



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Kar
Épületszerkezzettani Tanszék
Tudományos Diákköri Konferencia

Hőszigetelési Térkép

Hőszigetelések parametrikus rendszerezése



Készítette: Huszár Kornélia, Mochlár Virág

Konzulens: Kapovits Géza Simon

2024

Tartalom

1.	Bevezetés.....	3
1.1.	Kutatás témája, aktualitása	4
1.2.	Téma lehatárolás	6
2.	Kutatás.....	7
2.1.	Kutatási algoritmus	7
2.2.	Adatbázis bemutatása	9
2.3.	Eredet	10
2.4.	Épületszerkezeti jellemzők.....	10
2.5.	Építéskivitelezési jellemzők.....	13
2.6.	Fenntarthatóság	15
2.7.	Felhasználói igények	17
3.	Kiemelt anyagok	18
3.1.	Parafa:.....	18
3.2.	Kender	20
3.3.	Aerogél.....	22
3.4.	Habüveg	23
4.	„DSS” Döntéstámogató rendszerek	25
5.	Összegzés	26
5.1.	Kutatási eredmények	26
5.2.	Megállapítások	27
5.3.	További kutatási javaslatok	28
6.	Köszönetnyilvánítás	28
7.	Fogalomtár	29
8.	Irodalomjegyzék.....	33
9.	Hivatkozások.....	35
9.1.	Ábra jegyzék:	35
9.2.	Melléklet hivatkozás	36
9.3.	Adatbázis hivatkozás:.....	36
10.	Melléklet.....	38

1. Bevezetés

Mérsékelt övi országgént épületeinket változatos környezeti hatások érik. Tekintve, hogy a huszonegyedik század egyik legfontosabb, legközismertebb problémájává jelenleg a globális felmelegedés és annak környezetünkre gyakorolt hatása vált, egyre szigorúbb szabályoknak kell az általunk tervezett épületeknek megfelelniük. Az építészeti gyakorlatban kialakultak „ökölszabályként” alkalmazható séma megoldások, amik, ugyan megfelelnek az elvárásoknak, kevésbé hordozzák magukban az innovációt és a kreativitást. Dolgozatunk célkitűzésévé az aktuálisan elérhető épületenergetikai jellemzőket befolyásoló építőanyagok, építési termékek és épületszerkezeti rendszerek adatbázisának felállítását tettük.

Célunk, hogy az általunk létrehozott átlátható **hőszigetelési térkép** segédletként működhessen az alternatív hőszigetelési módszerek **megismerése** és azok **magabiztos használata** során.



1. ábra Hőszigetelő anyagok anyagjelölése

1.1. Kutatás témája, aktualitása

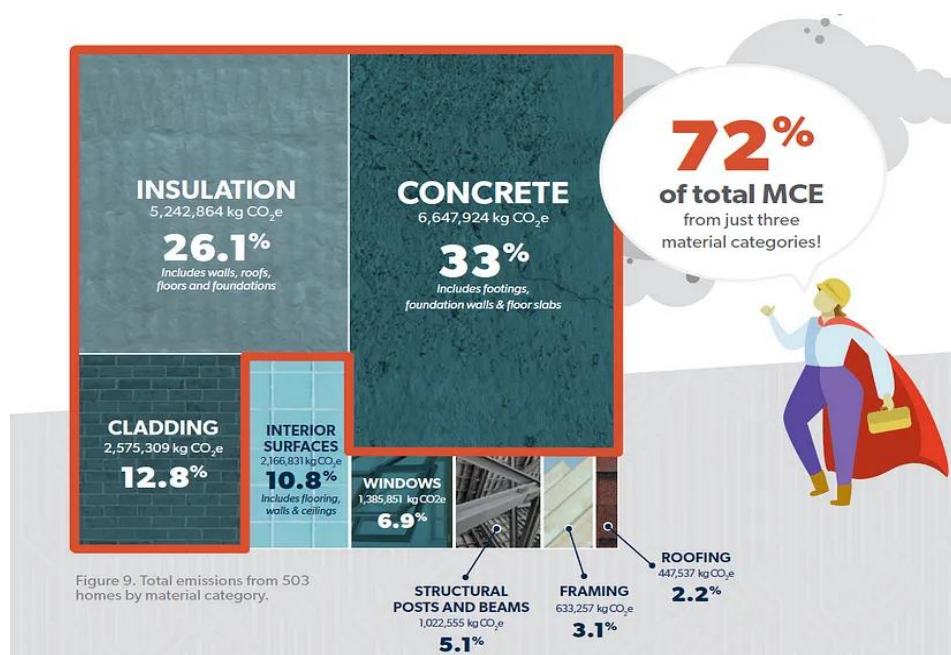
Az általános meglátás szerint azért kell hőszigetelni az épületeinket, hogy kevesebb legyen a hőveszteség és így nagyobb költséghatékonyságra törekedhessünk. Azonban már tudjuk, hogy a helyesen megválasztott hőszigetelés számos további funkciót ellát egy egészségesen működő ház életében. (2. ábra)



2. ábra: Szigetelés szerepei

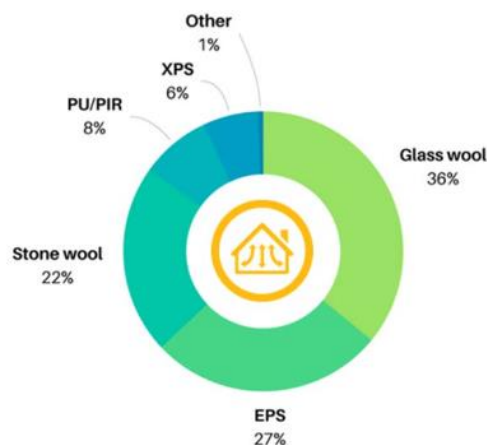
Napjainkra hatalmas alapanyag választék tárul elénk a piacon, ha új épületek építéséről vagy meglévő felújítására kerül a sor. A kiválasztást számos tényező nehezíti (ár-érték, méret, szerelhetőség stb.), azonban a fenntarthatósági szempontok kiemelt fontosságúvá váltak. Beruházóként és tervezőként egyaránt törekedni kell az épületek energiahatékonyságra való optimalizálására, nemcsak gazdasági okok, de az épület környezetre gyakorolt hatása miatt is.

Különösen igaz ez a hőszigetelések témakörére, hiszen ezek az építőanyagok többek között hőszigetelési, akusztikai, vázkitöltő és még számos funkciót betöltve nagy mennyiségben kerülnek beépítésre. Egy kanadai kutatás szerint, amelyben 503 kanadai családi ház teljes szén-dioxid kibocsátását elemezték, azt az eredményt kapták, hogy egy ház karbon lábnyomának több mint negyedét a hőszigetelések adják. ^[1] (3. ábra)



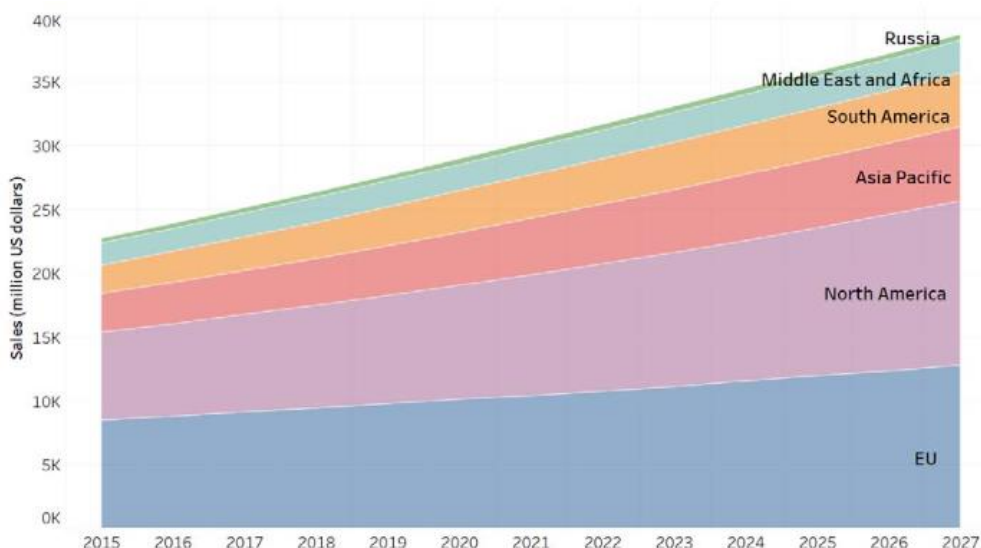
3. ábra: Karbon kibocsátás építőanyagok szerint

Fontos azonban, hogy az adott építőanyag teljes életciklusának figyelembevételével, az előállítástól a hulladéknak nyilvánításáig kapható csak teljes kép az adott anyag környezetre gyakorolt hatásáról. 2015-ös felmérés szerint az EU-ban az üveg-, a kőzetgyapot és az EPS a három leggyakrabban alkalmazott hőszigetelés (4. ábra), ami élettartama során számos jó tulajdonsággal bír, azonban előállítása és utóélete már több negatív aspektussal rendelkezik. [2]



4.ábra: Legkeresettebb hőszigetelések 2014-ben

Előrejelzések szerint a hőszigetelésre vonatkozó igény 2016-os adatokhoz képest 2027-re 4,5 %-kal meg fog nőni. [3] (5. ábra) Ezért különösen fontos, hogy ezt a nagy mennyiségű igényt minél tudatosabban és a környezetre gyakorolt hatását szem előtt tartva tudjuk kielégíteni.



5.ábra: Hőszigetelés vásárlási igény várható alakulása regionálisan

Ugyanakkor nemcsak a természetre, hanem az épület felhasználóira szintén gondolni kell, így az épület élettani hatására is. Ahogyan sok építőanyag, így a hőszigetelő termékek is tartalmaznak különböző vegyi anyagokat, amik komoly egészségkárosító hatással bírnak. A hőszigetelések esetén nem csak az előállításhoz szükséges anyagok, de például a szigetelések rögzítéséhez használt ragasztót, vagy a különféle bevonatokat is figyelembe kell venni. Megannyi kutatás foglalkozik ezen anyagok feltérképezésével és az emberek tájékoztatásával (pl: Living Building Red List¹). Emellett nem mellőzhető az állagvédelem, ezért a gyártók

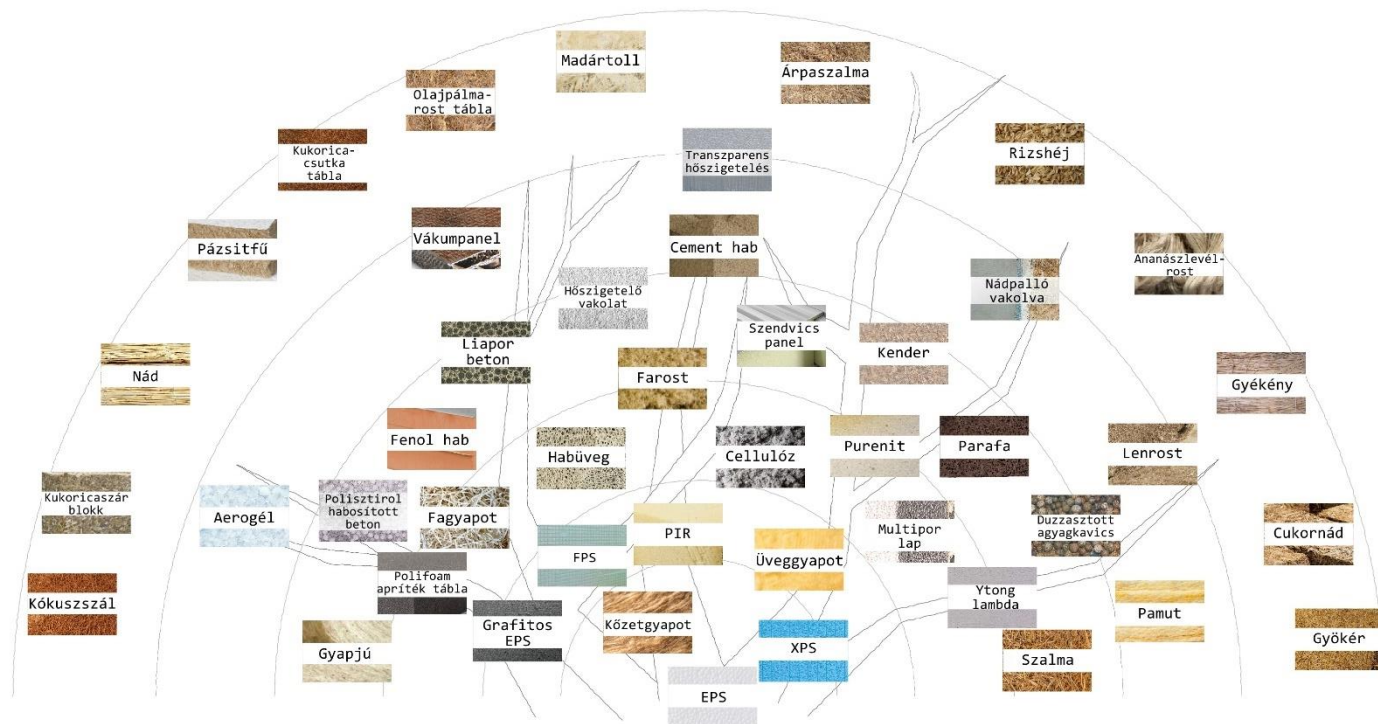
¹ <https://living-future.org/red-list/> (2024.10.26.)

tervezési segédletekkel, útmutatókkal jelzik, hogyan lehet biztonságosan alkalmazni a terméket egy adott épületszerkezet vizsgálatával, ezzel megpróbálva elkerülni a károsodást, ami később az épület tartósságára és annak felhasználóira is káros következményekkel járhat.

Ebben a folyton változó, sokrétű, elvárásokkal, komoly szabályozásokkal teli területen kell a lehető legjobb döntést meghozni tervezőként és felhasználóként teljes tudatában annak, hogy az ember hosszútávú befolyással rendelkezik a környezete fölött, ami viszont nem megy megfelelő háttértudás és alapvető információk birtoklása nélkül.

1.2. Téma lehatárolás

Kutatásunk első lépéseként számos gyártó kínálatát megvizsgáltuk és az elérhető teljesítmény nyilatkozatok alapján létrehoztunk egy **adatbázist. (1.melléklet)** Az adatbázis felállítása elősegítette a termékek céltudatos megismerését, valamint a kutatási témánk lehatárolását. Viszonyítási alapként az adatbázisba bekerültek az építési gyakorlatban megszokott megoldások, többek között az ásványi szálas és a műanyaghab szigetelések. Ezen felül igyekeztünk minél optimálisabb és életszerűbb hőszigetelési alternatívákat felkutatni, amelyek high-vagy low-tech módon innovatívnak tekinthetők és előrelépést jelentenek a szakmai gyakorlatban. Kutatásunk hamar elkanyarodott a fenntartható, ökológikus hőszigetelések irányába (pl.: kender, farost, szalma, gyapjú stb.), ugyanis ezek az építőanyagok, építési termékek évszázadokon keresztül fejlődésen estek át, pozitív hatással rendelkeznek az épület felhasználóinak lelki és fizikai egészségére és nem utolsósorban költséghatékonyak a high-tech, szélsőséges helyzetekben alkalmazott termékekhez képest (pl.: aerogél, üveghab, transzparens szerkezetek stb.). Annak ellenére, hogy már a vernakuláris építészetben is sikeresen alkalmazták ezeket az építőanyagokat, az utóbbi időben háttérbe szorultak a szigorodó szabványok és az egyre magasabb komfort elvárások miatt, mert nincs meg az az átfogó tudásbázis, amely segítségünkre lehet a helyes tervezés és alkalmazástechnológia során. A gyakorlati alkalmazásban ezek az építőanyagok nagy számuk ellenére a fent említett okból kifolyólag a **felhasználási gyakoriság peremére kerültek. (6.ábra)**



6. ábra: Kiválasztott hőszigetelések felhasználási gyakoriság szerinti csoportosítása

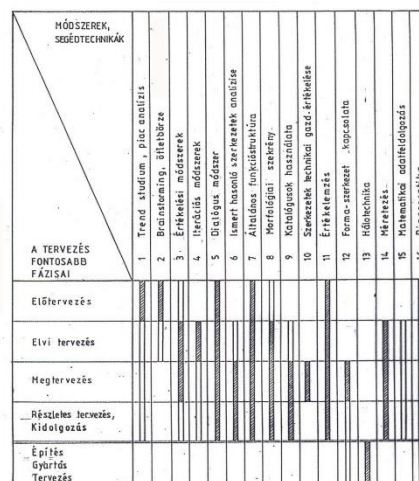
2. Kutatás

2.1. Kutatási algoritmus

A kutatásunk előképeként Dr. Petró Bálint rendszerét ²(7.ábra) tekintettük, aki elméleti síkon hozott létre egy szakértői rendszert, mi viszont egy gyakorlatiasabb struktúra létrehozására tettünk kísérletet.

Annak ellenére, hogy a világ és a szakma is egyre komolyabban odafigyel a fenntarthatóságra és a globális felmelegedés mérséklésére, hiányérzetünk támadt az egyébként a piacon nagy számban elérhető termékválaszték szelektálása során. A döntéshozatalt meghatározó elsődleges szempontok az

épületszerkezetekben végig menő kiegyenlítődési folyamatok leírására használt egymással analóg fogalmak: az átlagos hőátbocsátási tényező és a páradiffúziós tényező. Ezek az épületszerkezeteinkre vonatkozó fogalmak már a rendszert vizsgálják, amelyet mi hozunk létre,



7.ábra: Dr. Petró Bálint rendszere

² Dr. Petró, B. Az épületszerkezetek és az épületszerkezetek tervezése. Budapest: ÉTK, 1991.

rendelkezésünkre viszont az adott építőanyag egyéni teljesítményét leíró, elsőnek átláthatatlannak tűnő információhalmaz áll.

Kutatásunk második lépésévé ezeknek az egyébként szabványok által meghatározott **egyéni tényezőknek a lehatárolása, szűkítése** vált. Ezeknek az eltérő paramétereknek az együttes hatása határozza meg, hogy az adott épületszerkezet életciklusa során mennyire tud tartósan hatékonyan működni és kiszolgálni a felhasználóit, emiatt ez a lépés kiemelt jelentőséggel bírt a kutatási fázisban.

Tervezés során figyelembe kell venni különböző rendeletek és szabványokat (pl: MSZ EN 13162-13171; *8.melléklet*), ami az adott építési termék építménybe történő betervezésének a feltétele (275/2013. (VII.16.).³

A meghatározó szempontok fixálása után kitöltöttük az adatbázisunkat az elérhető teljesítmény nyilatkozatok alapján és a **különböző szempontokat további osztályokba soroltuk (A-F)**, ahol az A-jelű osztály az adott szempontból a legoptimálisabb, F-jelű pedig a legkedvezőtlenebb. (*8.ábra*)

³ 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye

Ez az osztályozás lehetővé teszi a teljes adatbázis egyénileg meghatározott paraméter prioritás szerinti **hatékonyságának vizsgálatát**, amely által komplex tervezői döntések meghozatala könnyíthető meg, valamint **megrendelő centrikus értékelést** rendelhetünk az adott hőszigetelő termékhez tervezési szituációtól függően.

PARAMÉTEREK			BESOROLÁSI OSZTÁLYOK					
ÉPÜLETSZERKEZETI JELLEMZŐK			A	B	C	D	E	F
Hővezetési tényező	[W/(mK)]	λ	0,003-0,01	0,01-0,03	0,03-0,04	0,04-0,06	0,06-0,08	0,08-0,1
Testsűrűség	kg/m ³	ρ	1-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300
Páradiffúziós ellenállási szám	-	μ	1-20	20-40	40-100	100-200	200<	végtelen
Nyomószilárdság	[kPa]	CS(10)i	500-300	300-200	200-150	150-100	100-50	50>
Húzószilárdság	[kPa]	TRI	100<	100-80	80-60	60-40	40-10	10>
Éghetőség	-	A-F	A	B	C	D	E	F
ÉPÍTÉSKIVITELEZÉSI JELLEMZŐK								
Beépítési folytonosság			monolit	elemes				
Gyártási formátum			por, granulátum	tekercselt paplan	táblás	szintmagas elem	egyedi	
Rögzítési módok			fűjt	tömködött	mechanikai	ragasztott		
Optimális beépítési vastagság	[mm]		5-20	20-50	50-100	100-150	150-200	200-250
Kivitelezési mód			helyszíni	előregyártott	kombinált			
Szállíthatóság			általános	helyszíni				
FENNTARTHATÓSÁG								
Származási hely			belföld	import				
Felhasznált erőforrások			megújuló	részben megújuló?	nem megújuló			
Károsanyag kibocsátás előállítás során	[CO ₂ eq/kg]	GWP	nincs	nem jellemző	van			
Gyártási energiaigény	[kWh/m ³]		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
Károsanyag kibocsátás beépítés során			nincs	nem jellemző	van			
Utóélet			újrafelhasználható	újrahasznosítható	komposztálható	nem lebomló		
HASZNÁLÓI IGÉNYEK								
Káros kémiai hatás			alacsony	közepes	magas			
Komfort hatás			pozitív	semleges				

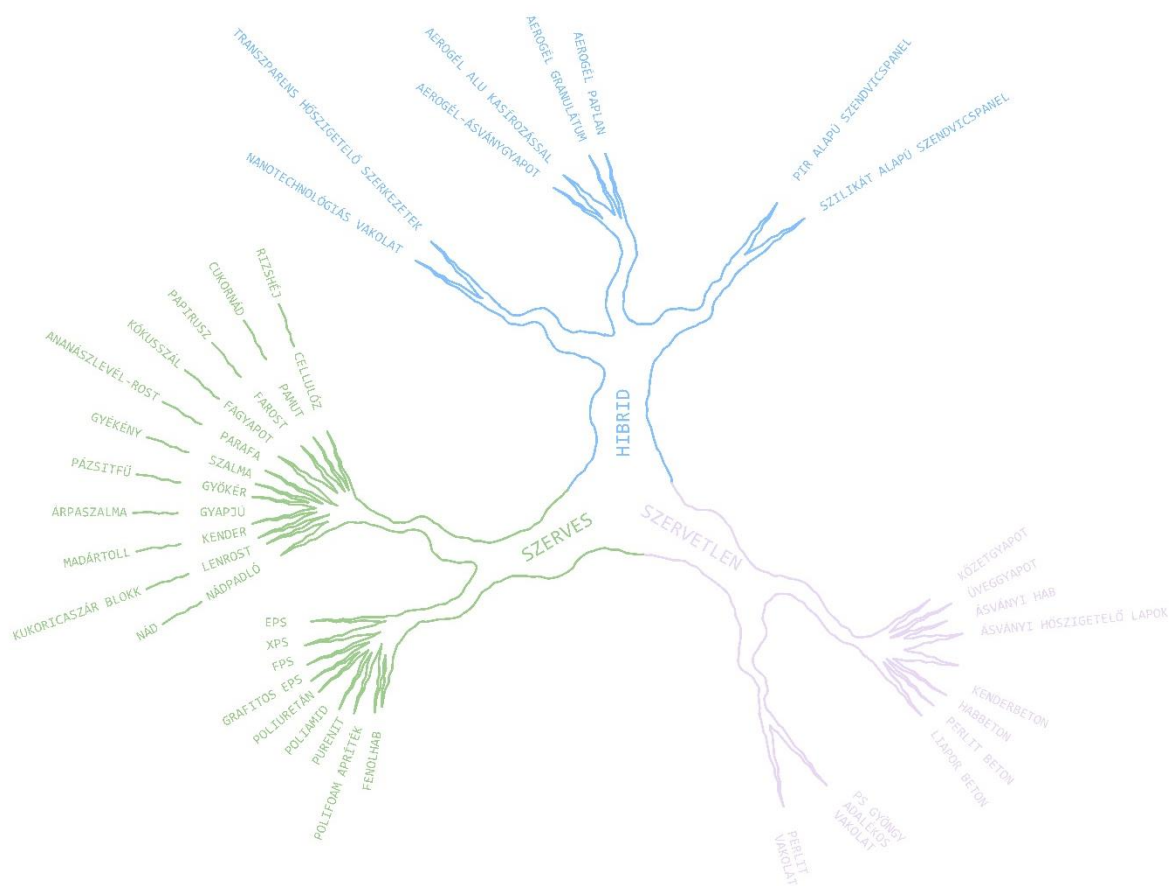
8.ábra Parametrikus osztályozási rendszer

2.2. Adatbázis bemutatása

A felállított adatbázisunk bemenő osztályozási paramétereit öt fő szempont alapján kerültek csoportosításra: eredet, épületszerkezeti jellemzők, építéskivitelezési jellemzők, fenntarthatóság, felhasználói igények. (1. melléklet)

2.3. Eredet

Fontos volt számunkra az adatbázisba bekerülő építőanyagok és építési termékek teljes életciklusának áttekintése, hiszen csak a teljes kép megértése révén vonhatunk le messzemenő következtetéseket. Ebből adódóan első és egyben legfontosabb szempontnak az adott anyag eredetét jelöltük ki. Eredet szerint két kategóriába sorolhatóak az anyagok: a széntartalmú, biológiai eredetű vegyületeket szervesnek, míg az ásványi eredetűeket szervetlennek tekintjük. A kompozit összetételű építési termékeket kombinált kategóriába soroltuk. (9.ábra) ^[4]



9. ábra Eredet szerinti csoportosítás

2.4. Épületszerkezeti jellemzők

A legkomplexebb csoportot az épületszerkezeti rendszerben való működést befolyásoló szabványosított anyagjellemzők jelentették.

Hővezetési tényező λ [W/(mK)]

Legfontosabb paraméter hőszigetelések esetén a deklarált hővezetési tényező, hiszen a határoló szerkezetekre a 9/2023 (V.25.) ÉKM rendelet alapján meghatározott átlagos hőátbocsátási tényező számításánál elsősorban figyelembe vett anyagjellemző.

Átlagos hőátbocsátási tényező U [W/m²K]

Az adott külső határoló szerkezetre vonatkozó szabvány szerint meghatározott átlagos hőátbocsátási tényező értéket minden újépítésű épületnek teljesítenie kell. Ezek a szabványban meghatározott értékek évről évre módosulnak, egyre nagyobb energetikai elvárásokat állítanak a jogszabályok a szerkezeteinkkel szemben. Belátható, hogy a Föld nyersanyagforrásai végesek, mai épületeinkkel szemben a közel nulla energiaigény elvárás, emiatt megfigyelhető, hogy például egy külső fal rétegrend esetében az U érték szigorítása 2006 és 2023 között az elvárt érték közel felére szigorodott. (10.ábra)

Az elérhető legfrissebb adatokat figyelembevételével a regionális átlagos hőátbocsátási értékkövetelményének összehasonlítása során megállapítható, hogy hazánk szigorú jogszabályokban rögzíti az épületek energetikai működésére vonatkozó értékeket. (11.ábra)

		ÁTLAGOS HŐÁTBOSZTÁSI TÉNYEZŐ KÖVETELMÉNY ÉRTÉK U_{min} [W/(m ² K)]			
		1957/1979/ 1985	2006	2016- (fokozatosan bevezetve)	passzívház
ÉPÜLETHATÁROLÓ SZERKEZET	Külső fal	0,85	0,45	0,24	0,15
	Lapos tető	0,4	0,25	0,17	0,12
	Fűtött teret határoló szerkezet	0,4	0,25	0,17	0,12
	Padlásfödém	-	0,3	0,17	-
	Pincefödém	-	0,5	0,26	-
	Nyílászáró	-	1,6/2,0	1,15/1,4	0,8
	Talajon fekvő padló	-	0,5	0,3	-
	Lábazati fal	-	0,45	0,3	-

10. ábra Átlagos hőátbocsátási tényező változása Mo.-n

		ORSZÁGOK A RÉGIÓBAN							
		Magyarország	Ukrajna	Románia	Szerbia	Honvátország	Szlovénia	Ausztria	Szlovákia
ÉPÜLETHATÁROLÓ SZERKEZET	Külső fal	0,24	0,3	0,55	0,30/ 0,40	0,30/ 0,45	0,18	0,35	0,22/ 0,15
	Lapos tető	0,17	0,18	0,2	0,15/ 0,20	0,25/ 0,30	0,15	0,2	0,15/ 0,10
	Fűtött teret határoló szerkezet	0,17	-	-	-	-	-	-	-
	Padlásfödém	0,17	0,2	0,2	0,30/ 0,40	0,25/ 0,30	0,15	0,4	0,20/ 0,15
	Pincefödém	0,26	-	-	-	-	-	-	-
	Nyílászáró	1,15 /1,40	1,33	1,3	1,50/ 1,50	1,60/ 1,80	1	1,4	1,00/ 0,60
	Talajon fekvő padló	0,3	0,26	0,22	0,30/ 0,40	0,40/ 0,50	0,35	0,4	0,40/ 0,30
	Lábazati fal	0,3	-	-	-	-	-	-	0

11. ábra: Átlagos hőátbocsátási tényező hazánk régiójában

Páradiffúziós ellenállási szám (MU) μ [-]

A páradiffúziós ellenállási szám egy olyan viszonyszám, amely a levegő ($\delta = 0,081$) és az adott anyag páradiffúziós tényezőinek a hányadosa. Minél nagyobb ez a szám, annál kevésbé ereszti át a párát. Ha a felületek hőmérséklete eléri a harmatponti értéket, a levegő párával telített lesz és a felesleges pára vízgőz formájában kicsapódik a felületen. Azon a felületen, ahol minimum 72 órán át 75% feletti a nedvességtartalom, megindul a penészképződés. A penész légúti megbetegedéseket, valamint az épülethatároló szerkezetek belső felületén állagkárosodásokat okoz. Ezen kívül a páralecsapódás az adott szerkezeti rétegben nedvesedést okoz, ami hőszigetelő anyagok esetében a hőszigetelő tulajdonság romlását és az állagkárosodási folyamat exponenciális ismétlődését eredményezi. ^[5,6]

Nyomószilárdság (CS10di) [kPa]

A hőszigeteléseknek felhasználási területtől függően eltérő követelményeknek kell megfelelniük. Egyes tervezési szituációkban, mint például járható lapostetők, vagy szarufák felett hőszigetelt magastetők esetében funkcionális elvárás, hogy az adott termék rendelkezzen teherbírással.

A hőszigetelő anyagok szabvány szerint 10%-os összenyomódásnál mért nyomófeszültség alapján kerülnek laborvizsgálatra.

Húzószilárdság (TR) [kPa]

Egyhéjú réteges falszerkezetek leggyakoribb felületképzése a vakolt hőszigetelő rendszer. Kevés építészeti többlettartalom adódik az épülethez, mégis esztétikai szempontból szükséges, amennyiben nem a nyers falfelületet tekintjük elérni kívánt esztétikai minőségnek. Ezesetben egy építészetileg egyszerűnek, tisztának tekinthető gondolat, annál több műszaki elvárással társul. A vakolt homlokzat példáját követve figyelembe kell vennünk a hőszigetelő anyag kiválasztásánál az termék húzószilárdsági tulajdonságait, ettől függően eltérő rétegrendekkel és segédretegekkel kell számolnunk a tervezés során. A felületre merőleges húzószilárdságot szintén szabvány szintjén a legtöbb hőszigetelő termék esetében laborkörülmények között mérik.

Éghetőség

Az MSZ EN 13 501-1 szabvány szerint a szerkezeti termékek hét osztályba sorolhatóak, aszerint, hogy tűz esetén, milyen viselkedést produkálnak. ^[7] Adatbázisunkban a hét fő osztályt

tekintettük mérvadónak, így A-F (A1-A2,B,C,D,E,F) kerültek besorolásra a vizsgált hőszigetelések.

2.5. Építéskivitelezési jellemzők

A megvalósíthatóság szintén az egyik legmeghatározóbb paraméter csoport az épületek tervezése során. Az adott tervezési feladat során nem elegendő csak az épületet alkotó építőanyag gyártási adatait és teljesítményét, utóéletét vizsgálni, hiszen az építéskivitelezés lépéseinek tudatos figyelembevételével (pl.: szállítás, állványozás, bonyolultság) tovább optimalizálható az épület egyedi tervezési és megrendelői szempontokat követve. Az épületszerkezeti jellemzők együttműködése meghatározza, hogy egy adott hőszigetelő anyag milyen felhasználási területeken tud tartósan jól működni.

Beépítési folytonosság

Tervezőként be kell látni, hogy a valóság a legtöbb esetben eltér a papíron kiszámolt, és lerajzolt tervektől. Amennyiben ez elfogadásra kerül és már a tervezés során a lehetséges pontatlanságok figyelembevételével tudatosan választják meg az építési termékeket és épületszerkezeti rendszereket, optimalizálható a váratlan bonyodalmak és hibák mértéke. Hőszigetelések esetén emiatt fontos szempontnak tekinthető az adott termék gyártási formátuma. Elsősorban a termikus burok folytonosságának szempontja alapján két alcsoportot különböztettünk meg, aszerint, hogy a termikus burok egy monolit felületként vagy elemekből felépülő rendszerként fog tudni működni.

Gyártási formátum

A kivitelezés görbülékenységének érdekében vizsgálandó szempont a gyártási formátum is, hiszen minél összetettebb rendszerben épül fel a homlokzat, annál több hibalehetőséget hordoz magában, ami hőhidak kialakulásához, kondenzációhoz és az épület állagkárosodásához, idő előtti tönkremeneteléhez vezethet. Minél több formátumban gyártható egy adott hőszigetelő anyag, annál több helyen használható fel, így akár előfordulhat, hogy a teljes épület hőszigetelési, akusztikai és további funkcióit ugyanaz az építőanyag látja el (pl.: gyapjú). Ezesetben csak egyféle technológiai rendszer megismerésére kell koncentrálni, így pontosabb anyagismeret elsajátítására van lehetőség, ami pozitívan befolyásolhatja a kivitelezési minőséget. (12.ábra)

ÉPÍTÉSI TERMÉK	FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEK																				
	FALAK				BELSŐ TÉRELHATÁROLÁS			TETŐ						ALÉPÍTMÉNY			FELÜLETKÉPZÉS				
	egyhéjú			kéthéjú	válaszfal	álmennyezet	padlószervezet	magastető			lapostető				lábazati fal	pincefödém	talajon fekvő padló	belső felület		külső felület	
	belső oldalon hőszigetelt	külső oldalon hőszigetelt	maghőszigetelt	átszellőztetett				szarufák alatt-között	szarufák felett	padlásfödém	egyenes rétegrend		fordított rétegrend					fal	padló	burkolat	vakolat
											járható	nem járható	járható	nem járható							
cellulóz	x	x			x		x	x		x						x					
farost	x	x			x	x	x	x		x						x	x				
fagyapot	x	x		x	x	x	x	x		x						x	x	x		x	x
parafa	x	x		x	x	x	x	x		x							x	x	x	x	x
gyapjú	x	x			x	x	x	x		x							x				
szalma		x						x		x											x
kender		x			x	x	x	x	x	x											x
vákuum panel	x	x					x				x	x					x				
aerogél	x	x				x	x	x	x	x						x	x				x
habüveg	x	x	x	x		x					x		x		x	x	x				x
poliuretán PIR/PUR	x						x	x		x	x	x				x	x				x
purenit						x	x	x	x		x										
expandált polisztirol (EPS)		x					x			x		x					x				x
extrudált polisztrirol (XPS)		x	x				x	x	x	x			x	x	x	x	x		x		x
kőzetgyapot	x	x		x	x	x	x	x		x		x				x	x				x
üveggyapot	x	x		x	x	x	x	x		x							x				x

*jelenleg rendelkezésre álló gyártói javaslatok alapján

12.ábra Hőszigetelések felhasználási területei

Rögzítési módok

Gyártási formátumtól függően eltérő rögzítési lehetőségek adódnak a szigetelési funkciót ellátó rétegek installálására. A legnagyobb pontosság, és legegyszerűbb kivitelezési technológia a fűjt, monolit felületet képző hőszigetelő anyagokkal (pl.: cellulóz, PIR, farost) érhető el. A ragasztott és mechanikai rögzítési technológia már bonyolultabb, nagyobb odafigyelést igénylő módszer (pl.: táblás hőszigetelések).

Optimális beépítési vastagság

Az építőanyag anyagjellemzőiből, valamint a rétegrend együttes működéséből adódó optimális beépítési vastagság figyelembevételével optimalizálhatóak az épület építési költségei, valamint a bruttó alapterületre jutó nettó felhasználható alapterület is, ami beruházói szempontból növeli az épület értékét.

Kivitelezési mód

Az építőipar számos résztvevője igyekszik az előregyártás irányában gondolkodni, hogy minél jobban kontrollálhassa a kivitelezési hibákat és költséghatékonyan, gyorsabb kivitelezést tehessen lehetővé. Jelenleg léteznek hőszigetelő homlokzati rendszerek, amelyek teljes mértékben előregyárthatóak (pl.: transzparens hőszigetelő épületszerkezetek, OKALUX⁴), ám a legtöbb adatbázisunkban szereplő termék vagy teljes mértékben helyszíni konstruálást igényel, vagy csak részben előregyártható.

Szállíthatóság

Az adott hőszigetelő termék gyártási formátuma meghatározza a szállíthatóságát és az ebből adódó többletköltségeket, nem mellesleg a környezeti hatását. Ebből a szempontból a legkedvezőbb formátumnak a fújható szigetelések tekinthetőek, hiszen ezeket legtöbb esetben zsákban forgalmazzák a gyártók. Az elemes, táblás formátumú termékek szintén kedvezőek szállíthatóság szempontjából, viszont a transzparens hőszigetelő épületszerkezetek, melyek sokszor szintmagas homlokzati elemként kerülnek előregyártásra, már komolyabb menedzsmentet igényelnek és nagyobb környezeti terhet rónak a természetre.

2.6. Fenntarthatóság

A dolgozatunk egyik célkitűzése volt, hogy minél inkább **felhívjuk a figyelmet** a különböző **anyagok környezetre gyakorolt hatására**. Szempontrendszerünket „bölcstől a sírig” elven próbáltuk felépíteni, mert egy anyag **teljes életciklusa** a gyártástól, a beépítésen át a hulladékba helyezésig tart.

Az első életciklus esetén megkülönböztettük a kiválasztott anyagokat az energiaforrásuk megújulásának lehetősége, a származási helye és előállítás során keletkező káros anyag kibocsátásuk szerint. Fontos lehet az adott hőszigetelések gyártási energiaigénye, azonban sajnos csak kevés adat állt rendelkezésünkre (3. melléklet), további adatok megkeresés után sem érkeztek meg. Második életciklus során, a beépítés által keletkezett károsanyag kibocsátást vizsgáltuk, amit kevésbé lehet tényszerű adatokkal alátámasztani, mert gyártói

⁴ <https://www.glastroesch.com/en/about-us/divisions/okalux> (2024.10.26.)

oldalról hiányzik a vizsgálatra és adatközlésre vonatkozó motiváció (3. melléklet). Végül a harmadik ciklusban a hőszigetelések utóéletét vizsgáltuk. A „fenntarthatatlan fejlődés” során számos anyagot előállítunk és birtoklunk azonban a tovább élésére jellemzően kevesebbet gondolunk. A hőszigeteléseknél ez különösen jelentős, hiszen nagy mennyiségben kerül napi szinten előállításra és felhasználásra, ugyanakkor gyakran tartalmaz különböző, káros vegyszert és kémiai adalékanyagot az anyagjellemzők feljavítására, ami megnehezíti az anyag későbbi visszaillesztését a körforgásba. Nem beszélve a kiegészítő szerkezetekről (ragasztó, dübel, festék), amik épületszerkezeti szerepükön felül jelentős ökológiai lábnyommal bírnak.

Ahhoz, hogy teljes mértékben vizsgálni tudjuk az egyes anyagok fenntarthatósági jellemzőit, összetett nézőpontokat és új fogalmakat vezettek be (pl.: PEI). Így szempontrendszerünk utolsó bekerült a GWP érték (global warming potencial), azaz a globális felmelegedési potenciál. Ezzel az értékkel könnyedén és akár interaktív módon szemléltethető egyes anyagok karbon lábnyoma, így felhívva a figyelmet az anyagok környezet terhelésének mértékére. (kiváló példa: CINARK Dán Királyi Akadémia: Az Építőanyag-piramisa⁵)^[8]

A kutatás folytatásának egyik lehetősége a fenntartható szempontok, értékek (4.melléklet) ⁶mélyebb feltérképezése és ismertetése ezzel hozzájárulva az ökológikus épületszerkezetek elterjedéséhez.

Ökofalu:

A megújuló forrásból származó hőszigetelések tovább szélesítik az eddig köztudatban élő hőszigetelési kínálatot. A fenntarthatósági szempontrendszerünk nemcsak a megismerést, hanem a meglévő ismereteink bővítését, ezáltal pedig a határozott véleményformálást is szolgálja. Például egy előfalu helyzetében, ahol alapvetően a helyben elérhető anyagokat használják (főként vályog, esetleg szalma), adatbázisunk által összetettebb szempontrendszer alapján, szélesebb választékból lehet szelektálni és idővel talán megvalósíthatóbbá és élhetőbbé válhat a huszonegyedik század emberének is az élet ezen öko formája. (13.ábra)

⁵ <https://www.materialepyramiden.dk/> (2024.10.26)

⁶ Európai Unió pályázat GVOP-3.3.1. – 05/1. – 2005-05-0121/3.0 KUTATÁSI JELENTÉS: Dr. Lányi Erzsébet BME ÉSZÉGI (2006. április) Épületszerkezettani Tanszék



13.ábra: Ökofalvak Magyarországon

Az ökofalvak (jelenlegi elnevezésük élőfalvak) a 90-es évek eleje óta kezdtek elterjedni Magyarországon a Magyar Élőfalu Hálózat keretén belül. A kezdeményezés célja, hogy minél több, az erőforrásainkat fenntartható módon, tudatosan felhasználva, tudatos életmódot követő low-tech közösség-szerveződés jöhessen létre. Ezek a falvak önmagukat a fenntarthatóság információs bázisának tekintő modellkísérletek. Alacsony anyagi befektetést igénylő projektnek tekinthetők, viszont annál fontosabb a társadalmi haszonnal rendelkeznek. Hosszútávon gondolkodó közösségek, elsőszámú prioritásuk a környezeti nevelés és a jövő nemzedék tudatformálása. [9,10]

2.7. Felhasználói igények

Végző, de nem utolsó sorban fontos vizsgálunk a beépítésre kerülő termékek élettani hatását. Számos építőanyag rendelkezik olyan kemikáliákkal, melyek már rövidtávon is egészségkárosító, allergén, akár rákkeltő hatásúak (pl.: polietilén-glikol, formaldehid, styren, izocianátok). (5.melléklet) A jelenséget már 40 évvel ezelőtt definiálta a WHO, a nemzetközi irodalomban „SBS” -ként (Sick Building Syndrome), a magyar köztudatban betegház szindrómaként él a jelenség. A jelenség által legveszélyeztetettebb korosztály az immunrendszerük fejlődése miatt a gyermekek. A huzamos tartózkodásra szánt terek (pl.: lakóépületek, oktatási intézmények, iroda terek) anyagválasztásánál és tervezésénél kiemelten fontos az élettani hatás figyelembevétele. Ebből a szempontból a legkárosabb, legveszélyesebb

hőszigetelő anyagok között felsorolhatóak a fűjt poliuretán habok, polisztirol habok (EPS, FPS, XPS). Ezzel szemben jellemzően a természetes, ökológikus építőanyagok között fedezhetjük fel a legkevésbé egészségkárosító hőszigetelő anyagokat (pl.: cellulóz, pamut, gyapjú, üveggyapot). (6.melléklet) A páradiffúziós nyitottság (alacsony páradiffúziós ellenállási szám) lehetővé teszi, hogy az adott építőanyag mikroklíma szabályozó hatású legyen, ami által egészségesebb környezetben tölthetjük mindennapjainkat. ^[11,12]

3. Kiemelt anyagok

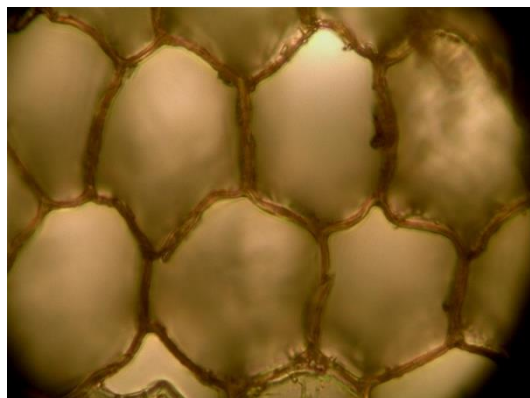
Kutatási algoritmusunk meghatározó lépése eredményeink folyamatos ellenőrzése és szűrése. Kezdetben egy hatalmas átláthatatlan információhalmaz állt rendelkezésünkre, melyet saját prioritási rendszerünk alapján 51 darab hőszigetelő anyagra szűkítettünk. (2.melléklet) Részletesebb vizsgálatra az utóbbi halmazból kiválasztottunk 16 darabot, melyek nagyobb alkalmazási gyakoriságuk révén pontosabb, nagyobb méretű bevizsgált adathalmazzal rendelkeznek. A továbbiakban négy általunk szelektált, köztudatban élő, mégis kevésbé ismert hőszigetelő anyag bemutatását kíséreljük meg.

3.1. Parafa:

A parafának számos felhasználási területe van ezek közül az egyik legjellemzőbb a burkolatként való alkalmazása, mivel egészséges és higiénikus burkolóanyag gyártható belőle, ami esztétikus külsőt kölcsönöz az épületnek. Padlóburkolatként igencsak előnyös természetes megjelenése és karbantarthatósága miatt.

Emellett a parafa természetes szerkezetéből és a sejtmembránok kémiai összetételéből adódóan számos jó tulajdonsággal bír: tartós, rugalmas, természetes és jó hangszigetelő tulajdonságú, így alkalmas meglévő és felújítandó házak szigetelésére. ^[13]

A parafát szigetelésként már a rómaiak is használták időszámításunk kezdetén, de a legismertebb felhasználói a középkori spanyol és portugál szerzetesek voltak, akik parafát használtak a kolostorok belső oldali szigetelésére.



14. ábra: Parafa mikroszkópikus képe

^[14] A parafa hőszigetelés alapanyaga a paratölgy kérge, ami természetes anyag révén megújuló erőforrás, különösen pozitívjellemzője, hogy előállítása során nem történik fakitermelés. A fa kérgét fejtik le 9 éves ciklusban, ugyanis ennyi idő amíg a fa újra növeszti a „burkát”. ^[15] A parafa zártcellás, hatszög alapú és prizma alakú cellás

anyag, amely képe a prizma tengely metszetében egy téglafalhoz hasonló. (14.ábra) A kedvező anyagjellemzőit a szerkezetében lévő köbcentiméterenkénti kb. 40 millió légbuborékszerű sejtecske rugalmas összekapcsolódása biztosítja.^[16]

A gyártás során a parafaszemcséket hőkezeléssel a parafa saját gyantájával préselik össze, így keletkezik az expandált parafatábla. Megannyi helyen (pl.: magas- és lapostető, földem, homlokzat, válaszfal, lábazati hőszigetelés) és különböző klimatikus viszonyok között felhasználhatóak a kiváló hőszigetelési tulajdonsággal rendelkező parafa táblák. (15.ábra)^[13]

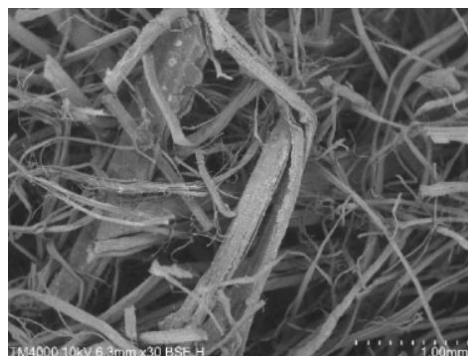
Emellett akusztikai jellemzőinek köszönhetően kontakt burkolat alatt kiváló lépéshangszigetelő anyag. Összességében elmondható, hogy egy régi, természetes anyag megannyi módon hasznosulhat a modern építészeti gyakorlatban is.

PARAFA			BESOROLÁSI OSZTÁLYOK					
ÉPÜLETSZERKEZETI JELLEMZŐK			A	B	C	D	E	F
Hővezetési tényező	[W/(mK)]	λ	0,003-0,01	0,01-0,03	0,03-0,04	0,04-0,06	0,06-0,1	0,1<
Testsűrűség	kg/m ³	ρ	1-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300
Páradiffúziós ellenállási szám	-	μ	1-10	10-40	40-100	100-200	200<	végtelen
Nyomószilárdság	[kPa]	CS(10)	500-300	300-200	200-150	150-100	100-50	50>
Húzószilárdság	[kPa]	TRi	100<	100-80	80-60	60-40	40-10	10>
Éghetőség	-	A-F	A	B	C	D	E	F
ÉPÍTÉSKIVITELEZÉSI JELLEMZŐK								
Beépítési folytonosság			mindkettő	monolit	elemes			
Gyártási formátum			por, granulátum	tekercselt paplan	táblás	szintmagas elem	egyedi	
Rögzítési módok			fűjt	tömökösített	mechanikai	ragasztott		
Optimális beépítési vastagság	[mm]		<20	20-50	50-100	100-150	150-200	200-250
Kivitelezési mód			helyszíni	előregyártott	kombinált			
Szállíthatóság			általános	helyszíni				
FENNTARTHATÓSÁG								
Származási hely			belföld	import				
Felhasznált erőforrások			megújuló	nem megújuló				
Károsanyag kibocsátás előállítás során	[CO ₂ eq/kg]	GWP	nincs	nem jellemző	van			
Gyártási energiaigény	[kWh/m ³]		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
Károsanyag kibocsátás beépítés során			nincs	nem jellemző	van			
Utóélet			újrafelhasználható	újrahasznosítható	komposztálható	nem lebomló		
HASZNÁLÓI IGÉNYEK								
Káros kémiai hatás			alacsony	közepes	magas			
Komfort hatás			pozitív	semleges				

15. ábra Táblás parafa hőszigetelés parametrikus osztályozása

3.2. Kender

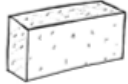
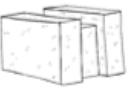
Már az ősi civilizációk is használták a kendert az akkori „építőiparban” kötelekhez, szálerősítésként habarcsban (pl. hídépítésnél), és ponyva alapanyagként. Manapság az élet számos területén hasznosítjuk (textilipar, gyógyászat, szépségipar stb.) ezt az egynyári gyorsan növő növényt. Az építőiparban a reneszánszát éli, viszont nem anyagként tekinthető újnak, sokkal inkább a felhasználási módja miatt tekintjük innovatívnak.^[17]



16. ábra: Kender paplan hőszigetelés mikroszkopikus képe

Az építőiparban hasznosított alapanyag az ipari kender, amely célra a növény fás szárát, a pozdorját hasznosítják. A pozdorja mikrocsoves szerkezetű, amelyben a mikrocsovek között álló levegő természetes módon biztosítja a kender jó hőszigetelő képességét. (16. ábra)^[18]

Megannyi felhasználási területen alkalmazható, így pusztán hőszigetelésként is alkalmazható (pl.: paplanos, tekercselt formátumban stb.), de akár vázkitöltő falként is beépíthető (pl.: kenderbeton, kendertégla). (17. ábra)

		Külső fal	Födém	Bordavázkitöltés		Válaszfal	Padló
				Szarufák között	Válaszfal		
Paplan/ tábla		X Homlokzat szigetelés	X Födém szigetelés	X	X		
Tekercs							X
Panel		X Homlokzat szigetelés					
Kenderbeton		X Bordaváz/ zsaluzat	X	X	X		
Kendertégla		X				X	

17. ábra: Kender felhasználási területei

Tekintve, hogy a kender nem rendelkezik nagy gondozási igénnyel, így a belföldi éghajlati viszonyok mellett Magyarországon is termesztető lenne, amely révén a szállításból következő karbon kibocsátást minimalizálhatnánk. Azonban jelenleg nem működik itthon nagy mennyiségű kender előállítás, holott 2008-ig bőséges termelés volt. Előállításához kapcsolódó

pozitív tulajdonsága továbbá, hogy négyszer nagyobb terméshozamot nyújt, mint a természetes szigetelőanyagok területén versenytársát jelentő fa. A kender egyik legnagyobb hátránya azonban a hozzá társuló negatív előítélet, köztudatbeli összekapcsolódása a kábítószerrel. Azonban az építőiparban hasznosított kender nem keverendő a gyógyításra felhasznált változatával!

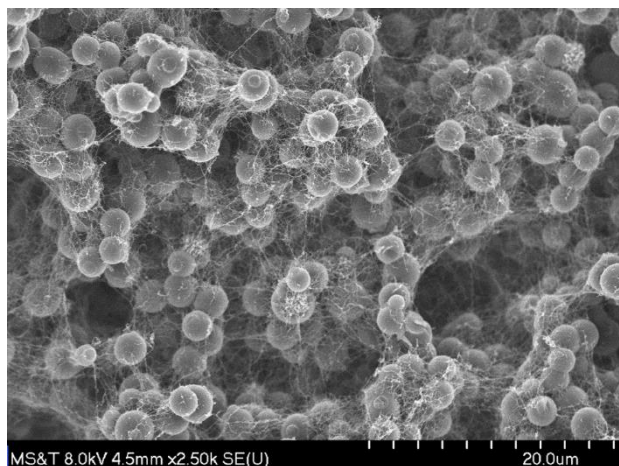
Kutatók szerint az anyag nagy potenciával bír, továbbá számos jó tulajdonsága miatt még ennél is több területen lehetne hasznosítani. Lehetséges ugyanakkor, hogy negatív vonatkozása kíváncsiságot szül, ezt kihasználva népszerűsítve alternatív építőanyagként. (18. ábra)

KENDER			BESOROLÁSI OSZTÁLYOK					
ÉPÜLETSZERKEZETI JELLEMZŐK			A	B	C	D	E	F
Hővezetési tényező	[W/(mK)]	λ	0,003-0,01	0,01-0,03	0,03-0,04	0,04-0,06	0,06-0,1	0,1<
Testsűrűség	kg/m ³	ρ	1-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300
Páradiffúziós ellenállási szám	-	μ	1-10	10-40	40-100	100-200	200<	végtelen
Nyomószilárdság	[kPa]	CS(10)i	500-300	300-200	200-150	150-100	100-50	50>
Húzószilárdság	[kPa]	TRI	100<	100-80	80-60	60-40	40-10	10>
Éghetőség	-	A-F	A	B	C	D	E	F
ÉPÍTÉSKIVITELEZÉSI JELLEMZŐK								
Beépítési folytonosság			mindkettő	monolit	elemes			
Gyártási formátum			por, granulátum	tekerceselt paplan	táblás	szintmagas elem	egyedi	
Rögzítési módok			fűjt	tömködött	mechanikai	ragasztott		
Optimális beépítési vastagság	[mm]		<20	20-50	50-100	100-150	150-200	200-250
Kivitelezési mód			helyszíni	előregyártott	kombinált			
Szállíthatóság			általános	helyszíni				
FENNTARTHATÓSÁG								
Származási hely			belföld	import				
Felhasznált erőforrások			megújuló	nem megújuló				
Károsanyag kibocsátás előállítás során	[CO ₂ eq/kg]	GWP	nincs	nem jellemző	van			
Gyártási energiaigény	[kWh/m ³]		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
Károsanyag kibocsátás beépítés során			nincs	nem jellemző	van			
Utóélet			újrafelhasználható	újrahasznosítható	komposztálható	nem lebomló		
HASZNÁLÓI IGÉNYEK								
Káros kémiai hatás			alacsony	közepes	magas			
Komfort hatás			pozitív	semleges				

18. ábra Táblás kender hőszigetelés parametrikus osztályozása

3.3. Aerogél

A silica aerogél egy kémiai módosítás során gél állagú oldatból a folyadék elvonásával, annak helyén gáz keletkezésével gyártott anyag, amely ebből adódóan alacsony testsűrűséggel és kiváló szigetelési tulajdonsággal rendelkezik. A kémiai módosítás révén folyékonyból szilárd halmazállapotúvá válik. Alapanyaga a silica gél, ami egy folyékony részecskéket tartalmazó szuszpendált gél. (19.ábra) [19]



19. ábra: Aerogél paplan hőszigetelés mikroszkopikus képe

Az aerogél előnyei között fontos megemlíteni a kiváló hőszigetelési tulajdonságait, hiszen hővezetési tényezője jelentősen kedvezőbb, ($\lambda_d = 0,017 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, HECK Aero DP.), így jóval kisebb rétegvastagsággal (kb. 5-7 cm) érhető el ugyanaz a hőátbocsátási érték, ami egy átlagos hőszigetelő anyag esetében akár ennek kétszeresét is jelentheti (pl.: EPS). Annak ellenére, hogy az aerogél high-tech építőanyagként szinte megfizethetetlennek számít, mégis, ha figyelembe vesszük, hogy adott bruttó alapterületre jelentősen nagyobb nettó alapterület érhető el, így egyensúlyozható a magas beépítési költség a beruházói haszonnal. További előnye az aerogél hőszigeteléseknek, hogy A2-es tűzvédelmi osztályba sorolhatóak, tehát tűzterjedésgátlási követelmények esetén is alkalmazható.

Magas beépítési költsége miatt nem alkalmazzuk általános esetben, mégis egyedi tervezési szituációkban, szélsőséges esetben kritikus csomóponti geometriáknál, valamint transzparens hőszigetelő szerkezetekben (pl.: Okagel, Stosolar) alkalmazzák granulátum formájában az építőiparban. (20.ábra)

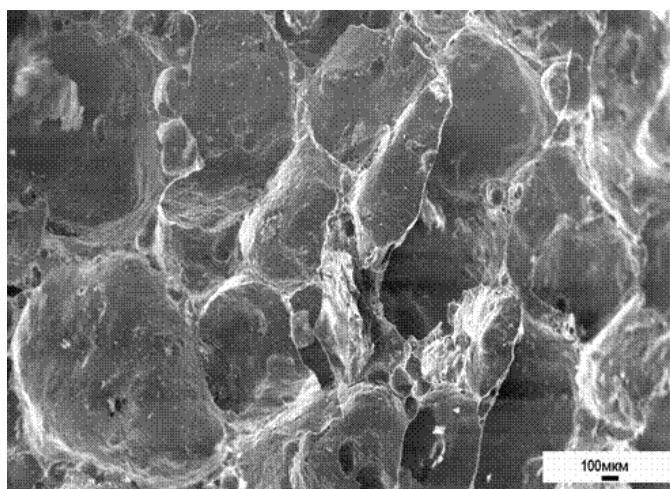
AEROGÉL			BESOROLÁSI OSZTÁLYOK					
			A	B	C	D	E	F
ÉPÜLETSZERKEZETI JELLEMZŐK								
Hővezetési tényező	[W/(mK)]	λ	0,003-0,01	0,01-0,03	0,03-0,04	0,04-0,06	0,06-0,1	0,1<
Testsűrűség	kg/m ³	ρ	1-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300
Páradiffúziós ellenállási szám	-	μ	1-10	10-40	40-100	100-200	200<	végtelen
Nyomószilárdság	[kPa]	CS(10)i	500-300	300-200	200-150	150-100	100-50	50>
Húzószilárdság	[kPa]	TRi	100<	100-80	80-60	60-40	40-10	10>
Éghetőség	-	A-F	A	B	C	D	E	F
ÉPÍTÉSKIVITELEZÉSI JELLEMZŐK								
Beépítési folytonosság			míndkettő	monolit	elemes			
Gyártási formátum			por, granulátum	tekercselt paplan	táblás	szintmagas elem	egyedi	
Rögzítési módok			fűjt	tömködött	mechanikai	ragasztott		
Optimális beépítési vastagság	[mm]		<20	20-50	50-100	100-150	150-200	200-250
Kivitelezési mód			helyszíni	előregyártott	kombinált			
Szállíthatóság			általános	helyszíni				
FENNTARTHATÓSÁG								
Származási hely			belföld	import				
Felhasznált erőforrások			megújuló	nem megújuló				
Károsanyag kibocsátás előállítás során	[CO ₂ eq/kg]	GWP	nincs	nem jellemző	van			
Gyártási energiaigény	[kWh/m ³]		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
Károsanyag kibocsátás beépítés során			nincs	nem jellemző	van			
Útóélet			újrafelhasználható	újrahasznosítható	komposztálható	nem lebomló		
HASZNÁLÓI IGÉNYEK								
Káros kémiai hatás			alacsony	közepes	magas			
Komfort hatás			pozitív	semleges				

20. ábra Táblás aerogél hőszigetelés parametrikus osztályozása

3.4. Habüveg

A habüveg egy szervesetlen eredetű, az átlagos hőszigetelő termékekhez hasonló értékű hővezetési tényezővel rendelkező hőszigetelő anyag. (21. ábra)

A habüveg alapanyaga a mikron szemcseméretű üvegliszt, amely legtöbb esetben újrahasznosított üvegből készül „upcycling”, azaz értéknövelő újrahasznosítás révén.



21. ábra: Habüveg hőszigetelés mikroszkopikus képe

„Amikor az üveglisztkeverék eléri a kívánt hőmérsékletet, káros gázképződés nélkül habosodik, és létrejön az üveghab. A hevítés elektromos kemencében zajlik, ipari vízzennyezés, égetési emisszió, zaj- és porterhelés nélkül.”⁷A habüveg két formátumban kerül gyártásra: különböző szemcseméretű granulátum formátumban, valamint táblás hőszigetelés formájában. Alapvetően járható lapostetők és intenzív zöldtetők hőszigetelésére, műemlékfelújításoknál, melegvizes medencék, ipari épületek alépítményi hőszigetelésére, lakossági épületfelújítások esetén talajon fekvő padló rétegrendjében alkalmazható leginkább, valamint aprószemcséjű granulátum formátumban könnyűbetonok adalékanyagként is alkalmazzák. Épületszerkezeti előnye, hogy kiemelkedően magas a nyomószilárdsága a többi hőszigetelő anyaghoz képest, valamint nem penészedik és nem éghető építőanyag. (22. melléklet) ^[20,21]

Épületszerkezettani tulajdonságai alapján szinte minden tervezési helyzetben alkalmazható lenne, ennek akadályát kizárólag magas beszerzési ára jelenti.

HABÜVEG			BESOROLÁSI OSZTÁLYOK					
			A	B	C	D	E	F
ÉPÜLETSZERKEZETI JELLEMZŐK								
Hővezetési tényező	[W/(mK)]	λ	0,003-0,01	0,01-0,03	0,03-0,04	0,04-0,06	0,06-0,1	0,1<
Testsűrűség	kg/m ³	ρ	1-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300
Páradiffúziós ellenállási szám	-	μ	1-10	10-40	40-100	100-200	200<	végtelen
Nyomószilárdság	[kPa]	CS(10)I	500-300	300-200	200-150	150-100	100-50	50>
Húzószilárdság	[kPa]	TRi	100<	100-80	80-60	60-40	40-10	10>
Éghetőség	-	A-F	A	B	C	D	E	F
ÉPÍTÉSKIVITELEZÉSI JELLEMZŐK								
Beépítési folytonosság			mindkettő	monolit	elemes			
Gyártási formátum			por, granulátum	tekercselt paplan	táblás	szintmagas elem	egyedi	
Rögzítési módok			fűjt	tömökódott	mechanikai	ragasztott		
Optimális beépítési vastagság	[mm]		<20	20-50	50-100	100-150	150-200	200-250
Kivitelezési mód			helyszíni	előregyártott	kombinált			
Szállíthatóság			általános	helyszíni				
FENNTARTHATÓSÁG								
Származási hely			belföld	import				
Felhasznált erőforrások			megújuló	nem megújuló				
Károsanyag kibocsátás előállítás során	[CO ₂ eq/kg]	GWP	nincs	nem jellemző	van			
Gyártási energiagigény	[kWh/m ³]		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50<
Károsanyag kibocsátás beépítés során			nincs	nem jellemző	van			
Utóélet			újrafelhasználható	újrahasznosítható	komposztálható	nem lebomló		
HASZNÁLÓI IGÉNYEK								
Káros kémiai hatás			alacsony	közepes	magas			
Komfort hatás			pozitív	semleges				

22. ábra Táblás habüveg hőszigetelés parametrikus osztályozása

⁷ <https://www.energocell.hu/uveghab-gyartas/> (2024.10.27.)

4. „DSS” Döntéstámogató rendszerek

Az építőipari piacon forgalmazott építési termékek száma és azok gyártónként eltérő változatai rohamosan megnövekedtek. Az építészeti tervezés bonyolultsága ezzel a folyamattal egyenes arányossággal nőtt, hiszen épületeinket rendszerként kell figyelnünk és megértenünk, ahhoz, hogy minél hatékonyabb megoldást nyújthassunk a felvetett építészeti problémákra. A piacon fellelhető, végtelennek tűnő és folyton differenciálódó információhalmaz befogadására már az építészeti tervezési folyamat hatékonyságának csökkenése nélkül nem igen tud a legtöbb építésziroda erőforrást elkülöníteni. A döntéstámogató rendszerek erre a modern problémára adnak egy megoldási algoritmust, kihasználva a technológiai fejlődés által kínált eszközöket (pl.: mesterséges intelligencia) és integrálva a rendszer elkészítéséhez szükséges szaktudást.^[16]

Kétféle támogató rendszert különítenek el: a „DSS” (decision support system) döntéstámogató rendszert és az „ES” (expert system) szakértői rendszert. Mindkét rendszer egyik fő komponense az információkat összefoglaló adatbázis, amelynek előnye, hogy megrendelői igényektől függően a végtelenségig bővíthető. Másik létfontosságú eleme egy változó paraméterekből felépülő algoritmus, amelynek input paraméterei megrendelői igények szerint módosítva és értékelve hozzájárulnak a legoptimálisabb tervezői döntés meghozatalához.

„A DSS rendszerek feladata 6 pontban foglalható össze: 1. meghatározott adatok kiválasztása az adatbázisból, 2. az adatok összegzése, átlagolása stb., 3. a paraméterek értékelése valószínűség alapján, 4. szimuláció, 5. lineáris egyenletrendszerek megoldása és 6. optimalizálás ^[15]. A szakértői rendszerek fő feladata a konkrét ismeretek, adatok tudássá, problémamegoldó képességgé szervezése.”⁸

Szintén a tervező támogatására szolgálhat a rendszer, amennyiben több lehetőség megvizsgálása a cél, hiszen előfordulhat olyan eset, amikor a megrendelőnek eltérő változatokra és személyes döntéshozatalra van igénye a tervezési folyamat során. További előnye a döntéstámogató rendszereknek, hogy a bennük foglalt részletes adatbázis révén nagyobb eséllyel választható ki olyan építőanyag, amely a leginkább támogatja az építészeti koncepciót. ^[22, 23, 24, 25, 26]

⁸ Dobszay Gergely, Kapovits Géza Use of Decision Support System for special challenges of building constructions. In: Katarína, Minarovičová; Jozef, Hraška (szerk.) . Bratislava, Szlovákia : Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta (2013) pp. 112-117. , 6 p.

5. Összegzés

5.1. Kutatási eredmények

- **adatbázis létrehozás**
- **DSS döntéstámogató rendszer**
- **parametrikus rendszerezés** kiválasztott termékjellemzők révén
- **CPR teljesítményjellemzők** és termékszabványok kibővítése tervezői, megrendelői, felhasználói, fenntartási igények rangsorolásával, **pozitív diszkrimináció** a fenntarthatóság segítése érdekében a környezettudatos elvek, szempontok előtérbe hozása által
- meglévő épületszerkezeti segédtechnikák felhasználása (Petró Bálint)
- **új ökosegédlet** része lehet a TDK dolgozatban elért vizsgálatok, eredmények egy része a tudás- transzparencia, tudás-transzfer eszköze révén
- **feledésbe merült alapkutatási eredmények felkutatása** (Dr. Lányi Erzsébet) után új kutatásfejlesztési programba való becsatlakozási lehetőség (akár TDK után PhD kutatómunka megkezdése, azaz továbbfejleszthető alkalmazott tudományos munkaként
- a különböző hőszigetelések **műszaki ábrázolásához** kidolgozott javaslatok bemutatása *(7.melléklet)*
- **ökofalvak elterjedéséhez**, módszertani fejlődéséhez is hozzájárulhat
- tananyagfejlesztés: ÉPK és ÉMK karok **Építőanyagok c. kötelező tárgya** (ezen tárgy törzsanyaga a hőszigetelések bemutatása)

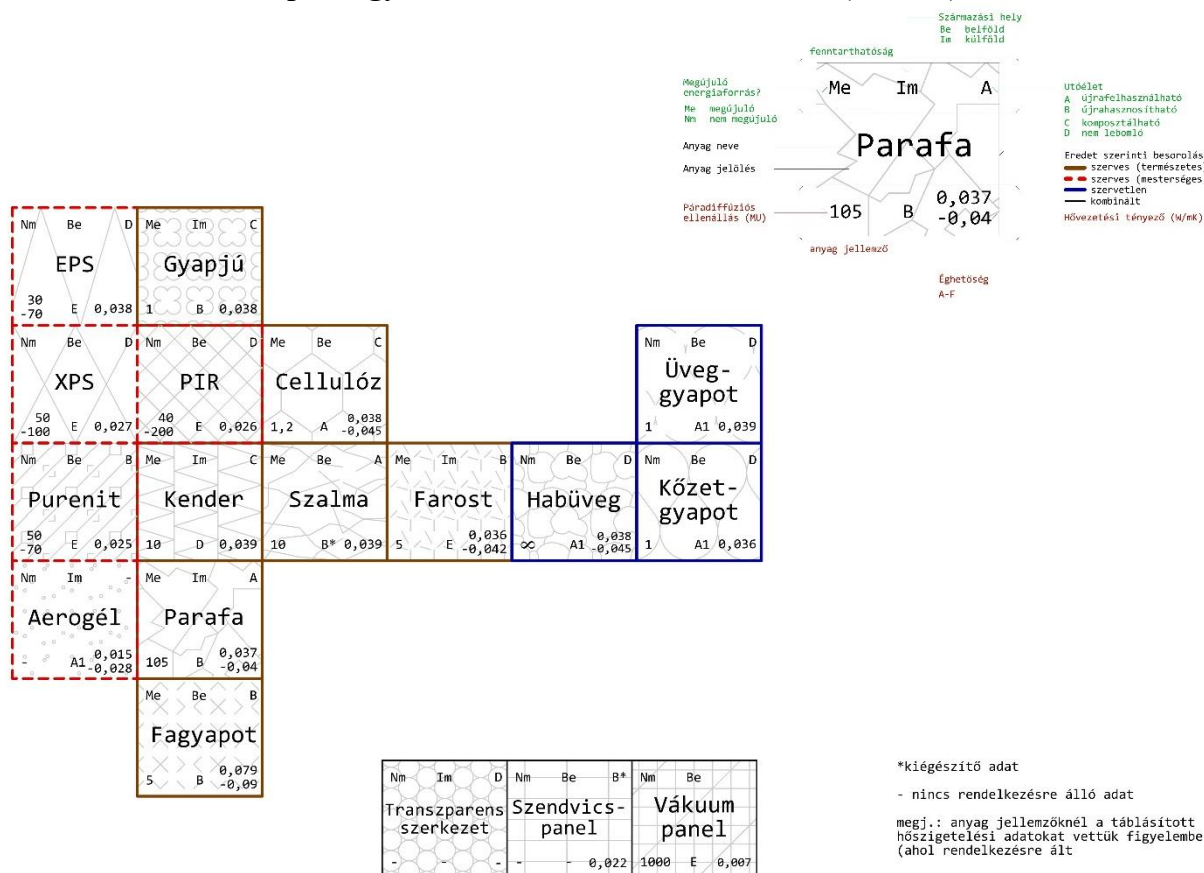
TDK egyes fejezetei a **tananyag kiegészítő segédletének** részét képezheti, akár ábraanyag, akár rendszerezés szélesítése terén

társári együttműködés lehetőségét kínálja

5.2. Megállapítások

Kutatásunk során számos **ökologikus építőanyaggal ismerkedhettünk meg**, amely vernakuláris gyökerénél fogva **kikerült a köztudatból** és a szakmai gyakorlatból. Ennek egyik legfontosabb oka a fogyasztói társadalom életmódjából fakadó épületekkel szemben támasztott komfort követelmények való megfelelés. A köztudat ezeket a fenntartható, ökologikus építőanyagokat sokszor bizalmatlansággal fogadja, mert nem tud elvonatkoztatni a vernakuláris építészeti örökségünk hagyományos parasztház motívumáról. Megismertük mind a low-, mind a high-tech hőszigeteléseket, melyekről a legtöbb esetben bebizonyosodott, hogy nemcsak kielégítik komfort igényeket, hanem pozitív élettani és lélektani hatásuk révén többlet komfortot nyújtanak a gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott hőszigetelő termékekhez képest.

A rendelkezésünkre álló átláthatatlan információ halmaz **szakértői rendszerezést** követően egy **szakmai tervezést támogató adatbázissá** fejlődött. Építészeti szempontból a legrelevánsabb paramétereket kiszűrve elkészült egy hőszigetelési térkép, amely a hőszigetelési adatbázis gyors áttekintését **kompakt, felhasználóbarát** módon biztosítja. Reméljük, hogy a megalkotott **hőszigetelési térkép egy segédletként** szolgálhat a tervezési hozzáállás differenciálása és az **építési gyakorlat variábilisabbá** tételéhez. (23.ábra)



23. ábra Hőszigetelési térkép

5.3. További kutatási javaslatok

Az adatbázis bármikor **továbbfejleszthető, kiegészíthető** az aktuális szakmai elvárások alapján. Manapság a fenntarthatósági szempontok kerülnek egyre magasabb helyre a prioritási listán, növekszik a környezetvédelemre vonatkozó szabványok és tanúsító rendszerek komplexitása. A bevizsgált termékek és építőanyagok számának jövőbeni növekedésével kiegészülhet, **további anyagok és osztályozási szempontok** kerülhetnek fel a hőszigetelési térképre.

A dolgozatunk által lehetőség nyílik a **parametrikus rendszerezés** témájának tovább gondolására, DSS rendszer teljes kidolgozására. Ezen a szinten bevonásra kerülhet a megrendelő is, ezáltal kiszélesedhet a **szemléletformálásra** elérni kívánt közönség. A parametrikus rendszerezés kiegészülhet egy **hatékonysági algoritmussal**, amely a megrendelő vagy a tervező által meghatározott rendszerezési paraméterek **egyedi prioritása alapján hatékonysági sorrendet** állítana fel. Ezáltal tényekkel alátámasztva, egyedi tervezési szituációkban hozható meg a legoptimálisabb döntés komplex bemeneti paraméterek alapján.

6. Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetünket kifejezni konzulensünknek Kapovits Géza Tanár Úrnak, legfőképpen témaajánlásáért és állandó útmutatásáért. Köszönjük a számos szakmai segédanyagot és a motiváló szavakat. „Túravezetésével” együttesen elkezdtük feltérképezni a hőszigetelések szerteágazó témakörét.

7. Fogalomtár

Átlagos hőátbocsátási tényező U [$W/(m^2K)$]:

Egy épületelemen a szerkezettel érintkező közegek közti egységnyi hőmérséklet-különbség hatására időegység alatt áthaladó hő egységnyi felületre jutó értéke, amely a csatlakozási hőhidak kivételével az épületelemen belüli hőhidak, a rétegterv, a beépítés és az öregedés hatását is tükrözi. (24.. ábra)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{si}} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{se}}}$$

U [$W/(m^2K)$] hőátbocsátási tényező

R_{red} [$(m^2K)/W$] eredő hővezetési ellenállás

R_{si} [$(m^2K)/W$] belső oldali felületi hővezetési ellenállás

R_{se} [$(m^2K)/W$] külső oldali felületi hővezetési ellenállás

d_i [m] az i -edik szerkezeti réteg vastagsága

λ [$W/(mK)$] az i -edik szerkezeti réteg vastagsága

24.ábra: Bakonyi D.: Épületszerkezettan 3. Homlokzat átlagos U értékének számítása

Éghetőség

„Homlokzati tűzterjedési határérték-követelmény van a légrés nélkül rögzített, szerelt B-D tűzvédelmi osztályú burkolati-, bevonati-, vakolt hőszigetelő rendszerek, valamint a légréses A1-D tűzvédelmi osztályú burkolati-, bevonati-, vakolt hőszigetelő rendszerek alkalmazása esetén az érintett külső térelhatároló falszerkezettel szemben.”⁹

Hővezetési tényező λ [$W/(mK)$]:

„A hővezetési tényező azt fejezi ki, hogy mekkora hőáram halad át időegység alatt egységnyi vastagságú, az áramlásra merőlegesen egységnyi felületű anyagon, egységnyi hőmérséklet-különbség hatására.”¹⁰

Páradiffúziós ellenállási szám μ [-]:

„A páradiffúzió - akárcsak a hőátbocsátás - egy kiegyenlítődési folyamat: az eltérő hőmérsékletű és nedvességtartalmú külső és belső térben eltérő párányomás uralkodik, és a párányomás-különbség hatására a pára a nagyobb nyomású közegből a kisebb nyomású helyre vándorol. A páradiffúzió a gőz halmazállapotú nedvesség vándorlása a porózus építőanyagokban, illetve az azokból készített szerkezeteken keresztül. A hőátbocsátás és a páradiffúzió tehát analóg jelenség: az egyiknél hőenergia, a másiknál nedvesség vándorlásáról van szó.”¹¹

⁹ MSZ EN 13 501-1 szabvány 26. § (1)

¹⁰ 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet, 2024.10.26. <https://njt.hu/jogszabaly/2023-9-20-8X>

¹¹ Osztrólczy M. (2009) Hőszigetelés, Budapest: CSER Kiadó

Az ökológikus épületszerkezetek definíciója:

„Környezetkímélőnek minősíthető az az épületszerkezet, amely ökológikus építőanyagokból, „szelíd” technikák használatával készül el, kerül beépítésre és (részben) ellátva a működtetés funkcióit is, elősegíti az épület egészséges és energiatakarékos használatát annak teljes élettartama alatt”. (Dr. Lányi E.)^[27]

CO_{2eq}:

A szén-dioxid egyenértéke, amely lehetővé teszi, hogy a különböző a globális felmelegedéshez hozzájáruló üvegházhatású gázok összehasonlíthatóak legyenek. Kiragadva egy gyakorlati példát: a metán felhasználásának GWP értéke 25 eq/kg, ez azt jelenti, hogy 1 tonna metán elégetése ugyanakkora éghajlati hatással bír, mint 25 tonna szén-dioxid. ^[28]

Fenntarthatatlan fejlődés:

„A fenntartható fejlődés egy fenntarthatatlan teória mindaddig, amíg a természetet tekintjük a gazdaság egyik alrendszerének és nem fordítva” (Herman E. Daly)

Olyan gazdasági és társadalmi értelemben vett fejlődés, ami a jelenlegi civilizációs modell korlátlan működésének tarthatatlanságra utal ^[8]

Fenntartható fejlődés:

A fenntartható fejlődés (*sustainable development*) olyan fejlődési folyamat, ill. szervezési elv, ami „*kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy csökkentené a jövő generációk képességét, hogy kielégítsék a saját szükségleteiket*” ^[32,33]

GWP:

„Az emberi tevékenységből származó ún. üvegház-gázok (pl. CO₂; széndioxid, CH₄; metán, FCFK; fluór-klór-szénhidrogének) hatását a globális felmelegedési potenciállal (GWP) fejezzük ki, melynek értéke a gáz légkörben való tartózkodásának időtartamától függ, ezért a vizsgált időtartamot is szerepeltetni kell.”¹²

Mértékegysége a CO_{2eq}/kg ^[8,28]

¹² Dr. Lányi, E. (2010). Környezettudatos épített környezet- A modellváltás elvei és építészeti eszközei. PhD fokozat elnyeréséhez benyújtott értekezés. Budapest: Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építésmérnöki Kar, Épületszerkezetek Tanszék.

Ökofalu:

„olyan emberi léptékű, teljes értékű település, amelyben az emberi tevékenységek ártalmatlanul integrálódnak a természetbe oly módon, hogy az támogatja az egészséges emberi fejlődést, és sikeresen folytatható a bizonytalan jövőben is”¹³. (Robert Gilman amerikai filozófus)

PEI:

primer energiatartalom (Primer Enregy Intesity): az anyag kitermeléséhez, előkészítéséhez, gyártásához és szállításához, azaz a létrehozásához szükséges energia mennyiség ^[8,29]

SBS:

Sick Building Syndrome, azaz „beteg épület tünet-együttes”, beteg épület szindróma. Meghatározása az egyes épületekben élő lakosok egészségügyi problémáinak leírására. Azokra az esetekre vonatkozik amikor az egyénekbe nem kimutatható konkrét betegség (nem tiszta/heterogén kórkép), és a tünetek az épületek komfortorjával, egészségével köthetőek össze. ^[8]

Vernakuláris építészetben:

jellemzően az építéshez helyi anyagokat használ fel, akadémiai mérnök ismeretek helyett népi hagyományokra és tapasztalatokra támaszkodik tükrözve az adott régi kulturális és történeti múltját ^[30,31]

elvárt műszaki teljesítmény:¹⁴

az építési termék olyan lényeges terméktulajdonsága, amely az építményre vonatkozó alapvető követelmények teljesüléséhez szükséges, valamint a terméktulajdonsághoz kapcsolódó elvart szint, osztály vagy leírás,

európai műszaki értékelés: ¹²

a 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet I. fejezet 2. cikk 13. pontja szerinti értékelés,

harmonizált szabvány:¹²

a 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet I. fejezet 2. cikk 11. pontja szerinti szabvány,

nemzeti műszaki értékelés: ¹²

¹³ Gilman, R. (1991. nyár) The Eco-village Challenge. *Living Together*, pp: 10.

Forrás: <https://www.context.org/iclib/ic29/gilman1/> (2024.10.27.)

¹⁴ 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (2024.10.30.)

műszaki előírás, amely a sorozatban gyártott építési termékre vonatkozó más műszaki előírás hiányában a gyártói teljesítménynyilatkozat alapidokumentuma, szintek, osztályok vagy leírás megadásával tartalmazza a termék tervezett felhasználásához kapcsolódó, nyilatkozatba foglalandó alapvető jellemzőket, továbbá meghatározza a teljesítményállandóság értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszert,

teljesítménynyilatkozat: ¹²

az építési termék gyártója által kiállított olyan dokumentum, amely az építési termék teljesítményét a termékre vonatkozó műszaki előírásnak megfelelően, hitelesen igazolja,

termékre vonatkozó műszaki előírás: ¹²

a teljesítménynyilatkozat műszaki tartalmú alapidokumentuma, amely lehet harmonizált európai szabvány, európai műszaki értékelés, vagy ezek hiányában magyar nemzeti szabvány, vagy Magyarország területén elfogadott nemzeti műszaki értékelés,

tervezett felhasználás: ¹²

az építési termék gyártója által meghatározott az építési termékre vonatkozó rendeltetés,

8. Irodalomjegyzék

- [1]: Magwood, C., Bowden, E., Trottier, M. Emissions of Materials Benchmark Assessment for Residential Construction Report (2022). Passive Buildings Canada and Builders for Climate Action.
- [2]: Pavel C. C., Blagoeva D. T. (2018). Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings. Luxemburg: Publications Office of the European Union
- [3]: <https://2050-materials.com/blog/thermal-insulation-choosing-healthy-and-low-carbon-materials/> (2024.10.26.)
- [4]: https://hu.wikipedia.org/wiki/Szerves_vegy%C3%BClet (2024.10.26)
- [5]: <https://meps.hu/termek/> (2024.10.26.)
- [6]: https://witch.mik.pte.hu/oktatas/Tanszeki_anyagok/Epitomernok_Tanszek/Karpati_Kinga/I.gyak/11.%20Laborgyak%20-%20Hszigetel%20anyagok.pdf (2024.10.26.)
- [7]: MSZ EN 13 501-1 szabvány 26. § (1)
- [8]: Dr. Lányi, E. (2010). Környezettudatos épített környezet- A modellváltás elvei és építészeti eszközei. PhD fokozat elnyeréséhez benyújtott értekezés. Budapest: Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építésmérnöki Kar, Épületszerkezetek Tanszék.
- [9]: <https://elofaluhalozat.hu/> (2024.10.26.)
- [10]: <http://teaagostyan.hu/magyar-elofalu-halozat-meh> (2024.10.26.)
- [11]: <https://durablevintage.com/building-materials-and-our-health> (2024.10.26.)
- [12]: <https://www.mernokstudio.hu/miert-erdemes-termeszetes-anyagokkal-tervezni-es-kivitelezni/> (2024.10.26.)
- [13]: dr. Preisich, K. (2004). Parafa a padlóban alkalmazástechnikai kézikönyv, II.javított kiadás, Budapest: 2004.március, 89.-90.o.
- [14]: Bozsaky, D. (2001), *Természetes és mesterséges hőszigetelő anyagok összehasonlító vizsgálatai és elemzése*. Doktori értekezés. Győr: Széchenyi István Egyetem, Infrastrukturális Rendszerek Modelljezése és Fejlesztése Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola.
- [15]: <https://corkart.eu/a-parafa-felhasznalasi-teruletei> (2024.10.27.)
- [16]: <https://faipar.hu/cikkek/alapanyag/7842/egy-csodalatos-anyag-a-parafa> (2024.10.27.)
- [17]: <https://www.archdaily.com/1019891/the-past-present-and-future-of-hemp-in-construction> (2024.10.27.)
- [18]: <https://www.kenderhazmagyarorszag.hu/hoszigetelo.html> (2024.10.26.)
- [19]: <https://www.aerogel.org/?p=16> (2024.10.26.)
- [20]: <https://www.foamglas.com/en/products/> (2024.10.11.)
- [21]: <https://www.lambda.hu/laravel-filemanager/files/1/M%C3%A1rk%C3%A1k/Foamglas/katalogus/Foamglas%20-%20Biztons%C3%A1gos%20h%C5%91szigetel%C3%A9s%20-%20RWB.pdf> (2024.10.11.)
- [22]: Joyce J. Elam and John C. Henderson, Knowledge Engineering Concepts for Decision Support System Design and Implementation, North-Holland Publishing Company Information &Management 6 (1983), pp. 109-114. (2024.10.29.)
- [23]: N. A. D. Connell and P. L. Powell, A Comparison of Potential Applications of Expert Systems and Decision Support Systems, Journal of the Operational Research Society 41/5 (1990), pp. 431-439. (2024.10.30.)
- [24]: Robert W. Blanning, The Functions of a Decision Support System, North-Holland Publishing Company Information &Management 2 (1979), pp. 87-93. (2024.10.30.)
- [25]: Groot, de, E.H., S.M. Mallory-Hill, R.H.M. van Zutphen and B. de Vries, An experimental design system for the very early design stage, In: Proceedings of the 8th International Conference on Durability of Building Materials and Components, May 30 – June 3, 1999, Vancouver, Canada. (2024.10.30.)
- [26]: Gergely Dobszay, Building Constructions of stone clad roofs in Contemporary Architecture. Facta Universitatis-series Architecture and Civil Engineering 9:(1) pp. 35-56. (2011) (2024.10.30.)
- [27]: Dr. Lányi, E. (2006). *Tetőszerkezetek környezettudatos követelményrendszere*. Kutatási jelentés. Budapest: BME ÉSZÉGI Épületszerkezetek tanszék.

- ^[28]: Hadjikyriakou P. (2021.10.13.) Carbon cheat sheet by 2050 Materials. Letöltés dátuma: 2024.10.26, forrás: Medium: <https://blog.2050-materials.com/carbon-cheat-sheet-by-2050-materials-deeb9c87b413>
- ^[29]: Róka, Zs., Surányi, B. (2007). *Építőanyagok építésökológiai és építésbiológiai vizsgálata*. Tudományos diákköri dolgozat. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építésmérnöki Kar.
- ^[30]: https://hu.wikipedia.org/wiki/Vernakul%C3%A1ris_%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9szet (2024.10.30.)
- ^[31]: <https://web.archive.org/web/20190523170522/https://www.homebuilding.co.uk/vernacular-style/> (2024.10.30.)
- ^[32]: <https://korforgas.uni-pannon.hu/projekt/mi-is-az-a-fenntarthato-fejlodes> (2024.10.30.)
- ^[33]: Egyesült Nemzetek Szervezete 1987-es Brundtlandt jelentés

9. Hivatkozások

9.1. Ábra jegyzék:

1. ábra: saját ábra
2. ábra: <https://buildingspecifier.com/can-your-insulation-really-affect-your-health> (2024.10.26.)
3. ábra: <https://www.buildersforclimateaction.org/report---embarc-report.html> (2024.10.26.)
4. ábra: Pavel C. C., Blagoeva D. T. (2018). Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy- efficient buildings. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
5. ábra: Pavel C. C., Blagoeva D. T. (2018). Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy- efficient buildings. Luxemburg: Publications Office of the European Union.
6. ábra: saját ábra
7. ábra: Dr. Petró, B. Az épületszerkezetten és az épületszerkezetek tervezése. Budapest: ÉTK, 1991.
8. ábra: saját ábra
9. ábra: saját ábra
10. ábra: saját ábra,
forrás alapján: 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet, 2024.10.26.
<https://njt.hu/jogszabaly/2023-9-20-8X>
11. ábra: saját ábra
forrás alapján: internet, gyártói adatok
12. ábra: saját ábra
13. ábra: saját ábra
forrás alapján:
<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1uOPFU4wfPMB7QOouq77sbrQpQkg&femb=1&ll=46.76601093022957%2C18.29482926792743&z=9> (2024.10.10.)
14. ábra: <https://faipar.hu/cikkek/alapanyag/7842/egy-csodalatos-anyag-a-parafa> (2024.10.28.)
15. ábra: saját ábra
16. ábra: Dieckmann, E., Onsiong, R., Nagy, B. *et al.* Valorization of Waste Feathers in the Production of New Thermal Insulation Materials. *Waste Biomass Valor* 12, 1119–1131 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s12649-020-01007-3>
17. ábra: saját ábra
források alapján:
https://naturicagroup.hu/kender-hoszigeteles/?gclid=CjwKCAjwp8OpBhAFiEiwAG7NaEvpMnXsazc6ohsFbiFOLGss0AoVkaDCTTxfXyQfqvpbuHDIcmmzc3hoCQrgQAvD_BwE (2024.10.18.)
<https://kenderhazepites.hu/tudnivalok-a-kenderhazrol/> (2024.10.18.)
<https://webaruhaz.valyogvakolat.hu/Canna-Flex-kender-hoszigeteles-10cm-es-1-raklapnyi> (2024.10.18.)
18. ábra: saját ábra
19. ábra: <https://engineering.utdallas.edu/news/archive/2021-summer/mechanical-engineers-discover-that-aerogel-structure-can-block-sound-potentially-boost-performance-of-acoustic-devices/> (2024.10.29.)
20. ábra: saját ábra
21. ábra: <https://www.penosytl.com/pub2.html> (2024.10.29.)
22. ábra: saját ábra
23. ábra: saját ábra
24. ábra: Bakonyi D.: Épületszerkezetten 3. Homlokzat átlagos U értékének számítása, 2016/17. II. BME Építésmérnöki Kar Épületszerkezetten Tanszék

9.2. Melléklet hivatkozás

- 1.melléklet: saját ábra
- 2.melléklet: saját lista
- 3.melléklet: Róka, Zs., Surányi, B. (2007). *Építőanyagok építésökölógiai és építésbiológiai vizsgálata.* Tudományos diákköri dolgozat. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építésmérnöki Kar.
- 4.melléklet: Dr. Lányi, E. (2006). *Tetőszerkezetek környezettudatos követelményrendszere.* Kutatási jelentés. Budapest: BME ÉSZÉGI Épületszerkezet-tani tanszék.
- 5.melléklet: <https://durablevintage.com/building-materials-and-our-health> (2024.10.27.)
- 6.melléklet: <https://durablevintage.com/building-materials-and-our-health> (2024.10.27.)
- 7.melléklet: saját ábra
- 8.melléklet: MSZ EN 13162-13171

9.3. Adatbázis hivatkozás:

- [1]: <https://webaruhaz.valyogvakolat.hu/STEICOfloc-befujt-celluloz-hoszigeteles-15kg-os-zs#> (2024.10.10.)
- [2]: https://www.steico.com/fileadmin/user_upload/importer/downloads/4028b6097384810e017496c6d17d31e2/S-TEICOfloc_TM_de_i.pdf (2024.10.10.) (2024.10.10.)
- [3]: <https://www.steico.com/en/products/insulation/insulation-systems-for-roofs/above-rafter-insulation/steicotherm> (2024.10.12.)
- [4]: https://www.steico.com/fileadmin/user_upload/importer/downloads/4028b6097384810e0174961f3b201593/S-TEICOtherm_STEICOtherm_RL_DoP_EN13171_01-0010.pdf (2024.10.12.)
- [5]: <https://www.knaufinsulation.hu/Search%20results?search=heraklith> (2024.10.10.)
- [6]: https://szigeteloanyag-kereskedelem.hu/sites/default/files/technical_datasheets/heraklith-c_2016_041.pdf (2024.10.10.)
- [7]: Parafa a padlóban alkalmazástechnikai kézikönyv, II. javított kiadás, Budapest 2004. március, 89.-90.o.
- [8]: https://www.parafa.net/web/index.php?option=com_content&view=article&id=100:agglomeralt-parafa-hoszigeteles-es-hangszigetelés&catid=2&Itemid=123 (2024.10.11.)
- [9]: <https://www.isolena.com/en/insulation.html> (2024.10.11.)
- [10]: <https://nextcloud.lehnerwolfe.com/index.php/s/8iFHopKbXP2s3Rr> (2024.10.10.)
- [11]: <http://w-heat.hu/> (2024.10.11.)
- [12]: http://w-heat.hu/wp-content/uploads/2020/11/Datasheet_W-HEAT.pdf (2024.10.11.)
- [13]: <http://www.hanf-daemmstoffe.com/en/products/vicarius-canna-panel-2/> (2024.10.11.)
- [14]: https://cdn.vicarius.cz/files/Vicarius_Canna_Panel_EN.pdf (2024.10.10.)
- [15]: <https://bachl.hu/termekeinkrol/laposteto/vakumpanel/> (2024.10.10.)
- [16]: https://bachl.hu/wp-content/uploads/2023/04/BACHL_vakumpanel.pdf (2024.10.10.)
- [17]: https://prd.crb.ch/product_detail/7AF716F4A844B85A878076315134E1 (2024.10.10.)
- [18]: <https://prd-media.crb.ch/media/10061/Technisches%20Merkblatt.pdf> (2024.10.10.)
- [19]: <https://www.foamglas.com/en/products/> (2024.10.10.)
- [20]: <https://www.lambda.hu/laravel-filemanager/files/1/M%C3%A1rk%C3%A1k/Foamglas/katalogus/Foamglas%20-%20Biztons%C3%A1gos%20h%C5%91szigetel%C3%A9s%20-%20RWB.pdf> (2024.10.10.)
- [21]: <https://bachl.hu/termekeinkrol/laposteto/poliuretán/> (2024.10.10.)
- [22]: <https://bachl.hu/wp-content/uploads/2023/04/BACHL-PIR-KM.pdf> (2024.10.10.)
- [23]: <https://www.puren.com/hu/letoltesek/brosurak/> (2024.10.11.)
- [24]: <https://www.puren.com/hu/letoltesek/muszaki-adatlapok/> (2024.10.11.)
- [25]: <https://www.rockwool.com/hu/inspiralo-ismeretek/tudasbazis/mit-erdemes-tudni-a-legnepszerubb-szigeteloanyagokrol/> (2024.10.11.)

- [26]:https://www.austrotherm.hu/fileadmin/user_upload/HU/Termek/Adatlapok_2023/AUSTROTHERM_AT-N100_adatlap2023.pdf (2024.10.11.)
- [27]:<https://www.rockwool.com/hu/inspiralo-ismeretek/tudasbazis/mit-erdemes-tudni-a-legnepszerubb-szigeteloanyagokrol/> (2024.10.10.)
- [28]:https://www.austrotherm.hu/fileadmin/user_upload/HU/Termek/Adatlapok_2023/AUSTROTHERM_XPS_Premium_30_SF_adatlap2023.pdf (2024.10.10.)
- [29]:<https://www.rockwool.com/hu/termek-megoldasok/> (2024.10.10.)
- [30]:<https://p-cdn.rockwool.com/sybsiteassets/rw-hu/termekadatlapok/homlokzati-hszigeteles/frontrock-super-termekadatlap.pdf?f=20201025025449> (2024.10.10.)
- [31]:<https://www.knaufinsulation.hu/Search%20results?search=%C3%BCveggyapot>
- [32]:https://pim.knaufinsulation.com/files/download/download_65ead49da93b9.pdf (2024.10.12.)
- [33]:<https://durablevintage.com/building-materials-and-our-health> (2024.10.26.)
- [34]: Róka, Zs., Surányi, B. (2007). *Építőanyagok építésökölógiai és építésbiológiai vizsgálata*. Tudományos diákköri dolgozat. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építésmérnöki Kar.
- [35]:<https://www.materialepyramiden.dk/> (2024.10.26)
- [36]:Bozsaky, D. (2001), *Természetes és mesterséges hőszigetelő anyagok összehasonlító vizsgálatai és elemzése*. Doktori értekezés. Győr: Széchenyi István Egyetem, Infrastrukturális Rendszerek Modellezése és Fejlesztése Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola.

10.Melléklet

1.sz. melléklet:

Létrehozott adatbázis

ÉPÍTÉSI TERMÉK	SZERVES-SZERVETLEN [34]	ÉLETTANI HATÁS [34]	FENNTARTHATÓSÁG						
			megújuló energiaforrás [34]	származási hely [34]	előállítás [34]	gyártási energiaigény [34] [kWh/m ²]	beépítés	utóélet [34]	globális felmelegedési potenciál GWP [35] [CO ₂ eq / m ³]
CELLULÓZ[1,2]	szerves	semleges [33]	megújuló	belföld	nincs	-	nincs	komposztálható	-72
FAROST[3,4]	szerves	pozitív	megújuló	import	nincs	-	nincs	újrahasznosítható	-1740
FAGYAPOT[5,6]	szerves	pozitív	megújuló	belföld	nincs	13	nincs	újrahasznosítható	-61,6
PARAFA[7,8]	szerves	pozitív	megújuló	import	nem jellemző	18	nincs	újrahasznosítható	-86,4
GYAPJÚ[9,10]	szerves	pozitív [33]	megújuló	import	nincs	-	nincs	komposztálható	-
SZALMA[11,12]	szerves	pozitív	megújuló	belföld	nincs	5	nincs	újrafelhasználható	-127
KENDER[13,14]	szerves	pozitív	megújuló	import	nincs	-	nincs	komposztálható	-55,1
VÁKUUM PANEL[15,16]	kombinált	semleges	nem megújuló	belföld	van	-	nincs	újrafelhasználás	-
AEROGÉL[17,18]	szerves	semleges	nem megújuló	import	van	-	-	-	-
HABÚVEG[19,20]	szervetlen	semleges	nem megújuló	belföld	van	32	nem jellemző	nem lebomló	239,2
POLIURETÁN (PUR/PIR)[21,22]	szerves	semleges [33]	nem megújuló	belföld	van	-	van	nem lebomló	93,3
PURENIT[23,24]	szerves	semleges	nem megújuló	belföld	van	-	nem jellemző	újrahasznosítható	93,3
EXPANDÁLT POLISZTIROL (EPS)[25,26]	szerves	káros [33]	nem megújuló	belföld	van	65	nem jellemző	nem lebomló	46,8
EXTRUDÁLT POLISZTIROL (XPS)[27,28]	szerves	káros [33]	nem megújuló	belföld	van	65	nem jellemző	nem lebomló	94
KÖZETGYAPOT[29,30]	szervetlen	semleges [33]	nem megújuló	belföld	van	23	van	nem lebomló	68,7
ÜVEGGYAPOT[31,32]	szervetlen	pozitív [33]	nem megújuló	belföld	van	26	van	nem lebomló	12,8

*A besorolási tartomány adatai folyamatosan változnak, ezek a pillanatnyi értékek.

*Minden anyagnál alapvetően egy terméket és egy konkrét terméknyilatkozatát vettük figyelembe. Az optimális beépítési vastagságok egy átlagos Porothem 30 N+F falazattal értendő. (λ=0,45 [W/(mK)])

*Ahol nem állt ilyen módon rendelkezésre adat ott kiegészítő hivatkozásokon megjelölt adatokat vettük figyelembe. Előfordult, hogy ez egy teljes osztalpra vagy egy konkrét adatra vonatkozik.

ÉPÍTÉSI TERMÉK	ÉPÜLETSZERKEZETI JELLEMZŐK							
	hővezetési tényező λ [W/(mK)]	testsűrűség [kg/m³]	páradiffúziós vízfelvétel WD(V) [kg/m²]	páradiffúziós ellenállás μ	dinamikai merevség SDI [N/cm³]	nyomószilárdság CS(10)l [kPa]	húzószilárdság TRI [kPa]	éghetőség A-F
CELLULÓZ[1,2]	0,038-0,045	38-57	14-35	1,2	37[36]	2,5[36]	-	Bs1-d0
FAROST[3,4]	0,036-0,042	160	2	5	48[36]	50	2,5	E
FAGYAPOT[5,6]	0,079-0,09	350-600[36]	-	5	10-40[36]	150	-	Bs1-d0
PARAFA[7,8]	0,037-0,04	160-200	5	105	126	180	94	B
GYAPJÚ[9,10]	0,038	18	7,2	1	-	-	-	B1s-d0-D
SZALMA[11,12]	0,039	145	19,72	10	-	100	-	-
KENDER[13,14]	0,039	100	-	3,9	-	-	-	Ds1-d0
VÁKUUM PANEL[15,16]	0,007	180-220	-	1000	-	140-180	-	E
AEROGÉL[17,18]	0,017	<230	-	5	-	30-80	-	A2
HABÚVEG[19,20]	0,036	100-165	-	végtelen	-	500	150	A1
POLIURETÁN (PUR/PIR)[21,22]	0,026	30-40[27]	-	40-200	-	100	70	E
PURENIT[23,24]	0,025	>30	-	50-70	-	120	100	E
EXPANDÁLT POLISZTIROL (EPS)[25,26]	0,038	12-40[27]	-	30-70	7-40[36]	100	-	E
EXTRUDÁLT POLISZTIROL (XPS)[27,28]	0,027	25-45[27]	-	50-100	-	300	-	E
KÖZETGYAPOT[29,30]	0,036	28-165 [27]	-	1	7-35 [36]	20	10	A1
ÜVEGGYAPOT[31,32]	0,039	15-150[36]	-	1	-	-	-	A1

*A besorolási tartomány adatai folyamatosan változnak, ezek a pillanatnyi értékek.

*Minden anyagnál alapvetően egy terméket és egy konkrét terméknyilatkozatát vettük figyelembe. Az optimális beépítési vastagságok egy átlagos Porotherm 30 N+F falazattal értendő. (λ=0,45 [W/(mK)])
*Ahol nem állt ilyen módon rendelkezésre adat ott kiegészítő hivatkozásokon megjelölt adatokat vettük figyelembe. Előfordult, hogy ez egy teljes oszlopra vagy egy konkrét adatra vonatkozik.

ÉPÍTÉSI TERMÉK	ÉPÍTÉSKIVITELEZÉSI JELLEMZŐK									
	beépítési folytonosság	gyártási formátum	rögzítési módok	opt. beépítési vtg. [mm]	kivitelezési mód	szállítás	kasírozható	vakolható	rag. burkolat	3D felületek
CELLULÓZ[1,2]	monolit	szórt	fújt/szórt	200	helyszíni	a (zsákos)	n	n	n	jól alkalmazkodik
FAROST[3,4]	mindkettő	szórt, tábla	fújt/rag/mech/v	150	helyszíni	a. általános	n	n	n	jól alkalmazkodik
FAGYAPOT[5,6]	elemes	táblás, tekercselt	rag/mech/vegyes	300	helyszíni	a. általános	i	i	i	alkalmazkodó
PARAFA[7,8]	elemes	táblás, tekercselt	rag/mech	150	helyszíni	a. általános	n	i	i	jól alkalmazkodik
GYAPJÚ[9,10]	elemes	tekercselt	tömködés	150	helyszíni	a. általános	n	n	n	alkalmazkodó
SZALMA[11,12]	elemes	táblás, tekercselt	mech	150	kombinált	b. speciális	n	i	n	alkalmazkodó
KENDER[13,14]	mindkettő	táblás, granulátum	rag/mech/v./gran.	150	helyszíni	a. általános	n	i	n	alkalmazkodó
VÁKUUM PANEL[15,16]	elemes	táblás	-	30	előregyártás	a. általános	i	n	n	rideg
AEROGÉL[17,18]	mindkettő	granulátum, tekercselt, táblás	rag/mech/v./gran.	70	helyszíni	a. (gran./táblás, paplan)	n	i	n	alkalmazkodó
HABŰVEG[19,20]	mindkettő	táblás, granulátum	rag	150	helyszíni	a. általános	n	i	i	rideg
POLIURETÁN (PUR/PIR)[21,22]	mindkettő	szórt, táblás	-	100	helyszíni	a. általános (táblás)	i	n	n	rideg
PURENIT[23,24]	elemes	táblás	rag/mech/vegyes	100	helyszíni	a. általános (táblás)	i	n	n	rideg
EXPANDÁLT POLISZTIROL (EPS)[25,26]	elemes	táblás	rag/mech/vegyes	150	helyszíni	a. általános (táblás)	i	i	n	rideg
EXTRUDÁLT POLISZTIROL (XPS)[27,28]	elemes	táblás	rag/mech/vegyes	120	helyszíni	a. általános (táblás)	i	i	i	rideg
KÖZETGYAPOT[29,30]	elemes	táblás	rag/mech/vegyes	150	helyszíni	a. általános (táblás)	i	i	n	alkalmazkodó
ÜVEGGYAPOT[31,32]	mindkettő	fújt, tekercselt, táblás	rag/mech/vegyes	150	helyszíni	a. általános (táblás)	i	i	n	jól alkalmazkodik

*A beszerelési tartomány adatai folyamatosan változnak, ezek a pillanatnyi értékek.

*Minden anyagnál alapvetően egy terméket és egy konkrét terméknyilatkozatát vettük figyelembe. Az optimális beépítési vastagságok egy átlagos Porotherm 30 N+F falazattal értendő. (λ=0,45 [W/(mK)])

*Ahol nem állt ilyen módon rendelkezésre adat ott kiegészítő hivatkozásokon megjelölt adatokat vettük figyelembe. Előfordult, hogy ez egy teljes oszlopra vagy egy konkrét adatra vonatkozik.

2.sz. melléklet:

Első definiált hőszigetelési adatsor

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Cellulóz szigetelés | 27. Parafa |
| 2. Expandált polisztirol (EPS) | 28. Gyökér |
| 3. Extrudált polisztirol (XPS) | 29. Szalma |
| 4. Grafitos EPS | 30. Gyapjú |
| 5. Formahabosított Expandált
Polisztirolhab (FPS) | 31. Nádpalló vakolva |
| 6. Aerogél | 32. Lenrost |
| 7. Cementhab | 33. Rizshéj |
| 8. Üveggyapot | 34. Cukornád |
| 9. Kőzetgyapot | 35. Kókusszál |
| 10. Salakgyapot | 36. Ananászlevél-rost |
| 11. Ásványi hab | 37. Papirusz |
| 12. Poliizocianurát (PIR) hab | 38. Gyékény |
| 13. Poliuretán (PUR) hab | 39. Pázsitfű |
| 14. Fenol hab | 40. Nád |
| 15. Purenit | 41. Árpaszalma |
| 16. Pórusbeton | 42. Kukoricaszár blokk |
| 17. Kalcium hidroszilikát | 43. Kukoricacsutka tábla |
| 18. Habüveg | 44. Olajpálma-rost tábla |
| 19. Liapor beton | 45. Madártoll |
| 20. Duzzasztott agyagkavics | 46. Transzparens hőszigetelés |
| 21. Polisztirol habosított beton | 47. Vákuum panel |
| 22. Polifoam apríték | 48. Szendvics panel |
| 23. Kender | 49. Nanotechnológiás vakolat |
| 24. Pamut | 50. Hőszigetelő bevonat |
| 25. Farost | 51. Hőszigetelővakolat |
| 26. Fagyapot | 52. Perlit vakolat |

3.sz. melléklet:

Építőanyagok összehasonlítása környezetbarát mivoltuk szerint

ÉPÍTŐANYAGOK	gyártási energia-igény kWh/m ³	káros-anyag ki-bocsátás a gyártás során	Megújuló forrásból származik-e	újrafel-használható-e	ittthon megtalálható-e	decentralizált előállítás lehetősége van-e	pozitív-e a testi és lelki egészségre gyakorolt hatás
HŐSZIGETELÉSEK							
szalma, zsúp	5	nincs	igen	igen	igen	igen	igen
fagyapot	13	nincs	igen	igen	igen	igen	igen
kókusz, szizál	13	nincs	igen	igen	nem	nem	igen
duzzasztott parafa	18	nincs	igen	igen	nem	nem	igen
ásványgyapot	23	van	nem	Ø	igen	Ø	Ø
üveggyapot	26	van	nem	Ø	igen	Ø	Ø
préselt szalma	30	Ø	igen	igen	Ø	igen	igen
habüveg	32	van	nem	Ø	igen	Ø	Ø
faforgácstábla	35	Ø	igen	igen	igen	igen	igen
polisztirolhab	65	van	nem	Ø	igen	Ø	nem
KÜLSŐ BURKOLATOK							
fa	5	nincs	igen	igen	igen	igen	igen
pala	5-10	nincs	nem	Ø	nem	Ø	Ø
téglaburkolat	40-100	Ø	nem	Ø	igen	igen	igen
üveg	60	van	nem	Ø	igen	Ø	Ø
műanyag	120-150	van	nem	Ø	igen	Ø	Ø
alumínium	350	van	nem	Ø	igen	Ø	Ø
BELSŐ BURKOLATOK							
vályogtapasztás	0-5	nincs	igen	igen	igen	igen	Ø
fa	3-10	nincs	igen	igen	igen	igen	igen
természetes kő	5-10	nincs	nem	igen	igen	igen	Ø
mázás csempe	0-5	Ø	nem	Ø	igen	igen	Ø
linóleum	3-5	nincs	igen	igen	igen	igen	igen
műanyag	20-40	van	nem	Ø	Ø	nem	nem
gyapjú, len	2-4	nincs	igen	igen	igen	igen	igen
kókusz	4-6	nincs	igen	igen	nem	nem	Ø
FELÜLETKÉPZÉSEK							
gipsz-és mészvakolat	5	Ø	nem	nem	igen	Ø	igen
cementvakolat	8	Ø	nem	nem	igen	Ø	igen
csempeburkolat	8-16	Ø	nem	Ø	igen	igen	Ø
gipszkarton 15 mm	12	Ø	nem	nem	igen	Ø	nem
faforgácslap 13 mm	13	Ø	igen	Ø	igen	igen	Ø
műanyagok	25	van	nem	nem	Ø	nem	nem
papírtapéta	0,5	Ø	igen	Ø	igen	igen	igen
parafa	1-2	nincs	igen	igen	nem	nem	nem

Ø - nem jellemző

4.sz. melléklet:

Javasolt értékelési tényezők ökológikus épületszerkezetek vizsgálatához:

- primer energiatartalom (nyersanyag kitermelés, szállítás, gyártás) éves bontásban, várható élettartamra vetítve ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- az építés helyszínére szállítás energiatartalma, közúti szállítás km-ben ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- a beépítéshez használt energiatartalom (gépek, szerszámok) ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- a használati (fűtési-hűtési) energiatartalom ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{a}}$) fűtési-hűtési energia szükségletből,
- a bontás, újrahasznosítás energiatartalma ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- szoláris/megújuló energianyereségből származó megtakarítás (tömeg/év) energiatartalma ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{a}}$)
- gyártásból származó $\text{CO}_{2\text{eq}}$ kibocsátás ($\text{kg}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- szállításból származó $\text{CO}_{2\text{eq}}$ kibocsátás ($\text{kg}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- fűtésből-hűtésből származó $\text{CO}_{2\text{eq}}$ kibocsátás ($\text{kg}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- gyártásból származó $\text{SO}_{2\text{eq}}$ kibocsátás ($\text{kg}/\text{m}^2_{\text{a}}$),
- egyéb, gyártásból és hulladék lerakásból származó káros anyag kibocsátás ($\text{g}/\text{m}^2_{\text{a}}$)
- organikus (pl. fa, szalma) anyagok CO_2 felhasználásából (elnyeléséből) származó „nyereség” ($\text{kg}/\text{m}^2_{\text{a}}$).

Fenti tényezők számszerűsítése az egyes rétegek alábbi anyagjellemzőinek ismeretében történhet:

- szerkezeti vastagság (mm),
- felülettömeg (kg/m^2),
- hőátbocsátási tényező $k(U)$ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$,
- fajhő (J/kgK),
- fáziseltolódás (h), „a” hőfokvezetési tényező (cm^2/h),

Ökológikus szempontból kiemelten javasolhatók:

- a kevés számú, közel azonos élettartamú rétegből álló szerkezetek, melyek
- hőátbocsátási tényezője $0,2 - 0,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$,
- átlagos tömege $600-800 \text{ kg}/\text{m}^3$,
- páradiffúziós ellenállása $5-15 \text{ m}^2 \text{ sPa}/\text{g}$,
- a fáziseltolódás mértéke kb. 12 h,
- a hőcsillapítás értéke 10-15 közötti,

- hőfokvezetési tényezője a 3-12 cm/h, azaz kis hővetetési tényezőjű, nagy sűrűségű, magas fajlagos hőtároló képességű 1500-2000J/kgK,
- primer energia tartalma 3-6 kWh/m².
- használati energiatartalma 800-1000 kWh/m².
- gyártási CO_{2eq} kibocsátása 1000-1400 g/m²_a,
- gyártási SO_{2eq} kibocsátása 4-6 g/m²_a,
- Ökológiai lábnyoma 30-50m².

Ökológiai szempontból nem minősíthető az a szerkezet, amely:

- nagy számú, jelentősen különböző élettartamú rétegből áll,
- hőátbocsátási tényezője 0,7 feletti W/m²K
- páradiffúziós ellenállása 30-50 m² sPa/g,
- a fáziseltolódás mértéke 1-2 h,
- a hőcsillapítás értéke 10 alatti,
- hőfokvezetési tényezője a 3-12 cm/h határoktól eltér,
- primer energia tartalma 20 kWh/m² feletti,
- használati energiatartalma a 4000 kWh/m² -t meghaladja,
- gyártási CO_{2eq} kibocsátása 3000 g/m²_a feletti,
- gyártási SO_{2eq} kibocsátása a 20 g/m²_a-t túllépi,
- Ökológiai lábnyoma 300 m² feletti.

A kettő közötti értékek megoszlanak az elfogadható, illetve a nem ajánlott kategóriák között.

Fenti szerkezetjellemzők korántsem fedik le a teljes követelménycsoportot, a minősítésnek ki kell terjednie a készítési, működési technika minősítésére is, amely az átlagember számára is átlátható módon, szerszámokkal, de automatizált gépek nélkül is kivitelezhető. A helyi munkaerő bevonására alkalmas technikát előnyben részesíteni.

5.sz. melléklet

Káros kémiai anyagok hőszigetelő anyagokban

HARMFUL CHEMICALS IN INSULATION				
CHEMICAL	PURPOSE	TOP HAZARDS	HIGHEST WARNING*	TYPE OF INSULATION
BROMINATED FLAME RETARDANTS (BFR)	Fire protection	Bioaccumulation toxin; endocrine disruptor	Purple - very high concern	Expanded and extruded polystyrene foam (EPS and XPS)
CHLORINATED FLAME RETARDANTS (CFR)	Fire protection	Bioaccumulation toxin	Purple - very high concern	Spray polyurethane foam (SPF); polyisocyanurate (polyiso)
ETHANOLAMINE	Binder	Developmental; asthma	Orange - medium concern	Spray polyurethane foam (SPF)
FORMALDEHYDE	Binder	Cancer; asthma	Red - high concern	Fiberglass**; mineral wool
ISOCYANATES	Building block of polyurethane foam	Respiratory; cancer	Red - high concern	Spray polyurethane foam (SPF)
POLYETHYLENE GLYCOL NONYLPHENYL ETHER	Foaming aid in spray polyurethane foam (SPF)	Bioaccumulation toxin; reproductive toxin	Purple - very high concern	Spray polyurethane foam (SPF)
STYRENE	Building block of polystyrene foam	Cancer; reproductive toxin	Red - high concern	Expanded and extruded polystyrene foam (EPS and XPS)
<i>*As calculated for the chemical in Healthy Building Network's Pharos Chemical and Material Library</i> <i>**Heavy-density and board applications only, usually for commercial or industrial application.</i>				

6.sz. melléklet

Égészség veszélyeztetettségi fokozat

FIBERGLASS* Fiberglass fibers can irritate the skin and respiratory system. Make sure the area is cleaned properly after installation. * lightweight residential HEALTH THREAT: LOW	MINERAL WOOL Mineral wool fibers can irritate the skin and respiratory system. Products typically use formaldehyde as a binder, but manufacturers say it burns off during production. Check for air quality or VOC (volatile organic compound) certifications to ensure low or no off-gassing. HEALTH THREAT: LOW	CELLULOSE Fibers can cause respiratory concerns. A small number of people are sensitive to fumes from the ink on the old newspapers and/or the borate used to treat the fibers for fire and pest prevention. HEALTH THREAT: LOW
NATURAL WOOL Some products contain borate flame retardants, which are now under review by the European Union. HEALTH THREAT: LOW	COTTON Dust can be a respiratory irritant. The insulation is treated with borate flame retardants, which are now under review by the European Union. HEALTH THREAT: LOW	POLYISOCYANURATE The rigid boardstock form of SPF, nearly all polyiso contains the fire retardant TCPP, though one roofing product promotes that it is free of halogenated flame retardants. HEALTH THREAT: MEDIUM
SPRAY POLYURETHANE FOAM (SPF FOAMED-IN-PLACE) The chemical isocyanate found in SPF can cause cancer and asthma. Little is known about the toxicity of the fire retardant TCPP, however structural similarity to other flame retardants that are carcinogenic raises concerns. Special protection is needed for installation. See page 10 on the controversy over curing periods. Alternatives include cellulose, mineral wool, fiberglass, cotton, cementitious foam and natural wool. HEALTH THREAT: MEDIUM	POLYSTYRENE FOAM (EPS OR XPS RIGID BOARDSTOCK) The fire retardant HBCD contains bioaccumulation toxins which build up in the environment and can cause reproductive and developmental problems, cancer, nervous system damage and genetic impacts. There also is fear that styrene, which is suspected of being carcinogenic, could off-gas. Alternatives include cork, rigid mineral wool, rigid fiberglass and cellular glass. See page 13 on substitutions for HBCD. HEALTH THREAT: HIGH	The lack of a wider range of alternatives points to the need for the industry to be more responsive to concerns over tenant health and not just product performance. 

7.sz. melléklet

Műszaki ábrázolási javaslat

EPS



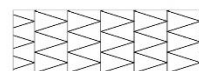
Gyapjú



XPS



Kender



PIR hab



Parafa



Purenit



Fagyapot



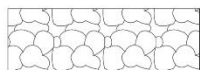
Aerogel



Cellulóz



Habüveg



Szalma



Vákumpanel



Farost



Transzparens



Üveggyapot



Szendvicspanel



Kőzetgyapot



8.sz. melléklet

Termékszabvány

MSZ EN 13162-13171, mely a következő hőszigetelő anyag termékekre vonatkoznak:

- ásványgyapot MSZ EN 13162
- expandált polisztirolhab MSZ EN 13163
- extrudált polisztirolhab MSZ EN 13164
- poliuretán hab MSZ EN 13165
- fenolhab MSZ EN 13166
- habüveg MSZ EN 13167
- fagyapot MSZ EN 13168
- duzzasztott perlit MSZ EN 13169
- parafa MSZ EN 13170
- fa szálakból készített termékek MSZ EN 13171