

Textilhulladék hasznosítása az építőiparban

Recycling of textile waste in the construction industry



Szerző: Kudronné Berta Eszter

BME Építészmérnöki Kar

2022. november 2.

Konzulensek:

Dr. Perlakiné Dr. Patkó Csilla – BME ÉPK Épületszerkezzettani Tanszék

Dr. Kemes Balázs – BME ÉPK Középülettervezési Tanszék

Dr. Nagy Balázs – BME ÉMK Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Nagy Attila Balázs – BME ÉPK Épületszerkezzettani Tanszék, laboratóriumvezető

Absztrakt

Környezettudatosságra törekvő emberként napi szinten gondolkozom a háztartásomban keletkező hulladékok minimalizálásának lehetőségein, mely kérdéskör az adott hulladékká váló anyag előállításának körülményeitől, használatának szükségességén át a hulladék hasznosíthatóságáig nagyon összetett problémahalmaz. Egyik ilyen sűrűn előforduló hulladékként jelennek meg az elhasználódó textiljeink. Mérnökhallgatóként az is foglalkoztat, hogy az ipar hogyan tudja az ipari mennyiségű textilhulladékot kezelni, például az építőiparban. Dolgozatomban erre a kérdésre keresem a választ: hogyan lehet a meglévő, nagy mennyiségű textilhulladékból olyan terméket létrehozni, mellyel az **építkezések ökológiai lábnyoma jelentősen csökkenthető**. Ehhez tanulmányoztam a **ruhaipar** közelmúltban történt átalakulását, a fast fashion pazarlásáról és a megoldási kísérletekről (Mengyán Eszter: Helló, slow fashion!, Ginkgo Kiadó, 2021; Csalár Bence: A fenntartható divat kézikönyve, BOOOK Kiadó, 2022). Ezek után példákat és tudományos kísérleteket kerestem a **textilhulladék építőipari felhasználására**. Ezeket összehasonlítottam **természetes alapú hőszigetelő anyagokkal** – itt sokszor támaszkodom Bozsaky Dávid: Építési hőszigetelő anyagok című könyvére (TERC Kiadó, 2017), hogy jobban megérthessem, miként viselkedne a nagyrészt természetes eredetű textilhulladék.

Méréseket végeztem a Fandaro gyár szabászati textilhulladékból készült – jelenleg mélyhűtött élelmiszerek csomagolására használt – szigetelőanyagának hővezetési tényezőjére vonatkozóan. Ezt összevettem házilag készült próbatestek hőszigetelő képességével (kétféle irányban rétegezett használt textilek, ill. apró darabokra vágott anyag ömlesztett formában). A Fandaro termékének a visszhangosság csökkentő hatását is volt lehetőségem megvizsgálni akusztikai laboratóriumban.

Végeredményként a témában elérhető információk, lehetőségek összegyűjtése és összehasonlítása, valamint saját kutatásokban elért eredményekkel történő kiegészítése összeáll egy könnyen használható kézikönyvvé a környezettudatos szigetelés iránt érdeklődő fejlesztő cégek és tervező építészek számára.

Abstract

In my thesis, therefore, I seek to answer the question of how to turn the large amount of existing waste - in my analysis, the textile industry's waste material - into something that can significantly reduce the ecological footprint of construction. To do this, I studied the recent transformation of the garment industry and then looked for examples and scientific experiments on the use of textile waste in construction. I compared these with natural-based insulation materials to better understand how textile waste, which is largely natural, would behave. I looked at how these materials could be used and whether there might be any legal restrictions in our country. I had the opportunity to make more understandable and useful comparisons by testing the insulating properties of a similar product and home-made samples in the laboratory. My aim is to collect and compare the information and options available on the subject, which in this form is an easy-to-use handbook for developers and architects interested in environmentally responsible insulation.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés
2. Divatipar problémái
3. A témában fellelhető tudományos kutatások és termékek
 - 3.1. Természetes alapú hőszigetelések áttekintése
 - 3.1.1. Tanulmányok keretében vizsgált természetes hőszigetelő anyagok
 - 3.1.2. Kutatások eredményeinek értékelése, javasolt fejlesztési irányok
 - 3.2.1. Természetes alapú hőszigetelő anyagok a piacon
 - 3.2.2. Piaci termékek értékelése, választási szempontok
 - 3.2. Textilhulladékok építőipari hasznosíthatóságának lehetőségei
 - 3.2.1. Szűrőréteg
 - 3.2.2. Hőszigetelő képesség javítása érdekében
 - 3.2.3. Hőszigetelő anyagként
4. Saját méréseim
 - 4.1. Hővezetési tényező vizsgálata
 - 4.1.1. Vizsgált minták leírása
 - 4.1.2. Mérési módszerek leírása
 - 4.1.3. Mérési eredmények
 - 4.2. Akusztikai mérés – hangelnyelés vizsgálata
 - 4.2.1. Vizsgált minta
 - 4.2.2. Mérési módszer leírása
 - 4.2.3. Mérési eredmények
5. Konklúzió

1. Bevezetés

Napjaink ökológiai válsága nagyon sokrétű. Miközben kiaknázzuk Földünk évmilliók alatt termelődött erőforrásait és elhanyagoljuk a természet adta mindennapos energia-potenciált, globálisan megjelenő problémává vált a hulladékhalmozódás. Sokan törekszünk a környezethez közelebbi életmód kialakítására, mely sokszor csak megtakarítási szándékkal jelenik meg az egyén életében, máskor ideológiai vagy egészségügyi okokból, néhány esetben pedig a klímaszorongás elkerülése érdekében. A zöldülni vágyók szűken szabott lehetőségei felhívták a figyelmet egy résre. Az élet néhány területén megoldhatatlan, - az alapanyag előállításától számítva – 'helyi' termék beszerzése. Például a ruhaneműk, textilárak esetében a globális piacra vagyunk utalva. Más területeken pedig elkerülhetetlennek tűnik a kőolajszármazékok kizárása. Például épületek víz-, de sokszor hőszigetelése esetében is. Hogyan lehet a globalizált textilipar jelenleg nem csökkenő mértékű hibájából, az erőforráspazarlásból előnyt kovácsolni? Hogyan lehet az építkezésnek úgy kisebb a környezetterhelése, hogy a jogszabályokat is betartja?

2. Divatipar problémái

A legnagyobb környezetterhelő iparágak között található az építő- és a textilipar. Az építőipar az üvegházhatású gázok kibocsátásának 40%-áért felelős jelenleg, a világ GDP-jének 6%-át adja,¹ míg a divatipar a GDP 2%-át teszi ki² és az üvegházhatású gázok kibocsátásának 10%-áért felelős.³ Becslések szerint a textilipar a negyedik legszennyezőbb iparággá nőtt - a karbonlábnyom mellett a vegyi anyagok használatának mértéke és a vízszennyezés miatt.⁴ A divatipar termelése az elmúlt két évtizedben jelentős növekedést ért el - a fogyasztói hozzáállás társadalmi elterjedésével párhuzamosan. Világszinten néhány nagy divatcég tartja a kezében a textilipar bevételeinek jelentős százalékát, amit úgy érnek el, hogy távol-keleti országokban alacsony munkabérért olcsó alapanyagokból gyárttatják le a ruhaneműket, esetenként neves divattervezők ruhadarabjait másolva. Erős marketingtevékenység segítségével tudják eladni az

online dokumentumok utolsó letöltése, linkek utolsó megtekintése: 2022.10.29.

¹ Építőipar 2022 konferencia, Prof. Dr. Boros Anita <https://www.portfolio.hu/ingatlan/20220504/belefulladunk-az-epített-környezetbe-mashogy-kell-felhasználni-az-építőipari-anyagokat-542583>

² <https://fashionunited.com/global-fashion-industry-statistics>

³ <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20201208STO93327/a-textilgyártás-es-a-textilhulladék-környezetre-gyakorolt-hatása-infografika>

⁴ <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-in-europes-circular-economy/textiles-in-europe-s-circular-economy>

akár hetente megjelenő új kollekciókat – innen eredeztethető a fast fashion kifejezés.⁵ A mennyiség mellett a minőség is problémás, hiszen rövid gyártási idő alatt, rengeteg vegyszer⁶ felhasználásával készülnek a részben természetes szálakból, 60%-ban pedig kőolajszármazékokból álló ruhadarabok⁷. Az egyre rövidebb ideig viselt ruhadarabok közül így egyre több akad fenn a rostán a hasznátruha-kereskedelem és a jótékonyági adományozások során, majd kerül a hulladéklerakókba.⁸ Végeredményként a felhasznált óriási mennyiségű energia és természeti erőforrás (1. táblázat) rövid idő alatt elértéktelenedik és kezelhetetlen mennyiségű hulladékként okoz problémát. E hulladék nagy mennyiségű, légkörből megkötött szén-dioxidot tartalmaz és bár egy része természetes anyag, lebomlása – komposztálódása – nem előnyös a számos kémiai eljárás miatt, aminek a textilgyártás során a növényi rostokat alávetették.⁸

Típus	Probléma forrása	Hatása
Környezeti	Gyapottermesztés	A gyapottermesztés vízigénye óriási, 1 kg pamut előállításához 10000 liter vízre van szükség (Drop4drop, 2018), illetve a műtrágya és a növényvédőszer felhasználása is jelentős.
	Anyagok festése, kikészítése	Az ipari vízszennyezés 17-20%-a a divatiparból származik (Drop4drop, 2018), illetve jelentős mennyiségű veszélyes vegyszer jut az élővizekbe (UNEP, 2013; Greenpeace, 2017).
	Poliészter és egyéb műszálak használata	Mosás során mikroműanyag jut a vizekbe, amely lényegében kiszűrhetetlen. A fast fashion megjelenésével a ruhák mintegy 60%-a tartalmaz poliésztert (Global Fashion Agenda & Boston Consulting Group, 2017).
	A növekvő iparág és a rövidebb ideig tartó termékhasználat	Óriási mennyiségű a textilhulladék képződése, az EU-ban a háztartások jövedelmük 4,9%-át költik ruhára, többet, mint egészségmegőrzésre (Eurostat, 2018). Az USA-ban évente 10,5 millió tonna textilhulladék keletkezik, amelynek csak 15,3%-a kerül újrahasznosításra (US EPA, 2015). A fejlett világ fogyasztói 60%-kal több ruhát vásárolnak és azokat fele annyi ideig tartják meg, mint 15 éve (McKinsey & Company, 2017).
	Globális, komplex ellátási lánc, szállítás	Fosszilis energiahordozók növekvő felhasználása és üvegházhatású gázok egyre magasabb kibocsátása.
Társadalmi	Költségsökkentési kényszer a gyártási folyamatokban, a termelés kiszervezése alacsony költségű országokba	A munkavállalók kihasználása (alacsony munkabérek, részben fizetetlen túlórák, rossz munkakörülmények és munkahelyi biztonság, gyermekmunka, nemzetközi szabályok ellenőrizhetetlensége) (Environmental Health Perspective, 2007; PRI, 2017).
	Költségsökkentés az ellátási lánc mentén	Az iparági beszállítók (pl. mezőgazdasági termelők) létbizonytalansága, elsősorban a fejlődő országokban (Siegle, 2011).
Gazdasági	Bevételekoncentráció	20 (fast fashion) vállalat kezében összpontosul az iparági profit 97%-a (Caro & Albéniz, 2014), kicsi növekedési potenciál, illetve létbizonytalanság a kisebb cégeknél világszerte.
	Importfüggőség nemzetgazdasági szinten	Európában (hasonlóan a világ számos egyéb régiójához) majdnem háromszorosa az iparági import, mint az export (Euratex, 2018), ez a helyi ruhaipar hanyatlásához vezet, illetve nehézséget okoz a helyi vagy rövid ellátási láncsal működni kívánó iparági szereplőknek is.

1. táblázat: A textilipari folyamatok környezeti problémái

forrás: Edöcsényi Klára Ilona – Harangozó Gábor: Fenntartható üzleti gyakorlatok a divatiparban – a hazai mikro-, kis- és középvállalkozások példáján keresztül. 2019 http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/6563/1/VT_2021n6p2.pdf

⁵ <https://index.hu/belfold/2021/09/10/divat-fast-fashion-tudatos-vasarlas-kornyezetvedelem/>

⁶ Luongo, Giovanna: Chemicals in textiles A potential source for human exposure and environmental pollution. Doctoral Thesis, 2015 <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:850089/FULLTEXT02.pdf>

⁷ <https://tudatosvasarlo.hu/eljott-a-fossil-fashion-kora-ruhaink-fele-mar-koolajbol-van/>

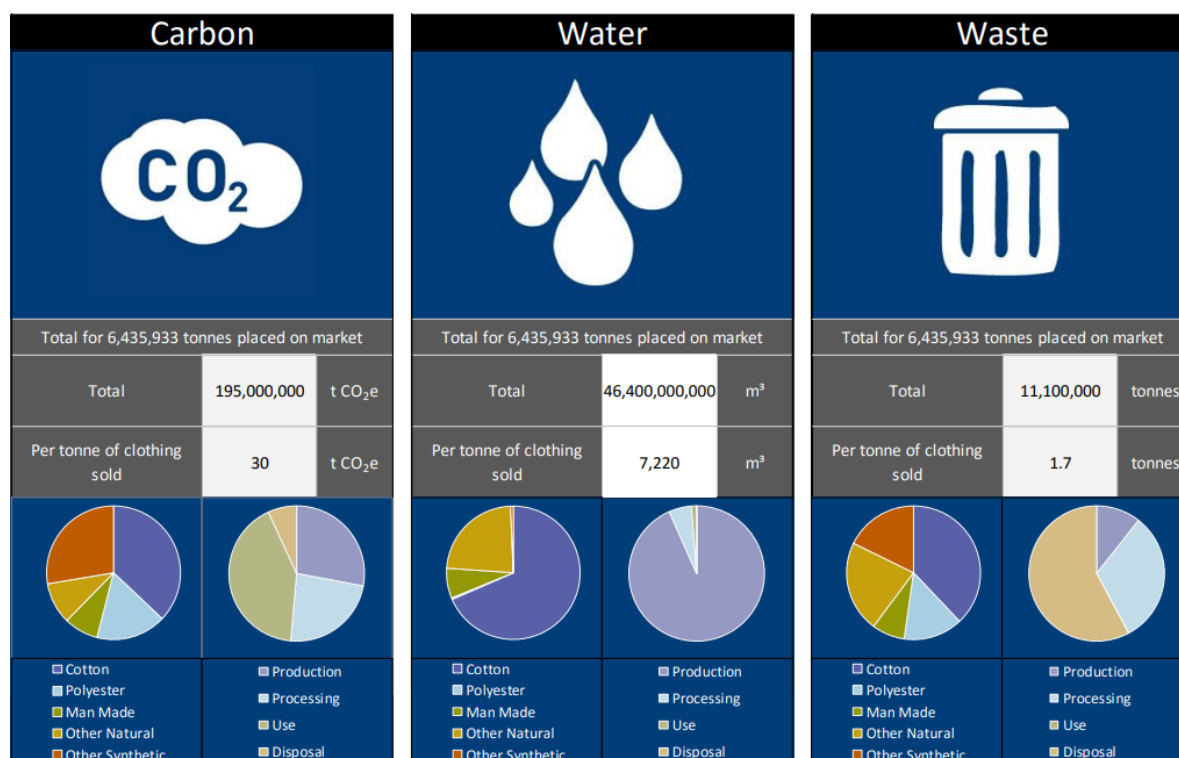
⁸ Wicker, Alden: Fast Fashion Is Creating an Environmental Crisis. Newsweek Magazine, 2016 <https://www.newsweek.com/2016/09/09/old-clothes-fashion-waste-crisis-494824.html>

Egy 2015-ös projekt keretében mérték az európai textilhulladék mennyiségét és minőségét, valamint energiaszükségletét is kiszámították.⁹ Ebben az évben az EU-ban vásárolt ruhamennyiség 6,4 millió tonna, kidobásra ítélt ruhamennyiség 11 millió tonna, melynek különbözete a gyártási folyamatok közben termelődő hulladékanyag. Az anyagtípusok mennyiségét külön is mérve (2. táblázat) ezen adatok szolgáltak alapjául az ökológiai lábnyom kiszámításához (3. táblázat). Ez alapján a karbonlábnyom 195 millió tonna, vízlábnyom 46,4 milliárd m³ az előbb említett hulladékmennyiségre vonatkozóan.

EU fibre consumption in clothing textiles ⁵	Tonnes (2015)	Fibre type
Cotton	2 767 450	Natural
Wool	579 236	Natural
Silk	64 357	Natural
Flax	128 720	Natural
Viscose	579 236	Cellulosic
Polyester	1 029 747	Synthetic
Acrylic	579 236	Synthetic
Polyamide / Nylon	514 874	Synthetic
PU / PP / EA	193 077	Synthetic
Total	6 435 933	ALL

2. táblázat: Textilhulladék összetétele, EU, 2015

forrás: <http://www.ecap.eu.com/wp-content/uploads/2018/07/Mapping-clothing-impacts-in-Europe.pdf>



3. táblázat: Textilhulladék ökológiai lábnyoma, EU, 2015

forrás: <http://www.ecap.eu.com/wp-content/uploads/2018/07/Mapping-clothing-impacts-in-Europe.pdf>

⁹ <http://www.ecap.eu.com/wp-content/uploads/2018/07/Mapping-clothing-impacts-in-Europe.pdf>

A textilipar lassú megújulása folyamatban van. Komoly kutatási-fejlesztési munkák zajlanak a kelmék minőségének javítására és a korábban szemétként definiált anyagokból (pl. PET palack) a legkülönbébb funkcióra alkalmazható és újrahasználható textilek gyártására vonatkozóan.¹⁰ A gyártás során képződő hulladék visszaforgatása sok esetben üzemben belül a gyártás kezdetétől megoldott, vagy fel sem merülő probléma az újonnan terjedő eco-designnak¹¹ köszönhetően. Pozitív fejlemény a vásárlói tudatosság terjedésével előtérbe kerülő természetes anyagok használata a szintetikus szálakkal szemben. Hasonlóan előnyös az átláthatóságot preferáló folyamat, mely néhány nagy, ellenőrizhetetlen gyártó helyett sok kis helyi vállalkozás megerősödését célozza, akik a minőségi darabok tovább-használhatóságával segítenek a túlfogyasztás mérséklésében. A vegyi anyagok használatát, a szennyvízkezelést, illetve a gyapottermesztés, szálgyártás, textilgyártás folyamatainak ökológiai és humanitárius szempontjait ellenőrzi a Global Organic Textile Standard (GOTS)¹² minősítő központ. Ezen szempontok iránti igények sajnos csak kevesek részéről merülnek fel, és még kevesebben engedhetik meg maguknak, hogy ilyet vásároljanak - a használt ruhák tekintetében már ennél jobb a helyzet. Elfogadott a ruhák elajándékozása, adományba adása, tovább értékesítése, így szerencsésen sok darab tovább körforgásban marad.¹³ A kidobásra ítélt ruhák azonban jelenleg legnagyobb részben a kommunális hulladékgyűjtőbe kerülnek, ezáltal tovább hasznosításuk lehetetlen. Ezért hozta meg 2018-ban az Európai Unió 2018/851-es irányelvét, mely szerint 2025. január 1-jétől a textilhulladékot külön kell gyűjteni.¹⁴ Így az be tud lépni a hulladékhierarchia¹⁵ (1. ábra) magasabb szintjén a hulladékhasznosításba, vagy akár vissza a gyártási folyamatba (körforgásos gazdaság – 2. ábra).

¹⁰ Lázár Károly: Semmi ne vesszen kárba! Nothing to waste. Magyar Textiltechnika LXXIV. évf. 2021/1
http://www.lazarky.hu/08pub/14_Semmi-ne-vessen-karba.pdf

¹¹ Sim Van der Ryn and Stuart Cowan: Ecological Design. 1996

¹² https://global-standard.org/?gclid=EAlalQobChMIy7fG6fDc-gIVAEZ3Ch3Y2QAFEAAYASAAEgJDWvD_BwE

¹³ Mengyán Eszter: Hova kerül a használt ruha a gyűjtő konténerből? Textilújrahasznosítóban jártunk.
<https://korforras.hu/2020/04/02/hova-kerul-a-hasznalt-ruha-a-gyujtokontenerbol/>

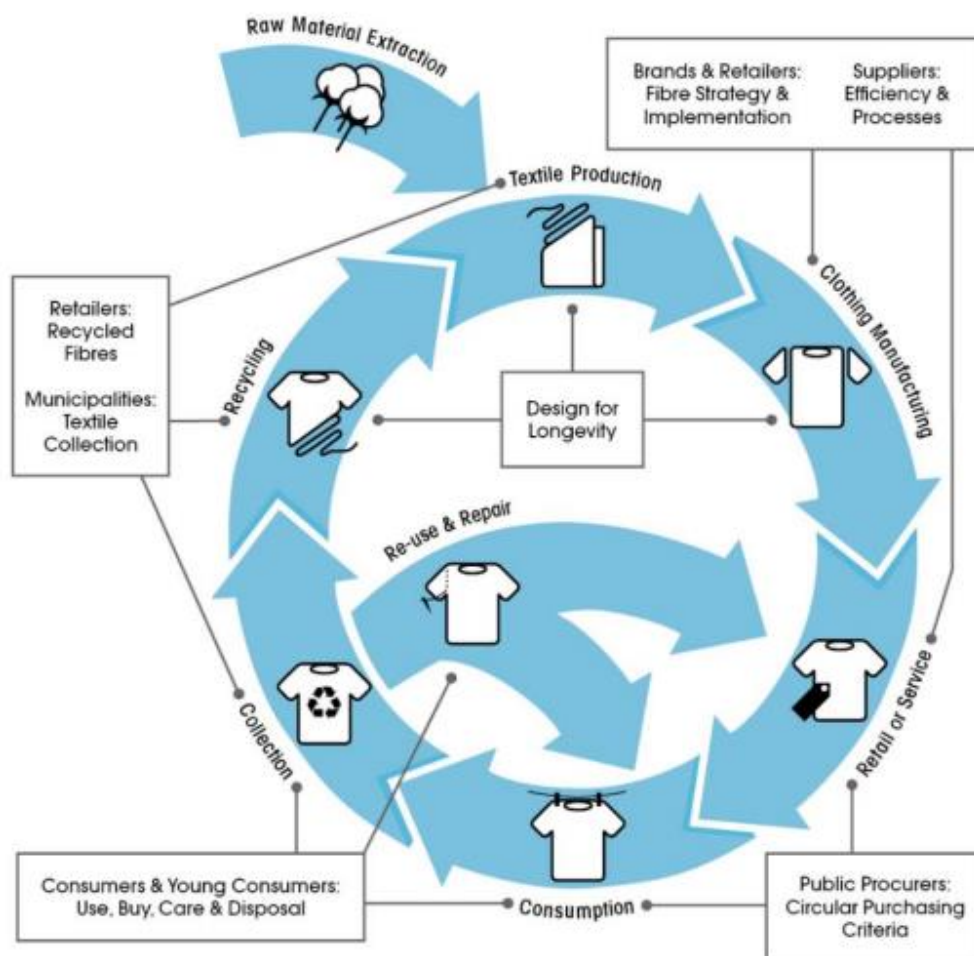
¹⁴ AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2018/851 IRÁNYELVE (2018. május 30.)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>

¹⁵ AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2008/98/EK IRÁNYELVE (2008. november 19.)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32008L0098>



1. ábra: Hulladékhierarchia

forrás: <https://korforras.hu/2018/07/02/a-hulladekok-tortenelme-es-a-zero-waste-jovo/>



2. ábra: Körforgásos textilipar

forrás: <http://www.ecap.eu.com/wp-content/uploads/2018/07/Mapping-clothing-impacts-in-Europe.pdf>

Az iparág zöldítésének felülről történő nyomásgyakorlásának további cselekvési irányait 2022. március 30-án a zöld megállapodáshoz kapcsolódó javaslatcsomagban fogalmazták meg,¹⁶ mint például a más termékek körében már korábban is bevezetett kiterjesztett gyártói felelősségvállalás kötelezővé tétele.

¹⁶ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/ip_22_2013

Ipari újrafelhasználás és továbbhasznosítás lehetőségei jelenleg:

- Könnyűipari ágakban maradva
 - tépéssel szálakra bontva újra alapanyag a textilipar számára (rosszabb minőségű szálak: rövid szálhossz jellemzi, ezért alacsonyabb minőségű fonál, textil készíthető belőle)¹⁷
 - csíkokra tépve rongyszőnyeg alapanyag¹⁸, csomózásos technikával, horgolással más termék is készülhet belőle¹⁹
 - tépéssel, farkasológéppel ipari vatta készítése – töltőanyag (boxzsák, párna, matrac, stb.), vatta^{20,21}
 - vágott/tépett darabok tömőanyagként kárpitosmunkához
 - nemszőtt kelme készítése pl. orvosi steril szövet - végfelhasználás
- Építőipari felhasználása
 - tépett formában bekeverik talajba – fedetlen lovaspályák esetén szintetikus szálakkal^{22,30} a gyorsabb száradás érdekében, zöldtetőknél szintetikus szálakkal²³ a nagyobb vízvisszatartás érdekében – végfelhasználás, innen már nem visszanyerhető
 - nemszőtt kelmék készítése – kártolással fátolképzés, majd fátolszilárdítás – építőipari szűrő pl. geotextíliák, ipari szűrők²⁴ – végfelhasználás
 - gyapjúnemez gyártási hulladékából akusztikai falpanel készítése - konkrét termék²⁵
 - vágott/ tépett textilhulladékból panel készítése – hő-, hang- és rezgésszigetelés^{26,27}
 - apró frakciójú szálak textilhulladék befűjt hő- és hangszigetelésként használható²⁸
- Vegyipari átalakítás
 - kémiai lebontás után alkotóelemei nyersanyagként használhatók²⁹
 - pamuthulladékból aerogél orvosi célra³⁰

¹⁷ <https://textilfarm.hu/pages/textil-hulladek-ujrahasznositasa>

¹⁸ <https://textilhulladek.hu/rongyszonyeg-alapanyag/>

¹⁹ <https://retextil.hu/hu/termek>

²⁰ <https://textilhulladek.hu/textilhulladek-feldolgozas/>

²¹ <https://textilfarm.hu/pages/kartolt-bunda-tooltoanyag-gyartas>

²² <https://textilhulladek.hu/lovaspalya-adalekanyag/>

²³ <https://sk-tex.com/retencia-vody/#viac>

²⁴ <http://www.temaforg.hu/>

²⁵ <https://apoltemesi.com/geo>

²⁶ <https://sk-tex.com/>

²⁷ <https://www.bondedlogic.com/>

²⁸ <https://sk-tex.com/fukana-izolacia/#>

²⁹ <https://hu.euronews.com/next/2020/01/06/a-textilhulladek-ujrahasznositasa>

³⁰ <https://www.origo.hu/tudomany/20180215-pamuthulladekbol-keszitettek-tobbfunkcios-aerogelt-szingapuri-kutatok.html>

- tépés, farkasolás után élelmiszer hőszigetelő csomagolása³¹
- por frakciójú textilhulladék brikettálva fűtésre használható
- papírgyártás során felhasználhatnak valamennyi textilhulladékot³²
- apró frakciójú szálak és por textiltépként használatos karosszéria-erősítő „bevonatként” – jelenleg ez még végfelhasználást jelent, relatíve kis mennyisége (2004-ben az autók tömegének 3%-át tette ki) és a rossz hozzáférhetősége miatt nem éri meg technológiát kiépíteni a kompozitokból való szál-visszanyerésre, de ez várhatóan változni fog a textilszálak piaci felértékelődése mentén³³
- apró frakciójú természetes szálak növények talajába keverve talajjavítóként és tápanyagként szolgálnak³⁴
- leselejtezett, másra használhatatlan textiltermékek géprongyként alkalmazhatók³⁵, ez jelenleg végfelhasználást jelent, de egy törlőkendő-bérbeadó cég munkája alapján ezekből is kinyerhető lenne az olaj, ami fűtésre alkalmas, és a kendő újra használható³⁶, sőt a lyukas, kopott törlőkendő anyaga, szálai az új kendők szövésénél felhasználhatók

A 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet, 2018-tól életbe lépett legmagasabb követelményeivel együtt is elsősorban az épületek hőveszteségének szigorú csökkentésére és az energiamérlegre koncentrál, azonban nem tesz kikötést a beépített energiatartalom és a károsanyag emisszió csökkentésére vonatkozóan. A legelterjedtebb hőszigetelőanyagok ökológiai lábnyoma elég nagy – lévén, hogy nem megújuló természeti forrásból származnak, feldolgozásuk nagy energiabefektetéssel és környezetszennyezéssel jár, valamint lebomlási idejük közelít a végtelenhez. A cement és kőolaj egyre nehezebb bányászata, drágulása növeli a nyomást mind az építőanyag gyártókon, mind az építkezésbe befektető magánszemélyeken. Ezek miatt is előtérbe kerülnek az ökológikus szempontok – hőszigetelés vastagságának növelése mellett a nyersanyagok körforgásos gazdasága, termékelőállítás energiaigényének csökkentése és a szintetikus anyagok mellőzésének igénye egészségügyi okokból (beteg épület szindróma, VOC emisszió).

³¹ <https://fandaro.eu/>

³² <https://hu.wikipedia.org/wiki/Papirol%C3%B3gia>

³³ Lázár Károly: A textilhulladékok hasznosításának kilátásai. 2004, Céliránytű 14-15.

http://www.lazarky.hu/08pub/CI_2004_290.pdf

³⁴ <https://sk-tex.com/ine-produkty/>

³⁵ <https://textradekft.hu/termek/ink/geprongy/>

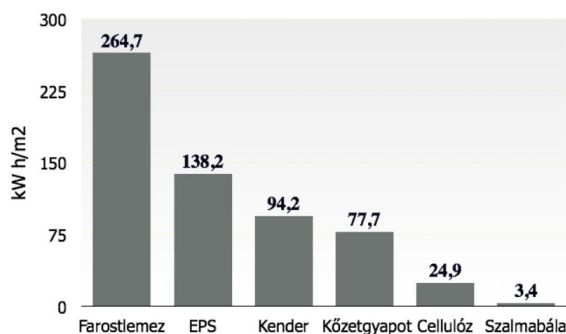
³⁶https://www.mewa.hu/?gclid=CjwKCAjwi8iXBhBeEiwAKbUofU96eFAR1P4ROWNgeyd_2Jih14_u23ARpACsfrKuX2_1Eb3f8uxmxhoC9ugQAvD_BwE

3. A témában fellelhető tudományos kutatások

3.1. Természetes alapú hőszigetelések áttekintése

3.1.1. Tanulmányok keretében vizsgált természetes hőszigetelő anyagok

Sok tanulmány született már mezőgazdasági melléktermékek hőszigetelő anyagként történő hasznosítási lehetőségeinek vizsgálatára, hiszen ezek az anyagok rendszerint nagy mennyiségben termelődnek növénytermesztés vagy állattenyésztés során – megsemmisítésük költséges és magas szén-dioxid kibocsátással jár. Hasznosításuk tehát kettős, akár hármas előnnyel is járhat. Ahogy Bozsaky Dávid fogalmazott doktori disszertációjában, „A természetes hőszigetelő anyagok alapanyaga olyan szerves anyag, ami nagy mennyiségben tartalmaz a levegőből kivont, megkötött széndioxidot. Ha ezek az anyagok elégetés helyett – ami köztudottan CO₂-kibocsátással jár – beépítésre kerülnek, jelentős mértékben növelhető a beépített CO₂ mennyisége, azaz ugyanekkora mennyiség kivonható a légkörből, vagyis csökkenthető a levegőben lévő üvegházhatású gáz koncentrációja. Mindezen túlmenően azt is figyelembe kell vennünk, hogy a természetes hőszigetelő anyagok előállításához sokkal kevesebb fosszilis energiahordozó elégetése szükséges (...).³⁷” Tehát első előny a melléktermék hasznosítása, második előny, hogy a mezőgazdasági termelés során megkötött szén-dioxid továbbra sem szabadul fel, harmadik pozitív hatás pedig a kőolaj alapú vagy hatalmas energia felhasználásával előállított (hőszigetelő-) anyag kiváltása. Az sem elhanyagolható tény, hogy a melléktermékből készülő termék előállítása során sokkal kevesebb energiabefektetés szükséges, mint bármely új termék előállításához.



4. ábra: Hőszigetelő anyagok előállítási energiaigénye

forrás: <https://energiaeskornyezet.hu/8-hirek/47-osszefoglalo-a-szalmabala-hoszigeteles-celu-felhasznalasahoz>

Ebben a fejezetben azokat az anyagokat veszem sorra, amelyeket tudományos kutatás keretében vizsgáltak - sok esetben csak a hőszigetelő tulajdonságokra derül fény, míg beépítési szempontokra és egyéb fontos jellemzőkre nem mindig térnek ki.

³⁷ Bozsaky Dávid: Természetes és mesterséges hőszigetelő anyagok összehasonlító vizsgálatai és elemzése. Doktori disszertáció, 2011 https://mmtti.sze.hu/images/Dokumentumok/Bozsaky_David_disszertacio.pdf

Rizshéj

tanulmány: Panyakaew és Fotios (2008)³⁸

anyag: a rizstermesztés során a magokról letisztított héj, mely pelletként erőművi égetésre vagy élelmiszeripari felhasználásra, esetleg lovak takarmányozására alkalmazható

lokális: a tanulmány a Thaiföldön jellemző mezőgazdasági hulladékokat vizsgálta, mindazonáltal hazánkban is van rizstermesztés, lenne lehetőség a héj felhasználására akár hőszigeteléseként is³⁹

hőtechnika: $\lambda = 0,046\text{--}0,057 \text{ W/mK}$

Gyapot

tanulmány: Zhou és társai (2010)⁴⁰

anyag: a gyapottermesztés során melléktermékként megjelenő gyapotszár

minta: kötőanyag nélkül, melegsajtolással előállított panelek, 150-450 kg/m³

lokális: jellemzően távol-keleti országokban termesztik, legközelebb Görögországban

hőtechnika: $\lambda = 0,0585\text{--}0,0815 \text{ W/mK}$

Cukornád

tanulmány: Panyakaew és Fotios (2008³⁸, 2011⁴¹)

anyag: nádcukor előállítása során fennmaradó darabolt rostos szár (bagasz), mely nem fa alapú hemicellulóz-tartalma miatt bioüzemanyagként is hasznosítható

minta előállítása: kémiai kötőanyag nem szükséges, mivel az anyag lignintartalma természetes ragasztógyantaként működik, magas hőmérsékletű sajtolással táblásítva

lokális: a tanulmány a Thaiföldön jellemző mezőgazdasági hulladékokat vizsgálta, a cukornád termőterülete trópusi, néhány esetben mediterrán éghajlaton található

³⁸ Panyakaew, Satta – Fotios, Steve: Agricultural Waste Materials as Thermal Insulation for Dwellings in Thailand: Preliminary Results. 2008

https://www.researchgate.net/publication/228476468_321_Agricultural_Waste_Materials_as_Thermal_Insulation_for_Dwellings_in_Thailand_Preliminary_Results

³⁹ <https://valoryz.hu/termekek-2/>

⁴⁰ Zhou, Xiao-yan – Zheng, Fei – Li, Hua-guan – Lu, Cheng-long: An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. 2010

https://www.researchgate.net/publication/223086866_An_environment-friendly_thermal_insulation_material_from_cotton_stalk_fibers

⁴¹ Panyakaew, Satta – Fotios, Steve: New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. 2011 <https://sci-hub.se/10.1016/j.enbuild.2011.03.015>

hőtechnika: $\lambda = 0,049-0,055 \text{ W/mK}$

Kókuszszál

tanulmány: Panyakaew és Fotios (2008³⁸, 2011⁴¹)

anyag: a kókuszdió héjának külső kérge, melyből fonál vagy matrac készíthető

minta előállítása: kémiai kötőanyag nélkül, mivel az anyag lignintartalma természetes ragasztóként működik, magas hőmérsékletű sajtolással táblásítva

lokális: a tanulmány a Thaiföldön jellemző mezőgazdasági hulladékokat vizsgálta, a kókuszpálma trópusi éghajlaton terem meg

hőtechnika: $\lambda = 0,046-0,068 \text{ W/mK}$

megjegyzés: A kókuszszál egyedi előnye, hogy nem érzékeny a rothadásra.⁴²

Ananászlevél-rost

tanulmány: Tangjuank és Kumfu (2011)

minta előállítása: természetes kaucsuk kötőanyaggal

lokális: az ananász és a kaucsuk trópusi éghajlaton terem meg

hőtechnika: $\lambda = 0,043-0,035 \text{ W/mK}$

Papirusz

tanulmány: Tangjuank és Kumfu (2011)⁴³

minta előállítása: természetes kaucsuk kötőanyaggal

lokális: a papirusznád Egyiptomban terem, a kaucsuk trópusi éghajlaton termesztethető

hőtechnika: $\lambda = 0,029 \text{ W/mK}$

⁴² Bozsaky Dávid: Természetes hőszigetelő anyagok. 2017

https://www.researchgate.net/publication/322599871_Termeszetes_hoszigetelo_anyagok

⁴³Tangjuank, Singhadej – Kumfu, Supreya: Particle Boards from Papyrus Fibers as Thermal Insulation. 2011

https://www.researchgate.net/publication/241501340_Particle_Boards_from_Papyrus_Fibers_as_Thermal_Insulation

Gyékény

tanulmány: Vėjelienė és társai (2011)⁴⁴

anyag: növény szára

minta előállítása: 2000 Pa terhelés alatt elért sűrűség 61,5 kg/m³

lokáltság: hazánkban is előfordul

hőtechnika: $\lambda = 0,058 \text{ W/mK}$

Pázsitfű

tanulmány: Vėjelienė és társai (2011)⁴⁴

anyag: növény szára

minta előállítása: 2000 Pa terhelés alatt elért sűrűség 110 kg/m³

lokáltság: hazánkban is előfordul

hőtechnika: $\lambda = 0,058 \text{ W/mK}$

Nád

tanulmány: Vėjelienė és társai (2011)⁴⁴

anyag: növény szára

minta előállítása: 2000 Pa terhelés alatt elért sűrűség 76,5 kg/m³

lokáltság: hazánkban is nagy területeken található

hőtechnika: $\lambda = 0,081 \text{ W/mK}$

Árpazalma

tanulmány: Vėjelienė és társai (2011)⁴⁴

anyag: növény szára

minta előállítása: 2000 Pa terhelés alatt elért sűrűség 65,2 kg/m³

lokáltság: hazánkban is termesztett gabonaféle

hőtechnika: $\lambda = 0,62 \text{ W/mK}$

⁴⁴ Vėjelienė, Jolanta – Gailius, Albinas – Vėjelis, Sigitas – Vaitkus, Saulius – Balciunas, Giedrius: Evaluation of Structure Influence on Thermal Conductivity of Thermal Insulating Materials from Renewable Resources. 2011 <https://sci-hub.se/10.5755/j01.ms.17.2.494>

Kukoricaszár blokk

tanulmány: Bozsaky (2011)³⁷

anyag: nagy mennyiségben termelt kukorica melléktermékeként áll elő, szecskázva trágyázásra, pelletáltva vagy brikettálva pedig elégetésre szokás felhasználni biomassza erőműben; kötőanyaga műanyag alapú faragasztó

minta előállítása: aprítás, keverés, ragasztóanyag bekeverése, préselés hidraulikus présben, szárítás

lokális: hazánkban is jelentős mértékű a kukoricatermesztés

hőtechnika: $\lambda = 0,051 \text{ W/mK}$

megjegyzés: A tanulmány termékfejlesztés szintjén vizsgálta az előállított blokkokat, így kitér az anyag vízfelvételére, különböző sűrűség mellett a szilárdsági tényezőkre, dinamikai merevségre és hővezetési tényezőre, mely utóbbit nedvességátvitel függvényében is mérte.

Kukoricacsutka tábla

tanulmány: Pinto és társai (2012)⁴⁵

anyag: kukorica termésének magjait tartó szára (kukoricacső magok nélkül)

minta előállítása: a száraz kukoricacsutkát granulálva, faragasztóval préselik táblává

lokális: hazánkban is jelentős mértékű a kukoricatermesztés

hőtechnika: $\lambda = 0,139 \text{ W/mK}$

megjegyzés: Habár hővezetési tényezője iparosított hőszigetelő termékként nem elfogadható (az ISO 9869 szabvány szerint), a kutatásban vizsgált egyéb anyagjellemzők segítségével könnyen lehetne megfelelő alkalmazási módot találni, további kísérletek során. (Az anyag hasonlatos a parafához, ezt lehetne helyettesíteni vele, amivel megspórolható lenne a szállítás. Ezen kívül padlók rezgésszigetelésre, könnyű válaszfalak és akár bútorok alapanyagaként lehetne alkalmazni.)

⁴⁵ Pinto, Jorge – Cruz, Daniel – Paiva, Anabela – Pereira, Sandra – Tavares, Pedro – Fernandes, Lisete – Varum, Humberto: Characterization of corn cob as a possible raw building material. 2012
<https://cmadeubi.files.wordpress.com/2013/06/characterization-of-corn-cob-as-a-possible-raw-building-material.pdf>

Olajpálma-rost tábla

tanulmány: Manohar (2012)⁴⁶

anyag: pálmazsír-feldolgozóipar mellékterméke, a növény levele magas rosttartalmú

minta előállítása: 100 kg/m³ sűrűség esetén a legoptimálisabb hővezetési tényező

lokáltság: a növény trópusi területeken honos (Délkelet-Ázsia, Nyugat-Afrika)

hőtechnika: $\lambda = 0,057 \text{ W/mK}$

Fakéreg

tanulmány: Ronyecz és Pásztory (2012)⁴⁷

anyag: tölgy, nyár és akác faipari feldolgozás után melléktermékként megjelenő kérge, mely elégetésre kerül általában, néhány fafaj esetén talajtakaró lehet

minta előállítása: aprítás, szárítás, mérés ömlesztve, formában préselve

lokáltság: hazánkban jelentős mennyiség termelődik

hőtechnika: $\lambda = 0,062\text{-}0,098 \text{ W/mK}$

Gyapjú

tanulmány: Zach (2012)⁴⁸

anyag: állati eredetű, a birkatenyésztés folyamatosan újratermelődő mellékterméke, mely az állatok élete során többször, egészségügyi szempontok miatt kerül nyírásra

minta előállítása: tisztított birkagyapjú ömlesztve, préseléssel állítva a sűrűséget, legoptimálisabb hővezetési tényező 40 kg/m³ sűrűség esetén

lokáltság: nagyleptékű birkatenyésztés Európa országaiban, így hazánkban is található

hőtechnika: $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$

⁴⁶ Manohar, Krishpersad: Renewable Building Thermal Insulation – Oil Palm Fibre. 2012

[https://www.researchgate.net/profile/Krishpersad-](https://www.researchgate.net/profile/Krishpersad-Manohar/publication/266411395_Renewable_Building_Thermal_Insulation_-_Oil_Palm_Fibre/links/5697a19e08ae1c4279050bf7/Renewable-Building-Thermal-Insulation-Oil-Palm-Fibre.pdf)

[Manohar/publication/266411395_Renewable_Building_Thermal_Insulation_-](https://www.researchgate.net/profile/Krishpersad-Manohar/publication/266411395_Renewable_Building_Thermal_Insulation_-_Oil_Palm_Fibre/links/5697a19e08ae1c4279050bf7/Renewable-Building-Thermal-Insulation-Oil-Palm-Fibre.pdf)

[_Oil_Palm_Fibre/links/5697a19e08ae1c4279050bf7/Renewable-Building-Thermal-Insulation-Oil-Palm-Fibre.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Krishpersad-Manohar/publication/266411395_Renewable_Building_Thermal_Insulation_-_Oil_Palm_Fibre/links/5697a19e08ae1c4279050bf7/Renewable-Building-Thermal-Insulation-Oil-Palm-Fibre.pdf)

⁴⁷ Mohácsiné Ronyecz Ildikó – Pásztory Zoltán: A tölgy, a nyár és az akác kérgének hőszigetelő képessége. 2015

http://real.mtak.hu/30180/1/37_353_1_PB_u.pdf

⁴⁸ Zach, Jiri – Korjenic, Azra – Petránec, Vít – Hroudová, Jitka – Bednar, Thomas: Performance evaluation and research of alternative thermal insulations based on sheep wool. 2012 [https://sci-](https://sci-hub.se/10.1016/j.enbuild.2012.02.014)

[hub.se/10.1016/j.enbuild.2012.02.014](https://sci-hub.se/10.1016/j.enbuild.2012.02.014)

Faforgács

tanulmány: Rébék-Nagy és Pásztory (2014)⁴⁹

anyag: fűrészipar gyalugépeinek forgácsa melléktermékként jelenik meg

minta előállítása: mérés ömlesztett formában

lokális: fafeldolgozás hazánkban is jellemző

hőtechnika: $\lambda = 0,064 \text{ W/mK}$

Madártoll

tanulmány: Rébék-Nagy és Pásztory (2014)⁴²

anyag: nagyüzemi baromfitartás melléktermékként, az állatok vágása során keletkezik

minta előállítása: mérés ömlesztett formában

lokális: nagyüzemi baromfitartás hazánkban is jellemző

hőtechnika: $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$

3.1.2. Kutatások eredményeinek értékelése, javasolt fejlesztési irányok

Mindenképpen pozitív jelenség, hogy ezen az anyagok hőszigetelő tulajdonságát kutatni kezdték. A mérések során kapott hővezetési tényezőket terméktervezés során még szabvány szerint deklarálni kell, így kiszűrhetőek az anyag egyenetlenségei és a mérési módszer pontatlanságai – így kb. 0,005-tel nagyobb értékkel kell számolnia majd a tervezőnek. Nyilvánvalóan csak az itthon előforduló anyagokkal érdemes további kutatásokat végezni, a szállítás szén-dioxid kibocsátását kerülendő. A felsorolt példák közül több van, amik (szalma, fakéreg, gyapjú) melléktermékként hazánkban is problémát jelentenek, másodlagos nyersanyagként célszerű hasznosítani. Fontos szempont a segédanyagok természetessége, hiszen például a műanyag alapú faragasztó a környezettudatosságnak ellentmond – habár még mindig jóval kevesebb műanyag kerül így felhasználásra, mint a műanyag szigetelőhabok esetén – és vélhetően a páradiffúziós képességet is befolyásolja. Az ömlesztett formában mért anyagoknál kérdés, hogy lehet-e a befűjt szigetelések módszerét alkalmazni, vagy milyen más formában lehet beépíteni. A befűjt szigeteléseknél továbbá felmerülő probléma, hogy a műanyagfóliák megfelelőek-e páratechnikai szempontból, milyen tartóvázra lehet szerelni, és

⁴⁹ Rébék-Nagy Péter – Pásztory Zoltán: Természetes anyagok szigetelőképessége. 2014
http://real.mtak.hu/24529/1/6_167_1_PB_u.pdf

újra felmerül a kérdés, hogy feltétlenül műanyaggal tudunk csak megoldani valamit, vagy van esetleg más lehetőség.

3.2.1. Természetes alapú hőszigetelőanyagok a piacon^{42 50}

Forgalomban beszerezhető természetes alapú és hulladékok újrahasznosításával készülő hőszigetelő anyagok adatainak összegyűjtését az alábbiakban végzem el. Számomra most az anyagok természetessége és a termék szállítási igénye fontos, a beépíthetőséggel párhuzamosan.

Kőzetgyapot

alapanyag: vulkáni működés eredményeképpen létrejövő bazaltkő⁵¹

mellékanyag: bakelit (műgyanta), impregnáló olaj

lokális: van magyar gyár, mely hazai alapanyagból dolgozik (Rockwool leányvállalata Tapolcán)⁵²

termék: tábla

tűzvédelmi osztály: A1

hőtechnika: $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$

Üveggyapot

alapanyag: kvarchomok és hulladék üveg

mellékanyag: hamu, mészkő, esetleg kötőanyag, mely a mechanikai tulajdonságokat javítja

lokális: Európában több gyár, hazánkban még nem gyártják, csak forgalmazzák

termék: tekercs, tábla, fújható

tűzvédelmi osztály: A1

hőtechnika: $\lambda = 0,044 \text{ W/mK}$

⁵⁰ Bozsaky Dávid: Építési hőszigetelő anyagok, Budapest: TERC Kiadó, 2017, 70-117.

⁵¹ <https://www.rockwool.com/hu/inspiralo-ismeretek/a-kozetgyapot-elonyei/>

⁵² <https://www.proidea.hu/sajtokozlemenyek-6/rockwool-hungary-tapolcai-gyar-12352.shtml>

Cellulóz

alapanyag: erdőgazdálkodás, mezőgazdasági melléktermék, papírhulladék

mellékanyag: bórax, magnézium-szulfát

lokálitás: hazánkban is van gyár⁵³

termék: paplan, ömlesztett vagy szórt szigetelés

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,045-0,055 \text{ W/mK}$

megjegyzés: tartószerkezeteket méretezni szükséges a cellulózszigetelés súlyára

Lenrost

alapanyag: mezőgazdaság

mellékanyag: ragasztó (pl. burgonyakeményítő), bórax, bórsav, stb.

lokálitás: jelenleg nem termesztene hazánkban lent

termék: paplan, tekercs, tábla

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,037-0,045 \text{ W/mK}$

Pamut

alapanyag: textilipari melléktermék újrahasznosítása, mezőgazdaság (friss gyapot)

mellékanyag: bórsav, táblásítás esetén poliészter szál

lokálitás: textilipari hulladék hazánkban is, friss gyapot legközelebb Görögországból

termék: paplan, filctekercs, kasírozott paplan, kasírozott filc, ömlesztett

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,04-0,0815 \text{ W/mK}$

Gyapjú

alapanyag: mezőgazdasági melléktermék

mellékanyag: poliészterszál, bórax

⁵³ <https://www.cellutech-szigeteles.hu/>

lokálitás: hazánkban is lenne hozzá alapanyag, gyár viszont nincs, így csupán forgalmazzuk az európai alapanyagból készült szigetelőanyagot

termék: paplan, filctekercs, tömítés

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,035-0,04 \text{ W/mK}$

Kenderrost

alapanyag: mezőgazdaság

mellékanyag: természetes alapú ragasztó (pl. burgonyakeményítő)

lokálitás: hazánkban is van alapanyag, de nincs szigetelőanyag-gyár, csak forgalmazás

termék: paplan, szőnyeg, tábla

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,0585-0,0815 \text{ W/mK}$

Kókuszszál

alapanyag: mezőgazdaság

mellékanyag: bórsav/ bórax

lokálitás: trópusi éghajlaton terem

termék: paplan, kompozit tábla

tűzvédelmi osztály: C

hőtechnika: $\lambda = 0,04-0,05 \text{ W/mK}$

megjegyzés: rothadásra nem érzékeny

Száritott tengerifű, neptunfű

alapanyag: tengerparti hulladék a növény elhalt részeiből

mellékanyag: bórsav

lokálitás: neptunfű csak Földközi-tengerben, tengerifű Atlanti- és Csendes-óceánok partvidéke

termék: ömlesztett, paplan

tűzvédelmi osztály: C

hőtechnika: $\lambda = 0,0585-0,0815 \text{ W/mK}$

megjegyzés: rothadásra nem érzékeny

Parafa

alapanyag: mezőgazdasági melléktermék

mellékanyag: nincs, saját gyantatartalma tartja össze

lokális: főleg Atlanti-óceán partvidékén terem

termék: tábla, lap

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,037-0,06 \text{ W/mK}$

Fagyapot

alapanyag: erdőgazdálkodás (fenyő, nyár)

mellékanyag: cement/ magnezit, só

lokális: hazánkban Alsónemesapátiban van egy Heraklith gyár

termék: lemez

tűzvédelmi osztály: A2-B

hőtechnika: $\lambda = 0,07-0,09 \text{ W/mK}$

Farost

alapanyag: papírgyártás mellékterméke

mellékanyag: ragasztó

lokális: alapanyag hazánkban

termék: lemez, ömlesztett

tűzvédelmi osztály (lemez): E

hőtechnika: $\lambda = 0,038-0,09 \text{ W/mK}$

Faforgácslap

alapanyag: fűrészipar mellékterméke

mellékanyag: műgyanta

lokális: alapanyag hazánkban

termék: lemez, kompozit hőszigetelő lemez tartórétege

tűzvédelmi osztály: D

hőtechnika: $\lambda = 0,055\text{-}0,1 \text{ W/mK}$

Nádpalló

alapanyag: közönséges nád szára

mellékanyag: nincs, drótokkal és drótkapcsokkal rögzítik

lokális: alapanyag hazánkban

termék: lemez

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,042\text{-}0,06 \text{ W/mK}$

Szalmabála

alapanyag: mezőgazdasági melléktermék, gabonafélék szárából préselt téglalakú nagybála (40x50x80 cm)⁵⁴

mellékanyag: kötöző (polipropilén, kender vagy fém huzal)

lokális: hazánkban

termék: termékként nincs jelen az építőipari piacon

tűzvédelmi osztály: E

hőtechnika: $\lambda = 0,038\text{-}0,072 \text{ W/mK}$

Üveghab

alapanyag: üveghulladék

mellékanyag: nincs

lokális: hazánkban is van (magyar tulajdonú) gyár Debrecenben⁵⁵

termék: granulátum, tábla

tűzvédelmi osztály: A1

hőtechnika: $\lambda = 0,086 \text{ W/mK}$

megjegyzés: teherbírása és fagyűrése miatt padló alatti, alapozás melletti és lábazati helyzetbe is beépíthető, a debreceni gyártó szerint primer energiaigénye 140 kWh/m^3 ⁵⁵

⁵⁴ http://www.sze.hu/ep/arc/ymmf/11Epites_szalmabalabol.pdf

⁵⁵ <https://www.energocell.hu/uveghab-gyartas/>

3.2.2. Piaci termékek értékelése, választási szempontok

Beépíthetőség egyik feltételként fontos tulajdonság az anyagok tűzvédelmi (Euroclass-) osztálya. Azt látjuk, hogy a természetes alapú szigetelőanyagok jellemzően E osztályba sorolhatók, vagyis nagymértékben részt vesznek a tűzben, 10 percen belül már meggyulladnak. Hasonlóan a legáltalánosabban használt extrudált polisztirolhoz, lakóépületeknél használható. Menekülési útvonalakon, középületeken, homlokzati tűzterjedés ellen csak A1, A2 besorolású anyagokat lehet beépíteni, itt természetes, bár nagy energiaigényű építőanyag a kőzet- és üveggyapot, valamint az üveghab.

A felsorolt anyagok nagy része nem komposztálható, mivel szintetikus adalékanyagokat adnak hozzá. A hazánkban is fellelhető növényi alapú szigetelések nedvességnek kitett helyre nem építhetők be, mivel rothadásra hajlamosak.

A legtöbb említett szigetelést mechanikai védelemmel kell ellátni, tehát érdemes egy vízzáró, szilárd burkolat mögé beépíteni.

3.2. Textilhulladékok építőipari hasznosíthatóságának lehetőségei

3.2.1. Szűrőréteggént

Ezt a lehetőséget korábban említettem, nem megyek bele részletesebben. Annyit viszont érdemes megemlíteni, hogy Magyarországon is létező gyakorlat: egy szegedi telephelyű cég Zoknicser⁵⁶ program néven gyűjt be használt zoknikat, és ezekből készít például geotextíliát, tűnemezelt filcet.

3.2.2. Hőszigetelő képesség javítása érdekében

Említésre érdemes kísérletet végzett Briga-Sá társaival 2022-ben⁵⁷, amikor cementes keverékbe keverték textilhulladékot különböző arányban. Nem-teherhordó blokkokat akartak így előállítani, lehetőleg az átlagosnál jobb hőszigetelő képességgel. Az eredményt 0,149 W/mK-ig sikerült lecsökkenteni.

⁵⁶ <https://zoknicser.hu/>

⁵⁷ Briga-Sá, Ana – Gaibor, Norma – Magalhaes, Leandro – Pinto, Tiago – Leita, Dinis: Thermal performance characterization of cement-based lightweight blocks incorporating textile waste. 2022
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822000241>

3.2.3. Hőszigetelő anyagként

Két gyártó kifejlesztett termékekkel szolgál a témakörben. Az amerikai Bonded Logic Inc.²⁷ hőszigetelőgyártó cég Ultra Touch DENIM terméke 80%-ban használt farmerek feldolgozásával készít paplant, melyet perforációk segítségével könnyen méretre lehet vágni. A termékek hangszigetelő képessége is kiemelkedő a hőszigetelők között. A másik cég, a szlovák Envirotex⁵⁸, szélesebb körűen használja fel a textilhulladékot – hőszigetelés mellett rezgésszigetelés, zajvédő falak és vízvisszatartó talajfeltöltések készítéséhez is gyártanak termékeket.

Tudományos kutatásokban is többféle megoldást vizsgáltak (deklarálás nélküli értékek).

Briga-Sá és társai (2012)⁵⁹ kéthéjú falazatba építve vizsgálták 100% akril (poliakrilnitril, egyfajta műanyag) kötött anyagdarab, illetve ezek gyártási hulladékainak a hőszigetelő képességét. A két fal közé ömlesztett nagyobb darabokból álló töltetre 0,044 W/mK hővezetési tényezőt kaptak.

Sedlmayer és társai (2015)⁶⁰ ismert összetételű kevert szálás minták hővezetési tényezőjét és dinamikai merevségét vizsgálták. A hulladék textilanyagokat kismértékben átalakították - tépés, foszlatás és felületkezelés. Mért eredményeik $\lambda = 0,036 - 0,042$ között mozogtak.

El Wazna és társai (2017)⁶¹ két akril és két gyapjú mintát állítottak elő géppel, nemezeléshez hasonló módon. Így 25-60 kg/m³-es sűrűséget értek el, amit vizsgálva 0,0339 – 0,0355 hővezetési tényezőket kaptak.

Dissanayake és társai (2018)⁶² szintetikus alapú (nejlon, spandex és poliuretán) szabászati hulladékból sajtolással állítottak elő paneleket. Legoptimálisabb összetétel esetén értek el 0,0953 W/mK hővezetési tényezőt.

⁵⁸ <https://envirotex.eu/hu/>

⁵⁹ Briga-Sá, Ana – Nascimento, David – Teixeira, Nuno – Pinto, Jorge: Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. 2013
https://www.researchgate.net/publication/235953688_Textile_waste_as_an_alternative_thermal_insulation_building_material_solution

⁶⁰ Sedlmayer, Martin – Zach, Jirí – Peterková, Jitka: Possibilities of Development of Thermal Insulating Materials Based on Waste Textile Fibers. 2015
https://www.researchgate.net/publication/283170111_Possibilities_of_Development_of_Thermal_Insulating_Materials_Based_on_Waste_Textile_Fibers

⁶¹ El Wazna, Mohamed – El Fatihi, Mohamed – El Bouari, Abdeslam – Cherkaoui, Omar: Thermo physical characterization of sustainable insulation materials made from textile waste. 2017
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710217300621>

⁶² Dissayanake, Kanchana – Weerasinghe, Dakshitha – Wijesinghe, Pramodya: Developing a compression moulded thermal insulation panel using postindustrial textile waste. 2018

4. Saját méréseim

4.1. Hővezetési tényező vizsgálata

4.1.1. Vizsgált minták leírása

K és P minta: Kevert szálás és tisztán pamut szálás szabászati textilhulladékból készült párna. A párnák a Fandaro magyarországi cég termékei, melyeket mélyhűtött élelmiszerek szállításához használható hőszigetelő csomagolásként forgalmazznak. A töltete szabászatokból, varrodákból kikerülő tiszta anyagmaradék, amit tépő-, majd farkasológépekkel vattaszerűvé alakítanak. Az termékek gyártásához szintetikus adalékanyagot alkalmaznak, ez azonban csak az élelmiszeripari hasznosítás miatt szükséges, megoldható természetes anyaggal is. A gyártás folyamata 400 kWh energiát igényel tonnánként, az ökológiai lábnyoma körülbelül 0,4 kg széndioxid egyenérték, a belső tér porterhelése munkavédelmi eszközök használatát igényli, de nem jelentős, nem irritatív. A tranziens mérési módszerrel a gyárilag beállított sűrűségű, 4 cm vastag párnákat mértem. A peremvédett segédfűtőlapos berendezésnél a sűrűség szabályozhatósága miatt egy keretben (grafitos polisztirol) helyeztem el a töltetet, a keret aljára és tetejére a párna huzatából ragasztottam egy-egy darabot.



Pamut szálás párna



Párnák töltete



Kevert szálás töltetű próbatest

S és H minta: Kíváncsi voltam, hogy a használt ruhák mennyire jó hőszigetelők, tisztán, méretre vágva, további feldolgozás nélkül. Ehhez két próbatestet készítettem vegyes anyagokból, az „S” jelű mintát a hőáram irányára merőlegesen rétegeztem, a „H” mintát a hőáram irányával párhuzamosan, ez utóbbit körbetekertem egy pamutvászonnal, hogy ne essen szét mérés során.

M minta: A próbatestek készítése során kimaradt anyagokat összevágtam 4 cm-nél kisebb darabokra, és lazán egy pamutvászon huzatba töltöttem.



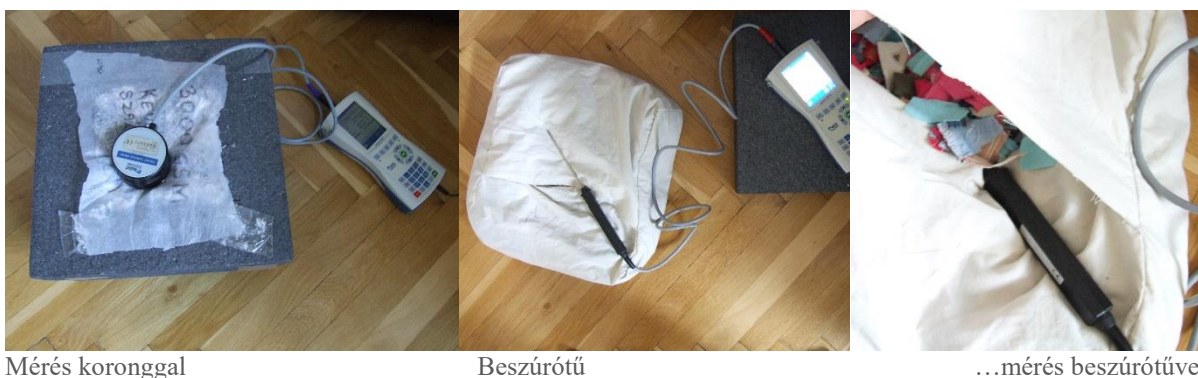
4.1.2. Mérési módszerek leírása

Ebben a mérésben segítségemre volt Dr. Nagy Balázs egyetemi adjunktus, akivel az Építőanyagok és Magasépítés Tanszék Épületfizika Laboratóriumában mérhettem.

Módosított tranziens sík forrás módszer (MTPS) és tranziens vonal forrás módszer (TLS):

A mérési módszer megmutatja az anyag hővezetési tényezőjét és megbecsüli a hőkapacitását, ill. fajhőjét. A koronggal (MTPS) kezdtem a méréseket a párnákon. Mivel itt még nem ismertem a hőszigetelési képességét, ezért a mintát különböző felületekre helyezve mértem – grafitos EPS, üveg, fa. Ezzel ellenőriztem, hogy az eszköz nem számítja bele a minta alatti anyagok hővezetését az eredménybe.

A beszúrótű (TLS) esetén a korongos mérés eredményeitől jelentősen eltérő értékek adódtak, ez annak köszönhető, hogy a beszúrás mentén a párnák töltete csomókban összeállt, ill. a réteges anyagok közé beszúrva is részben nem az anyaggal, hanem a levegővel érintkezett a pálca felülete. Így ezek az eredmények pontatlanságuk miatt nem vehetők figyelembe.



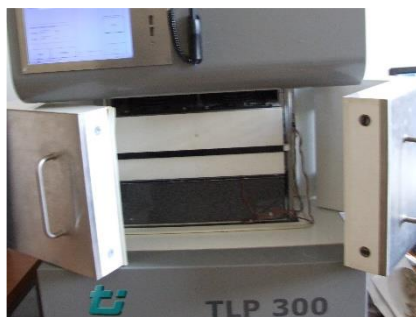
Peremvédett segédfűtőlapos berendezés (GHP, stacioner módszer, MSZ EN szabványos):

Típusa: Taurus TLP 300 DTX. A mérőeszköz egy 30x30 cm-es alapterületű hőszigetelt dobozban végzi a mérést, a vizsgált anyag két oldalán, a középső 10x10 cm-en 5-5 darab

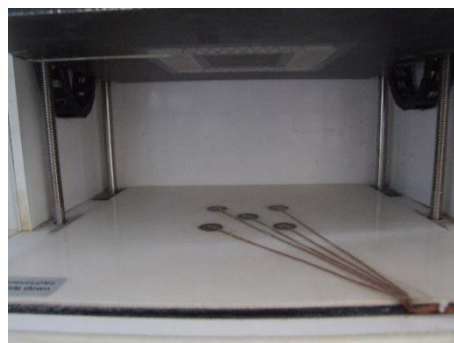
szenzor méri a hővezetést. A pontos érintkezés érdekében az anyagot kismértékben nyomás alá lehet helyezni. A gép először temperál, adott hőmérsékletre fűti/hűti a mintát, majd 10, 20 és 30°C-os hőmérsékletkülönbséget hoz létre az anyag két felülete mentén.



Peremvédett segédfűtőlapos berendezés



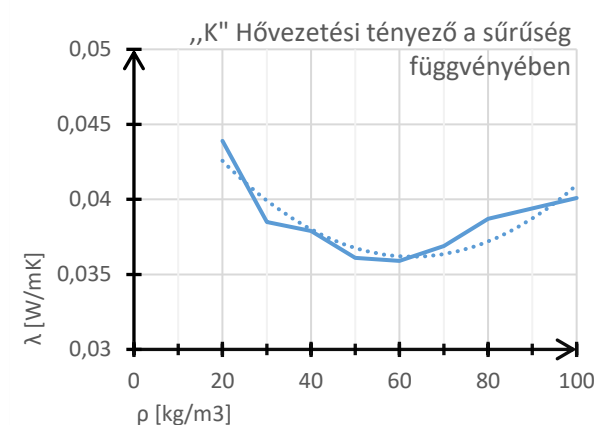
...minta behelyezve



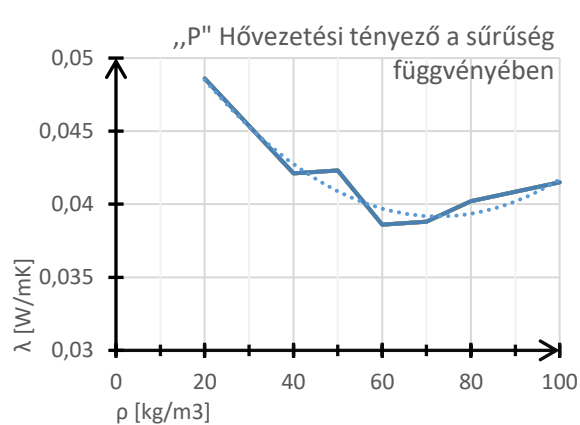
...szenzorok a mérési felületen

4.1.3. Mérési eredmények

K és P jelű minták mérési eredményei: A párnákat tranziens módszerrel mértem, ezek sűrűsége 61, ill. 63 kg/m³. Az így kapott eredményeknek az átlagát vettem. Majd a pamut és a kevert szálal töltettel készült próbatesteket a peremvédett segédfűtőlapos berendezésben különböző sűrűséggel vizsgáltam – 20, (30), 40, 50, 60, 70, 80, 100 kg/m³ – így keresve meg a legoptimálisabb sűrűséget, ahol a legalacsonyabb a hővezetési tényező értéke. A legoptimálisabb sűrűség 60 kg/m³, így ezen a sűrűségen újra végeztem korongos méréseket.

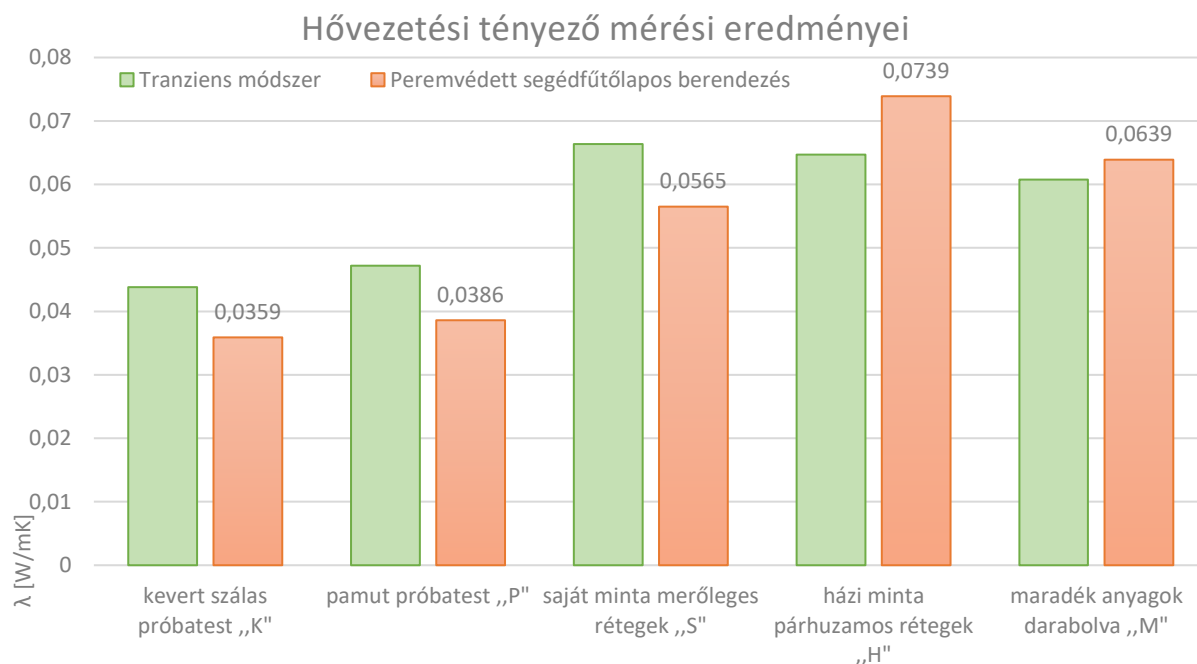


GHP mérési eredményei sűrűség függvényében



S, H és M jelű minták mérési eredményei: Ugyanazokat a próbatesteket mértem a kétféle mérőeszközzel. Ahogy az várható volt, a különösebb feldolgozás nélkül előállított próbatestek – ahol az anyagok szövete nincs szétbontva – nem teljesít egy hagyományos szigetelésnek megfelelően. Az ISO 9869 szabvány szerint az iparosított hőszigetelő anyag hővezetési tényezőjének kisebbnek kell lennie, mint 0,065 W/mK. Mivel ezek házilag készült minták, ezért

ezekre ez a követelmény nem vonatkozik, mégis azt tapasztaltam, hogy a határérték közelében mozog a lambda értéke.



A tranziens korongos mérés majdnem minden esetben magasabb értéket, vagyis rosszabb hővezetési tényezőt mutatott. A peremvédett segédfűtőlapos berendezésben mért értékek pontossága $\pm 2\%$, a korongos mérési eredményeké $\pm 5\text{-}15\%$.⁶³

Szabványos mérés a peremvédett segédfűtőlapos berendezéssel lehetséges, érdemes lenne több mérést elvégezni, rögzített környezeti feltételek mellett, hogy lehessen deklarált értéket számítani.

A kevert szálak és pamut szálak minták közötti különbség megértése érdekében pásztázó elektronmikroszkóppal képeket készítettünk Csanády Dániel doktorandusz segítségével.



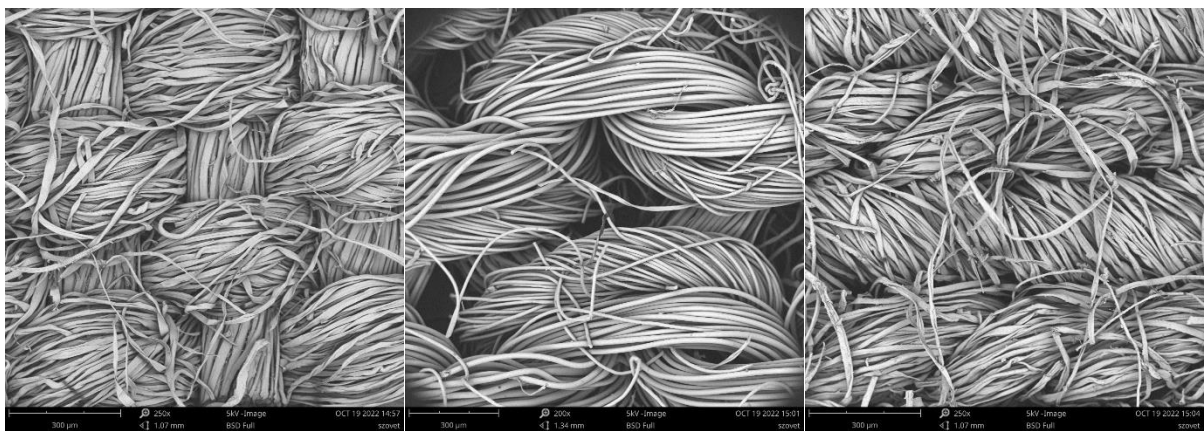
Pamut szálak vatta mikroszkóp alatt, egyre nagyobb nagyításban – látható a barázdált felület

⁶³ <https://thermtest.com/thermal-resources/compare-thermal-conductivity-measurement-methods>



Kevert szálak vatta mikroszkóp alatt, jobb oldalt nagyobb nagyításban

Érdekességképpen és az összehasonlíthatóság érdekében a darabolt szöveteket is megnéztük elektronmikroszkóppal.



Pamutvászon

Poliészter gépi-kötött anyag

Len-pamut szövet

A szálszerkezet vizsgálata alapján kiderült, hogy a kevert szálak minták szálszerkezete sokkal lazább. A mesterséges szálak vastagabbak, felületük sima, hengeres, lapított vagy oktaédes. A pamut anyag bontás során kevésbé esik szálaira, a csavart szálak erősebb kötegeket alkotnak, a súrlódás a rostok érdes és barázdált felületéből adódik. Vélhetően, ha a pamut textildarabokat alaposabb vagy többszöri farkasolásnak, azaz szálakra bontásnak vetik alá, el lehet érni ugyanazt a laza szálszerkezetet, mint a kevert szálak mintánál, talán még ugyanazt a hővezetési tényezőt is.

4.2. Akusztikai mérés – hangelnyelés vizsgálata

Egy helyiség visszhangosságát, zengősségét a határoló felületek hangelnyelésének növelésével hatékonyan lehet csökkenteni. A zengősség csökkentésével a helyiségben keltett zaj is kisebb eredő zajszintet állít elő, tehát a zengősség csökkentésével zajcsökkentés is elérhető.

A hangelnyelés többféle módon jöhet létre. Az egyik leggyakoribb hangelnyelési mechanizmus a porózus, szálás anyagok hangelnyelése: az anyagot alkotó szálak közé behatoló hanghullám energiája azért csökken, mert a mozgó levegőrészecskék a szálakba ütköznek, azokkal súrlódnak, a részecskék mozgási energiája hővé alakul. Ehhez a hangelnyelési mechanizmushoz tehát olyan anyagra van szükség, amely szálás, porózus szerkezetű. A vizsgált minták ezek alapján várhatóan jó hangelnyelési képességgel rendelkeznek, ezért a minták hangelnyelési tényezőjét mértem.

4.2.1. Vizsgált minta

A vizsgált anyag – hasonlóan a hővezetési tényező méréséhez rendelkezésemre bocsátott anyagokhoz – a Fandaro terméke. Töltete szabászati textilhulladékból készült „vatta”, mely fátýolszerű anyagból készült huzatban van. Egyik oldalán műanyag fólia is található (mivel a termék hűtött élelmiszerek csomagolásával érintkezik), erre az oldalára fektettem a mintát akusztikai mérés során, így a fólia nem befolyásolja a textilhulladék hangelnyelési tényezőjének mérését - feltételezhetően jobb eredményt kapunk a puha, fólia nélküli oldalon.

Az anyagból rendelkezésemre állt 5 db, átlagosan 1,774 x 0,387 m méretű, 2 cm vastag, 2 db 30 x 39 cm méretű, 3 cm vastag és 2 db 31 x 35 cm méretű, 4 cm vastag párna. Ezeket a képen látható elrendezés szerint egymás mellé helyeztem, hogy az élek elhanyagolásából adódóan minél kisebb legyen a pontatlanság. Így a párnákból képzett hangelnyelő felület

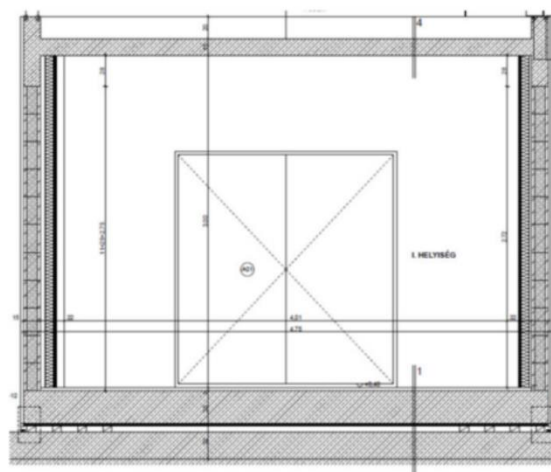
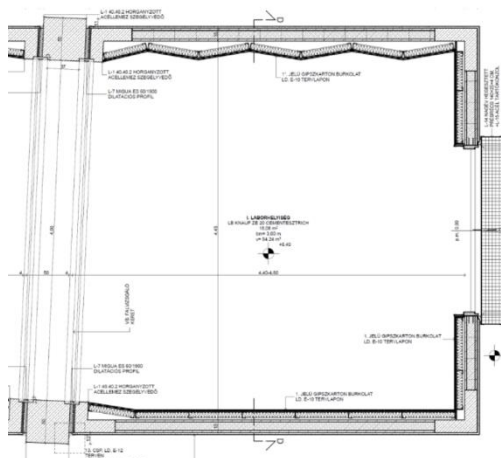


mérete 3,88 m². A padlóra helyezett lapok élei is hangelnyelőként működnek, ezért a hangelnyelési tényező számításánál ezeket is figyelembe vesszük, így pontosabb eredményt

kapunk: az élek becslő felülete $0,2 \text{ m}^2$, a helyiségben hangelnyelést okozó teljes, megnövelt felület: $4,08 \text{ m}^2$.

4.2.2. Mérési módszer leírása

Ebben a mérésben segítségemre volt Nagy Attila Balázs laborvezető, akivel az Épületakusztikai Laboratórium egyik helyiségében vizsgálhattuk meg a mintákat. Hangelnyelés mérésére használatos mérési módszert használtunk, az MSZ EN ISO 354⁶⁴ számú szabvány alapján, bár nem teljesen a szabvány szerint. A szabvány zengőszobában mérést ír elő, az erre vonatkozó feltételek nem teljesültek maradéktalanul: a mérésre szolgáló helyiség a szükségesnél kisebb térfogattal ($V=54,24 \text{ m}^3$) rendelkezik, és nem biztosítható tökéletesen az egyenletes hangenergia eloszlás – mivel a mennyezet és a padló párhuzamos, így állóhullámok esetenként kialakulhatnak.



Laboratórium méréshez használt helyiségének alaprajza és metszete (mérés során a ferde falkeretben gipszkarton fal volt beépítve)

⁶⁴ <https://ugyintezes.mszt.hu/webaruhaz/szabvany-adatok?standard=111155>

Mérés menete: Zengőszobában rózsazaj kibocsátása majd a forrás kikapcsolása után mértük a hangnyomásszint-csökkenést, a mérőberendezés ez alapján határozta meg az utózengési időt. Rózsazajnak hívjuk azt a zajt, amelyben egyidejűleg az összes oktávsvámban azonos energiájú hang van jelen, ez az ún. fehérzajnak egy módosított változata. A mérés során azt vizsgáljuk, hogy az egyes oktávsvámban mennyi idő szükséges



ahhoz, hogy a hangenergia a kezdeti érték egy század részére csökkenjen, és ebből becsüljük az energia egy milliomod részére csökkenéshez szükséges időt, az utózengési időt. Az így meghatározott értéket T20-nak nevezzük (a 100-ad részre csökkenés 20 dB csökkenést jelent, innen a jelölés). Egy forrás-vevő pár esetén 6-13 alkalommal végeztünk mérést. A mérés idejére a helyiségből kimentünk, így a jelenlétünk nem befolyásolta a hangenergia csökkenését. Az ajtó zárása előtti és nyitása utáni néhány mérést nem vettük figyelembe. A hangszórót és a mikrofont többször áthelyeztük, így a tér különböző pontjaiban kapott mérések átlagolásával kapjuk a mérési eredményt. Előbb a lehelyezett mintákkal végeztük el a mérést, majd az üres szobában.

Számítás: A kapott utózengési idők oktávsvábonkénti átlagát vettem, majd a Sabine-képlet segítségével kiszámoltam a helyiség egyenértékű elnyelési felületét (A_s). A mintával teli szoba és az üres szoba egyenértékű elnyelési felületének különbsége a mintaanyag elnyelési felületét jelenti. A minta egyenértékű elnyelési felülete (A_{anyag}) az anyag felületének (S_{anyag}) és hangelnyelési tényezőjének (α) szorzata.

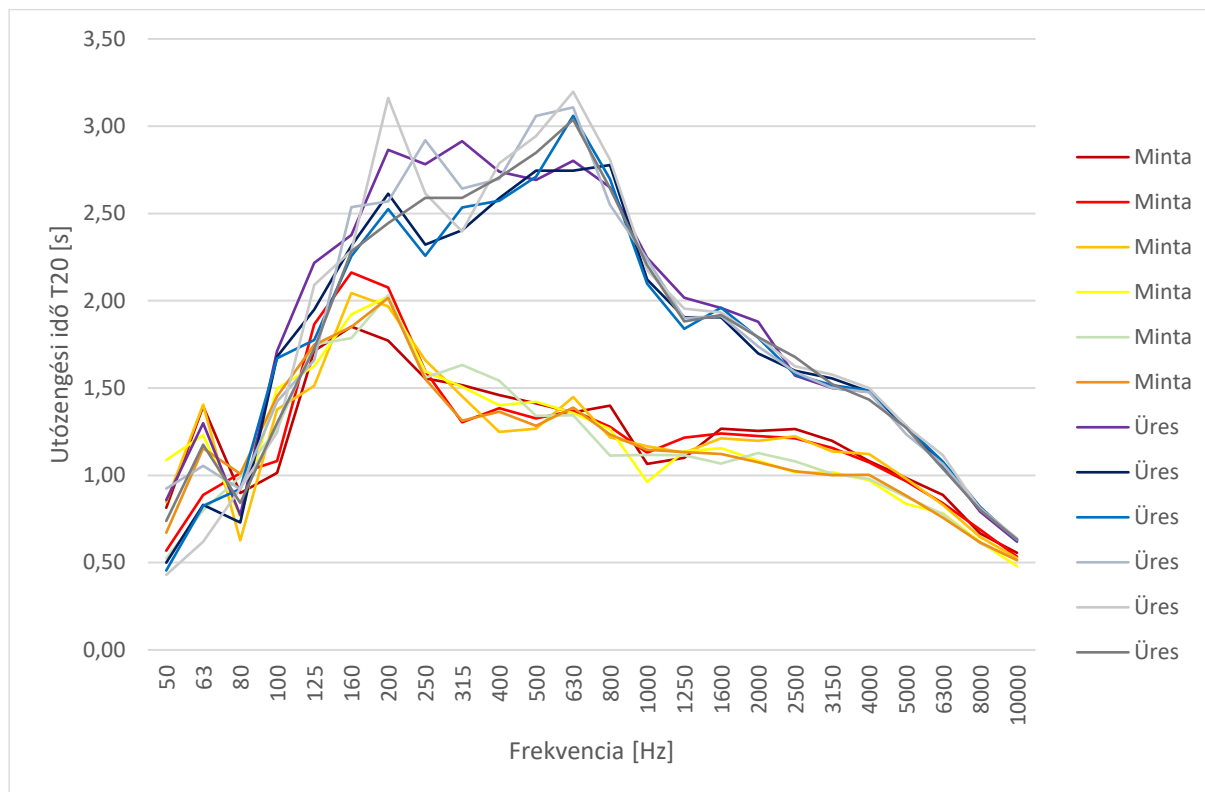
$$A_s = 0,161 \times \frac{V}{T};$$

$$\alpha = \frac{A_{anyag}}{S_{anyag}}$$

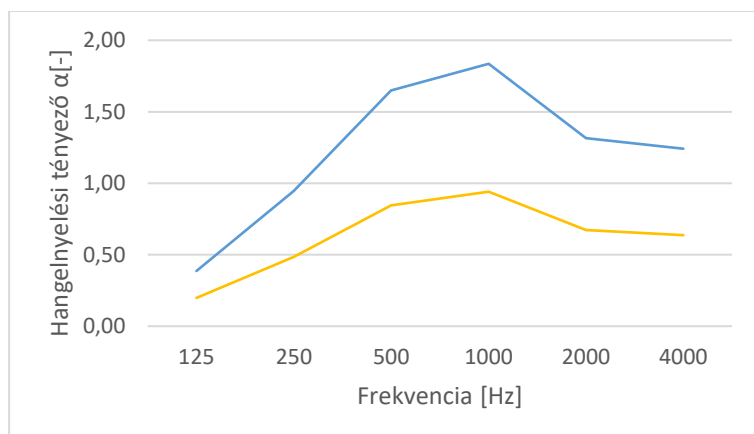
Mivel a mérés 63 Hz frekvencián nem megbízható a szoba kis méretéből adódó állóhullámok miatt, ezen az oktávsvábon mért eredményeket nem vehetem figyelembe. A mérést a 4000 Hz-es oktávsvágig értékeltük ki, ami megfelel a hangelnyelő anyagokról elérhető leggyakoribb adatszolgáltatások felső határának. Efölött a hangelnyelést már a levegő is jelentős mértékben befolyásolja, és a hangsugárzónk sem volt alkalmas a mérésre.

4.2.3. Mérési eredmények

A mérési eredményekből látható, hogy mely frekvenciában mennyi ideig tart a zaj lecsengése.



A magasabban futó értékek, nagyobb utóhangési idők az üres zengő szobához tartoznak, az alacsonyabb értékek a mintákkal teli szobában mért utóhang. Tehát a mintaanyagunknak van érzékelhető hangelnyelése. A fentiek szerint kiszámítva megkaptuk a hangelnyelési tényező oktávsávonkénti értékét. Sárga görbe jelzi a kizárólag a párnák felszínével kapott hangelnyelést, a kék görbe azt mutatja, amikor a teljes felszínbe beleszámítottam az agyag élének becsült felületét is, tehát a nagyobb felülethez alacsonyabb hangelnyelés adódik, ezzel a biztonság javára tévedünk. A kék görbén megjelenő 1-nél nagyobb értékek is azt mutatják, hogy az élek felülete nem hanyagolható el, hiszen a hangelnyelési tényező 0 és 1 közötti érték kell legyen.



Összehasonlítva más, kereskedelmi forgalomban kapható hangelnyelő burkolatok hangelnyelési tényezőjével látható, hogy a Fandaro termékének hangelnyelése jelentős, az anyag tehát hangelnyelő burkolatként alkalmazható. Ezen kívül a jó hangelnyeléséből, az anyag szerkezetéből és fajlagos tömegéből adódóan az is valószínűsíthető, hogy szerelt falszerkezetekben a belső, hangelnyelő tulajdonságú ásványgyapot szálal réteg helyett is alkalmazható, tehát hangszigetelő szerkezetben is felhasználható.

5. Konklúzió

Az elemzett probléma súlyossága mellett komolyan inspirált Temesi Apol doktori értekezése⁶⁵, melyben az anyag tiszteletéről ír. Művészeti alkotómunkák alapjaként fókuszál rá az alapanyag tulajdonságai megismerésének fontosságára, de szemléletének kifejtésével rámutat, hogy ez a tisztelet más területeken használt anyagokat is megillet. Hiszen ha ismerjük az anyag tulajdonságait, képességeit, csak akkor tudjuk megfelelően használni, megfelelő helyre beépíteni, megfelelő feladatra alkalmazni. Amennyiben a divatipar hulladékára nyersanyagként tekintek, úgy meg kell ismernem a benne rejlő potenciált.

Saját méréseim alapján a párnák töltetére 0,0359-0,0471 W/(mK) értéket kaptam, míg a különböző szövetből készült minták 0,0565-0,0739 W/(mK) hővezetési tényezővel rendelkeznek. A párnák hangelnyelése is jelentős, így mindenképp érdemes foglalkozni a textilhulladék építőipari hasznosíthatóságával. Reménytelen eredményeket láttam a korábbi kutatások alapján is. Részletesebb vizsgálatokat lehetne még végezni, például magasabb páratartalom hatásáról a hőszigetelő képességre, a léghanggátló képességéről, káros illékony szerves vegyületek kipárolgásának mértékéről. Érdekelne, hogy lehet-e a pamut szálakat is annyira laza szerkezetűvé szétbontani, mint a szintetikus szálakat, és ha igen, akkor milyen hővezetéssel bírna. Jobban körbe lehetne járni a beépíthetőség kérdését, időbeni roskadását, burkolat megoldási lehetőségeit külső-belső felhelyezés esetén.

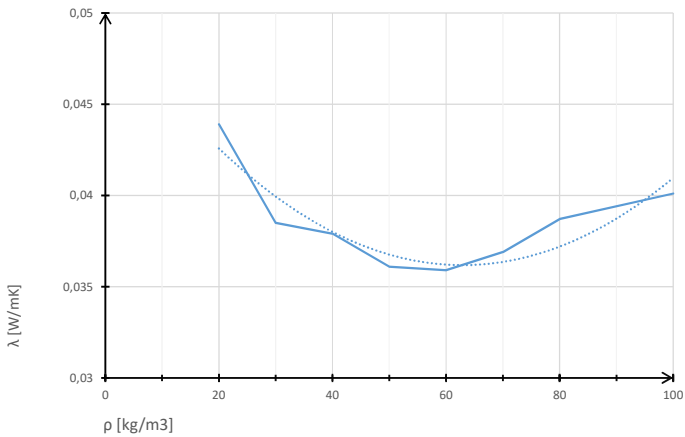
⁶⁵ Temesi Apol: Helyreállító nyersanyag-centrikus tervezés. Doktori értekezés, 2021
<https://corvina.mome.hu/dsr/access/64e8e540-6b46-4aba-aa27-8088d1dfbd91>

											
Kevert szálas párna	próbatétel:			töltet:							
mérőeszköz	mérés jele/szám	mérés alatti felület	hogyan	λ [W/mK]	c·p [10 ⁻⁶ J/m ³ K]	ρ [kg/m ³]	a [10 ⁻⁶ m ² /s]	Tmean	ΔT	dátum	
tranzien্স módszer IPS 1005 2019	k1.1	grafitos EPS	nejlon felől	0,0455	0,2427	61,00	0,1876	31,578	9,1564	2022.06.13	
	k1.2	grafitos EPS	nejlon felől	0,0457	0,2452	61,00	0,1863	32,099	9,9983	2022.06.13	
	k1.3	grafitos EPS	nejlon felől	0,0456	0,2451	61,00	0,1862	32,182	9,9923	2022.06.13	
	k1./1	grafitos EPS	nejlon felől	0,0443	0,1700	61,00	0,2606	32,302	10,0250	2022.06.13	
	k1./2	grafitos EPS	nejlon felől	0,0442	0,1703	61,00	0,2596	31,851	9,4525	2022.06.13	
	k1./3	grafitos EPS	nejlon felől	0,0443	0,1708	61,00	0,2593	32,202	9,9830	2022.06.13	
	k1.1/1	grafitos EPS	nejlon felől	0,0444	0,1671	61,00	0,2658	31,665	9,1325	2022.06.13	
	k1.1/2	grafitos EPS	nejlon felől	0,0446	0,1741	61,00	0,2560	32,212	9,9911	2022.06.13	
	k1.1/3	grafitos EPS	nejlon felől	0,0446	0,1686	61,00	0,2643	32,316	9,9732	2022.06.13	
	k1.2/1	grafitos EPS	nejlon felől	0,0447	0,1718	61,00	0,2605	31,321	9,3464	2022.06.13	
	k1.2/2	grafitos EPS	nejlon felől	0,0449	0,1050	61,00	0,2632	31,899	9,9959	2022.06.13	
	k1.2/3	grafitos EPS	nejlon felől	0,0449	0,1719	61,00	0,2611	32,108	9,9860	2022.06.13	
	k1.9/1	grafitos EPS	nejlon felől	0,0446	0,1679	61,00	0,2655	32,324	9,1974	2022.07.08	
	k1.9/2	grafitos EPS	nejlon felől	0,0448	0,1705	61,00	0,2626	32,673	9,9691	2022.07.08	
	k1.9/3	grafitos EPS	nejlon felől	0,0447	0,1712	61,00	0,2614	32,682	9,9992	2022.07.08	
	k1.10/1	grafitos EPS	nejlon felől	0,0438	0,1670	61,00	0,2624	32,238	9,4042	2022.07.08	
	k1.10/2	grafitos EPS	nejlon felől	0,0439	0,1738	61,00	0,2524	32,556	9,9609	2022.07.08	
	k1.10/3	grafitos EPS	nejlon felől	0,0439	0,1684	61,00	0,2609	32,594	10,0070	2022.07.08	
					0,0447	0,1631		0,2623	32,1333	9,7323	
	k1.3/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0460	0,1697	61,00	0,2711	31,916	9,3684	2022.06.13	
	k1.3/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0461	0,1703	61,00	0,2706	32,321	9,9450	2022.06.13	
	k1.3/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0461	0,1701	61,00	0,2707	32,382	10,0000	2022.06.13	
	k1.4/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0450	0,1457	61,00	0,3055	31,771	9,3295	2022.06.13	
	k1.4/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0446	0,1378	61,00	0,3238	32,235	9,9780	2022.06.13	
	k1.4/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0446	0,1445	61,00	0,3088	32,354	9,9869	2022.06.13	
	k1.5/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0442	0,1373	61,00	0,3219	30,074	9,1889	2022.06.13	
	k1.5/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0444	0,1359	61,00	0,3263	30,772	9,9583	2022.06.13	
	k1.5/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0444	0,1413	61,00	0,3141	31,112	9,9929	2022.06.13	
	k1.6/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0450	0,1525	61,00	0,2948	31,169	9,3220	2022.06.13	
	k1.6/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0451	0,1528	61,00	0,2949	31,635	9,9982	2022.06.13	
	k1.6/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0451	0,1535	61,00	0,2937	31,735	9,9635	2022.06.13	
	k1.11/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0453	0,1489	61,00	0,3044	32,630	9,1471	2022.07.08	
	k1.11/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0454	0,1511	61,00	0,3007	33,001	10,0100	2022.07.08	
	k1.11/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0454	0,1512	61,00	0,3003	32,965	10,0070	2022.07.08	
	k1.12/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0449	0,1573	61,00	0,2853	32,0510	9,3851	2022.07.08	
	k1.12/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0450	0,1554	61,00	0,2892	32,4380	10,017	2022.07.08	
	k1.12/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0449	0,1556	61,00	0,2887	32,497	9,9761	2022.07.08	
	k1.13/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0456	0,1551	61,00	0,2943	30,2730	9,454	2022.07.09	
	k1.13/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0458	0,1600	61,00	0,2862	30,651	9,9984	2022.07.09	
	k1.13/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0458	0,1552	61,00	0,2950	30,931	10,0010	2022.07.09	
	k1.14/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0461	0,1686	61,00	0,2737	31,167	9,3271	2022.07.09	
	k1.14/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0463	0,1681	61,00	0,2754	31,652	9,9906	2022.07.09	
	k1.14/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől	0,0463	0,1684	61,00	0,2747	31,793	9,9762	2022.07.09	
					0,0453	0,1544		0,2938	31,9374	9,7773	
	k1.16/1	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0443	0,1764	61,00	0,2514	31,843	9,1297	2022.07.09	
	k1.16/2	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0445	0,1754	61,00	0,2536	32,439	9,9763	2022.07.09	
	k1.16/3	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0445	0,1737	61,00	0,2560	32,599	10,0160	2022.07.09	
	k1.17/1	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0444	0,1712	61,00	0,2569	32,331	9,2461	2022.07.09	
	k1.17/2	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0428	0,1591	61,00	0,2692	32,863	10,0950	2022.07.09	
	k1.17/3	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0434	0,1458	61,00	0,2978	32,934	10,0120	2022.07.09	
	k1.18/1	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0444	0,1819	61,00	0,2443	32,550	9,2818	2022.07.09	
	k1.18/2	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0445	0,1825	61,00	0,2441	32,983	10,0300	2022.07.09	
	k1.18/3	üveg (asztal)	nejlon felől	0,0445	0,1784	61,00	0,2496	33,002	9,9631	2022.07.09	
					0,0441	0,1716		0,2581	32,6160	9,7500	
	k1.7/1	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0428	0,1327	61,00	0,3227	31,610	9,3309	2022.06.13	
	k1.7/2	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0429	0,1299	61,00	0,3305	32,014	9,9855	2022.06.13	
	k1.7/3	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0429	0,1317	61,00	0,3258	32,064	9,9954	2022.06.13	
	k1.8/1	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0444	0,1490	61,00	0,2979	31,563	9,3263	2022.06.13	
	k1.8/2	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0445	0,1475	61,00	0,3015	31,956	10,0200	2022.06.13	
	k1.8/3	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0445	0,1468	61,00	0,3029	32,007	9,9917	2022.06.13	
	k1.19/1	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0437	0,1407	61,00	0,3103	32,706	9,3151	2022.07.09	
	k1.19/2	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0438	0,1390	61,00	0,3150	33,137	9,9902	2022.07.09	
	k1.19/3	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0438	0,1413	61,00	0,3101	33,190	9,9678	2022.07.09	
	k1.20/1	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0448	0,1552	61,00	0,2888	32,427	9,1406	2022.07.09	
	k1.20/2	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0449	0,1594	61,00	0,2818	32,912	9,9970	2022.07.09	
	k1.20/3	üveg (asztal)	nem a nejlon felől	0,0449	0,1616	61,00	0,2778	32,944	10,0050	2022.07.09	
					0,0444	0,1489		0,2985	32,538	9,7504	
	k1.21/1	fa (parketta)	nejlon felől	0,0446	0,1683	61,00	0,2652	32,476	9,2946	2022.07.09	
	k1.21/2	fa (parketta)	nejlon felől	0,0447	0,1662	61,00	0,2689	32,789	9,9922	2022.07.09	
	k1.21/3	fa (parketta)	nejlon felől	0,0447	0,1716	61,00	0,2603	32,729	9,9977	2022.07.09	
	k1.22/1	fa (parketta)	nejlon felől	0,0451	0,1876	61,00	0,2404	32,155	9,3138	2022.07.09	
	k1.22/2	fa (parketta)	nejlon felől	0,0452	0,1866	61,00	0,2423	32,574	9,9426	2022.07.09	
	k1.22/3	fa (parketta)	nejlon felől	0,0452	0,1905	61,00	0,2374	32,709	9,9974	2022.07.09	
	k1.23/1	fa (parketta)	nejlon felől	0,0452	0,1907	61,00	0,2373	32,494	9,3174	2022.07.09	
k1.23/2	fa (parketta)	nejlon felől	0,0454	0,1925	61,00	0,2357	32,890	9,9862	2022.07.09		
k1.23/3	fa (parketta)	nejlon felől	0,0454	0,1941	61,00	0,2337	32,981	10,0110	2022.07.09		
				0,0451	0,1831		0,2468	32,644	9,7614		
k1.24/1	fa (parketta)	nem a nejlon felől	0,0451	0,1533	61,00	0,2940	32,712	9,1852	2022.07.09		

	k1.24/2	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0452	0,1562	61,00	0,2893	33,159	9,9561	2022.07.09	
	k1.24/3	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0452	0,1549	61,00	0,2918	33,208	10,0060	2022.07.09	
	k1.25/1	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0441	0,1451	61,00	0,3038	31,876	9,3478	2022.07.10	
	k1.25/2	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0442	0,0144	61,00	0,3071	32,357	9,9882	2022.07.10	
	k1.25/3	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0442	0,1433	61,00	0,3086	32,487	9,9932	2022.07.10	
	k1.26/1	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0450	0,1598	61,00	0,2815	31,507	9,3678	2022.07.10	
	k1.26/2	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0451	0,1620	61,00	0,2781	31,872	9,9917	2022.07.10	
	k1.26/3	fa (parketta)	nem a nejlón felől	0,0450	0,1633	61,00	0,2753	31,846	10,0070	2022.07.10	
					0,0448	0,1391		0,2966	32,336	9,7603	
tranzien্স módszer IPS 1105 2019	k1.27/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0429	0,1319	60,00	0,3251	29,193	9,2710	2022.09.16	
	k1.27/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0430	0,1364	60,00	0,3155	29,826	9,9973	2022.09.16	
	k1.27/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0430	0,1337	60,00	0,3218	30,031	9,9606	2022.09.16	
	k1.28/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0432	0,1256	60,00	0,3437	30,029	9,3255	2022.09.16	
	k1.28/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0433	0,1256	60,00	0,3446	30,477	9,9869	2022.09.16	
	k1.28/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0433	0,1259	60,00	0,3440	30,558	9,9605	2022.09.16	
	k1.29/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0443	0,1479	60,00	0,2996	30,127	9,3553	2022.09.16	
	k1.29/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0444	0,1478	60,00	0,3003	30,572	9,9700	2022.09.16	
	k1.29/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0444	0,1516	60,00	0,2926	30,701	10,0030	2022.09.16	
					0,0438	0,1374		0,3208	30,4107	9,7669	
	k1.30/1	alulról mérve	próbatesten	0,0430	0,1158	60,00	0,3713	29,984	9,1184	2022.09.16	
	k1.30/2	alulról mérve	próbatesten	0,0431	0,1170	60,00	0,3681	30,610	9,9848	2022.09.16	
	k1.30/3	alulról mérve	próbatesten	0,0430	0,1170	60,00	0,3679	30,823	9,9906	2022.09.16	
	k1.31/1	alulról mérve	próbatesten	0,0430	0,1176	60,00	0,3700	30,680	9,3282	2022.09.16	
	k1.31/2	alulról mérve	próbatesten	0,0436	0,1137	60,00	0,3832	31,183	9,9560	2022.09.16	
	k1.31/3	alulról mérve	próbatesten	0,0436	0,1183	60,00	0,3688	31,356	9,9965	2022.09.16	
					0,0432	0,1166		0,3716	30,773	9,7291	
	k1.32/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0435	0,1425	70,00	0,3055	28,718	9,2789	2022.09.19	
	k1.32/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0436	0,147	70,00	0,2966	29,236	9,9830	2022.09.19	
	k1.32/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0436	0,1481	70,00	0,2943	29,396	9,9846	2022.09.19	
	k1.33/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0429	0,1233	70,00	0,3481	29,240	9,3374	2022.09.19	
	k1.33/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0430	0,1234	70,00	0,3482	29,632	9,9636	2022.09.19	
	k1.33/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0429	0,1245	70,00	0,3450	29,642	10,0060	2022.09.19	
	k1.34/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0438	0,1413	70,00	0,3099	29,268	9,2521	2022.09.19	
	k1.34/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0439	0,1433	70,00	0,3063	29,630	9,9866	2022.09.19	
	k1.35/1	alulról mérve	próbatesten	0,0438	0,1323	70,00	0,3311	29,133	9,3021	2022.09.19	
	k1.35/2	alulról mérve	próbatesten	0,0439	0,1310	70,00	0,3352	29,606	9,9561	2022.09.19	
	k1.35/3	alulról mérve	próbatesten	0,0437	0,1314	70,00	0,3325	29,794	10,0340	2022.09.19	
					0,0435	0,1353		0,3230	29,3905	9,7349	
tranzien্স módszer IPN 1100 2019	k2.1/1	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0502	0,0550	61,00	0,9142	30,373	10,3420	2022.06.23	
	k2.1/2	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0511	0,0547	61,00	0,9351	30,433	9,9800	2022.06.23	
	k2.1/3	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0510	0,0546	61,00	0,9342	30,537	9,9877	2022.06.23	
	k2.1/4	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0509	0,0550	61,00	0,9260	30,543	9,9859	2022.06.23	
	k2.1/5	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0509	0,0548	61,00	0,9292	30,648	10,0600	2022.06.23	
	k2.1/6	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0511	0,0548	61,00	0,9332	30,618	9,9460	2022.06.23	
	k2.2/1	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0591	0,0427	61,00	1,3860	30,867	10,2310	2022.06.23	
	k2.2/2	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0598	0,0424	61,00	1,4112	30,795	10,0880	2022.06.23	
	k2.2/3	grafitos EPS	nehezékkel lesúlyozva	0,0593	0,0425	61,00	1,3958	30,668	9,9336	2022.06.23	
					0,0537	0,0507		1,0850	30,6091	10,0516	
	k2.3/1	üveg (asztal)	nehezékkel lesúlyozva	0,0503	0,0689	61,00	0,7306	30,821	10,2930	2022.06.23	
	k2.3/2	üveg (asztal)	nehezékkel lesúlyozva	0,0506	0,0686	61,00	0,7378	30,776	9,9817	2022.06.23	
	k2.3/3	üveg (asztal)	nehezékkel lesúlyozva	0,0507	0,0689	61,00	0,7355	30,809	10,0120	2022.06.23	
					0,0505	0,0688		0,7346	30,8020	10,0956	
	k2.4/1	fa (parketta)	nehezékkel lesúlyozva	0,0478	0,0876	61,00	0,5461	30,361	10,3680	2022.06.24	
	k2.4/2	fa (parketta)	nehezékkel lesúlyozva	0,0481	0,0876	61,00	0,5491	30,279	9,9503	2022.06.24	
	k2.4/3	fa (parketta)	nehezékkel lesúlyozva	0,0478	0,0875	61,00	0,5471	30,360	10,0120	2022.06.24	
	k2.5/1	fa (parketta)	nehezékkel lesúlyozva	0,0426	0,0955	61,00	0,4465	30,749	10,4210	2022.06.24	
k2.5/2	fa (parketta)	nehezékkel lesúlyozva	0,0449	0,0691	61,00	0,6504	30,711	10,2000	2022.06.24		
k2.5/3	fa (parketta)	nehezékkel lesúlyozva	0,0458	0,0702	61,00	0,6516	30,576	9,8546	2022.06.24		
				0,0462	0,0829		0,5651	30,5060	10,1343		
peremvédeтт segédűűű											

	k3.7/2	20 °C különbség esetén	0,0399	140,4	80,00		19,872	2022.08.25
	k3.7/3	30 °C különbség esetén	-	140,4	80,00		-	2022.08.25
	k3.8/1	10 °C különbség esetén	0,0401	175,5	100,00		9,988	2022.08.26
	k3.8/2	20 °C különbség esetén	-	175,5	100,00		-	2022.08.26
	k3.8/3	30 °C különbség esetén	-	175,5	100,00		-	2022.08.26

„K” Hővezetési tényező a sűrűség függvényében

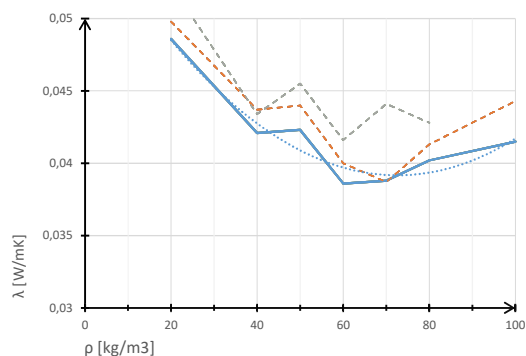


1.2. melléklet: Mérési jegyzőkönyv - hővezetési tényező „P” minta

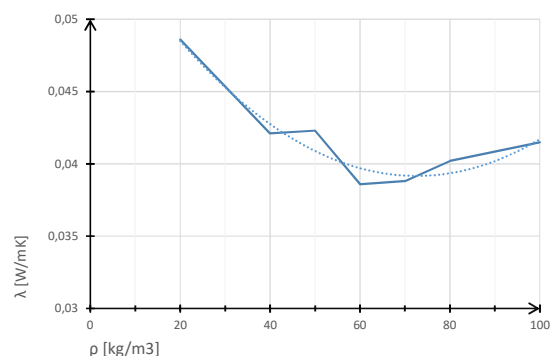
Pamut szálás párna				próbatest:				töltet:			
	mérőeszköz	mérés jele/szá	mérés alatti felület	hogyan	λ [W/mK]	$c \cdot p$ [10 ⁻⁶ J/m ³ K]	ρ [kg/m ³]	a [10 ⁻⁶ m ² /s]	Tmean	ΔT	dátum
tranzien্স módszer IPS 1005 2019	p1.1/1	grafitos EPS	nejlon felől		0,0492	0,2113	63,00	0,2329	30,457	9,1687	2022.06.15
	p1.1/2	grafitos EPS	nejlon felől		0,0495	0,2151	63,00	0,2299	31,160	9,9509	2022.06.15
	p1.1/3	grafitos EPS	nejlon felől		0,0495	0,2089	63,00	0,2370	31,434	9,9693	2022.06.15
	p1.2/1	grafitos EPS	nejlon felől		0,0485	0,2000	63,00	0,2426	31,316	9,3702	2022.06.15
	p1.2/2	grafitos EPS	nejlon felől		0,0487	0,1979	63,00	0,2460	31,697	9,9780	2022.06.15
	p1.2/3	grafitos EPS	nejlon felől		0,0486	0,1972	63,00	0,2467	31,754	9,9929	2022.06.15
	p1.3/1	grafitos EPS	nejlon felől		0,0483	0,1909	63,00	0,2530	31,398	9,1967	2022.06.15
	p1.3/2	grafitos EPS	nejlon felől		0,0485	0,1968	63,00	0,2466	31,865	10,0140	2022.06.15
	p1.3/3	grafitos EPS	nejlon felől		0,0485	0,1929	63,00	0,2513	31,918	10,0040	2022.06.15
	p1.11/1	grafitos EPS	nejlon felől		0,0481	0,1895	63,00	0,2538	32,239	9,9478	2022.07.10
	p1.11/2	grafitos EPS	nejlon felől		0,0485	0,1935	63,00	0,2491	32,526	9,9786	2022.07.10
	p1.11/3	grafitos EPS	nejlon felől		0,0482	0,1928	63,00	0,2498	32,570	10,0220	2022.07.10
	p1.12/1	grafitos EPS	nejlon felől		0,0464	0,1723	63,00	0,2690	31,976	9,3582	2022.07.10
	p1.12/2	grafitos EPS	nejlon felől		0,0465	0,1703	63,00	0,2729	32,352	9,9769	2022.07.10
	p1.12/3	grafitos EPS	nejlon felől		0,0465	0,1699	63,00	0,2736	32,414	9,9990	2022.07.10
					0,0484	0,1946		0,2488	31,9203	9,8338	
	p1.4/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0484	0,1842	63,00	0,2629	31,403	9,4096	2022.06.15
	p1.4/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0485	0,1908	63,00	0,2543	31,709	10,0190	2022.06.15
	p1.4/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0485	0,1858	63,00	0,2609	31,760	10,0170	2022.06.15
	p1.5/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0497	0,2001	63,00	0,2483	30,280	9,4452	2022.06.22
	p1.5/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0498	0,2058	63,00	0,2421	30,821	9,9926	2022.06.22
	p1.5/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0499	0,2076	63,00	0,2403	31,042	9,9888	2022.06.22
	p1.6/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0482	0,1863	63,00	0,2585	30,765	9,3727	2022.06.22
	p1.6/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0483	0,1893	63,00	0,2554	31,265	9,9833	2022.06.22
	p1.6/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0483	0,1888	63,00	0,2558	31,432	9,9985	2022.06.22
	p1.13/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0486	0,1937	63,00	0,2508	30,961	9,2001	2022.07.11
	p1.13/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0488	0,1957	63,00	0,2492	31,127	9,9970	2022.07.11
	p1.13/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0488	0,1938	63,00	0,2518	31,308	10,0360	2022.07.11
	p1.14/1	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0491	0,1904	63,00	0,2577	31,192	9,3920	2022.07.11
	p1.14/2	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0493	0,1923	63,00	0,2562	31,634	9,9852	2022.07.11
	p1.14/3	grafitos EPS	nem a nejlon felől		0,0492	0,1925	63,00	0,2557	31,755	9,9852	2022.07.11
					0,0487	0,1914		0,2546	31,2710	9,7722	
	p1.7/1	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0473	0,1747	63,00	0,2706	31,086	9,3518	2022.06.22
	p1.7/2	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0474	0,1822	63,00	0,2602	31,591	9,9711	2022.06.22
	p1.7/3	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0474	0,1847	63,00	0,2565	31,775	9,9865	2022.06.22
	p1.8/1	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0468	0,1777	63,00	0,2636	31,617	9,3442	2022.06.22
	p1.8/2	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0470	0,1760	63,00	0,2669	32,068	10,0210	2022.06.22
	p1.8/3	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0469	0,1808	63,00	0,2595	32,146	9,9884	2022.06.22
	p1.9/1	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0482	0,1910	63,00	0,2523	31,509	9,4058	2022.06.22
	p1.9/2	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0483	0,1952	63,00	0,2475	31,917	9,9986	2022.06.22
	p1.9/3	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0483	0,1948	63,00	0,2479	32,006	9,9813	2022.06.22
	p1.15/1	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0486	0,2018	63,00	0,2408	31,007	9,1479	2022.07.11
	p1.15/2	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0488	0,2021	63,00	0,2416	31,648	9,9813	2022.07.11
	p1.15/3	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0488	0,2013	63,00	0,2426	31,853	10,0060	2022.07.11
	p1.16/1	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0463	0,1636	63,00	0,2827	31,607	9,4030	2022.07.11
	p1.16/2	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0464	0,1668	63,00	0,2783	31,968	9,9583	2022.07.11
	p1.16/3	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0464	0,1601	63,00	0,2897	32,060	9,9966	2022.07.11
	p1.17/1	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0466	0,1703	63,00	0,2738	31,264	9,3986	2022.07.11
	p1.17/2	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0468	0,1746	63,00	0,2680	31,754	9,9707	2022.07.11
	p1.17/3	üveg (asztal)	nejlon felől		0,0468	0,1765	63,00	0,2651	31,963	10,0170	2022.07.11
					0,0480	0,1912		0,2514	31,7523	9,7638	
	p1.10/1	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0486	0,1892	63,00	0,2568	31,936	9,4251	2022.06.22
	p1.10/2	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0486	0,1875	63,00	0,2593	32,357	9,9986	2022.06.22
	p1.10/3	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0486	0,1883	63,00	0,2579	32,361	9,9826	2022.06.22
	p1.18/1	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0470	0,1658	63,00	0,2835	31,772	9,3605	2022.07.11
	p1.18/2	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0471	0,1713	63,00	0,2751	32,233	9,9519	2022.07.11
	p1.18/3	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0471	0,1745	63,00	0,2700	32,413	10,0140	2022.07.11
	p1.19/1	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0475	0,1754	63,00	0,2708	32,064	9,3996	2022.07.11
	p1.19/2	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0476	0,1752	63,00	0,2715	32,398	9,9812	2022.07.11
	p1.19/3	üveg (asztal)	nem a nejlon felől		0,0474	0,1798	63,00	0,2636	32,311	9,9786	2022.07.11
					0,0477	0,1786		0,2676	32,205	9,7880	
	p1.20/1	fa (parketta)	nejlon felől		0,0481	0,1901	63,00	0,2532	31,676	9,4495	2022.07.11
	p1.20/2	fa (parketta)	nejlon felől		0,0482	0,1961	63,00	0,2457	32,057	10,0020	2022.07.11
	p1.20/3	fa (parketta)	nejlon felől		0,0481	0,1879	63,00	0,2560	32,133	10,0100	2022.07.11
	p1.21/1	fa (parketta)	nejlon felől		0,0467	0,1740	63,00	0,2687	31,570	9,4371	2022.07.11
	p1.21/2	fa (parketta)	nejlon felől		0,0469	0,1738	63,00	0,2696	31,975	9,9986	2022.07.11
	p1.21/3	fa (parketta)	nejlon felől		0,0469	0,1760	63,00	0,2663	32,062	9,9908	2022.07.11
	p1.22/1	fa (parketta)	nejlon felől		0,0486	0,1989	63,00	0,2443	31,763	9,4499	2022.07.11
	p1.22/2	fa (parketta)	nejlon felől		0,0487	0,1987	63,00	0,2452	32,050	9,9809	2022.07.11
	p1.22/3	fa (parketta)	nejlon felől		0,0487	0,1999	63,00	0,2434	32,084	10,0140	2022.07.11
					0,0479	0,1884		0,2559	31,930	9,8148	
	p1.23/1	fa (parketta)	nem a nejlon felől		0,0481	0,1790	63,00	0,2689	31,025	9,3707	2022.07.12
	p1.23/2	fa (parketta)	nem a nejlon felől		0,0483	0,1815	63,00	0,2660	31,404	9,9816	2022.07.12
	p1.23/3	fa (parketta)	nem a nejlon felől		0,0483	0,1835	63,00	0,2630	31,469	10,0130	2022.07.12
	p1.24/1	fa (parketta)	nem a nejlon felől		0,0490	0,1890	63,00	0,2593	31,326	9,3830	2022.07.12
	p1.24/2	fa (parketta)	nem a nejlon felől		0,0492	0,1941	63,00	0,2534	31,698	9,9814	2022.07.12
	p1.24/3	fa (parketta)	nem a nejlon felől		0,0492	0,1893	63,00	0,2597	31,818	10,0300	2022.07.12
					0,0487	0,1861		0,2617	31,457	9,7933	

tranzien্স módszer IPN 1105 2019	p1.25/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0464	0,1370	60,00	0,3387	29,377	9,3334	2022.09.15
	p1.25/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0466	0,1394	60,00	0,3343	29,997	10,0140	2022.09.15
	p1.25/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0466	0,1415	60,00	0,3291	30,206	9,9617	2022.09.15
	p1.26/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0480	0,1766	60,00	0,2721	30,203	9,2441	2022.09.15
	p1.26/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0482	0,1756	60,00	0,2747	30,677	9,9706	2022.09.15
	p1.26/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0482	0,1783	60,00	0,2703	30,778	9,9946	2022.09.15
	p1.27/1	grafitos EPS	próbatesten	0,0499	0,2159	60,00	0,2311	30,556	9,4651	2022.09.15
	p1.27/2	grafitos EPS	próbatesten	0,0500	0,2181	60,00	0,2292	30,909	9,9746	2022.09.15
	p1.27/3	grafitos EPS	próbatesten	0,0500	0,2184	60,00	0,2288	31,007	9,9896	2022.09.15
				0,0491	0,1972		0,2510	30,688	9,7731	
	p1.28/1	alulról mérve	próbatesten	0,0449	0,1056	60,00	0,4252	30,256	9,3786	2022.09.15
	p1.28/2	alulról mérve	próbatesten	0,0450	0,1084	60,00	0,4149	30,747	9,9994	2022.09.15
	p1.28/3	alulról mérve	próbatesten	0,0450	0,1088	60,00	0,4136	30,882	9,9666	2022.09.15
	p1.29/1	alulról mérve	próbatesten	0,0456	0,1097	60,00	0,4155	30,342	9,4085	2022.09.15
	p1.29/2	alulról mérve	próbatesten	0,0457	0,1096	60,00	0,4165	30,795	9,9448	2022.09.15
	p1.29/3	alulról mérve	próbatesten	0,0456	0,1086	60,00	0,4204	30,983	10,0000	2022.09.15
				0,0453	0,1085		0,4177	30,668	9,7830	
tranzien্স módszer IPN 1100 2019	p2.1/1	grafitos EPS	nehezeékkel lesúlyozva	0,0531	0,0879	63,0000	0,6040	30,676	10,4170	2022.06.23
	p2.1/2	grafitos EPS	nehezeékkel lesúlyozva	0,0533	0,0871	63,0000	0,6116	30,614	10,1030	2022.06.23
	p2.1/3	grafitos EPS	nehezeékkel lesúlyozva	0,0534	0,0872	63,0000	0,6130	30,599	10,0100	2022.06.23
	p2.1/4	grafitos EPS	nehezeékkel lesúlyozva	0,0537	0,0877	63,0000	0,6125	30,603	9,8931	2022.06.23
	p2.1/5	grafitos EPS	nehezeékkel lesúlyozva	0,0534	0,0878	63,0000	0,6079	3,696	9,9962	2022.06.23
	p2.1/6	grafitos EPS	nehezeékkel lesúlyozva	0,0534	0,0870	63,0000	0,6136	30,776	10,0870	2022.06.23
				0,0534	0,0875		0,6104	26,1607	10,0844	
peremvédett segédűtőlapos berendezés	mérés jele/száma		hogyan	λ [W/mK]	m [g]	ρ [kg/m ³]	(V = 1800 cm ³)	Tmean		dátum
	p3.6/1	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0486	36,0	20,00		10,005		2022.08.02
	p3.6/2	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0498	36,0	20,00		19,809		2022.08.02
	p3.6/3	próbatestben	30 °C különbség esetén	0,0523	36,0	20,00		29,578		2022.08.02
	p3.1/1	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0399	72,0	40,00		9,979		2022.07.18
	p3.1/2	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0416	72,0	40,00		19,859		2022.07.18
	p3.1/3	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0414	72,0	40,00		19,877		2022.07.18
	p3.1/4	próbatestben	30 °C különbség esetén	0,0434	72,0	40,00		29,694		2022.07.18
	p3.1/5	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0421	72,0	40,00		9,997		2022.10.06
	p3.1/6	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0437	72,0	40,00		19,837		2022.10.06
	p3.6/1	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0423	90,0	50,00		9,987		2022.09.20
	p3.6/2	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0444	90,0	50,00		19,864		2022.09.20
	p3.6/3	próbatestben	30 °C különbség esetén	0,0462	90,0	50,00		29,756		2022.09.20
	p3.6/4	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0426	90,0	50,00		9,987		2022.09.28
	p3.6/5	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0440	90,0	50,00		19,854		2022.09.28
	p3.6/6	próbatestben	30 °C különbség esetén	0,0455	90,0	50,00		29,718		2022.09.28
	p3.6/7	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0439	90,0	50,00		9,993		
	p3.2/1	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0386	108,0	60,00		9,999		2022.07.19
	p3.2/2	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0400	108,0	60,00		19,883		2022.07.19
	p3.2/3	próbatestben	30 °C különbség esetén	0,0416	108,0	60,00		29,736		2022.07.19
	p3.5/1	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0388	126,0	70,00		10,021		2022.08.01
	p3.5/2	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0387	126,0	70,00		19,884		2022.08.01
	p3.5/3	próbatestben	30 °C különbség esetén	0,0441	126,0	70,00		29,760		2022.08.01
	p3.3/1	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0402	144,0	80,00		9,993		2022.07.20
	p3.3/2	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0413	144,0	80,00		19,884		2022.07.20
	p3.3/3	próbatestben	30 °C különbség esetén	0,0428	144,0	80,00		29,717		2022.07.20
	p3.4/1	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0415	180,0	100,00		9,985		2022.07.21
	p3.4/2	próbatestben	10 °C különbség esetén	0,0419	180,0	100,00		9,987		2022.07.21
	p3.4/3	próbatestben	20 °C különbség esetén	0,0443	180,0	100,00		19,891		2022.07.22

„P” Hővezetési tényező a sűrűség függvényében
különböző hőmérsékleten



„P” Hővezetési tényező a sűrűség függvényében



Saját minta - hőirányra merőleges rétegek (5 cm)											
mérőeszköz	mérés jele/sz	mérés alatti felület	hogyan	λ [W/mK]	c*p [10^6 J/m^3K]	ρ [kg/m^3]	a [10^-6 m^2/2s]	Tmean	ΔT	dátum	
tranzien্স módszer IPS 1005 2019	s1.1/1	grafitos EPS		0,0650	0,3057	35,30	0,2126	31,440	9,2924	2022.06.14	
	s1.1/2	grafitos EPS		0,0652	0,3093	35,30	0,2109	31,822	9,9689	2022.06.14	
	s1.1/3	grafitos EPS		0,0652	0,3050	35,30	0,2137	31,897	10,0210	2022.06.14	
	s1.2/1	grafitos EPS		0,0651	0,3238	35,30	0,2009	31,457	9,2471	2022.06.14	
	s1.2/2	grafitos EPS		0,0666	0,3329	35,30	0,2002	31,941	9,8786	2022.06.14	
	s1.2/3	grafitos EPS		0,0667	0,3332	35,30	0,2003	32,102	9,9781	2022.06.14	
				0,0656	0,3183	35,30	0,2064	31,7765	9,7310		
	s1.3/1	fa (parketta)		0,0662	0,3246	35,30	0,2038	31,686	9,2236	2022.06.22	
	s1.3/2	fa (parketta)		0,0664	0,3248	35,30	0,2045	32,046	10,0050	2022.06.22	
	s1.3/3	fa (parketta)		0,0664	0,3213	35,30	0,2067	32,054	10,0280	2022.06.22	
	s1.4/1	fa (parketta)		0,0661	0,3736	35,30	0,1769	30,578	9,0554	2022.06.23	
	s1.4/2	fa (parketta)		0,0664	0,3737	35,30	0,1776	31,279	9,9663	2022.06.23	
	s1.4/3	fa (parketta)		0,0663	0,3763	35,30	0,1761	31,403	9,9544	2022.06.23	
				0,0663	0,3491	35,30	0,1909	31,5077	9,7055		
	s1.5/1	üveg (asztal)		0,0666	0,3848	35,30	0,1730	31,017	9,1231	2022.06.23	
	s1.5/2	üveg (asztal)		0,0670	0,3849	35,30	0,1741	31,509	10,0010	2022.06.23	
	s1.5/3	üveg (asztal)		0,0669	0,3875	35,30	0,1727	31,575	10,0130	2022.06.23	
	s1.6/1	üveg (asztal)		0,0672	0,3883	35,30	0,1731	31,059	9,0890	2022.06.23	
	s1.6/2	üveg (asztal)		0,0675	0,3883	35,30	0,1738	31,586	9,9429	2022.06.23	
	s1.6/3	üveg (asztal)		0,0675	0,3870	35,30	0,1744	31,678	9,9982	2022.06.23	
				0,0671	0,3868	35,30	0,1735	31,4040	9,6945		
	tranzien্স módszer IPN 1100 2019	s2.1/1	fa (parketta)		0,0801	0,2404	35,30	0,3332	36,897	10,6180	2022.06.24
		s2.1/2	fa (parketta)		0,0800	0,2398	35,30	0,3338	36,745	9,8665	2022.06.24
		s2.1/3	fa (parketta)		0,0796	0,2402	35,30	0,3315	36,901	9,9953	2022.06.24
		s2.2/1	fa (parketta)		0,0858	0,1993	35,30	0,4305	31,893	10,5130	2022.06.24
		s2.2/2	fa (parketta)		0,0868	0,1983	35,30	0,4376	31,893	10,0100	2022.06.24
		s2.2/3	fa (parketta)		0,0863	0,1994	35,30	0,4330	31,977	9,9850	2022.06.24
		s2.3/1	fa (parketta)		0,0798	0,2300	35,30	0,3471	31,495	10,5130	2022.06.24
s2.3/2		fa (parketta)		0,0809	0,2292	35,30	0,3529	31,423	9,9189	2022.06.24	
s2.3/3		fa (parketta)		0,0779	0,2347	35,30	0,3319	31,538	10,1170	2022.06.24	
				0,0819	0,2235	35,30	0,3702	33,4180	10,1707		
s2.4/1		grafitos EPS		0,0779	0,2100	35,30	0,3712	31,416	10,5650	2022.06.24	
s2.4/2		grafitos EPS		0,0781	0,2095	35,30	0,3729	31,557	10,0300	2022.06.24	
s2.4/3		grafitos EPS		0,0778	0,2089	35,30	0,3726	31,800	10,0290	2022.06.24	
s2.5/1		grafitos EPS	kissé levegős maradt	0,0935	0,1157	35,30	0,8084	31,389	10,2100	2022.06.24	
s2.5/2		grafitos EPS	kissé levegős maradt	0,0936	0,1161	35,30	0,8064	31,486	9,9641	2022.06.24	
s2.5/3		grafitos EPS	kissé levegős maradt	0,0942	0,1169	35,30	0,8058	31,587	10,0040	2022.06.24	
s2.6/1		grafitos EPS	nehezákkal	0,0824	0,2295	35,30	0,3590	31,780	11,4820	2022.06.24	
s2.6/2		grafitos EPS	nehezákkal	0,0828	0,2295	35,30	0,3608	31,694	9,9495	2022.06.24	
s2.6/3		grafitos EPS	nehezákkal	0,0828	0,2289	35,30	0,3615	31,704	9,9463	2022.06.24	
				0,0848	0,1850	35,30	0,5132	31,6014	10,2422		
s2.7/1		üveg (asztal)	nehezákkal	0,0842	0,1590	35,30	0,5297	31,089	10,4740	2022.06.24	
s2.7/2		üveg (asztal)	nehezákkal	0,0846	0,1589	35,30	0,5324	31,117	9,9438	2022.06.24	
s2.7/3		üveg (asztal)	nehezákkal	0,0842	0,1593	35,30	0,5289	31,390	10,1030	2022.06.24	
s2.8/1		üveg (asztal)		0,0861	0,2965	35,30	0,2905	31,366	10,6340	2022.06.26	
s2.8/2		üveg (asztal)		0,0866	0,2970	35,30	0,2916	31,130	9,9407	2022.06.26	
s2.8/3		üveg (asztal)		0,0866	0,2959	35,30	0,2927	31,215	9,9972	2022.06.26	
				0,0854	0,2278	35,30	0,4110	31,2178	10,1821		
peremvédtett segédűtűlappos berendezés		mérés jele/száma	hogyan		λ [W/mK]		ρ [kg/m^3]		Tmean		dátum
	s3.1/1	10 °C különbség esetén		0,0565		35,30		9,882		2022.07.08	
	s3.2/1	20 °C különbség esetén		0,0582		35,30		19,841		2022.07.08	
	s3.3/1	30 °C különbség esetén		0,0596		35,30		29,710		2022.07.08	

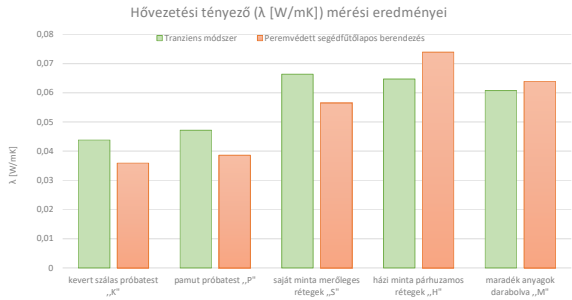
1.4. melléklet: Mérési jegyzőkönyv - hővezetési tényező „H” minta

Házi minta - hőiránnyal párhuzamos rétegek (10 cm)											
mérőeszköz	mérés jele/s	mérés alatti felület	hogyan	λ [W/mK]	c*p [10^6 J/m^3K]	ρ [kg/m^3]	a [10^-6 m^2/s]	Tmean	ΔT	dátum	
tranziens módszer IPS 1005 2019	h1.1/1	fa (parketta)		0,0626	0,2685	204,10	0,2330	31,134	9,3070	2022.06.26	
	h1.1/2	fa (parketta)		0,0628	0,2693	204,10	0,2332	31,838	9,9525	2022.06.26	
	h1.1/3	fa (parketta)		0,0628	0,2687	204,10	0,2338	32,088	10,0150	2022.06.26	
	h1.1/4	fa (parketta)		0,0627	0,2706	204,10	0,2319	32,216	9,9635	2022.06.26	
	h1.1/5	fa (parketta)		0,0628	0,2688	204,10	0,2335	32,342	9,9926	2022.06.26	
	h1.1/6	fa (parketta)		0,0628	0,2712	204,10	0,2314	32,429	10,0220	2022.06.26	
	h1.2/1	fa (parketta)		0,0613	0,2526	204,10	0,2425	31,716	9,3900	2022.06.26	
	h1.2/2	fa (parketta)		0,0614	0,2516	204,10	0,2442	32,203	9,9820	2022.06.26	
	h1.2/3	fa (parketta)		0,0614	0,2517	204,10	0,2441	32,377	10,0180	2022.06.26	
	h1.3/1	fa (parketta)		0,0630	0,2623	204,10	0,2401	32,242	9,4238	2022.06.26	
	h1.3/2	fa (parketta)		0,0630	0,2644	204,10	0,2384	32,629	10,0060	2022.06.26	
	h1.3/3	fa (parketta)		0,0639	0,2633	204,10	0,2425	32,717	9,9823	2022.06.26	
	h1.4/1	fa (parketta)		0,0579	0,2250	204,10	0,2571	32,601	9,4554	2022.06.26	
	h1.4/2	fa (parketta)		0,0580	0,2267	204,10	0,2558	32,919	9,9598	2022.06.26	
	h1.4/3	fa (parketta)		0,0581	0,2292	204,10	0,2533	32,998	9,9837	2022.06.26	
					0,0616	0,2563	204,10	0,2410	32,2966	9,8302	
	h1.5/1	grafitos EPS		0,0646	0,2867	204,10	0,2254	32,521	9,3112	2022.06.26	
	h1.5/2	grafitos EPS		0,0648	0,2914	204,10	0,2223	32,961	9,9670	2022.06.26	
	h1.5/3	grafitos EPS		0,0648	0,2925	204,10	0,2215	33,036	9,9775	2022.06.26	
	h1.6/1	grafitos EPS		0,0628	0,3004	204,10	0,2090	32,591	9,1974	2022.06.26	
	h1.6/2	grafitos EPS		0,0630	0,3031	204,10	0,2080	33,062	9,9530	2022.06.26	
	h1.6/3	grafitos EPS		0,0630	0,3045	204,10	0,2068	33,135	9,9832	2022.06.26	
	h1.7/1	grafitos EPS		0,0621	0,2943	204,10	0,2109	33,076	9,9766	2022.06.26	
	h1.7/2	grafitos EPS		0,0621	0,2943	204,10	0,2109	33,076	9,9766	2022.06.26	
	h1.7/3	grafitos EPS		0,0621	0,2937	204,10	0,2113	33,114	10,0170	2022.06.26	
				0,0633	0,2957		0,2140	32,9524	9,8177		
tranziens módszer IPS 1105 2019	h1.8/1	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0635	0,3659	204,10	0,1735	29,334	9,3030	2022.09.17	
	h1.8/2	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0638	0,3695	204,10	0,1727	30,010	9,9399	2022.09.17	
	h1.8/3	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0650	0,3791	204,10	0,1713	30,423	9,9550	2022.09.17	
	h1.9/1	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0663	0,3684	204,10	0,1801	28,731	9,1792	2022.09.17	
	h1.9/2	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0666	0,3710	204,10	0,1796	29,370	9,9669	2022.09.17	
	h1.9/3	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0668	0,3711	204,10	0,1799	29,614	10,0040	2022.09.17	
	h1.10/1	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0648	0,3489	204,10	0,1857	29,590	9,2473	2022.09.17	
	h1.10/2	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0650	0,3462	204,10	0,1877	30,090	9,9806	2022.09.17	
	h1.10/3	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0650	0,3502	204,10	0,1855	30,161	9,9668	2022.09.17	
	h1.11/1	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0631	0,3634	204,10	0,1736	29,782	9,2347	2022.09.17	
	h1.11/2	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0633	0,3653	204,10	0,1734	30,306	10,0190	2022.09.17	
	h1.11/3	grafitos EPS	becsomagolva vászonba	0,0632	0,3633	204,10	0,1739	30,417	10,0150	2022.09.17	
					0,0647	0,3635		0,1781	29,8190	9,7343	
tranziens módszer IPN 1100 2019	h2.1/1	grafitos EPS		0,0716	0,2322	204,10	0,3083	32,048	10,5540	2022.06.26	
	h2.1/2	grafitos EPS		0,0713	0,2321	204,10	0,3072	31,970	10,0260	2022.06.26	
	h2.1/3	grafitos EPS		0,0712	0,2344	204,10	0,3039	31,946	9,9030	2022.06.26	
	h2.2/1	grafitos EPS		0,0740	0,2689	204,10	0,2752	32,061	10,6790	2022.06.26	
	h2.2/2	grafitos EPS		0,0742	0,2709	204,10	0,2738	31,754	9,8847	2022.06.26	
	h2.2/3	grafitos EPS		0,0742	0,2696	204,10	0,2751	31,851	10,1030	2022.06.26	
	h2.2/4	grafitos EPS		0,0745	0,2695	204,10	0,2766	31,742	9,9378	2022.06.26	
	h2.2/5	grafitos EPS		0,0741	0,2703	204,10	0,2741	31,756	9,9897	2022.06.26	
	h2.2/6	grafitos EPS		0,0743	0,2689	204,10	0,2763	31,750	10,0130	2022.06.26	
	h2.2/7	grafitos EPS		0,0741	0,2691	204,10	0,2754	31,738	10,1660	2022.06.26	
	h2.3/1	grafitos EPS		0,0744	0,2397	204,10	0,3105	31,628	10,8960	2022.06.27	
	h2.3/2	grafitos EPS		0,0747	0,2379	204,10	0,3139	31,459	9,8763	2022.06.27	
	h2.3/3	grafitos EPS		0,0743	0,2384	204,10	0,3115	31,583	9,9908	2022.06.27	
	h2.3/4	grafitos EPS		0,0738	0,2375	204,10	0,3108	31,656	10,0270	2022.06.27	
	h2.3/5	grafitos EPS		0,0746	0,2382	204,10	0,3133	31,556	9,9226	2022.06.27	
	h2.3/6	grafitos EPS		0,0742	0,2377	204,10	0,3120	31,583	10,0800	2022.06.27	
	h2.4/1	grafitos EPS		0,0732	0,1532	204,10	0,4778	31,412	10,5270	2022.06.27	
	h2.4/2	grafitos EPS		0,0742	0,1526	204,10	0,4862	31,408	9,9758	2022.06.27	
	h2.4/3	grafitos EPS		0,0743	0,1531	204,10	0,4854	31,528	10,0520	2022.06.27	
					0,0737	0,2355		0,3246	31,7068	10,1370	
peremvédett segédűtőlapos berendezés	mérés jele/száma		hogyan	λ [W/mK]		ρ [kg/m^3]		Tmean		dátum	
	h3.1/1	becsomagolva vászonba	10 °C különbség esetén	0,0739		204,10		10,071		2022.07.13	
	h3.2/1	becsomagolva vászonba	20 °C különbség esetén	0,0777		204,10		19,862		2022.07.13	
	h3.3/1	becsomagolva vászonba	30 °C különbség esetén	0,0948		204,10		29,628		2022.07.15	

1.5. melléklet: Mérési jegyzőkönyv - hővezetési tényező „M” minta

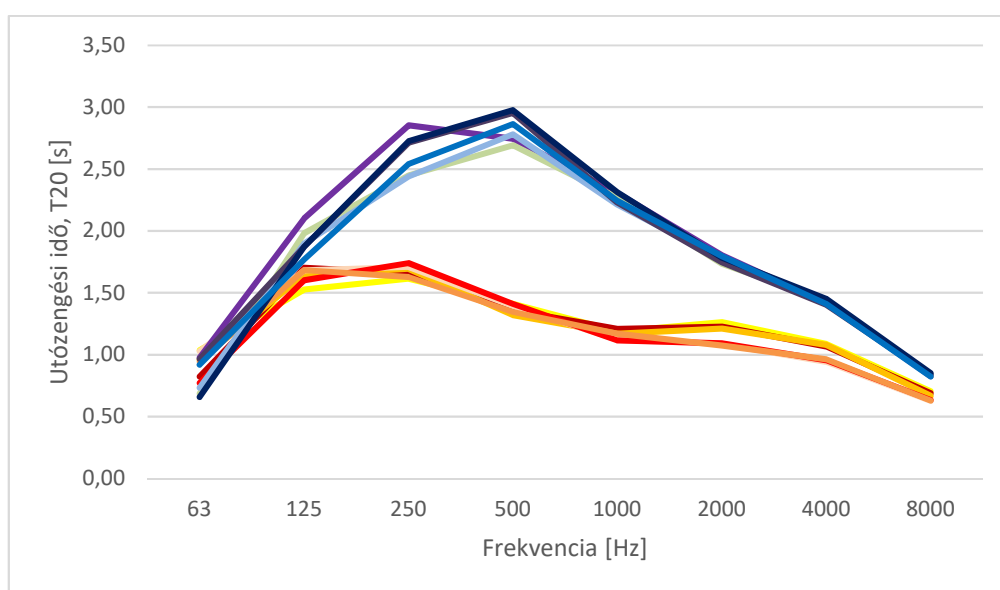
Maradék anyagok darabolva					töltet:					
	mérőeszköz	mérés jele/szám	mérés alatti felület	hogyan	λ [W/mK]	c•ρ [10^6 J/m^3K]	ρ [kg/m^3]	a [10^-6 m^2/s]	Tmean	ΔT
tranziens módszer IPS 1105 2019	m1.1/1	grafitos EPS			0,0585	0,2799	126,56	0,2090	28,417	9,2856
	m1.1/2	grafitos EPS			0,0587	0,2804	126,56	0,2095	29,011	9,9349
	m1.1/3	grafitos EPS			0,0588	0,2766	126,56	0,2124	29,242	9,9986
	m1.2/1	grafitos EPS			0,0587	0,2791	126,56	0,2103	29,156	9,4227
	m1.2/2	grafitos EPS			0,0588	0,2788	126,56	0,2108	29,481	9,9963
	m1.2/3	grafitos EPS			0,0588	0,2815	126,56	0,2089	29,496	9,9785
	m1.2/4	grafitos EPS			0,0588	0,2839	126,56	0,2070	29,577	10,0250
	m1.2/5	grafitos EPS			0,0587	0,2797	126,56	0,2100	29,645	10,0320
	m1.2/6	grafitos EPS			0,0587	0,2809	126,56	0,2091	29,672	9,9703
	m1.3/1	grafitos EPS			0,0633	0,3640	126,56	0,1738	28,778	9,1624
	m1.3/2	grafitos EPS			0,0636	0,3642	126,56	0,1746	29,344	9,9786
	m1.3/3	grafitos EPS			0,0636	0,3618	126,56	0,1758	29,536	10,0240
	m1.4/1	grafitos EPS			0,0615	0,2987	126,56	0,2060	29,286	9,3043
	m1.4/2	grafitos EPS			0,0618	0,3001	126,56	0,2060	29,756	10,0040
	m1.4/3	grafitos EPS			0,0618	0,3021	126,56	0,2044	29,858	10,0190
					0,0603	0,3008		0,2018	29,3503	9,8091
	m1.5/1	fa (parketta)			0,0623	0,3463	126,56	0,1798	29,0660	8,9899
	m1.5/2	fa (parketta)			0,0626	0,3534	126,56	0,1770	29,5910	9,9801
	m1.5/3	fa (parketta)			0,0625	0,3473	126,56	0,1800	29,6650	10,0240
	m1.6/1	fa (parketta)			0,0623	0,3558	126,56	0,1750	29,0430	9,0555
	m1.6/2	fa (parketta)			0,0625	0,3599	126,56	0,1737	29,6100	10,0040
	m1.6/3	fa (parketta)			0,0625	0,3548	126,56	0,1761	29,6870	10,0070
	m1.7/1	fa (parketta)			0,0596	0,2836	126,56	0,2100	28,0460	9,2801
	m1.7/2	fa (parketta)			0,0598	0,2833	126,56	0,2112	28,5610	9,9448
	m1.7/3	fa (parketta)			0,0598	0,2839	126,56	0,2107	28,7480	10,0190
					0,0615	0,3298		0,1882	29,1130	9,7005
tranziens módszer IPN 1100 2019	m2.1/1	fa (parketta)			0,0791	-	126,56	-	28,131	9,6485
	m2.1/2	fa (parketta)			0,0796	-	126,56	-	28,383	10,0110
	m2.1/3	fa (parketta)			0,0793	-	126,56	-	28,390	9,9955
	m2.2/1	fa (parketta)			0,0775	-	126,56	-	28,262	10,0020
	m2.2/2	fa (parketta)			0,0770	-	126,56	-	28,065	9,6914
	m2.2/3	fa (parketta)			0,0771	-	126,56	-	28,240	9,9801
	m2.3/1	fa (parketta)			0,0801	-	126,56	-	27,961	9,6831
	m2.3/2	fa (parketta)			0,0803	-	126,56	-	28,218	9,9610
	m2.3/3	fa (parketta)			0,0800	-	126,56	-	28,329	9,9900
				0,0789				28,2199	9,8847	
peremvédett segédútólapos berendezés	mérés jele/száma		hogyan	λ [W/mK]	m [g]	ρ [kg/m^3]		Tmean		
	m3.1/1	10°C különbség esetén		0,0639	854,3	126,56		9,96		
	m3.1/2	20°C különbség esetén		-	854,3	126,56		-		
	m3.1/3	30°C különbség esetén		-	854,3	126,56		-		

kevert szálás párna		$\rho = 61 \text{ kg/m}^3$	pamut párna		$\rho = 63 \text{ kg/m}^3$	saját minta merőleges rétegek		$\rho = 63 \text{ kg/m}^3$	házi minta párhuzamos rétegek		$\rho = 63 \text{ kg/m}^3$	maradék anyagok darabolva		$\rho = 63 \text{ kg/m}^3$
Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,0447	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,048236111	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,06635	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,0647	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,06075
	átlag λ összes mérésre =	0,0447		átlag λ összes mérésre =	0,0481		átlag λ összes mérésre =	0,06635		átlag λ összes mérésre =	0,0647		átlag λ összes mérésre =	0,06075
	szórás átlagolt értékekre =	0,000572		szórás átlagolt értékekre =	0,000714		szórás átlagolt értékekre =	0,000785		szórás átlagolt értékekre =	0,001344		szórás átlagolt értékekre =	0,001901
	szórás összes értékre =	0,000759		szórás összes értékre =	0,000951		szórás összes értékre =	0,000785		szórás összes értékre =	0,001344		szórás összes értékre =	0,001901
kevert szálás próbatest „K”		$\rho = 60 \text{ kg/m}^3$	pamut próbatest „P”		$\rho = 60 \text{ kg/m}^3$	saját minta merőleges rétegek „S”		$\rho = 60 \text{ kg/m}^3$	házi minta párhuzamos rétegek „H”		$\rho = 60 \text{ kg/m}^3$	maradék anyagok darabolva „M”		$\rho = 60 \text{ kg/m}^3$
Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,043816667	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,047175	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,06635	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,0647	Tranziens módszer	átlag $\lambda =$	0,06075
	átlag λ összes mérésre =	0,043406667		átlag λ összes mérésre =	0,047046667		átlag λ összes mérésre =	0,06635		átlag λ összes mérésre =	0,0647		átlag λ összes mérésre =	0,06075
	szórás átlagolt értékekre =	0,000552405		szórás átlagolt értékekre =	0,00208768		szórás átlagolt értékekre =	0,000785		szórás átlagolt értékekre =	0,001344		szórás átlagolt értékekre =	0,001901
	szórás összes értékre =	0,000540458		szórás összes értékre =	0,001870014		szórás összes értékre =	0,000785		szórás összes értékre =	0,001344		szórás összes értékre =	0,001901
Peremvédett segédhőátviteli berendezés		$\lambda =$	Peremvédett segédhőátviteli berendezés		$\lambda =$	Peremvédett segédhőátviteli berendezés		$\lambda =$	Peremvédett segédhőátviteli berendezés		$\lambda =$	Peremvédett segédhőátviteli berendezés		$\lambda =$
		0,0359			0,0386			0,0565			0,0739			0,0639



2.1. melléklet: Mérési jegyzőkönyv - utózungési idők

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Minta	1,04	1,53	1,61	1,41	1,19	1,26	1,09	0,70
Minta	0,82	1,70	1,66	1,36	1,21	1,23	1,07	0,69
Minta	0,96	1,64	1,69	1,32	1,17	1,21	1,08	0,67
Minta	1,03	1,68	1,71	1,39	1,12	1,09	0,94	0,63
Minta	0,77	1,60	1,74	1,41	1,11	1,09	0,95	0,63
Minta	0,95	1,68	1,63	1,35	1,17	1,07	0,96	0,63
Üres	0,98	2,10	2,85	2,74	2,30	1,80	1,42	0,83
Üres	0,69	1,98	2,45	2,69	2,27	1,73	1,44	0,83
Üres	0,73	1,90	2,44	2,78	2,21	1,78	1,43	0,84
Üres	0,97	1,87	2,71	2,95	2,23	1,75	1,40	0,84
Üres	0,66	1,87	2,73	2,98	2,31	1,78	1,45	0,85
Üres	0,92	1,77	2,54	2,86	2,24	1,80	1,41	0,82



2.2. melléklet: Hangelnyelési tényező számítása

		125	250	500	1000	2000	4000
T1	átlag T20 anyaggal	1,64	1,67	1,37	1,16	1,16	1,02
T2	átlag T20 üresen	1,92	2,62	2,84	2,26	1,77	1,43
As1	elnyelési felület anyaggal	5,324626	5,216285	6,358498	7,511282	7,538866	8,595924
As2	elnyelési felület üresen	4,556028	3,333811	3,079813	3,860773	4,924884	6,126377
	$As=0,161 \cdot V/T$						
	$V=54,24 \text{ m}^3$						
Aanyag	As1-As2	0,768598	1,882474	3,278684	3,650509	2,613983	2,469547
α_{anyag}	Aanyag/Sanyag	0,20	0,49	0,85	0,94	0,67	0,64
	Sanyag=3,88 m ²						
α_{anyag}	Aanyag/Sanyag	0,188382	0,461391	0,803599	0,894732	0,640682	0,605281
	Sanyagélekkel=4,08 m ²						
	4,0835						
élek felülete:	0,2035						

