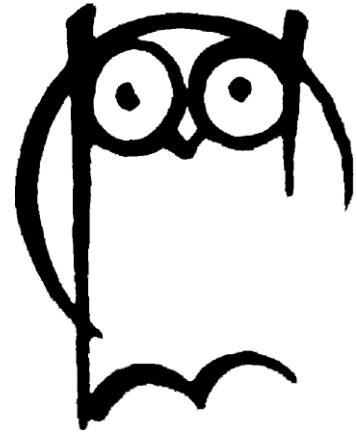




Debreceni Egyetem

Műszaki Kar

Épületgépészeti és Létesítménymérnöki tanszék

Szigetelőanyagok égéshőjének mérése bomba kaloriméterrel

Készítette: **Konyári Mariann, gépészmérnök hallgató**

Belső konzulens: Dr. Lakatos Ákos
Tanszékvezető: Dr. Kalmár Ferenc

Debrecen
2013.

Tartalom

I.	Bevezetés	4
II.	Elméleti áttekintés	6
II.1.	Szigetelőanyagok égéshője és tűzállósága	6
II.1.1.	Égéshő	6
II.1.2.	Tűzállóság	6
II. 2.	Bomba kaloriméter	9
II. 2.1.	Ismertetése	9
II. 2.2	Rendszer összetevők	10
II. 2.3.	ECO Begyűjtő elektronika működése	12
II. 2.4.	Általános működés	13
III.	Miskolci paneltűz	16
IV.	Vizsgált anyagok bemutatása	20
IV. 1.	Fagyapot	20
IV. 2.	Fekete polisztirol (EPS 200)	23
IV. 3.	Grafitos polisztirol (EPS 80)	25
IV. 4.	Floormate 700	27
IV. 5.	Poliuretán szigetelőhab (PUR hab)	29
IV.6.	Rózsaszínű XPS	31
V.	Mérések bemutatása, adatok kiértékelése	33
V. 1.	Mérések menete	33
V. 2.	Az adatok és a mért értékek táblázatba foglalása, számítások levezetése	34
V. 2. 1.	Fagyapot:	34
V.2. 2.	Fekete polisztirol (EPS 200)	35
V. 2. 3.	Grafitos polisztirol (EPS 80)	36
V. 2. 4.	Floormate 700	37

V. 2. 5. PUR hab	38
V. 2. 6. Rózsaszínű XPS	39
V. Összefoglalás.....	42
VI. Köszönetnyilvánítás	43
VII. Ábrajegyzék	44
VIII. Felhasznált irodalom.....	46

I. Bevezetés

A XXI. századra, az élet minőségének, a komfortosabb élet javításának érdekében az épített terekben olyan állapotokat próbálunk fenntartani, amelyek a külső környezeti hatásoktól megvédenek minket. A különféle falazó anyagok önmagukban nem képesek teljesíteni ezt, ezért szigetelnünk kell épületeinket. Lényeges a falak külső hőszigetelése, ami annyit jelent, hogy valamilyen hőszigetelő anyaggal vonják be. A napjainkban húzódó energiaválság, az ezzel járó energiaár folyamatos növekedése, még fontosabbá teszi az épületek hővesztésének minimalizálását.^[15]

Manapság a legelterjedtebb hőszigetelő anyagok a különféle expandált polisztirolok, hivatalos nevükön az EPS. Ezeket az anyagokat telítetlen oldalláncú szénhidrogén (sztirol) polimerizációjával készítik: két vagy több sztirol kapcsolódik egymáshoz. Amennyiben ezt a folyamatot habosított állapotban hajtják végre, akkor expandált polisztirolt kapunk, ami nem más, mint a jól ismert fehér színű hungarocell. Az expandált polisztirol habok hővezetése négy részből tevődik össze: a cellák hővezetéséből, a pórusokban található anyag (legtöbbször levegő) hővezetéséből és annak konvekciójából, továbbá a pórusokbeli hőszugárzással. Ezt a hőszugárzást jelentős mértékben le lehet csökkenteni, ha a pórusok felületét valamilyen hőszugárzás elnyelő vagy visszaverő anyaggal látják el. Ilyen anyag például a grafit, ami hő tükröként veri vissza a sugárzást. Ezzel a módszerrel a polisztirol hővezetési ellenállása akár 20%-al is kedvezőbb lehet a fehér színű polisztirolhoz képest: kisebb lesz a hővesztés.^[16] Ezek a hőszigetelő anyagok nem állnak ellent a különböző savaknak, szerves oldószereknek, ásványolajoknak, stb., viszont a polisztirolhabok nehezen éghetőek.^[18] A napjainkban használt szigetelőanyagok közül kiemelhetjük a fagyapotot is, mely számos előnnyel rendelkezik. Alapanyaga faforgács szálak, melyeket cementkötéssel összekapcsolnak, és táblákba préselik, így szilárdak, és rugalmasak lesznek a legyártott lemezek. Az építőiparban kiterjedő termékválasztékot jelent, mivel a homogén építőlapokat egyéb hőszigetelőanyagokkal kombinálva újszerű szendvicselemek készítenek.

Nemcsak a falak külső szigetelése fontos, hanem a talajjal érintkező épületszerkezeteké is. Erre kiválóan alkalmas a Floormate 700-as extrudált polisztirolhab hőszigetelő lemez, ugyanis a nagy terhelésű, ipari jellegű padlószerkezetekben a hőszigetelés fokozott statikus és dinamikus terhelésekkel szembeni tartós ellenállása elsődleges fontosságú. A dolgozatomban a témája az, hogy megvizsgálva ezeket a különböző hőszigetelő anyagokat, elemezzem

égéshőjüket és tűzállóságukat, hiszen egy-egy lakástűznél rengeteget számíthat az, hogy mennyi ideig ellenállóak a tűzzel szemben.

II. Elméleti áttekintés

II.1. Szigetelőanyagok égéshője és tűzállósága

II.1.1. Égéshő

Az égés nem más, mint oxigénnel történő egyesülés. Valójában egy kémiai reakció játszódik le, melynek során az adott anyag reagál az oxigén molekulákkal. Az égéshő az az energia, ami felszabadul a reakció során.

Az égéshő (régebbi nevén égésmeleg) az a fajlagos hőmennyiség, amely egy kilogramm tüzelőanyagból összesen felszabadul, ha az égéstermékeket a kiindulási hőmérsékletre hűtjük vissza. Mivel ez a végállapot ipari körülmények között a legritkább esetben valósul meg, a gyakorlatban a fűtőértéket szokás használni. Ugyanakkor, mivel laboratóriumi körülmények között ezt az értéket a legkönnyebb megmérni, a fűtőértéket általában ebből számítják.

Jellemző mértékegysége: kJ/kg. ^[1]

II.1.2. Tűzállóság

Fontos szempont, hogy a szigetelőanyag tűzálló legyen, ellenkező esetben beépítése komoly tűzbiztonsági kockázatot jelenthet. A modern szigetelőanyagok többsége önoltó, azaz amennyiben nincs kitéve folyamatos nyílt lángnak, magától nem ég. ^[3]

Tűzállóság: Egy épületelem vagy alkatrész a tűz továbbterjedését gátló képessége, hogy a tüzet arra a területre korlátozza, amelyben az keletkezett. Meghatározza, hogy az épület bizonyos szerkezete milyen hosszú ideig képes ellenállni a tűz hatásainak, és megakadályozni a tűz továbbterjedését az egyik helyiségből a másikba.

Hőszigetelés kapcsán a következőképpen fogalmazunk: Az épületszerkezetnek azon képessége, hogy ellenáll a csak egyik oldalon bekövetkező tűzkitétnek anélkül, hogy szignifikáns hőátadás eredményeként a tűz átjutása bekövetkezne a kitett felületről a ki nem tett felületre.

Az MSZ EN 1363-1:2000 szerint, a hőszigetelés az adott időtartam alatt megfelelő, ha:

- a tűzmentett felületen az átlaghőmérséklet a kezdeti átlaghőmérsékletet legfeljebb 140°C-kal haladja meg;
- a tűzmentett oldalon bármely helyen a felületi hőmérséklet a kezdeti átlaghőmérsékletet legfeljebb 180°C-kal haladhatja meg. ^[5]

Egy termék tűzállóságának meghatározásához az alábbi kritériumok szolgálnak:

- R: Teherbírás (az épület szilárdságának és stabilitásának megőrzési képessége)
- E: Integritás (az elem sértetlen állapotának megőrzési képessége)
- I: Szigetelés (a szerkezet ellentétes oldalán való alacsony hőmérséklet megőrzésének képessége – percekben kifejezve)

Például: A fenti alap kritériumok mindegyikét 45 percig teljesítő terméket REI 45 értékkel jelölik.

Az OTSZ (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) szerint öt tűzveszélyességi osztályt különböztetünk meg:

- A - Fokozottan tűz- és robbanásveszélyes:
 - az az anyag, amelynek bármely halmazállapotban heves égése, robbanása iniciáló gyújtásra bekövetkezik;
 - folyadék, amelynek zárttéri lobbanáspontja 21 °C alatt van;
 - gáz, gőz, köd, amelynek éghetőségi határértéke a levegőhöz viszonyítva legfeljebb 10% (térfogati)
- B - Tűz- és robbanásveszélyes:
 - az a por, amely a levegővel robbanásveszélyes keveréket képez;

- folyadék, amelynek zárttéri lobbanáspontja legalább 21 °C, nyílttéri lobbanáspontja legfeljebb 55 °C;
- gáz, gőz, köd, amelynek éghetőségi határértéke a levegőhöz viszonyítva legalább 10% (térfogati)
- C - Tűzveszélyes:
 - az a szilárd anyag, amelynek gyulladási hőmérséklete legfeljebb 300 °C;
 - folyadék, amelynek nyílttéri lobbanáspontja 55 és 150 °C között van;
 - az a gáz, amely nem ég, de az égést táplálja
- D - Mérsékelten tűzveszélyes:
 - az a szilárd anyag, amelynek gyulladási hőmérséklete legalább 300 °C;
 - folyadék, amelynek nyílttéri lobbanáspontja 150 °C felett van; az a vizes diszperziós rendszer, amelynek éghető anyag tartalma nagyobb, mint 25%, víztartalma kisebb, mint 50%
- E - Nem tűzveszélyes: a nem éghető anyag ^[2] ^[4]

II. 2. Bomba kaloriméter

II. 2.1. Ismertetése

A CAL2k ECO a legfejlettebb kaloriméter rendszer manapság:

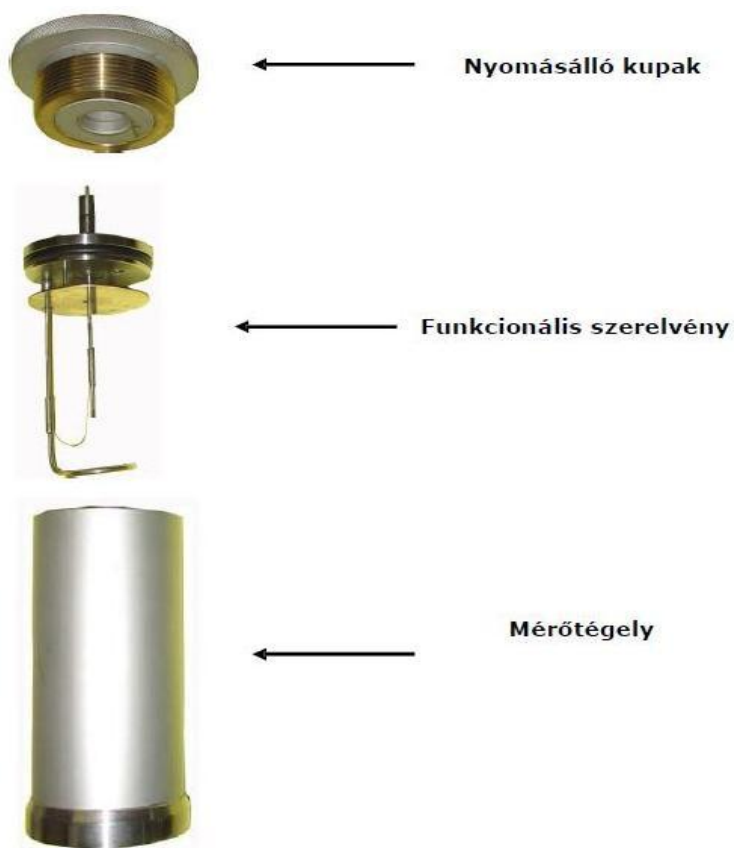
- Az adott tégely hőmérsékletét felügyeli és felhasználja különböző számításokban
- Kalóriaértéket (CV) számol
- A mikroprocesszorral, önálló memóriával ellátott tégely adataihoz biztosít hozzáférést
- Tégely hőmérsékletének 6 másodpercenkénti újra-mintavételezése
- Nagy memóriakapacitás a mérési eredmények tárolásához
- Mérleg számára illesztőegység RS232 protokollon keresztül
- PC számára illesztőegység RS232 protokollon keresztül
- Mintaazonosító és tömeg (SAMPLE ID, MASS) adatok kezelése
- Mintabegyűjtés szabályzása
- Mintatégely kalibrálásának kezelése, nyilvántartása
- Soros illesztőegység a mintatégelyhez
- Soros illesztőegység a kijelzőhöz és a billentyűzethez
- A mérések alatt a mintatégely környezeti hőhatásoktól való elszigetelése

II. 2.2 Rendszer összetevők:



1. ábra CAL2k-3 Töltőállomás

(Forrás: CAL2-ECO - Felhasználói leírás)

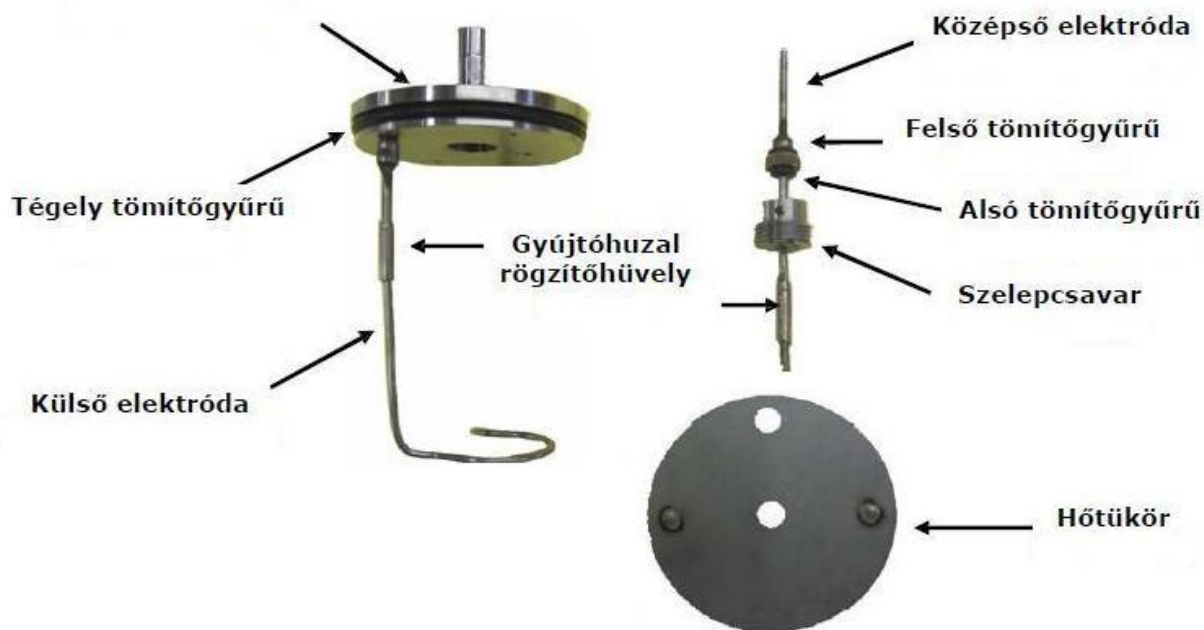


2. ábra Mérőtégely CAL2k-4

(Forrás: CAL2-ECO - Felhasználói leírás)

A CAL2k-4 kisebb, mint egy hagyományos mérőtégely, mely kisebb hőkapacitást eredményez. Megkülönböztető figyelmet szenteltünk a tégely hőkiegyenlítésére, melyet számítógépes tervezéssel (CAD) sikerült megvalósítani, a hővezetési karakterisztika szimulációjával. A tégely 0,22 liter (220 ml) űrtartalmú, ami 30 bar oxigénnel feltöltve 0,5 gramm kb. 30 MJ/kg fűtőértékű szénminta elégetéséhez elegendő. A hőérzékelők nyolc helyen, a tégely falában koncentrikusan lettek elhelyezve.

Funkcionális szerelvény



3. ábra Funkcionális szelvény (Forrás: CAL2-ECO - Felhasználói leírás)



4. ábra A CAL2K-ECO kaloriméter
(Forrás: CAL2-ECO - Felhasználói leírás)

II. 2.3. ECO Begyűjtő elektronika működése

- Begyűjtés alkalmával a begyűjtő kondenzátorokban tárolt feszültség a tégelyben kifeszített gyűjtőhuzalra kerül.
- A gyűjtőhuzal ez által felizzik és meggyújtja a gyapotkanócot, ami pedig a mintát gyújtja meg. Oxigéndús környezet hiányában a gyűjtőhuzal nem izzik fel és a gyapotkanóc sem gyullad meg, így a minta elégetéséhez a tégelyt oxigénnyomás alá kell helyezni.
- A begyűjtő áramkör megbízható működése a jó kontaktusokon alapul, a záródó áramkör minden szakaszán. Bárhol is van rossz érintkezés, a begyűjtési feszültséget lerontja.

II. 2.4. Általános működés

A BOMBATÉGELY ELŐKÉSZÍTÉSE:

A rutinszerű működtetés során előforduló váratlan leállások elkerülése érdekében elvégezzük a tégely(ke)n az alábbi előkészítő munkálatokat:

- A mérés végeztével nyomástalanítjuk a tégelyt. - Felnyitjuk a tégelyt, megtisztítjuk a belsejét papírtörülővel, majd ellenőrizzük, hogy rostsálakat nem hagytunk hátra a tégelyben a tisztítás során. A tégelyt minden mérés után ily módon megtisztítjuk.
- Drótkéfével megtisztítjuk a mintacsészét, illetve a tégely és a kupak meneteit.
- Eltávolítjuk a régi gyapotkanóc maradékát a gyújtóhuzalról.
- Szemrevételezzük a gyújtóhuzalt, szükség esetén cseréljük.
- A méretre vágott gyapotkanócot félbehajtva rálógatjuk a gyújtóhuzalra, majd a végeit összezsavarjuk.
- A mintacsészében lemért mintát belehelyezzük a tartójába úgy, hogy a gyapotkanóc hozzáérjen a mintához.
- A tégelybe belesüllyesztjük az így előkészített mintát a funkcionális egységgel.
- Rácsavarjuk a kupakot a tégelyre.
- A tégelyt a töltőállomásba állítjuk és feltöltjük oxigénnel 3000 KPa nyomásra.
- A feltöltött tégelyt belehelyezzük a kaloriméterbe.

A BOMBATÉGELY BEGYÚJTÁSA ELŐTTI TEENDŐK:

A CAL2k rendszer használata előtt meg kell vizsgálni, hogy teljesülnek-e az alábbi feltételek:

1. A mérőrendszer összes berendezése be van kapcsolva. Ellenőrizni kell az oxigénnyomást (3000KPa), szükség esetén utánállítás a reduktoron.
2. A rendszerteszt sikeresen végrehajtva.
3. A tégelyek tiszták és a tömítőgyűrűk állapota megfelelő.

Egy új mintasorozat mérése előtt, ill. hosszabb leállási szünet után célszerű a fentiek ellenőrzése a műszer problémamentes működése érdekében.

MINTATÖMEG BEVITELE:

A CAL2K-ECO kaloriméter kb. 0,5 g mintamennyiséget igényel. A tényleges tömegérték kétféle módon rögzíthető a CAL2k-ECO kaloriméterben:

- Automatikus tömegbevétel (Ehhez szükséges egy elektronikus mérleg csatlakoztatása közvetlenül a CAL2k-ECO-hoz.)
- Manuális tömegbevétel (Kézi tömegbevétel esetén a minta tömeg a minta lemérése előtt közvetlenül kerül bevitelre a CAL2k-ECO-hoz csatlakozó PC billentyűzet segítségével.)

BOMBATÉGELY AZONOSÍTÁSA:

Minden egyes mintatégely egyedi azonosítóval rendelkezik, így a kaloriméter felismeri, hogy mely tégely van behelyezve.

HŐMÉRSÉKLET MÉRÉSE:

A mintatégely falában nyolc kalibrált hőérzékelő elemet helyeztek el; az ezek által mért értékeket átlagolja a rendszer.

KALÓRIAÉRTÉK (CV) MEGHATÁROZÁSA:

Amikor egy mintatégely a mérőtérbe kerül, a fedél lecsukása után az alábbi ellenőrzéseken megy keresztül:

- A tégellyel (elektronikus) kapcsolat létesíthető.
- A mintaazonosító és tömeg bevitele megtörtént.
- Van folytonosság a tégely elektródjai között (a gyújtóhuzal állapota ép).
- Az adott tégely kalibrációs paraméterei elérhetőek.
- A gyújtófeszültség megvan.
- A tégely használata biztonságos.

Feltéve, hogy a fenti pontok mindegyike teljesült, a mérési ciklus automatikusan elindul és az alábbi négy szakaszon keresztül halad:

- **FELKÉSZÜLÉS:** A tégely hőegyensúlyának elérése a cél, időtartama 10 perc.
- **BEGYÚJTÁS:** A felkészülési szakasz után a tégelyt automatikusan begyújtja: a begyújtási feszültség a gyújtóhuzalra kerül.
- **MÉRÉS:** Sikeres begyújtás után a mérési szakasz automatikusan elindul. Sikertelen begyújtás esetén (pl. a minta nem gyulladt meg, vagy nincs jelen) a mérés a „MISFIRE” (Sikertelen begyújtás) hibaüzenettel leáll. A Mérési szakasz 10 percig tart.
- **ELKÉSZÜLT:** A Mérési szakasz befejeztével a kalóriaérték (CV) kijelzésre kerül és eltárolódik.

Lényegében a CAL2K-ECO kaloriméter a tégely hőmérséklet-emelkedését méri, mely során a mintatömeg, térfogat, nyomás és a környezeti hőmérséklet állandó értéken marad. A hőmérséklet-változás arányos a felszabaduló energiával, amiből adódóan a minta specifikus energiája – az ismert tömeg birtokában – meghatározható. Az így nyert bruttó kalóriaérték a kalibrációs alapra vonatkoztatva kiadja a bruttó minta kalóriaértéket. A korrekciós tényezők figyelembe vételével a minta kalóriaértéke végső eredményként kijelzésre kerül és a tégely memóriájában eltárolódik. ^[14]

III. Miskolci paneltűz

Sok szempontból szabálytalan volt annak a panelháznak a hőszigetelése, amelyik 2009 augusztusában égett le Miskolcon - állapította meg a tüzeset után elvégzett szakértői vizsgálat. A tűzoltók már korábban jelezték, hogy szerintük a tűz gyors terjedését a panelház gyorsan kigyulladó szigetelése is segíthette. A szakértői vizsgálatból kiderült, hogy a házra nem olyan szigetelés került, amilyenre az engedélyeket kiadták, de a jelentés azt is megjegyzi, hogy nem kizárólag ez segítette a tűz terjedését.

A paneltűzben három ember vesztette életét, több lakót pedig a tűzoltók mentettek ki. A lángoló házról készült képeken – ezt mutatja az 1. kép - úgy látszott, hogy a felújított ház falának külső oldalán lángra kapott és több emelet magasságban leégett a szigetelés. Az erről készített vizsgálati jelentés szerint "valószínűsíthető, hogy a homlokzaton létesített hőszigetelő rendszer a tűzhatás korai szakaszában az égésben közreműködött".



1. kép Lángoló ház

(Forrás: <http://cdn1.boon.hu/2012/03/file5xlwfjbgvie8zct1f91.jpg>)

A falon éghető anyagot tartalmazó, polisztirol alapú szigetelés volt (2. kép). Ez olcsóbb, mint a teljesen tűzálló szigetelő anyagok, ezért a legtöbb helyen ezt használják. Az éghető anyagot

úgy teszik tűzvédelmi szempontból biztonságossá, hogy szabályozzák a polisztirolréteg vastagságát, a szigetelésdarabokat pedig ragasztóval és tűzálló üveghálóval vonják be.



2. kép Leégett polisztirol szigetelés

(Forrás: http://gyujtoforras.hu/wp-content/uploads/2012/11/paneltuz_miskolc_2009_szigeteles.jpg)

A többhetes laboratóriumi vizsgálat után kiderült, hogy bár a szigetelés minden eleme engedéllyel rendelkezett, és minőségében nem hagyott kívánnivalót maga után, az elkészült szigetelőrendszer mégsem volt azonos az engedélyezett verzióval. Az engedélyezett 5 cm vastag polisztirolréteg helyett 7 cm vastag szigetelést tettek a házra, a tűzvédelmi üvegháló pedig nem megfelelően borította be az elemeket.



3. kép Védőhálót nem hajtották vissza

(Forrás: http://ingatlanmagazin.com/wp-content/uploads/2009/08/ORIG_104051.jpg)

Az ablakoknál a védőhálót nem hajtották vissza a szigetelés szélén, így az éghető réteg szabadon maradt (3. kép). A szigetelést tehát az ablakból kiáramló nyílt láng közvetlenül elérhette: ott 60-70 fokos hőmérsékleten akár már egy gyufával is be lehetett volna gyújtani a házat borító polisztirolréteget - állapította meg egy másik, szintén a tűzoltóság által rendelt szakvélemény, amelyet egy vegyész szakértő egyetemi professzor készített.

A szigetelés belső oldalán az segítette a tűz terjedését, hogy a polisztiroltáblákat csak foltokban ragasztották hozzá a ház falához (4. kép). A szigetelés és a fal között így légrés alakult ki, amin a lángok könnyedén végigfutottak. Az előírás szerint az elemek széleit összefüggő ragasztóréteggel kellett volna rögzíteni, hogy a szigetelés és a fal közti rés apró területekre tagolódjon. Ezt a kivitelezők elmulasztották.



4. kép Foltokban ragasztották a polisztirol táblákat

(Forrás: <http://www.toronyhir.hu/files/image/20090826/paneltuz.jpg>)

A szigetelésnek összességében 45 percen keresztül kellett volna ellenállnia a lángoknak, ehelyett 4-5 perc alatt már égett, és le is vált a falról. A szakértői vizsgálat szerint egyértelmű, hogy a szigetelés kevésbé állta a tüzet, mint kellett volna: "a megvalósult

hőszigetelő rendszer tűzvédelmi tulajdonságai - kiemelve a homlokzati tűzterjedési határértéket - elmaradnak a műszaki specifikációban szereplő, laboratóriumi vizsgálattal igazolt értéktől". A jelentés megjegyzi ugyanakkor, hogy a hibás szigetelés nem egyedüli és döntő eleme volt a tűz terjedésének.

A ház hibái azonban nem feltétlenül szándékosságból adódnak. Nem lehet a problémát egyetlen kivitelezőnek felróni, mivel olyan szakipari munkáról van szó, amely rengeteg lehetőséget ad a hibára.

Az ilyen hibás kivitelezés általánosnak biztos nem nevezhető, de a miskolci panel példája komoly figyelmeztetés, hiszen nem biztos, hogy egyedi eset. A felújított panelházak közt biztos kisebbségben vannak a hasonlóan szabálytalanul felhúzott szigetelések, de a kivitelezők esetleges képzetlensége miatt hibák előfordulhatnak.

A már elkészült panelszigeteléseket még a képezített szakemberek is csak nehezen tudják felülvizsgálni. A szigeteléshez csak a rendszer roncsolásával, megbontásával tudnak hozzáférni, az ilyen megbontott rendszerek azonban nem állíthatóak helyre teljesen, beázást, esztétikai hibákat okozhatnak. Ráadásul a hatalmas falfelületek minőségére egy-két pont ellenőrzéséből nem feltétlenül lehet az egész felújítás állapotára következtetni. Sőt, ha egy panelhásról kiderülne, hogy a leégett miskolci épülethez hasonlóan, az engedélyektől eltérő módon szigetelték, akkor sem biztos, hogy javítani lehetne: ezeknek a rendszereknek a javítására nincs kiforrott eljárás, és az is lehet, hogy drágább lenne a javítás, mint egy teljesen új szigetelési rendszer. ^[6]

IV. Vizsgált anyagok bemutatása

IV. 1. Fagyapot

A fagyapotot a 0.07 W/mK -nél nagyobb hővezetési tényezővel rendelkező hőszigetelő anyagok csoportjába lehet besorolni.^[19] A fagyapot termékek megjelenése az 1900 évek elejére tehető a szigetelőanyagok piacán. Alapanyaga faforgács szálak, melyeket cementkötéssel összekapcsolnak, és táblákba préselik, így szilárdak, és rugalmasak lesznek a legyártott lemezek. Az első piacra kerülő termékek még homogén építőlapok voltak, majd ezeket kombinálva egyéb hőszigetelő anyagokkal, újszerű szendvicselemek készültek. A fagyapotot jó hangelnyelő képesség, és kis páradiffúziós ellenállás jellemzi, illetve a réteges kialakítás miatt jó hőszigetelő értékkel rendelkezik. Így az építőiparban kiterjedő termékválasztékot jelentenek.



5. kép Fagyapot mintadarabok

(Forrás: http://www.epitesimegoldasok.hu/admin/data/file/7579_knauf1-1.jpg)

A fagyapot szigetelés alkalmazása

A fagyapot lemezek alkalmazhatók: tagolt homlokzatok egyszerű szigetelésére, homlokzati hőszigetelésre, a betonozás előtti zsaluzatba helyezve megszünteti a hőhídakat, a tetőtér beépítésére, válaszfalak építésére, könnyű padlószervezetekre, akusztikus álmennyezetekre. A lemezek nehezen éghetőek, ellenállóak növényi és állati kártevőkkel szemben, jó a hőtároló képességük, jó a hő- és hangszigetelésük, vakolhatók és egyszerű, könnyű a szerkezeti kialakításuk.

Három fő termék családra oszthatjuk a homogén fagyapotokra, a több rétegű polisztirol és kőzetgyapot betétes lemezekre. Az egyszerű táblák mellett további szigetelőelemeket is készítenek, mint például koszorúelem, sarokelem, U- zsalu, és ezek rögzítéséhez szükséges elemeket és egyéb kiegészítőket. ^[7]



6. kép Fagyapot táblák

(Forrás: <http://www.antker-bau.hu/kepek//0820007500.jpg>)

A homogén fagyapot táblák felhasználási területe: tetőtér beépítés, válaszfalak, bent maradó zsaluzatok, átszellőztetett homlokzatok, falak utólagos hangszigetelése, könnyűszerkezetek építése. Többrétegű fagyapot lemezek alkalmazási területe: homlokzat hőszigetelése, födémek, garázsok hőszigetelése, bent maradó zsaluzatként a hőhídak kiküszöbölése, alulról hűlő födémek szigetelése. A kiegészítő szigetelőelemeket alkalmazhatják az épület különböző

területein, mint pl. az U- zsalut monolit vasbeton koszorúk, áthidalók hőhidmentes kialakítására, vagy térdfalak bent maradó zsaluzataként. AZ U- zsalu kiegészítését szolgálja a sarokelem. A koszorúelem szintén alkalmas monolit vasbeton- koszorúk hőhidmentes kialakítására, és ez mellett földemek lezárására.

A fagyapot műszaki tulajdonságai:

Jellemzők	Jelölés	Leírás/Érték					Mért. egység	Szabvány
Tűzvédelmi osztály	-	B-s1, d0					-	EN 13501-1
Deklarált hővezetési tényező	λ_D	Kőzetgyapot réteg: 0,038 Fagyapot réteg: 0,070					[W/mK]	EN 13168
Teljes vastagság	d	50	75	100	125	150	[mm]	
Hővezetési ellenállás deklarált értéke	R_D	1,15	1,85	2,50	3,15	3,80	[m ² K/W]	EN 13168
Nyomószilárdság (100%-os összenyomódás)	σ_m	≥ 30					[kPa]	EN 826
Felületre merőleges húzószilárdság	σ_{MT}	≥ 5					[kPa]	EN 1607

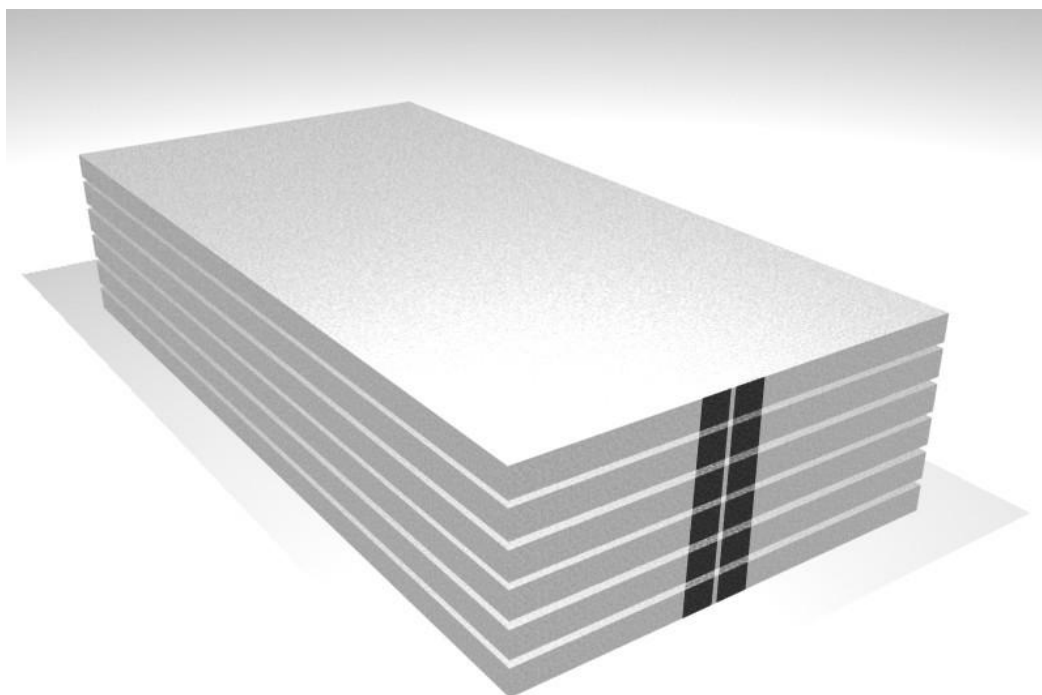
1. táblázat Fagyapot műszaki adatlap ^[8]

(Forrás: www.knaufinsulation.hu)

IV. 2. Fekete polisztirol (EPS 200)

Rendeltetése és felhasználási területe:

- Födémek nedvességtől védett rétegébe hőszigetelő réteggént esztrich vagy aljzatbeton alatt magas terhelhetőségre.
 - Talajon fekvő padlóban nedvességtől védetten nagy terhelés esetén.
 - Magastetők külső hőszigetelése teherhordó szerkezet felett, tetőfóliával és tetőfedéssel védetten.
 - Egyenes rétegrendű, egyhájú, járható melegtetőben, extenzív és intenzív zöldtetőben.
- [9]



7. kép Különösen nagy terhelhetőségű expandált polisztirol hőszigetelő lemez ^[17]

(Forrás: Krakkó Béla – Diplomamunka)

EPS 200 műszaki adatlap:

Jellemző	Érték	Mértékegység
Vastagsági tűrés	± 2	[mm]
Hosszúsági tűrés	$\pm 0,6 \%$ vagy $\pm 3 \text{ mm}$	
Szélességi tűrés	$\pm 0,6 \%$ vagy $\pm 3 \text{ mm}$	
Derékszögűségi tűrés	± 5	[mm]
Síklapúsági tűrés	± 5	[mm]
Hajlítószilárdság	≥ 200	[kPa]
Nyomófeszültség 10%-os összenyomódásnál	≥ 200	[kPa]
Méretállandóság normál klímán	$\pm 5 \%$	
Deklarált hővezetési tényező	0,033	[W/mK]
Deklarált hővezetési ellenállás (50 mm vastag lemez esetén)	1,5	[m ² K/W]
Tűzvédelmi osztály	E	
Felületre merőleges húzószilárdság	≥ 200	[kPa]
Páradiffúziós ellenállási szám	40-100	
Páradiffúziós tényező	0,018-0,007	mg/(Pa*h*m)
Páradiffúziós vízfelvétel	≤ 5	%
Hosszú idejű vízfelvétel	≤ 2	%

2. táblázat EPS 200 műszaki adatlap ^[10](Forrás: www.austrotherm.hu)

IV. 3. Grafitos polisztirol (EPS 80)

A szürke színű grafitos polisztirol hőszigetelő lemez az MSZ EN 13163 szabványnak megfelelő szigetelő anyag, amely speciális alapanyaga révén jóval alacsonyabb hővezetési tényezővel bír, mint a fehér változat. Elsősorban homlokzati hőszigetelő rendszerekhez alkalmazzák.

Az expandált polisztirol lapok hővezetését négy dolog határozza meg:

- a polisztirol cellafalak hővezetése,
- a cellákba bezárt levegő hővezetése,
- a levegő konvekciója,
- a hideg-meleg oldali cellafalak eltérő hőmérséklete révén, sugárzással távozó hő

Ez utóbbi jelentősen csökkenthető, amennyiben gyártáskor sugárzás elnyelő / visszaverő anyagokat kevernek az alapanyagba – emiatt szürke színű a grafitos polisztirol. ^[11]



8. kép Grafitos polisztirol alkalmazása

(Forrás:http://lakjonjol.hu/upload/images/photos/000/005/549/austrotherm_grafit.original.jpg
?1330088555)

EPS 80 műszaki adatlap:

Jellemző	Érték	Mértékegység
Nyomófeszültség (10%-os összenyomódásnál)	≥ 80	[kPa]
Hajlítószilárdság	≥ 125	[kPa]
Felületre merőleges húzószilárdság	≥ 150	[kPa]
Deklarált hővezetési tényező	0,031	[W/mK]
Páradiffúziós ellenállási szám	20-40	
Páradiffúziós tényező	0,036-0,018	[mg/(Pa*h*m)]
Méretállandóság normál klímán	$\pm 0,2$	%
Méretállandóság adott hő- és nedvességtartalom esetén	3	%
Tűzvédelmi osztály	E	

3. táblázat EPS 80 műszaki adatlap ^[12]

(Forrás: www.austrotherm.hu)



9. kép EPS 80

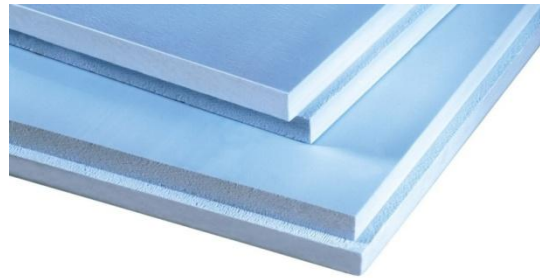
(Forrás: <http://zoldponthoszigeteles.hu/module-files/products/image/78e130b0c23094ba1b67e6f8f2ce5dfb.jpg>)

IV. 4. Floormate 700

A Floormate 700-A kék színű, zárt cellás, extrudált polisztirolhab hőszigetelő lemez.

Jellemzői:

- jó hőszigetelő képesség
- könnyen megmunkálható
- vízálló
- fagyálló
- terhelhető
- tartós



10. kép Floormate 700

(Forrás: <http://building.dow.com/europe/nl/images/floormate700.jpg>)

Felhasználási terület:

- különösen nagy terhelésű ipari padlók,
- járművel járható tetőfödémek,
- teherhordó lemezalapok,
- pincefalak hőszigetelése



11. kép Floormate 700 alkalmazása

(Forrás: <http://www.edilportale.com/upload/prodotti/prodotti-1069-rel87059b2061b84a3a870789eed899e415.jpg>)

Floormate 700 műszaki adatlap:

Jellemző	Érték														Mértékegység
vastagság	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	150	160	180	200	[mm]
Deklarált hővezetési tényező	-	-	0,034	0,034	0,034	-	0,035	0,035	0,035	-	-	-	-	-	[W/mK]
Deklarált hővezetési ellenállás	-	-	1,15	1,45	1,75	-	2,30	2,85	3,45	-	-	-	-	-	[m²K/W]
Nyomófeszültség (10%-os összenyomódásnál)										≥700					[kPa]
Nyomószilárdsági E-modulus										40-70 mm: 30000 80-120 mm: 40000					[kPa]
Összenyomódás/kúszás tartós terhelésnél										250					[kPa]
Felületekre merőleges húzószilárdság										-					[kPa]
Páradiffúziós ellenállási szám										200-150					
Vízfelvétel tartós páradiffúzió hatására										50 mm: ≤ 3100 mm: ≤ 1,5200mm: ≤ 0,5					térfogat %
Legmagasabb alkalmazási hőmérséklet										75					[°C]
Lineáris hőtágulási együttható										0,07					[mm/mK]
Mérettartás adott hőmérsékleten és nedvességtartalomnál										≤ 5					%
Alakváltozás adott nyomáson és hőmérsékleten										≤ 5					%
Tűzvédelmi osztály										B1 (nehezen éghető)					

4. táblázat Floormate 700 műszaki adatlap ^[13]

(Forrás: www.lambda.hu)

IV. 5. Poliuretán szigetelőhab (PUR hab)

A poliuretán szigetelőhab két folyékony halmazállapotú komponens, A és B kémiai reakciója folytán alakul ki, amit egy beállított keverési arány alapján egy mobil magasnyomású berendezéssel az adott helyszínen visznek fel a szigetelendő területre.



12. kép PUR habosodási folyamata

(Forrás: <http://www.purtech.hu/index.php/hu/purhab-poliuretan>)

Előnyei:

- összefüggő hőhíd és hézag mentes felület
- négyzetméterenkénti csekély súly
- tökéletesen tapad a legtöbb felületre
- vízpára diffúzióval rendelkezik,
- beltéri páralecsapódás kiküszöbölése
- önkioldó, a tüzet nem táplálja, ezáltal B2 besorolásba tartozik.
- lépésálló, terhelhető
- alak és mérettartó
- zsugorodás és húzásmentes
- energiaköltségek csökkenése
- régi és új épületeknél egyaránt alkalmazható ^[20]



13. kép PUR alkalmazása

(Forrás: http://agronaplo.hu/files/image/termekinformacio/2012/Szort_poliuretan_1.JPG)

PUR műszaki adatlap:

Termék jellemzők	Mértékegység	Érték	Vizsgálati módszer
Nyomófeszültség 10%-os deformációnál	kPa	≥ 30	MSZ EN 826:1997
Felületre merőleges húzószilárdság	kPa	≥ 100	MSZ EN 1607:1998
Gyúlékonyság/Tűzvédelmi osztály	-	„E” osztály	MSZ EN 13501-1:2007
Tapadás beton felülethez	N/mm ²	$\geq 0,3$	ETAG 004:2000
Testsűrűség	kg/m ³	20-25	víz kiszorításos módszer
Átkeményedési idő	perc	35-45	EMI módszer

5. táblázat PUR műszaki adatlap ^[21]

(Forrás: www.dobotrade.hu)

IV.6. Rózsaszínű XPS

A rózsaszínű extrudált polisztirol hab zárt cellaszerkezetű anyag, vízfelvétele elhanyagolhatóan kicsi, s így kiváló hőszigetelő képessége tartós nedvesség hatás esetén sem romlik. Az épületek élettartama alatt az extrudált hab nagyon jó mechanikai tulajdonságai sem változnak.

Alkalmas fordított rétegrendű lapostetők, különösen nagy terhelésnek kitett padlószerkezetek, légrés nélküli kétrétegű falak hőszigetelésére, illetve magastetők szarufák fölött elhelyezett hőszigetelésként. ^[22]



14. kép Formahabosított rózsaszínű XPS

(Forrás: http://www.epitesimegoldasok.hu/admin/data/file/1743_bachl_perimeter_ds.jpg)

Rózsaszínű XPS műszaki adatlap:

Termék jellemzők	Mértékegység	Érték	Szabvány szerinti osztály vagy fokozat
Nyomófeszültség 10%-os összenyomódásnál	kPa	≥ 300	CS(10\Y)300
Hővezetési tényező deklarált értéke	W/(m*K)	30-60 mm $\rightarrow$ 0,035 70-120 mm $\rightarrow$ 0,036 140-200 mm $\rightarrow$ 0,038	
Páradiffúziós tényező	mg/(Pa*h*m)	0,007-0,004	
Páradiffúziós ellenállási szám	-	100-200	
Alakváltozás adott nyomáson és hőmérsékleten	%	≤ 5	DLT(1)5 DLT(2)5
Vízfelvétel hosszúidejű, tartós vízbemerítés hatására	%	$\leq 0,7$	WL(T)0,7
Tűzvédelmi osztály	-	-	E

6. táblázat Rózsaszínű XPS műszaki adatlap ^[23]

(Forrás: www.austrotherm.hu)

V. Mérések bemutatása, adatok kiértékelése

V. 1. Mérések menete:

Helyszín: Debreceni Egyetem Műszaki Kar – Épületfizikai laboratórium

A mérések előtt elvégeztem a minták preparációját, mely a következő lépésekből állt:

- Az mintákat megtisztítottam az esetleges szennyeződésektől, egyéb anyagdaraboktól;
- a szigetelőanyag táblákból megfelelő méretű és tömegű darabokat vágtam ki, hogy azok később beférjenek a kaloriméter mintatartójába;
- az anyagdarabokat egy ezred pontosságú mérleggel lemértem;
- ezután óvatosan a mintatartóba helyeztem a szigetelőanyag darabot, összeraktam a mérőtégelyt, majd belehelyeztem a bomba kaloriméterbe;
- a kaloriméterhez csatlakoztatott billentyűzet segítségével bevitettem a pontos tömeget, és végül elindítottam a mérést.

Minden anyaggal 3 mérést végeztem, majd a mérésekből anyagonként átlagot számoltam.

V. 2. Az adatok és a mért értékek táblázatba foglalása, számítások levezetése:

V. 2. 1. Fagyapot:

	m (tömeg) [g]	L _é (égéshő) [MJ/kg]
1. mérés	0,5	20,31
2. mérés	0,556	19,26
3. mérés	0,515	22,22

7. táblázat Fagyapot mért értékei (Forrás: saját készítésű)

$$L_{\text{éfagyapot}} = 20,597 \pm 0,541 \text{ [MJ/kg]}$$

Az átlag égéshőt az alábbiak szerint számoltam:

1.) A 3 mérésből származó égéshőket átlagoltam:

$$\frac{L_{\text{éI}} + L_{\text{éII}} + L_{\text{éIII}}}{3} = L_{\text{é}}$$

$$\frac{20,31 + 19,26 + 22,22}{3} = 20,597 \text{ MJ/kg}$$

2.) Ezután kiszámoltam az egyes mérésekhez tartozó égéshők eltérését az átlagtól:

$$\begin{array}{lll} L_{\text{é}} - L_{\text{éI}} = \Delta L_{\text{éI}} & L_{\text{é}} - L_{\text{éII}} = \Delta L_{\text{éII}} & L_{\text{é}} - L_{\text{éIII}} = \Delta L_{\text{éIII}} \\ 20,597 - 20,31 = 0,287 & 20,597 - 19,26 = 1,337 & 20,597 - 22,22 = -1,623 \end{array}$$

3.) Az eltérések abszolútértékét átlagolva, majd azt felezve, megkaptam az átlagos eltérést:

$$\frac{|\Delta L_{\text{éI}}| + |\Delta L_{\text{éII}}| + |\Delta L_{\text{éIII}}|}{6} = \Delta L_{\text{é}}$$

$$\frac{0,287 + 1,337 + 1,623}{6} = 0,541$$

V.2. 2. Fekete polisztirol (EPS 200):

	m (tömeg) [g]	L _é (égéshő) [MJ/kg]
1. mérés	0,168	39,42
2. mérés	0,149	40,34
3. mérés	0,161	39,72

8. táblázat EPS 200 mért értékei (Forrás: saját készítésű)

$$L_{\text{éEPS200}} = 39,827 \pm 0,171 \text{ [MJ/kg]}$$

A fenti számítások alapján:

$$1.) \frac{L_{\text{éI}} + L_{\text{éII}} + L_{\text{éIII}}}{3} = L_{\text{é}}$$

$$\frac{39,42 + 40,34 + 39,72}{3} = 39,827 \text{ MJ/kg}$$

$$2.) L_{\text{é}} - L_{\text{éI}} = \Delta L_{\text{éI}}$$

$$39,827 - 39,42 = 0,407$$

$$L_{\text{é}} - L_{\text{éII}} = \Delta L_{\text{éII}}$$

$$39,827 - 40,34 = -0,513$$

$$L_{\text{é}} - L_{\text{éIII}} = \Delta L_{\text{éIII}}$$

$$39,827 - 39,72 = 0,107$$

3.)

$$\frac{|\Delta L_{\text{éI}}| + |\Delta L_{\text{éII}}| + |\Delta L_{\text{éIII}}|}{6} = \Delta L_{\text{é}}$$

$$\frac{0,407 + 0,513 + 0,107}{6} = 0,171$$

V. 2. 3. Grafitos polisztirol (EPS 80):

	m (tömeg) [g]	L _é (égéshő) [MJ/kg]
1. mérés	0,130	35,23
2. mérés	0,180	39,45
3. mérés	0,157	38,90

9. táblázat EPS 80 mért értékei (Forrás: saját készítésű)

$$L_{\text{EPS80}} = 37,86 \pm 0,876 \text{ [MJ/kg]}$$

Számolás levezetése:

$$1.) \quad \frac{L_{\text{éI}} + L_{\text{éII}} + L_{\text{éIII}}}{3} = L_{\text{é}}$$

$$\frac{35,23 + 39,45 + 38,90}{3} = 37,86 \text{ MJ/kg}$$

$$2.) \quad L_{\text{é}} - L_{\text{éI}} = \Delta L_{\text{éI}}$$

$$37,86 - 35,23 = 2,63$$

$$L_{\text{é}} - L_{\text{éII}} = \Delta L_{\text{éII}}$$

$$37,86 - 39,45 = -1,59$$

$$L_{\text{é}} - L_{\text{éIII}} = \Delta L_{\text{éIII}}$$

$$37,86 - 38,90 = -1,04$$

3.)

$$\frac{|\Delta L_{\text{éI}}| + |\Delta L_{\text{éII}}| + |\Delta L_{\text{éIII}}|}{6} = \Delta L_{\text{é}}$$

$$\frac{2,63 + 1,59 + 1,04}{6} = 0,876$$

V. 2. 4. Floormate 700:

	m (tömeg) [g]	L _é (égéshő) [MJ/kg]
1. mérés	0,263	38,93
2. mérés	0,316	39,16
3. mérés	0,214	39,49

10. táblázat Floormate 700 mért értékei (Forrás: saját készítésű)

$$L_{\text{éFloormate700}} = 39,193 \pm 0,0988 \text{ [MJ/kg]}$$

A Floormate 700 égéshőjének számítása:

$$1.) \quad \frac{L_{\text{éI}} + L_{\text{éII}} + L_{\text{éIII}}}{3} = L_{\text{é}}$$

$$\frac{38,93 + 39,16 + 39,49}{3} = 39,19 \text{ MJ/kg}$$

$$2.) \quad L_{\text{é}} - L_{\text{éI}} = \Delta L_{\text{éI}}$$

$$39,19 - 38,93 = 0,263$$

$$L_{\text{é}} - L_{\text{éII}} = \Delta L_{\text{éII}}$$

$$39,19 - 39,16 = 0,033$$

$$L_{\text{é}} - L_{\text{éIII}} = \Delta L_{\text{éIII}}$$

$$39,19 - 39,49 = -0,297$$

$$3.)$$

$$\frac{|\Delta L_{\text{éI}}| + |\Delta L_{\text{éII}}| + |\Delta L_{\text{éIII}}|}{6} = \Delta L_{\text{é}}$$

$$\frac{0,263 + 0,033 + 0,297}{6} = 0,0988$$

V. 2. 5. PUR hab:

	m (tömeg) [g]	L _é (égéshő) [MJ/kg]
1. mérés	0,178	27,19
2. mérés	0,165	26,33
3. mérés	0,166	27,86

11. táblázat PUR hab mért értékei (Forrás: saját készítésű)

$$L_{\text{éPUR}} = 27,127 \pm 0,266 \text{ [MJ/kg]}$$

A PUR hab égéshőjének számítása:

$$1.) \quad \frac{L_{\text{éI}} + L_{\text{éII}} + L_{\text{éIII}}}{3} = L_{\text{é}}$$

$$\frac{27,19 + 26,33 + 27,86}{3} = 27,127 \text{ MJ/kg}$$

$$\begin{array}{lll} 2.) \quad L_{\text{é}} - L_{\text{éI}} = \Delta L_{\text{éI}} & L_{\text{é}} - L_{\text{éII}} = \Delta L_{\text{éII}} & L_{\text{é}} - L_{\text{éIII}} = \Delta L_{\text{éIII}} \\ 27,127 - 27,19 = -0,063 & 27,127 - 26,33 = 0,797 & 27,127 - 27,86 = -0,733 \end{array}$$

$$3.) \quad \frac{|\Delta L_{\text{éI}}| + |\Delta L_{\text{éII}}| + |\Delta L_{\text{éIII}}|}{6} = \Delta L_{\text{é}}$$

$$\frac{0,063 + 0,797 + 0,733}{6} = 0,266$$

V. 2. 6. Rózsaszínű XPS:

	m (tömeg) [g]	L _é (égéshő) [MJ/kg]
1. mérés	0,191	37,42
2. mérés	0,179	39,15
3. mérés	0,190	39,09

12. táblázat Rózsaszínű XPS mért értékei (Forrás: saját készítésű)

$$L_{\text{éRózsaszínűXPS}} = 38,55 \pm 0,378 \text{ [MJ/kg]}$$

A rózsaszínű XPS égéshőjének számítása:

$$1.) \quad \frac{L_{\text{éI}} + L_{\text{éII}} + L_{\text{éIII}}}{3} = L_{\text{é}}$$

$$\frac{37,42 + 39,15 + 39,09}{3} = 38,55 \text{ MJ/kg}$$

$$2.) \quad L_{\text{é}} - L_{\text{éI}} = \Delta L_{\text{éI}}$$

$$38,55 - 37,42 = 1,133$$

$$L_{\text{é}} - L_{\text{éII}} = \Delta L_{\text{éII}}$$

$$38,55 - 39,15 = -0,597$$

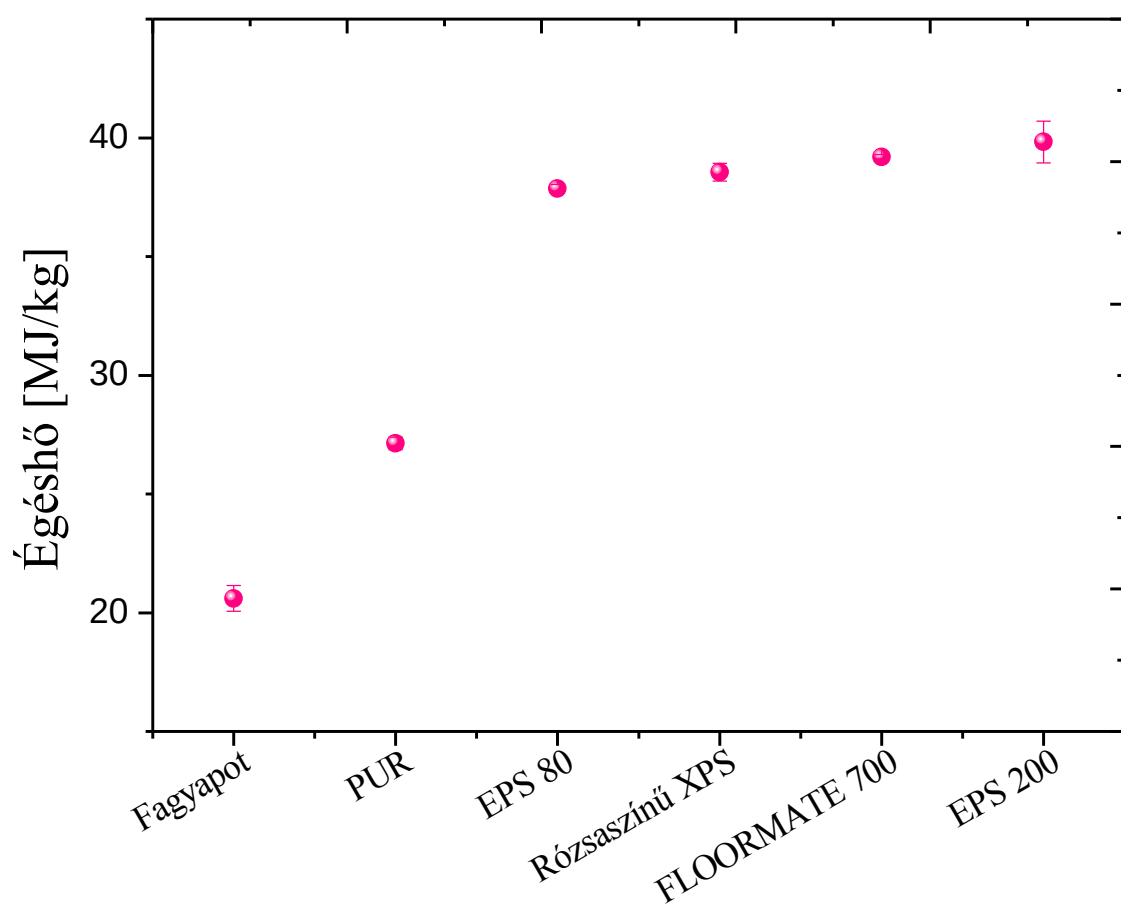
$$L_{\text{é}} - L_{\text{éIII}} = \Delta L_{\text{éIII}}$$

$$38,55 - 39,09 = -0,537$$

3.)

$$\frac{|\Delta L_{\text{éI}}| + |\Delta L_{\text{éII}}| + |\Delta L_{\text{éIII}}|}{6} = \Delta L_{\text{é}}$$

$$\frac{1,133 + 0,597 + 0,537}{6} = 0,378$$



5. ábra A vizsgált anyagokhoz tartozó égészők és azok szórása
(Forrás: saját készítésű)

		m (tömeg) [g]	L_é (égéshő) [MJ/kg]	T₁ (begyújtási hőmérséklet) [°C]	T₂ (végső hőmérséklet) [°C]
Fagyapot	1. mérés	0,5	20,31	22,21	28,9
	2. mérés	0,556	19,26	22,05	29,09
	3. mérés	0,515	22,22	24,35	31,86
	átlag	0,524	20,6	22,87	29,95
EPS 200	1. mérés	0,168	39,42	24,23	28,54
	2. mérés	0,149	40,34	24,49	28,46
	3. mérés	0,161	39,72	26,83	30,96
	átlag	0,159	39,83	25,18	29,32
EPS 80	1. mérés	0,13	35,23	25,36	28,39
	2. mérés	0,18	39,45	24,76	29,39
	3. mérés	0,157	38,9	27,18	31,19
	átlag	0,156	37,86	25,77	29,66
Floormate 700	1. mérés	0,263	38,93	24,45	31,14
	2. mérés	0,316	39,16	23,95	32,07
	3. mérés	0,214	39,49	27,46	32,94
	átlag	0,264	39,19	25,29	32,05
PUR hab	1. mérés	0,178	27,19	22,19	25,35
	2. mérés	0,165	26,33	22,37	25,28
	3. mérés	0,166	27,86	24,34	27,33
	átlag	0,170	27,127	22,97	25,99
Rózsaszínű XPS	1. mérés	0,191	37,42	24,68	29,39
	2. mérés	0,179	39,15	25,80	30,35
	3. mérés	0,190	39,09	26,84	31,71
	átlag	0,187	38,55	25,77	30,48

13. táblázat Összefoglaló táblázat (Forrás: saját készítésű)

V. Összefoglalás

Dolgozatomban a hőszigetelő anyagok égéshőjét vizsgáltam bomba kaloriméter segítségével. Manapság az épületek hőszigetelése rendkívül fontos, hiszen energiát és pénzt spórolhatunk vele. A következő érv a hőszigetelés mellett az, hogy ezzel is óvhatjuk környezetünket. Egyre több a szmog a világ városaiban, de ha kevesebbet kell fűteni a jó hőszigetelés miatt, csökken a füstgáz kibocsátás. Ez a folyamat egy lakóháznál sem elenyésző, de gondoljunk csak bele globális méretekben. A szigetelés további előnyökkel is szolgál. A melegebb nyári hónapokban segít fenntartani, az esetlegesen létrehozott, kellemesen hűvös belső hőmérsékletet. Továbbá emeli a falak belső felületi hőmérsékletét, ezzel csökkentve a penész kialakulásának veszélyét.

A hőszigetelés tervezésekor fontos, hogy figyelembe vegyünk a szigetelőanyagok tűzállóságát, és lehetőség szerint a legmagasabb tűzállósági csoportba soroltak közül válasszunk. Manapság sajnos rengeteg lakástűz alakul ki, ezért fontos, hogy a szigetelő anyagok minél tovább legyenek ellenállóak a tűzzel szemben, így védve az épületek egyéb szerkezeti elemeit.

Az általam vizsgált anyagoknál a következőket állapítottam meg:

- A hat anyag közül a fagyapotnál, illetve a PUR habnál mértem a legkisebb égéshőket:
 $L_{\text{éFagyapot}} = 20,597 \text{ MJ/kg}$, $L_{\text{éPUR}} = 27,127 \text{ MJ/kg}$.
- A grafitos polisztirol, a Floormate700 és a rózsaszínű XPS esetén már jóval nagyobb értéket mértem:
 - $L_{\text{éEPS80}} = 37,86 \text{ MJ/kg}$
 - $L_{\text{éFloormate700}} = 39,193 \text{ MJ/kg}$
 - $L_{\text{éRózsaszínűXPS}} = 38,55 \text{ MJ/kg}$.
- Azonban a legnagyobb égéshője a fekete polisztirolnak van ($L_{\text{éEPS200}} = 39,827 \text{ MJ/kg}$), hiszen ennek az anyagnak van a legnagyobb sűrűsége is a többihez viszonyítva.

Mindezekből következik, hogy a vizsgált anyagok közül az EPS200 rendelkezik a legnagyobb tűzállósággal.

VI. Köszönetnyilvánítás

Meg szeretném köszönni témavezetőmnek, Dr. Lakatos Ákos főiskolai docensnek a munkám során nyújtott segítségét, továbbá az Épületgépészeti és Létesítménymérnöki tanszéknek, hogy biztosította számomra a mérések tárgyi feltételeit, és a mérés helyszínét, a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Épületfizikai laboratóriumát.

VII. Ábrajegyzék

Ábrák:

1. ábra CAL2k-3 Töltőállomás.....	10
2. ábra Mérőtégely CAL2k-4	11
3. ábra Funkcionális szelvény	11
4. ábra A CAL2K-ECO kaloriméter	12
5. ábra Floormate 700.....	27

Képek:

1. kép Lángoló ház	16
2. kép Leégett polisztirol szigetelés	17
3. kép Védőhálót nem hajtották vissza.....	17
4. kép Foltokban ragasztották a polisztirol táblákat.....	18
5. kép Fagyapot mintadarabok	20
6. kép Fagyapot táblák	21
7. kép Különösen nagy terhelhetőségű expandált polisztirol hőszigetelő lemez	23
8. kép Grafitos polisztirol alkalmazása	25
9. kép EPS 80	26
10. kép Floormate 700.....	27
11. kép Floormate 700 alkalmazása	27
12. kép PUR habosodási folyamata.....	29
13. kép PUR alkalmazása.....	30
14. kép Formahabosított rózsaszínű XPS.....	31

Táblázatok:

1. táblázat Fagyapot műszaki adatlap.....	22
2. táblázat EPS 200 műszaki adatlap.....	24
3. táblázat EPS 80 műszaki adatlap.....	26
4. táblázat Floormate 700 műszaki adatlap	28
5. táblázat PUR műszaki adatlap.....	30
6. táblázat Rózsaszínű XPS műszaki adatlap	32
7. táblázat Fagyapot mért értékei	34
8. táblázat EPS 200 mért értékei	35
9. táblázat EPS 80 mért értékei	36
10. táblázat Floormate 700 mért értékei	37
11. táblázat PUR hab mért értékei.....	38
12. táblázat Rózsaszínű XPS mért értékei.....	39
13. táblázat Összefoglaló táblázat	41

VIII. Felhasznált irodalom

Internetes hivatkozások:

- [1] <http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%89g%C3%A9sh%C5%91> (Letöltés dátuma: 2013.09.20. 8 óra 23 perc)
- [2] http://hu.wikipedia.org/wiki/T%C5%B1zvesz%C3%A9lyess%C3%A9gi_oszt%C3%A1lyba_sorol%C3%A1s (Letöltés dátuma: 2013.09.20. 8 óra 51 perc)
- [3] <http://hu.wikipedia.org/wiki/H%C5%91szigetel%C3%A9s> (Letöltés dátuma: 2013.09.20. 9 óra 17 perc)
- [4] [http://www.pmkik.hu/world/pmkikweb.nsf/23ebf9045f501530c1256adb00318c1e/fb6d80c27f29eb59c125788f002ce691/\\$FILE/Tuzvesz%C3%A9lyess%C3%A9gi%20fogalmak-FONTOS.pdf](http://www.pmkik.hu/world/pmkikweb.nsf/23ebf9045f501530c1256adb00318c1e/fb6d80c27f29eb59c125788f002ce691/$FILE/Tuzvesz%C3%A9lyess%C3%A9gi%20fogalmak-FONTOS.pdf) (Letöltés dátuma: 2013.09.20. 10 óra 5 perc)
- [5] http://www.austrotherm.hu/upload/dokumentumok/sajto/Biztonsos_laposteto_polishtirol_hoszigetelessel_Alaprajz_2011_02.pdf (Letöltés dátuma: 2013.09.20. 10 óra 47 perc)
- [6] <http://www.origo.hu/itthon/20091014-miskolci-paneltuz-a-vizsgalat-szerint-rossz-volta-szigeteles.html> (Letöltés dátuma: 2013.09.27. 15 óra 36 perc)
- [7] <http://szigatech.hu/fagyapot-szigeteles/> (Letöltés dátuma: 2013.09.28. 8 óra 16 perc)
- [8] <http://www.knaufinsulation.hu/content/fagyapot-1> (Letöltés dátuma: 2013.09.28. 9 óra 39 perc)
- [9] <http://hoszigetelesek.info/nikecell-eps-200/> (Letöltés dátuma: 2013.10.02. 16 óra 12 perc)
- [10] <http://www.thermomaster.hu/?p=downloads&did=1521> (Letöltés dátuma: 2013.10.02. 16 óra 43 perc)
- [11] <http://hoszigetelorendszerakcio.hu/termek/hoszigetelo-termek/grafitos-polishtirol.html> (Letöltés dátuma: 2013.10.04. 14 óra 32 perc)
- [12] http://www.austrotherm.hu/upload/dokumentumok/termek/muszaki/expandalt/grafit_reflex.pdf (Letöltés dátuma: 2013.10.04. 16 óra 2 perc)
- [13] <http://lambda.hu/hu/markak/styrofoam> (Letöltés dátuma: 2013.10.05. 17 óra 14 perc)
- [20] <http://www.purtech.hu/index.php/hu/purhab-poliuretan> (Letöltés dátuma: 2014.02.10. 8 óra 26 perc)
- [21] http://dobotrade.hu/tartalom/feltoltes/Tytan_B1_habok_EME_minositese.pdf (Letöltés dátuma: 2014.02.10. 9 óra 52 perc)
- [22] <http://www.austrotherm.hu/termek/extrudalt-polishtirol-termek/index.html> (Letöltés dátuma: 2014.02.10. 17 óra 4 perc)

[23]http://www.austrotherm.hu/upload/dokumentumok/termek/muszaki/extrudalt/XPS_TO_P_30_2011.pdf (Letöltés dátuma: 2014.02.10. 17 óra 36 perc)

Könyvbeli hivatkozások:

- [14] CAL2-ECO - Felhasználói leírás (elektronikus jegyzet)
- [15] Szurovszki István – TDK dolgozat 2011
- [16] Varga Sándor – TDK dolgozat 2012
- [17] Krakkó Béla – Diplomamunka
- [18] Szerényi A. - Szerényi I.: Építőipari anyag- és gyártásismeret III. kötet. Szega Books Kft, Pécs, 2007. ISBN 963 867 923 9
- [19] Fülöp Zs. - Osztrólczki M.: Épületszigetelési kézi könyv I. kötet. Verlag Dashöfer Szakk., Budapest, 2004.

Lezárás dátuma: 2014.04.27.