

Debreceni Egyetem

Műszaki Kar

Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék



Szigetelőanyagok szorpciós izotermájának a meghatározása

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Készítette: **Szurovszki István V. gépészmérnök hallgató**

Belső konzulens: Dr. Lakatos Ákos

Külső Konzulens: Kozma Barna

Tanszékvezető: Dr. Kalmár Ferenc

Debrecen

2011.

Tartalomjegyzék

I.	Bevezetés.....	4
II.	Szorpció izoterma, hővezetési tényező, páradiffúzió.....	5
II.1.	Szorpció	5
II.1.1.	Kapilláris hatás	7
II.2.	Hővezetési tényező.....	7
II.3.	Páradiffúzió	8
III.	Méréshez felhasznált berendezések bemutatása	10
III.1.	A Venticell 111 típusú szárítószekrény	10
IV.	Vizsgált hőszigetelő anyagok.....	14
IV.1.	Hőszigetelő anyagok tulajdonságai:	14
IV.2.	A polisztirolhab	15
V.	A méréshez felhasznált szabványok bemutatása	17
V.1.	MSZ-EN-6946 Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás	17
V.2.	MSZ EN 13172: Hőszigetelő termékek. A megfelelőség értékelése.	17
V.3.	MSZ 7560: Magyarországon az expandált polisztirolhab gyártását szabályozó rendelet	18
V.4.	MSZ EN 13163: Építőipari hőszigetelő termékek. Gyári készítésű expandált polisztirol (EPS-) termékek. Műszaki Előírás.	18
V.5.	MSZ-04-140-2:1991 épülethatároló szerkezetek hőtechnikai méretezése	19
VI.	Vizsgált szigetelő fajták:	20
VI.1.	Thermocell EPS 30 (1-es minta):	20
VI.2.	Thermocell EPS 100 (2-es minta):	21
VI.3.	Thermocell EPS 200 (3-as minta):	22
VI.4.	Thermocell EPS Grey (4-es minta)	23
VII.	Mérés bemutatása.....	25
VII.1.	A mérés leírása:.....	25
VII.2.	Az eredmények bemutatása:.....	27

VII.2.1. 1-es minta:	27
VII.2.2. 2-es minta:	28
VII.2.3. 3-as minta:	29
VII.2.4. 4-es minta.	29
VII.2.5. Összesített diagram:	30
VII.3. Hővezetési együtthatók becslése	31
VIII. Összefoglalás	33
Felhasznált irodalom:	34

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. Ez a komfort azonban sok energiába kerül számunkra, ami viszont nem áll rendelkezésünkre végtelen mennyiségben.

Nagyon fontos szempont, a polisztirol **szigetelés** figyelembevételénél, hogy rendkívüli mértékben csökkenti a költségeinket. A fűtési energiatakarékosság pénzspórolási lehetőséget rejt sok társas vagy családi ház számára. A polisztirol **hőszigetelés** alkalmazásával elérhető hogy megnöveljük falaink hőszigetelő képességét 40-70 %-kal, ami fűtésszámlánkra igencsak kihat. Ehhez kapcsolódóan fontos szempont, hogy óvjuk környezetünket, mert egyre több a szmog a világ városaiban, amit ugyancsak segít a polisztirolszigetelés, hiszen ha kevesebbet kell fűteni a jó hőszigetelés miatt, csökken a füstgáz kibocsátás. Ez a folyamat egy épületnél sem elenyésző, de gondoljunk csak bele globális méretekben.

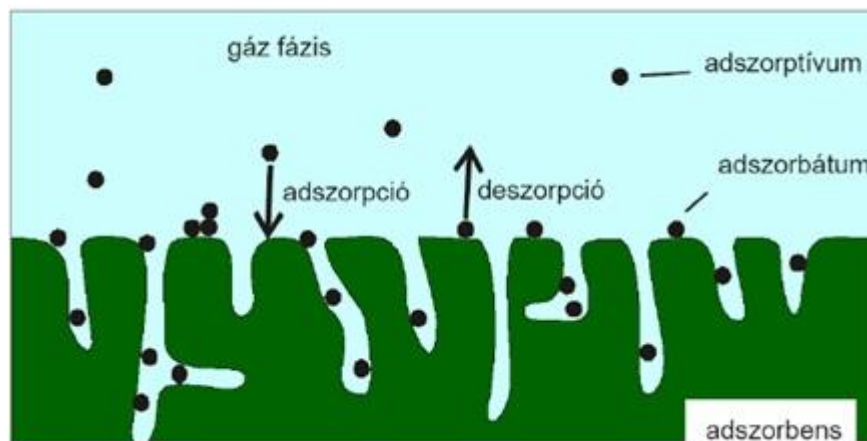
Az 1991-es MSZ-04-140-2 /Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai/ megjelenése óta eltelt 20 évben mind az építőipar, mind az építőanyagokkal szemben támasztott minőségi igény megváltozott. Az új építőanyagok egyre szélesebb körű megjelenésével azonban elmaradt a gazdaságos határoló szerkezetek tervezéséhez szükséges anyagok páratechnikai tulajdonságaira jellemző úgynevezett szorpciós izoterma görbék meghatározása. A napjainkban végzett hőtechnikai számításokhoz szükséges értékeket így vagy táblázatos formában közelítéssel, vagy 20 évvel ezelőtti anyagokra vonatkozó adatokkal lehet figyelembe venni! Ezek az értékek nem megfelelő pontosságúak, az új anyagok esetében sokszor nem is léteznek, ami a részletes páratechnikai számítás elvégzését nem teszi lehetővé.

Az épületfizikai vizsgálatok teljes és pontos elvégzéséhez elengedhetetlen a kérdéses szerkezetben alkalmazott építőanyagok telítési – megengedett – kezdeti nedvességtartalmának ismerete, amit a szorpciós izotermagörbékről lehetne leolvasni. Ezek hiányában jelenleg a páratechnikai számításokat hiányosan, vagy még inkább egyáltalán nem lehet elvégezni.

II. Szorpció izoterma, hővezetési tényező, páradiffúzió

II.1. Szorpció

Az építő- és szigetelőanyagok túlnyomó többsége pórusos szerkezetű. E pórusok összesített felülete rendkívül nagy lehet, aminek fontos szerepe van a nedvesség felvételében és megkötésében.



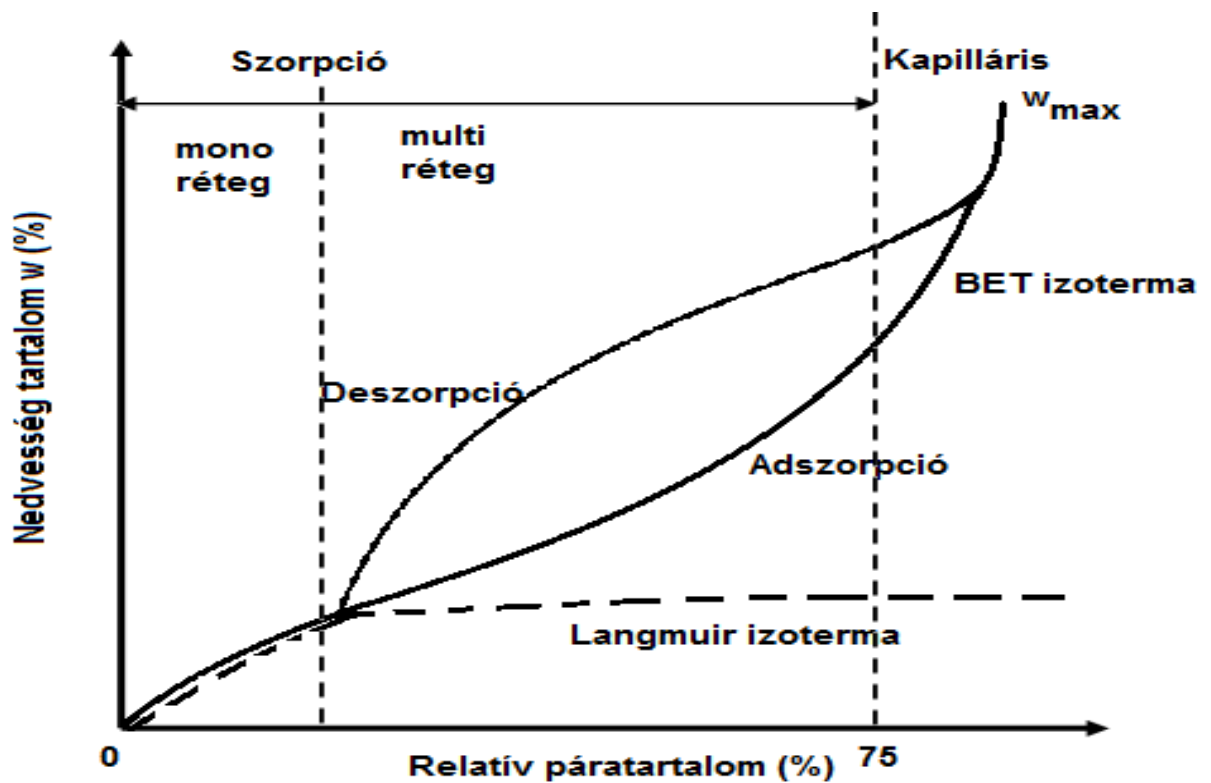
1. ábra Molekula megkötődése és kiválása

- adszorpció: molekulák (atomok) megkötődése a fluid (gáz) fázisból egy szilárd felületen (a felület aktív centrumai)
- deszorpció: a szilárd felületen (az aktív centrumokon) megkötött molekulák eltávolítása a felületről a gáz (fluid) fázisba (az adszorpcióval ellentétes folyamat)

Az anyagok nedvességfelvétele a szorpció izotermával jellemezhető. A porózus anyagnak a környezetével való kölcsönhatása kétirányú:

- ha az anyag felületén a p_F parciális nyomás nagyobb, mint a levegőben levő pára p_g parciális nyomása, akkor deszorpció/száradás történik
- ha a felületi parciális nyomás kisebb, mint a levegőé: $p_F < p_g$ az anyag környezetéből nedvességet vesz fel, szorpció indul meg

A görbék általában a 2.ábra szerinti alakot mutatják. A görbéket állandó hőmérsékleten (általában 20°C) veszik fel úgy, hogy az adott



2.ábra Szorpciós izotermagörbe jellegzetes pontjai

hőmérsékletű és relatív nedvességtartalmú levegőbe helyezett próbatestek egyensúlyi nedvességtartalmát mérik meg. (Ez azt jelenti, hogy bevárjuk, amíg a próbatest tömege állandósul.)

A szorpciós izoterma vízszintes tengelyén a próbatesttel érintkező levegő relatív nedvességtartalma, a függőleges tengelyen az anyag (tömeg, vagy térfogatszázalékban kifejezett) nedvességtartalma szerepel. A szorpciós izoterma a relatív nedvességtartalom és az anyag nedvességtartalma közötti kapcsolatot fejezi ki.

A szorpciós izoterma görbéjének általában van egy inflexiós pontja, ahol a görbe meredeksége hirtelen megnő. Ez a pont jelzi a kapilláris kondenzáció kezdetét, amikor

is a nedvesség már nemcsak a pórusok felületét borítja, hanem a kapilláris járatok teljes keresztmetszetét kezdi kitölteni. Ez az úgynevezett kapilláris kondenzáció az építőipar szokványos anyagi esetében általában $\varphi=75\%$ levegő relatív nedvességtartalom mellett alakul ki.

A másik nevezetes pont a $\varphi=100\%$ relatív nedvességtartalom és az anyagnak az ahhoz tartozó telítési nedvességtartalma. Stacioner környezeti adottságok esetén a $p_F=p_g$ egyensúly bekövetkezik, és az anyag ω egyensúlyi nedvességtartalmat szerez

II.1.1. Kapilláris hatás

A víz általában csak olyan építőanyagokba tud behatolni, amelyeken hibahelyek találhatók. Ilyen hibahelyek a pórusok és a nagyobb üregek. A falazásnál számba vehető anyagok térfogatának akár 80%-át is kitehetik a pórusok. A nyílt, tehát kívülről hozzáférhető pórusok nedvesség hatására megtelnek vízzel. Minél nagyobb egy pórus, annál könnyebben belejuthat a víz, amely aztán a nehézségi erő miatt átszivároghat az építőanyag többi részébe. Ha külső nyomás hat a folyadékra, a víz sajátos törvényszerűségek szerint mozog a kapilláris pórusokban, akár a nehézségi erő ellenében is. Ennek következtében porózus építőanyagokból épült falban kialakulhat felszálló nedvesség, ez pedig főleg a magával szállított sók miatt jelentős épületi károkhoz vezethet.

II.2. Hővezetési tényező

Az építő illetve szigetelőanyagok hővezetési tényezője azt jelenti hogy milyen mértékben áramlik át a hő az adott anyagon meghatározott idő leforgása alatt. A hővezetési tényező nem egy állandó szám, több tényező függvényében számítjuk. Minél kisebb a hővezetési tényező annál jobban szigetel az adott anyag. Ez a tulajdonság télen fontos, amikor a külső hideg ellen kell megvédeni az épületben lévő belső meleget.

A nedves anyag hővezetést tényezője függ a nedvesség hő szállításától. Ez rendszerint a pórusok belüli vezetés és konvekció, de felléphet a pórus közötti folyadékáramlás is. A

nedvesség hatása hővezető képességre, az anyagok inhomogenitása miatt, nem lehet elméletileg meghatározni. Gyakorlatban a nedves anyag hővezetését a következőképpen számítjuk:

$$\lambda = \lambda_0 \times 1 + \frac{\omega \times z}{100} \quad (1)$$

II.3. Páradiffúzió

A diffúzió olyan folyamat, amelyben a részt vevő anyag molekulái a kiegyenlítődés érdekében mozdulnak el. A diffúzióban nincs észlelhető áramlás, az eltérő tulajdonságú molekulákat tartalmazó gázkeverék össznyomása a rögzített pontokon változatlan.

A páradiffúziós jelenség a légtér molekulái és az építőanyag üregeiben levő gáz molekulái közötti kiegyenlítődést jelenti. A páradiffúziós jelenség előfeltétele a különböző párányomás. A páradiffúziós jelenségek kettős függőségben vannak: függenek a koncentrációból származó párányomástól és a szerkezet hőmérsékletviszonyától. A páradiffúziós jelenségeknél a hő- és anyagáramot együtt kell vizsgálni.

A páradiffúzió a víz vándorlása a porózus építőanyagban, gőz állapotban. A levegő mindig tartalmaz párárt. Az a mennyiség, amit meg tud tartani anélkül, hogy telítetté válna, rohamosan nő a hőmérséklet emelkedésével, de függ az egyéb klimatikus tényezőktől is. Az épület belsejében függ a nedvesség keletkezésének a sebességétől, a szellőzés sebességétől, stb. A hőmérséklet csökkenésével viszont a levegő páraelnyelő képessége csökken. Például a 30 °C -os levegő 27 g vizet tud levegő kilogrammonként abszorbálni, míg a 0°C -os levegő csak 4 g-ot. Az a hőmérséklet, amelyen a levegő teljesen páratelítetté válik, a harmatpont. Az abszolút nedvességtartalom az a páramennyiség, tömegegységben kifejezve, amit az adott nedvességállapotú levegő tartalmaz, a száraz levegő egységnyi tömegére vonatkoztatva. A relatív nedvességtartalom a levegő nedvességtartalma a teljesen telített levegőben lévő nedvességtartalomhoz képest. A relatív nedvességtartalom 100%-os a harmatpontnál. Például 25°C és 60 % relatív nedvességtartalmú levegő hűtése esetén a levegő 17°C -nál eléri a harmatpontot. Ha tovább hűtik, a levegő túltelítetté válik, és a nedvesség egy része kicsapódik a felületeken. A páradiffúziót páradiffúziós tényezővel jellemzik,

amely meghatározza azt a páramennyiséget g-ban, amely az anyagnak a diffúzió irányára merőlegesen vett keresztmetszetén, egységnyi idő alatt, egységnyi nyomás hatására állandósult állapotban áthalad. Mértékegysége kg/ms (Pa).

III. Méréshez felhasznált berendezések bemutatása

A mérések során a polisztirolhab lemezeket Venticell 111 géppel szárítottuk, majd nedvesítettük a Climacell 111 elnevezésű géppel.

III.1. A Venticell 111 típusú szárítószekrény

A Venticell típusú szekrények szabadalmaztatott ventilációs rendszerrel működnek. Ennek a ventilációs rendszernek köszönhetően egyedülálló a belső térbeni hőeloszlás, rövid és egyenletes felfűtés mellett. Kiválóan alkalmazható magasabb nedvességtartalommal rendelkező anyagok szárításánál is. Beépített ventilátorral rendelkezik akár 300°C –os hőmérséklet is előállítható.



Az MMM szárító- és inkubátor szekrényekhez a következő opcionális tartozékok rendelhetők:

- üvegbetétes ajtó és belső megvilágítás
- kábel kivezetés a kamrából 25, 50 vagy 100 mm átmérőjű lyukon
- zárható ajtó

- balról nyitható ajtó
- plusz Pt 100-as hőmérséklet érzékelő és kijelzés
- számítógépes adatgyűjtő program

Az Ecocell és Venticell típusú szárítószekrények műszaki adatai:

Típus:	22	55	111	222	404	707
Rendelési kód	Ecocell 41 121 1090	41 121 1001	41 121 1002	41 121 1003	41 121 1004	41 121 1005
	Venticell 41 121 1091	41 121 1006	41 121 1007	41 121 1008	41 121 1009	41 121 1010
Térfogat (liter)	22	55	111	222	404	707
Belső méret (mm)	Szélesség	244	400	540	540	940
	Mélység	295	390	390	540	540
	Magasság	330	350	530	760	1410
Külső méret (mm)	Szélesség	406	620	760	760	1160
	Mélység	604	640	640	790	790
	Magasság	516	680	860	1100	1910
Tálcák száma	2	2	2	2	2	2
Tálcák max. száma	4	4	7	10	19	19
Súly (kg)	30	55	75	100	150	215
Felfutási idő 250°C-ra (perc)	Ecocell	58	58	53	60	79
	Venticell	39	39	43	47	48
Hőntartás térbeli (%)	Ecocell	±2	±2	±2	±2	±2,5
	Venticell	±1	±1	±1	±1	±1,5
Hőntartás időbeli (%)	Ecocell	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2
	Venticell	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2	±0,2
Hőmérséklet tartomány	Ecocell	környezeti hőmérséklet + 5°C...250°C				
	Venticell	környezeti hőmérséklet +10°C...250°C				
Teljesítmény (kW)	Ecocell	0,9	1,3	1,9	1,8	3,6 (3 fázis)
	Venticell	0,9	1,3	1,9	1,9	3,7 (3 fázis)

III.2. A Climacell 111 típusú klímakamra

A Climacell klímaszekrényeket a környezeti adottságok lehető legteljesebb szimulációjához fejlesztették ki (pl. alkotóelemek stabilitástesztje, csomagolóanyag, élelmiszerek, vegyszerek, csírázóképeség, növényi sejt/szövet kultúrák vizsgálata). Széles hőmérséklet tartomány, pontos beállítás, homogén és reprodukálható hőmérséklet eloszlás valamint szabályozott páratartalom a kamrában. A termocsavar egyedülálló termodinamikájának köszönhetően a mintákat természetes és egyenletes eloszlású, spirálisan felszálló levegő temperálja. A kamra körüli közbenső köpeny levegőjének hőmérséklet szabályozásával és ennek a kamrán keresztül történő optimális áthaladásával garantálható a hőmérséklet eloszlás nagy pontossága és a kamrában elhelyezett minták sérülésmentessége. A készülékek biztosítják a vizsgálat körülményeinek nyomtatón vagy számítógépen történő rögzítését.



A Climacell szekrényben beépített chipkártya íróolvasó rendszer segítségével egyéni temperálási programot rögzíthetünk chipkártyára. A készülék memóriájában a következő 6 program tárolható:

- **1-es program:** a temperálási hőmérséklet és a kívánt páratartalom beállítása és tárolása, időbeni korlátozás nélkül. A program választásakor a készülék a beállított hőmérsékleten működik egészen a kikapcsolásig.
- **2-es program:** a temperálási hőmérséklet és a kívánt páratartalom beállítása és tárolása, működés a beprogramozott ideig. Timer üzemmód: a készülék a beállított hőmérsékleten működik a beprogramozott ideig, max. 99 óra 59 perc, majd kikapcsol.
- **3-as program:** a temperálási hőmérséklet, a kívánt páratartalom és működési idő beállítása és tárolása. A készülék a beprogramozott idő múlva kapcsol be (max 99óra 59 perc) és működik a beállított hőmérsékleten és páratartalommal folyamatosan. Timer üzemmód.
- **4-es program:** beállítható két különböző hőmérséklet és páratartalom, működés ciklikus üzemmódban. A ciklusok váltási ideje max. 99 óra 59 perc lehet. Ebben a programban lehetséges a felfűtés vagy lehűtés meredekségének programozása is.
- **Az 5-6-os programban** a ciklusok max. 16 lépésben szabadon programozhatók (minden paraméter). Minden egyénileg beprogramozott vizsgálati paraméter a kártyán rögzítésre kerül, így a mérés bármikor és bármennyiszer ismételhető azonos beállítás mellett. Ezzel nemcsak nagyon sok időt takaríthatunk meg, hanem biztosítjuk a vizsgálatok reprodukálhatóságát.

Típus:	Climacell	111	222	404	707
Rendelési kód		41 121 1026	41 121 1027	41 121 1028	41 121 1029
Térfogat (liter)		111	222	404	707
Belső méret (mm)	Szélesség	540	540	540	940
	Mélység	370	520	520	520
	Magasság	530	760	1410	1410
Külső méret (mm)	Szélesség	760	760	1010	1410
	Mélység	640	960	790	790
	Magasság	1060	1300	1910	1910
Tálcák száma		2	2	2	2
Tálcák max. száma		7	10	19	19
Súly (kg)		95	125	175	245
Felfűtési idő 37 °C-ra (perc)		20	25	26	27
Lehűtési idő 22-10 °C-ra (perc)		29	29	29	29
Hőntartás térben 37 °C-on (%)		±0,3	±0,3	±0,4	±0,4
Hőntartás időben (%)		±0,1	±0,1	±0,1	±0,1
Hőmérséklet tartomány pára nélkül		0°C...99,9°C			
Hőmérséklet tartomány pára mellett		0°C...99,9°C	0°C...99,9°C	0°C...99,9°C	0°C...99,9°C
Teljesítmény (kW)		0,99	0,99	1,59	1,69

IV. Vizsgált hőszigetelő anyagok

IV.1. Hőszigetelő anyagok tulajdonságai:

A vizsgálatokhoz szükséges elemek számát, a próba mennyiségét szabvány írja elő. Szálas termékeknel a kasírozást, varrott termékeknel a tűzést szemrevételezéssel kell ellenőrizni. A testsűrűséget a méretekből, és a tömegből kell számítani. Az összenyomhatóságot azzal a nyomással mérjük, ami ahhoz szükséges, hogy egy meghatározott vastagságsökkenés bekövetkezzen. Ez a beépítés, szállítás, és a tárolás miatt fontos. Mivel a szigetelőanyag, és a szigetelendő felület közt a kapcsolat nem szakadhat meg ezért fontos a rugalmasság. Az alkalmazási hőmérséklet határ az a határ, amikor a próbatest vastagságsökkenése a próba során eléri, a 10%-ot. A hővezetési tényező a hőszigetelő anyagok legfontosabb jellemzője. Nagysága függ:

- Az anyag kémiai, ásványi összetételétől
- Fizikai felépítésétől
- Porozitásától, és a pórusok felépítésétől
- Testsűrűségtől
- Az alkalmazási körülményektől (hőmérséklet, nedvességtartalom)

A nagy pórusú anyagok hővezetési tényezője nagyobb, mint a kis pórusúaké. Amennyiben az anyagokat nedvesség éri, a hővezetési ellenállás érték rohamosan csökken, mivel a víz hővezetési tényezője 25-szerese a levegőének. Vizsgálni kell még, az éghetőséget, a páradiffúziós tényezőt, gáz, és habbeton termékeknel a nyomószilárdságot, és a fagyállóságot.

IV.2. A polisztirolhab

A polisztirolhab a legelterjedtebb hőszigetelő műanyagcsalád. Anyag előhabosított sztirolgyöngy. Testsűrűség 1-40, hővezetési tényező 0,003-0,004 W/m*K. Polisztirolhab termékek:

- Duzzasztott polisztirolgyöngy (3. és 4. ábrák)
- Duzzasztott polisztirolőrlemény
- Polisztirolhab tömb
- Polisztirolhab lemez
- Polisztirolhab csőháj



3. ábra Polisztirolgyöngyök



4. ábra Polisztirolgyöngyök 2

Az **extrudált** polisztirolhab gyártása során a gyöngy polimerből hő hatására képlékeny műanyaghab szalagot állítanak elő, melyet húzófejen keresztülnyomnak. Igen finom,

zárt cellás, mérettartó termék áll elő. Az extrudált termékek hőszigetelő képessége jobb, szilárdsága nagyobb vízfelvétele kisebb, mint az expandáltaké.

Felhasználása:

- Hűtőházak teherhordó födémeinek szigetelése
- Fordított tetőszerkezetek hőszigetelő anyaga
- Nagy terhelésnek kitett szerkezetek hő, és hidegszigetelése

Az expandált polisztirol (EPS) hőre lágyuló, habosít ható, polimerizált sztirolból készülő cellás szerkezetű keményhab. Gőzzel történő hőkezeléssel, az alapanyagban lévő pentánnal kerül habosításra. Szintén már az alapanyagba kevert égéskésleltető adaléknak köszönhetően önkioltóan viselkedik. Az anyag készítése során hőkezeléssel kiégetik a pentánt, így nagyon apró lyukak keletkeznek az anyagban, amik jó hőszigetelést biztosítanak. A kész terméket formázó szerszámba történő habosítással készül; az ún. formahabosított EPS ami közel zártcellás szerkezetű, a normál EPS-hez képest nagyobb mechanikai szilárdsággal, jobb hőszigetelő képességgel és elhanyagolhatóan csekély vízfelvétellel. Készül grafitadalékos EPS is, ami a „fehérhaboknál” 10-15%-al jobb hőszigetelő képességgel rendelkezik.

V. A méréshez felhasznált szabványok bemutatása

V.1. MSZ-EN-6946 Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás

„Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszer (ISO 6946:2008)”

A rétegtervi hőátbocsátási tényező (U) a szerkezet általános helyen vett metszetére számított vagy a termék egészére, a minősítési iratban megadott $[W/(m^2 \cdot K)]$ mértékegységű jellemző, amely tartalmazza a szerkezeten belüli pontszerű hőhidak hatását is. A határoló szerkezetek felületét a bel méretek alapján, a nyílászárók felületét a névleges méretek alapján kell meghatározni.

V.2. MSZ EN 13172: Hőszigetelő termékek. A megfelelés értékelése.

Ez a szabvány a vonatkozó termékszabvánnyal (jelen esetben ez az MSZ EN 13163) együtt meghatározza egy hőszigetelő termék megfelelésének értékeléséhez szükséges követelményeket és eljárásokat. A követelmények között a legfontosabbak az üzemi gyártásellenőrzés szervezetét-, a minőségirányítás módját-, a vizsgálóberendezéseket-, a vizsgálatok elvégzésének mikéntjét-, az ellenőrzések eredményeinek dokumentálási szabályait tartalmazó fejezetek. A dokumentum részletes eljárási rendet ad meg arra az esetre is, ha a gyártásellenőrzés, illetve már az alkalmazás során vett mintán végzett vizsgálat nem megfelelő minőséget állapít meg. E szabvány rendeli el a termékek forgalomba hozatala előtt elvégzendő kezdeti típusvizsgálatot (a CE jel alkalmazhatóságának is ez képezi az alapját) és ennek rendjét. Ebben a folyamatban külső, kijelölt vizsgálóintézet precízen szabályozott szerepe a meghatározó.

V.3. MSZ 7560: Magyarországon az expandált polisztirolhab gyártását szabályozó rendelet

Magyarországon az expandált polisztirolhab gyártását eddig az 1981-ben módosított: MSZ 7560 szabvány szabályozta. A gyártástechnológia fejlődésével sokkal korszerűbb termékeket tudtak előállítani a hazai gyártók, így szükségessé vált egy új szabvány felállítása a technikai szinthez igazítva. Az Európai unióban jó ideje dolgoztak már az egységes expandált polisztirolhab szabvány megalkotásán, majd elkészültével ezen szabvány lett bevezetve Magyarországon is a CEN szabvány.

V.4. MSZ EN 13163: Építőipari hőszigetelő termékek. Gyári készítésű expandált polisztirol (EPS-) termékek. Műszaki Előírás.

A korábbi MSZ 7560 termékszabvány a testsűrűség alapján osztályokat képezett (az egyes osztályokon belül a tulajdonságokat jelentősen befolyásoló, 5 kg/m^3 eltérést is lehetővé téve), és a kategórián belül meghatározta a termék műszaki paramétereinek minimális követelményértékeit. Az új szabvány ezzel szemben az anyagtulajdonságokat definiálja (pl. nyomószilárdság, hajlítószilárdság, méretállandóság stb.) és követelményértékek megadásával létrehozza az egyes anyagtulajdonságok osztályait, illetve fokozatait. Így lehetővé válik, hogy a szabványnak megfelelően gyártott termékek az alkalmazás során megkövetelt tulajdonságokkal rendelkezzenek, illetve, hogy ezeket a tulajdonságokat egyértelműen rögzítsék. Az alkalmazás szempontjából alapvetően meghatározó anyagtulajdonság a nyomószilárdság (pontosabban a 10%-os összenyomódáshoz tartozó nyomófeszültség értéke), melyet az új szabvány a legfontosabbnak kezel, és e tulajdonság követelményértékeinek segítségével képez termékosztályokat (pl. EPS 30, EPS 70, EPS 80, EPS 100, EPS 150, EPS 200 stb.). E termékosztályok adják az új terméktípusok alapját is, az osztályhoz tartozó nyomószilárdság természetesen kiegészül az alkalmazás igénybevételei által szükséges való egyéb terméktulajdonságokkal. A testsűrűség, mint szabványban rögzített, követelménnyel is társított műszaki jellemző – bár az anyag tulajdonságai nagymértékben természetesen ezzel függnek össze – megszűnik és belső, gyártástechnológiai adatként él tovább. A gyártónak tehát nem adott sűrűségű terméket

kell előállítani, hanem adott műszaki paraméterekkel rendelkező hőszigetelést kell gyártania.

V.5. MSZ-04-140-2:1991 épülethatároló szerkezetek hőtechnikai méretezése

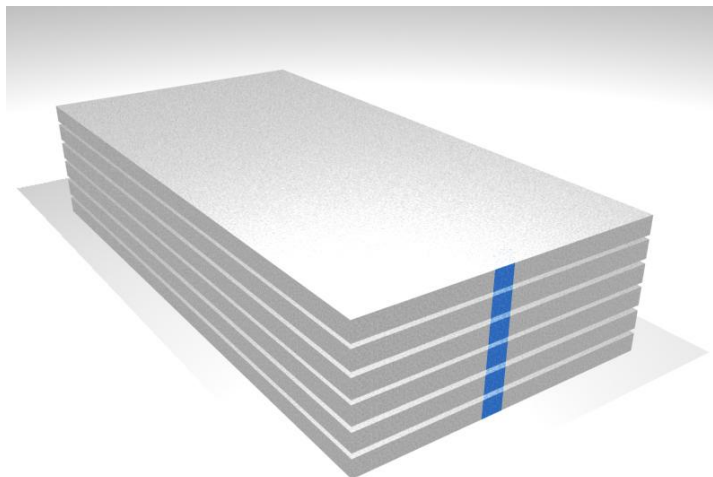
Ez az előírás jelenleg is érvényes, és témája az épületet energetikai egységnek tekintve a határoló szerkezetek állagvédelmét, az épületben élő/dolgozó emberek egészségvédelmét és az épület hővédelmi teljesítményét biztosító követelményeket és ezek ellenőrző/méretező számítási módszereit tartalmazza.

A határoló szerkezetek állagvédelmi ellenőrzését minden esetben el kell végezni az épület rendeltetésének megfelelő légállapotok és igénybevételek alapján. A határoló szerkezetek hőérzeti vonatkozású követelményeinek kielégítése az emberi tartózkodás céljait szolgáló helyiségek esetében szükséges. Az energetikai követelményt a teljes fűtési idényben rendszeresen fűtött épületek esetében kell kielégíteni, ha az épületnek az elsődleges rendeltetést szolgáló helyiségeire az előírt belső hőmérséklet 18 °C, vagy annál magasabb.

A hőkomfortra való méretezés az emberi test hőegyensúlyán alapul. Ez alatt az értendő, hogy az emberi testben végbemenő kémiai égési folyamat által termelt hő és fizikai munkavégzés, valamint az emberi test három módon - sugárzás, konvekció és párolgás - történő hőleadása, illetve hő-cseréje egyensúlyban legyen

VI. Vizsgált szigetelő fajták:

VI.1. Thermocell EPS 30 (1-es minta):



Expandált polisztirol keményhab hőszigetelő lemez. Olyan épületszerkezetekben alkalmazzák ahol nem lép fel mechanikai igénybevétel a termékkel szemben, például tetőterek szarufái közötti és alatti, kéthéjű hidegtető, kétrétegű falszerkezetek, átszellőztetett homlokzatburkolatok, pince mennyezetek hőszigetelésére. Alkalmas hőhidak kiküszöbölésére, álmennyezeti betétként és dilatációk kialakítására is.

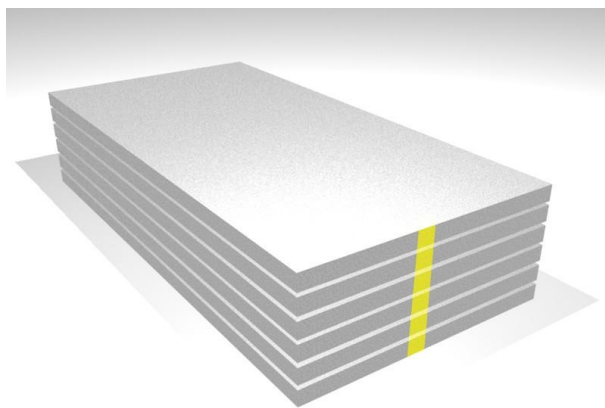
Műszaki jellemzői:

- hővezetési tényező (terv.érték): $0,044 \text{ W/mK}$
- páradiffúziós tényező: $0,036\text{-}0,018 \text{ mg}/(\text{Pa}\cdot\text{h}\cdot\text{m})$
- páradiffúziós ellenállás: 20-40
- vízfelvétel 24 óra alatt: $<3 \text{ térfogat}$
- nyomófeszültség (10%): $>30 \text{ kPa}$
- hajlítószilárdság: $>50 \text{ kPa}$
- éghetőség: nehezen éghető
- ismertetőjel: egy kék festéksáv

- műszaki előírás: MSZ EN 13163
- méret: 1000x500mm, 2000x1000mm, 3000x1000mm
- vastagság: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100mm
- ÉMI vizsgálati jegyzőkönyv száma: M737/2008

Tárolását fedett, az időjárási hatásoktól (csapadék, szél, napsütés) védett helyen kell megoldani.

VI.2. Thermocell EPS 100 (2-es minta):



Terhelhető expandált polisztirol keményhab hőszigetelő lemez. Főleg padló, padlófűtések, födémek egyenes rétegrendű lapostetők és mélyhűtő terek hőszigetelésére alkalmazzák.

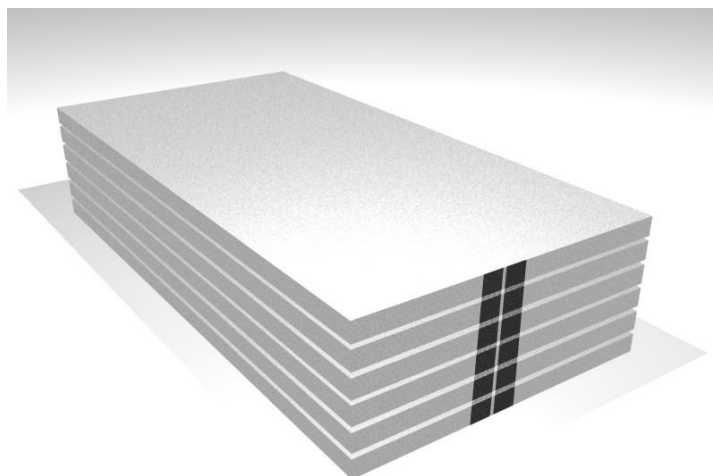
Műszaki jellemzői:

- hővezetési tényező (terv.érték): 0,037W/mK
- páradiffúziós tényező: 0,024-0,010mg/(Pa*h*m)
- páradiffúziós ellenállás: 30-70
- vízfelvétel 24 óra alatt: <2 térfogat
- nyomófeszültség (10%): >100kPa
- hajlítószilárdság: >150kPa
- éghetőség: nehezen éghető

- ismertetőjel: egy sárga festéksáv
- műszaki előírás: MSZ EN 13163
- méret: 1000x500mm, 2000x1000mm, 3000x1000mm
- vastagság: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100mm
- ÉMI vizsgálati jegyzőkönyv száma: M737/2008

Tárolását fedett, az időjárási hatásoktól (csapadék, szél, napsütés) védett helyen kell megoldani.

VI.3. Thermocell EPS 200 (3-as minta):



Különösen nagy terhelésre igénybe vehető expandált polisztirol keményhab hőszigetelő lemez. Olyan épületszerkezetekben javasolt, ahol a termékkel szemben különösen nagy mechanikai igénybevétel lép fel, például járható lapos tetők, terasztetők, tetőparkolók, zöldtető, ipari padlók, valamint járműterhelésnek kitett padlók és hűtőterek hőszigetelésére alkalmazzák.

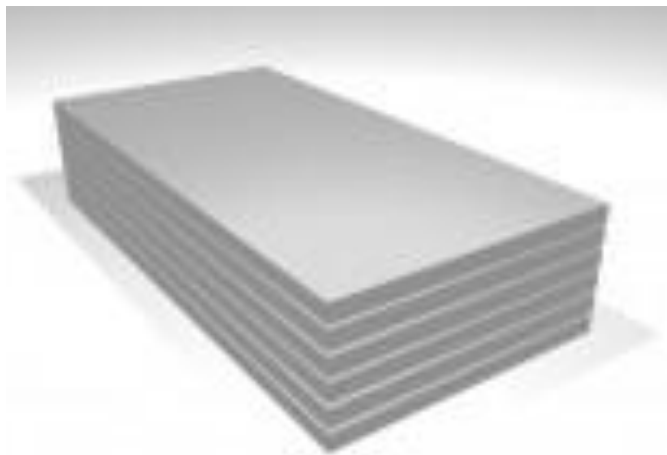
Műszaki jellemzői:

- hővezetési tényező (terv.érték): 0,035W/mK
- páradiffúziós tényező: 0,018-0,007mg/(Pa*h*m)

- páradiffúziós ellenállás: 40-100
- vízfelvétel 24 óra alatt: <1,5 térfogat
- nyomófeszültség (10%): >200kPa
- hajlítószilárdság: >250kPa
- éghetőség: nehezen éghető
- ismertetőjel: két fekete festéksáv
- műszaki előírás: MSZ EN 13163
- méret: 1000x500mm, 2000x1000mm, 3000x1000mm
- vastagság: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100mm
- ÉMI vizsgálati jegyzőkönyv száma: M737/2008

Tárolását fedett, az időjárási hatásoktól (csapadék, szél, napsütés) védett helyen kell megoldani.

VI.4. Thermocell EPS Grey (4-es minta)



Pihentetett expandált polisztirol keményhab hőszigetelő lemez, amely mikroszkopikusan kicsi grafit lemezeket tartalmaz. Ezek visszaverik a hőszugárzást és az anyagnak ezüstszerű csillogást kölcsönöznek. A hőszugárzás akadályozása tovább csökkenti a polisztirolhab hőátbocsátási képességét. A környezetvédelmi mérleget

tekintve is kifizetődő. Homlokzati hőszigetelő rendszerekhez van kifejlesztve, mivel a gyártás utáni pihentetés következtében már nem zsugorodik.

Műszaki jellemzői:

- hővezetési tényező (terv.érték): 0,031W/mK
- páradiffúziós tényező: 0,036-0,018mg/(Pa*h*m)
- páradiffúziós ellenállás: 20-40
- vízfelvétel 24 óra alatt:<3 térfogat
- nyomófeszültség (10%):>80kPa
- hajlítószilárdság:>125kPa
- éghetőség: nehezen éghető
- ismertetőjel: anyaga szürke
- műszaki előírás: MSZ EN 13163
- méret:1000x500mm, 2000x1000mm, 3000x1000mm
- vastagság: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100mm
- ÉMI vizsgálati jegyzőkönyv száma: M-972/2008

Tárolását fedett, az időjárási hatásoktól (csapadék, szél, napsütés) védett helyen kell megoldani.

VII. Mérés bemutatása

VII.1. A mérés leírása:

1. Minta előkészítés:

A készre gyártott 30 cm x 30 cm x 5 cm-es polisztirol lemezeket 8 cm x 8 cm x 5 cm-es darabokra vágtuk, a tömegmérés, a szárítás és a nedvesítés megkönnyítése érdekében. Mindegyik mintából 3db-ot készítünk a és ezeket egyszerre szárítottuk és nedvesítettük a jobb kiértékelés miatt.



5. ábra A méréseim során használt mintadarabok

2. A minták szárítása:

A mintákat megtisztítva az aprótörmelékektől beszámozva helyeztük a **Venticell** 111 típusú szárítógépbe. Ott 70°C-on a tömegállandóságig szikkasztottuk.

3. Tömegmérés 1:

A szárítás után ezred pontosságú mérleg segítségével mértük a tömeget így kaptuk minden esetben az m_{sz} száraz tömeget.

4. A minták nedvesítése:

A polisztirol lemezeket a **Climacell** klímaszekrényben adott páratartalom (50%, 63%, 76%, 90%) mellett 6 órás időtartamban 20 °C-on kezeltük.

5. Tömegmérés 2:

A párasítást követően nagy óvatossággal kivéve a mintákat megmértük a tömegüket így kaptuk m_n nedves tömeget. Az értékeket táblázatba foglalva és a következő képletet felhasználva:

$$\omega = \frac{m_n - m_{sz}}{m_{sz}} \times 100 \quad (2)$$

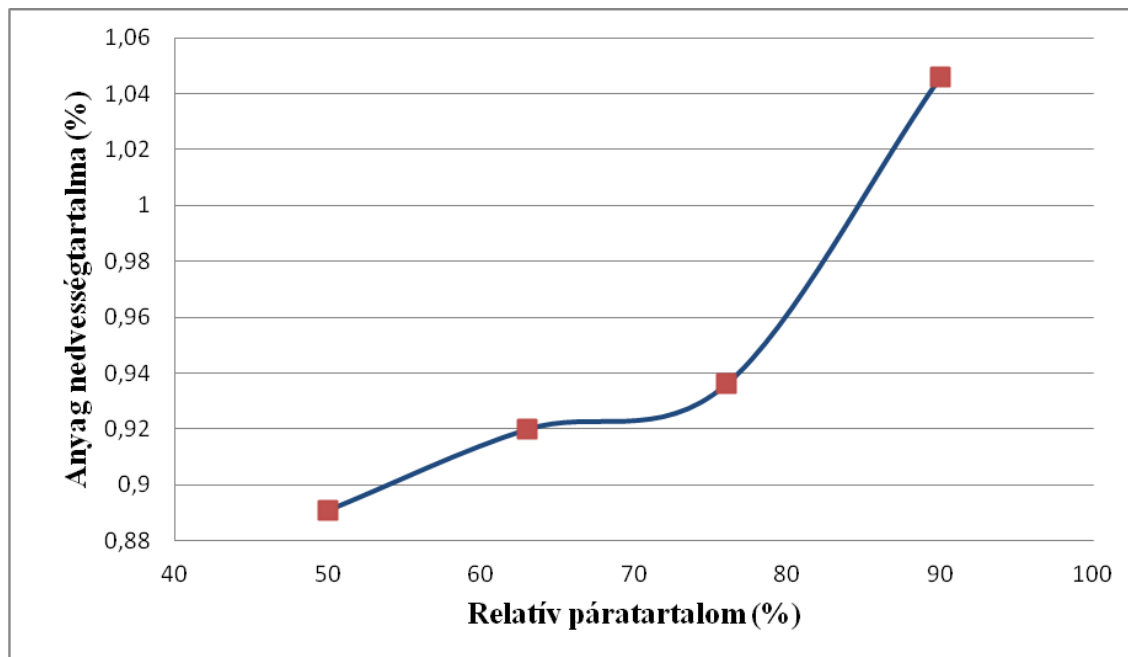
számoltuk ki az anyag nedvességtartalmát majd diagramokban egyenként és végül együtt ábrázoltuk és elemeztük azokat.

VII.2. Az eredmények bemutatása:

$\rho(\text{kg/m}^3)$	14	17,5	27,5	13,62
Relatív páratartalom (%)	$\omega_{\text{kék}} (\%)$	$\omega_{\text{sárga}} (\%)$	$\omega_{\text{fekete}} (\%)$	$\omega_{\text{szürke}} (\%)$
90	1,046	0,981	0,6885	1,16
76	0,936	0,861	0,568	1,116
63	0,92	0,85	0,535	1,09
50	0,891	0,84	0,525	0,92

A vízszintes tengelyen a relatív légnedvesség tartalmat jelöltem, a függőleges tengelyen az anyag nedvességtartalmát.

VII.2.1. 1-es minta:

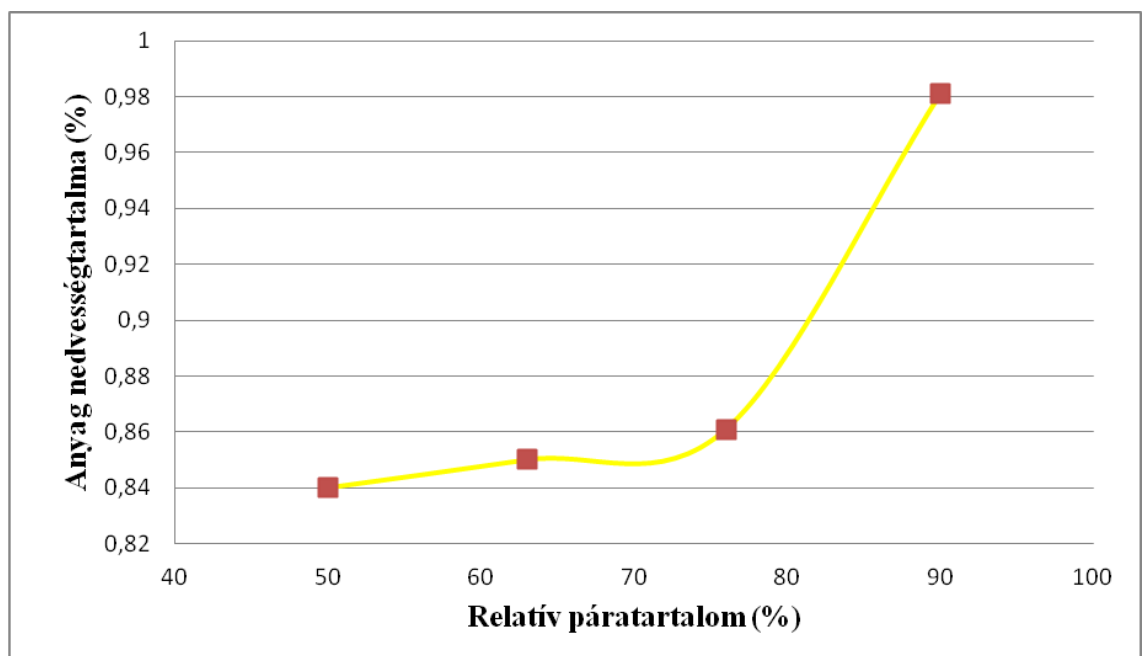


6.ábra Thermocell (EPS) 30

Kiértékelés:

- az értékekben folyamatos emelkedés tapasztalható a páratartalom növekedésével párhuzamosan
- 72%-ig a változás kevésbé számottevő, majd 72%-tól ugrásszerű a változás megnő az anyagnak a nedvességtartalma
- a mérés sikeresnek tekinthető tanulmányaiból ismert diagramokhoz hasonló ábrát kaptam

VII.2.2. 2-es minta:

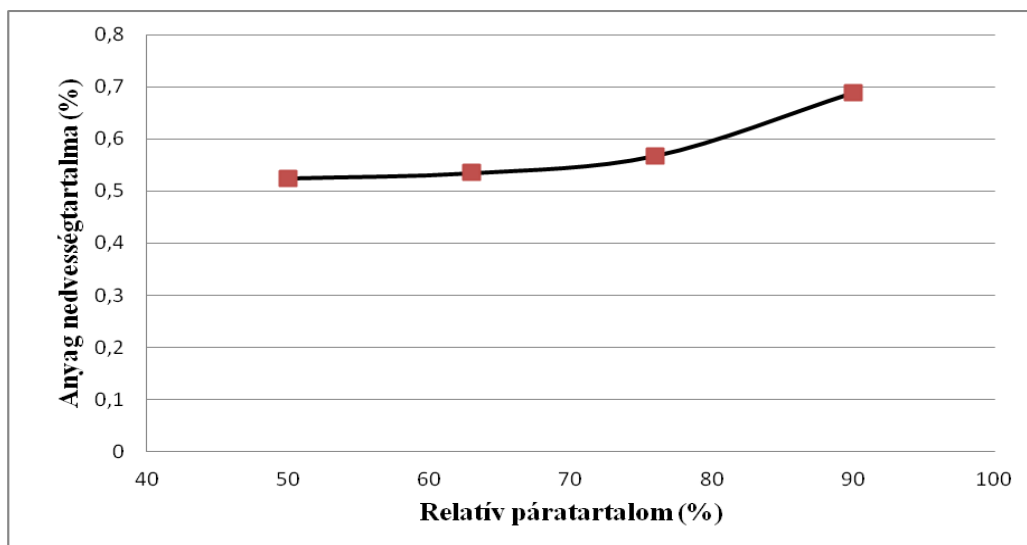


7.ábra Thermocell (EPS)100

Kiértékelés:

- nagyobb sűrűségű polisztirol lemezeiről van szó, a páratartalom növekedés itt is megfigyelhető
- ebben az esetben az ugrásszerű növekedés 76%-nál látható
- az 1-es mintához képest kevesebb nedvességet vesz fel az adott páratartalmak mellett

VII.2.3. 3-as minta:

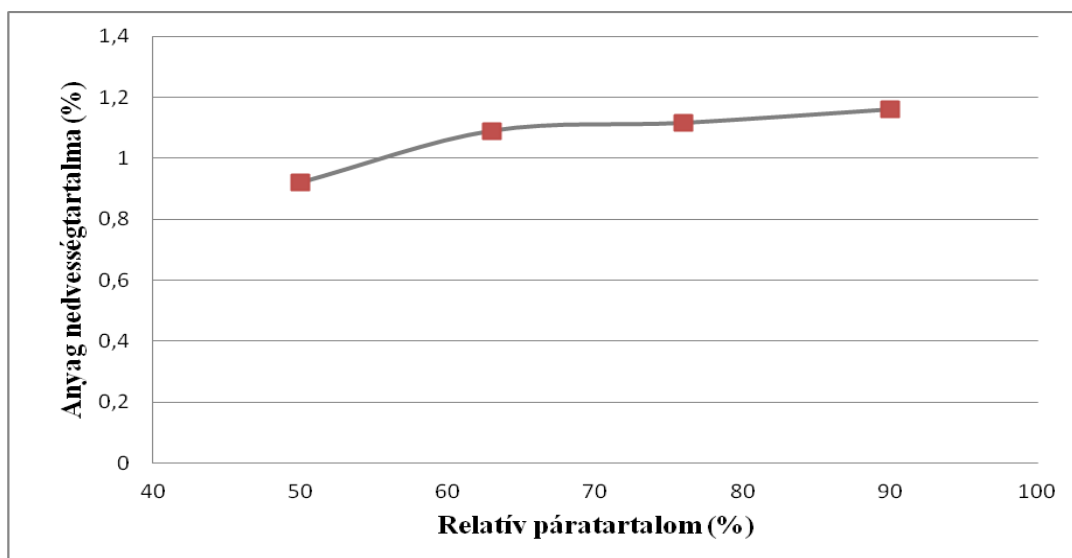


8.ábra Thermocell (EPS) 200

Kiértékelés:

- ez a legnagyobb sűrűségű minta darab, a nedvesedés folyamatos
- látszódik hogy jóval kisebb az emelkedése a diagramnak
- 76%-ig alig változik de felette is csak kis mértékben emelkedik az egyenes
- a felvett nedvesség mennyiség ennél a legkevesebb nem emelkedik 0,7 fölé az előző anyagok pedig jóval 0,7 fölött kezdték el a nedvesség felvételt

VII.2.4. 4-es minta.

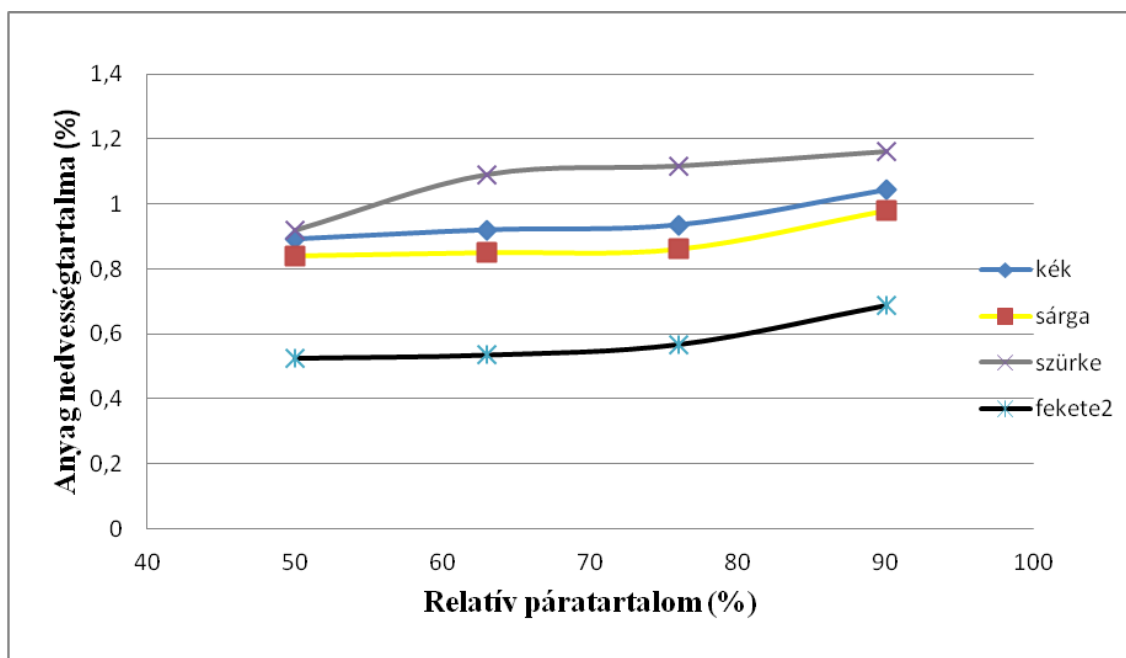


9.ábra Thermocell (EPS) grey

Kiértékelés:

- ezen mintának a különlegessége hogy tartalmaz grafitot sűrűsége viszont az összes anyag közül a legkisebb
- látszódik hogy a páratartalom növekedés 65%-ig emelkedik intenzívebben majd e felett szinte vízszintes 0,05 százalékos az emelkedés
- viszonylag nagy a nedvesség felvétel 50 %-nál is már 0,85%-os

VII.2.5. Összesített diagram:



10. ábra Egyesített görbék

Kiértékelés:

- a legkevesebb párat a legnagyobb sűrűségű veszi fel fekete színnel látható
- a legkisebb sűrűségű természetesen a szürke, viszont egy adott páratartalom után többet nem vesz fel
- nagyobb páratartalom felvétel az összesnél kb. 76% körül kezdődik
- a nedvesség felvétel viszont 1,2% fölé nem emelkedik egyik esetben sem

VII.3. Hővezetési együtthatók becslése

A számítások során az értékekből számoltunk hővezetési tényezőt (λ –át) is az (1) egyenlet felhasználásával, megbecsülve, hogy hogyan változna a nedvesség hatására a megadott λ_0 (polisztirol lemezeknél a $z=2$ értéket alkalmazzuk). A kapott eredményeket szintén a diagramban szemléltettük.

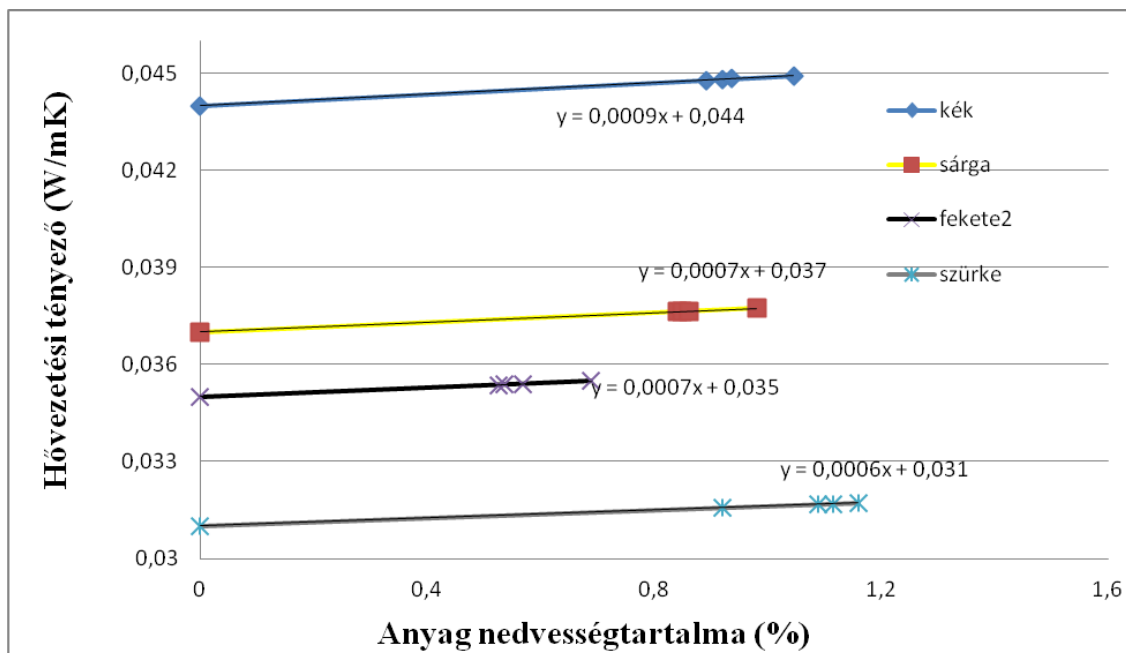
A Számított eredmények:

kék	ω	λ
0	0	0,044
50	0,891	0,044784
63	0,92	0,04481
76	0,936	0,044824
90	1,046	0,04492

sárga	ω	λ
0	0	0,037
50	0,84	0,037622
63	0,85	0,037629
76	0,861	0,037637
90	0,981	0,037726

fekete2	ω	λ
0	0	0,035
50	0,525	0,035368
63	0,535	0,035375
76	0,568	0,035398
90	0,6885	0,035482

szürke	ω	λ
0	0	0,031
50	0,92	0,03157
63	1,09	0,031676
76	1,116	0,031692
90	1,16	0,031719



11.ábra Hővezetés változása nedvesség függvényében

Kiértékelés:

- az összes minta hővezetési tényezője folyamatosan növekszik a nedvesség hatására, az (1) egyenletnek megfelelően,
- a kék jelzésű minták hővezetési tényezője erős nedvességtartalom-függést mutat, míg, a grafittal vegyített polisztirol lemez hővezetési tényezője jóval kisebb mértékben nő a nedvességgel.

VIII. Összefoglalás

A dolgozatomban bemutattam a polisztirol lemezek szorpciós izoterma görbéit és a hozzátartozó lényeges fogalmakat. Ismertettem a mérések során alkalmazott gépeket és azok működését. A méréshez felhasznált expandált polisztirol minta darabok gyártásának lépéseit, műszaki jellemzőit, tulajdonságait is bemutattam. Az érintett szabványokat összefoglaltam és röviden ismertettem. A méréskor kapott eredményeket mind táblázatosan mind diagramban bemutattam és kiértékeltem azokat. Vizsgáltam a szorpciós izotermák alakulását, az anyag nedvességfelvételét, a hővezetési tényezők megváltozását a nedvesség hatására.

A kapott és számított értékekből és az ábrákból látszódik, hogy a polisztirol anyagok gyártásának technológiája sokat fejlődött az évek során. A hővezetési tényezők sokkal kedvezőbbek, kevesebb a nedvesség felvétel, több célú felhasználást eredményezve. Méréseim fő eredménye, hogy megmutattam polisztirol lemezek nedvességfelvételének a sűrűségfüggését. A nedvességfelvétel a sűrűségfüggvényében csökken.

Köszönettel tartozom Dr. Lakatos Ákos adjunktusnak a méréseim elvégzésében nyújtott segítségéért, Dr. Kalmár Ferenc Tanszékvezető főiskolai tanárnak, hogy lehetőséget biztosított az Épületgépészeti és Létesítménymérnöki tanszék épületfizika laboratórium berendezéseinek a használatára. Továbbá a Cellplast Műanyagipari KFT-nek, hogy rendelkezésemre bocsátották azon mintadarabokat, amelyeken a méréseket végeztem. Igen változatos sűrűségű polisztirol lemezeket kaptam tőlük így az értékek sokkal szemléltetőbbek voltak. Még egyszer köszönöm önöknek!

Felhasznált irodalom:

- <http://szigetelesinfo.hu/szakcikkek/a-termoburok-fontossaga-es-alapveto-ismervei-energiatakarikos-epuleteknel> (2011.10.12)
- <http://www.meps.hu/eps> (2011.10.12)
- Épületgépészet I.2000 Alapismeretek könyv
- Épületfizika kézikönyv (szerző:Fekete Iván)
- Dr. Lakatos Ákos. „17th Building services, mechanical and building industry days, Urban energy conference proceedings, 2011, Sorption Isotherm measurements carried out on soil samples pp 119-124. ISBN: 978-963-313-039-1
- Venticell 111 berendezés gépkönyve
- Climacell 111 berendezés gépkönyve
- <http://www.sze.hu/~tothp/%C9p%FCletfizika%202009.tavaszi/P%E1radiffuzio.pdf> (2011.11.04)
- <http://szigetelesbolt.hu/polisztirolo-szigeteles> (2011.11.04)
- <http://www.cellplast.hu/> (2011.10.12)
- A dolgozatban ismertett szabványok