú távon optimalizálja az épületek hőtechnikai teljesítményét [7].

3.2. Nyomószilárdság

Az MSZ EN 826 szabvány szerinti vizsgálatok alapján a cellulóزالapú panelek 110–140 kPa közötti nyomószilárdságot mutattak, ami kedvezőbb, mint a piacon levő Agepan-paneleké (100–120 kPa). Ez azt jelenti, hogy a cellulóz és Liapor rétegrend mechanikai ellenálló képessége nagyobb, így stabilabb és tartósabb épületszerkezeti elemek létrehozását teszi lehetővé. Az eredmények alapján a rendszer jobban ellenáll a nyomóterheléseknek, így nagyobb szerkezeti integritást biztosít [8].

3.3. Tűzállóság

Az ISO 11925-2 szabvány szerinti vizsgálatok alapján a cellulóزالapú panelek D-s1,d0 tűzállósági besorolást kaptak, míg az Agepan-panelek csupán E besorolásúak. Ez azt jelzi, hogy a vizsgált kombináció jobban ellenáll a tűzterhelésnek, azaz lassabban gyullad meg, és kevesebb éghető anyagot bocsát ki. A nagyobb tűzbiztonság miatt ez az építőanyag különösen alkalmas lehet lakóépületek esetében [9].

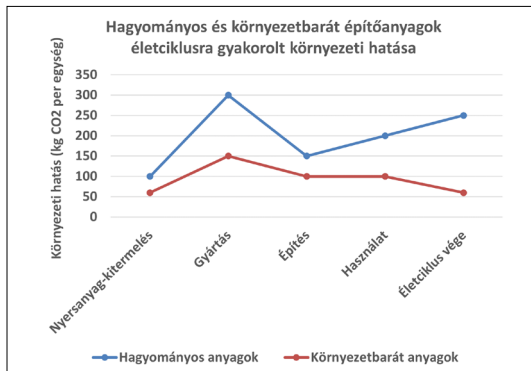
3.4. Páradiffúziós ellenállás

A vizsgálatok során a rétegrend μ értéke 2–5 között mozgott, ami optimális páratechnikai tulajdonságokat biztosít. Az Agepan-panelek esetében ez az érték kisebb (1,8–3), ami arra utal, hogy a Liapor-cellulóz kombináció hatékonyabban kezeli a nedvességet. Ez különösen fontos olyan épületekben, ahol a megfelelő páraszabályozás elengedhetetlen a szerkezeti tartósság és a beltéri komfort érdekében.

3.5. Akusztikai tulajdonságok

Az 500 Hz-es frekvencián végzett hangelnyelési tesztek alapján az integrált falpanel 0,75 NRC értéket ért el, míg az Agepan panelek csupán 0,55 NRC értéket mutattak. Ez azt jelenti, hogy a Liapor-cellulóz kombináció hatékonyabban csökkenti a zajszennyezést, ami különösen előnyös lehet a lakóépületekben.

Az eredmények egyértelműen bizonyítják, hogy a Liapor és cellulóزالapú építőanyagok rétegrendi integrálása nemcsak az energiahatékonyságot növeli, hanem hozzájárul az épületek szerkezeti stabilitásához és fenntartható építési megoldásokhoz. A nagyobb mechanikai ellenállás, a kedvezőbb páratechnikai tulajdonságok és a nagyobb tűzbiztonság mind azt igazolják, hogy ez az anyagkombináció hosszú távon is megbízható és versenyképes alternatívát kínál az építőipar számára.



5. ábra. Hagyományos és környezetbarát építőanyagok életciklusa

4. Következtetések

A Liapor könnyűbeton falpanelek és a cellulóزالapú szigetelőanyagok kombinációja ígéretes alapot nyújt a fenntartható építészeti megoldások fejlesztéséhez [10]. Az eddigi eredmények számos előnyt mutattak, különösen a hőszigetelési, mechanikai stabilitási és tűzállósági szempontok tekintetében. A kutatások igazolták, hogy ez az anyagkombináció hatékonyan csökkenti az épületek energiafogyasztását, miközben növeli azok élettartamát és biztonságát.

A jövőbeli kutatások egyik legfontosabb iránya a rétegrendi integráció optimalizálása, hogy az egyes anyagok közötti kölcsönhatások még jobban kihasználhatók legyenek. Kiemelt figyelmet kell fordítani a cellulóزالapú szigetelőanyagok újrahasznosításának lehetőségeire, különösen az épületek bontása után keletkező hulladék kezelésére, amely hozzájárulhat az építőipar körforgásos gazdaságának kialakításához [11].

Emellett érdemes tovább vizsgálni a Liapor és cellulóz kombinációjának adaptálhatóságát különböző éghajlati viszonyokhoz, így a szélsőséges hőmérsékleti és páratartalom-változásokhoz való alkalmazkodóképességet is fejleszteni lehetne. Az épületszimulációs modellek bevonása szintén lehetőséget teremthet arra, hogy már a tervezési fázisban előre jelezzék a rétegrendek energiahatékonyságát és szerkezeti viselkedését [12].

Összességként elmondható, hogy a Liapor alkalmazása és a cellulóزالapú szigetelőanyagok kombinációja jelentős előrelépést jelent a fenntartható építészet területén. Az új technológiai fejlesztések és anyagkombinációk további kutatása nemcsak az építőipar fejlődését segítheti elő, hanem hosszú távon hozzájárulhat a klímavédelemhez és az energiahatékony építési megoldások elterjedéséhez.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Ertsey A., Medgyasszay P.: *Fenntartható építészet*. TERC Kiadó, Budapest, 2017. ISBN: 978-6155445422.
- [2] Bozsaky D.: *Természetes és mesterséges hőszigetelő anyagok összehasonlító vizsgálatai és elemzése*. PhD-disszertáció. Széchenyi István Egyetem, Győr, 2011. 17–22.
- [3] Halász A.: *Liapor, a jövő építőanyaga*. Magyar Építéstechnika, 41/10. (2003) 11. ISSN: 1216-6022.
- [4] Borzák Balarám B.: *Liapor könnyű készbeton*. Magyar Építéstechnika, 42/10. (2004) 35. ISSN 1216-6022.
- [5] Mohácsiné Ronyecz I.: *Természetes fakéreg anyagok hőszigetelési tulajdonságainak vizsgálata és fejlesztése*, 2015. 75–77.
- [6] Ece N.: *Building Biology Criteria and Architectural Design*. Birkhäuser, Basel–Berlin, 2018. ISBN 978-3-0356-1040-6.
- [7] Mészáros Zs.: *Új építőanyagok*. MM Műszaki Magazin, 18/7–8. (2008) 8. ISSN 1417-0132.
- [8] Törőcsik N.: *A könnyűbeton: a hőszigetelés és hővédelem régi-új technológiája*. Építési Piac – Gyorsjelentés, 38/6. (2004) 59–62. ISSN 1218-0084.
- [9] Burger B., Joób F. T.: *LIAPOR kerámiagyöngy*. Magyar Építéstechnika, 33/4. (1995) 31. (1. bekezdés). ISSN 1216-6022.
- [10] Benyus J. M.: *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. William Morrow Paperbacks, New York, 2002. ISBN 978-0060533229.
- [11] Németh K. (1998): *A faanyag degradációja*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Papíripari műszaki-gazdasági tájékoztató, Papíripari vállalat kutató intézet (1980/5.), 93–97.
- [12] Molnár S.: *Magyarországi erdők fafajcsoport megoszlása*. In: Fahasznosítás Magyarországon. NYME Kiadvány, Sopron, 2008. 78.