



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Panelépület hőszigetelésének vizsgálata életciklus- elemzési módszerrel

Horváth Benjamin és Juhász Márton
III. éves energetikus hallgatók

Konzulens:
Bodnár István PhD hallgató
Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet
Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék

Miskolc, 2014

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	4
2.	Az életciklus elemzés, és az életciklus értékelés	5
2.1	Az életciklus elemzés.....	5
2.2	Az életciklus elemzés előnyei alkalmazási területei	6
2.3	Az életciklus – értékelés	7
2.4	A CML módszer.....	8
2.5	Az életciklus becslés három szintje.	11
3	A polisztirolhab.....	12
3.1	A polisztirol összetétele.....	12
3.2	EPS (Expandált polisztirol)	12
3.3	A polisztirol tulajdonságai.	14
3.4	A polisztirol hab (PS) energetikai és környezetkímélő tulajdonságai.....	15
3.5	A polisztirol szigetelőanyag gyártástechnológiája.	17
4	A kőzetgyapot.....	21
4.1	A kőzetgyapotról általánosan.....	21
4.2	A kőzetgyapot szálszerkezete.....	22
4.3	A kőzetgyapot alkalmazási területei	24
4.4	Kőzetgyapot tulajdonságai	26
4.5	A kőzetgyapot szigetelőanyag gyártástechnológiája.	28
4.6	A kőzetgyapot hőszigetelés életciklusának vizsgálatáról készült szimuláció.	30
5	Az MVM MIFÚ Miskolci Fűtőerőmű Kft. a MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft.	32
5.1	Az MVM MIFÚ Miskolci Fűtőerőmű Kft. hőtermelő rendszere.....	32
5.2	A MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft.	33
6	A hőtani modell	34
6.1	A modellezni kívánt lépcsőház leírása.....	34
6.2	A hőtani modell alapvetései, számítás síkfalak esetén	45
6.3	A hőhidak figyelembevétele.....	47
7	A hőtani számítás.	49
7.1	Hőmérséklet értékek meghatározása, és a számítás menetének leírása.	49
7.2	A felhasznált tüzelőanyag és a kibocsátott üvegházhatású gázok mennyiségének kiszámítása	50

8	A végeredmények kiértékelése.....	54
8.1	A hőtani végeredmények.....	54
8.2	A teljes életciklus-elemzés eredményei.....	58
9.	Hivatkozások:	61

1. Bevezetés

„Minél jobban megérti napjaink emberisége, hogyan alakították ősei azt a földet, amit örökölt, vezetőit annál inkább rá tudja venni arra, hogy jelenlegi tetteinek mozgatója ne a rövid távú nyereség, hanem a hosszú távra szóló tervezés legyen.”

(Patrick Vinton Kirch)

A természet törvényszerűsége szerint minden élőlény, így az ember is az energiaminimum elve alapján működik. Szeretnénk minél kevesebb energiát, minél nagyobb hatásfokkal hasznosítani. Dolgozatunkban az energia megtakarítás egyik kiemelten fontos típusát, a hőszigetelést vizsgáltuk meg, mert egyet biztosan állíthatunk, hogy az épületen belül lévő hőmennyiséget mindenki bent szeretné tartani. Környezetvédelmi, CO₂ kibocsátási szemszögből kíváncsiak voltunk, hogy az általunk választott hőszigetelő anyag életciklusa során, azaz a nyersanyag kitermeléstől, a gyártáson és a felhasználáson keresztül, egészen az elhasználódott, hulladékká vált szigetelőanyag kezeléséig, mekkora terheléssel, vagy megtakarítással bír a környezetünkre.

Földünket kezdi felemészteni a globalizáció, a túlnépesedés, a fogyasztói szokások megváltozása és ezt a természet számos jelenségén tapasztalhatjuk. Világszerte megnőtt az úgynevezett üvegházgázok kibocsátása, mint a szén-dioxid (CO₂), a metán (CH₄), a dinitrogén-oxid (N₂O) és a halogénezett szénhidrogének.

Kutatásunkban elsősorban az iparosított technológiával épült házigyári lakóházakat a többségük úgynevezett „panelépület” vizsgáltuk. Ezek az épületek a korszerűtlen építészeti technológia miatt meglehetősen energia pazarlók voltak, aminek köszönhetően a lakók havi fűtés- és melegvíz-költsége többszöröse volt, mint egy korszerű épület esetében. Elkészítettük az általunk választott szigetelőanyagok, polisztirol és kőzetgyapot életciklus elemzését, amiből megkaptuk, hogy mekkora CO₂ kibocsátással jár e szigetelőanyagok gyártása, és mekkora megtakarítással a használatuk.

A számításokat összevetve képet kaphatunk arról, hogy az adott épülettípus esetén jelen esetben panelépület, milyen mértékben keletkezik CO₂, szigetelés mentes illetve különböző anyagú és vastagságú szigetelés esetén.

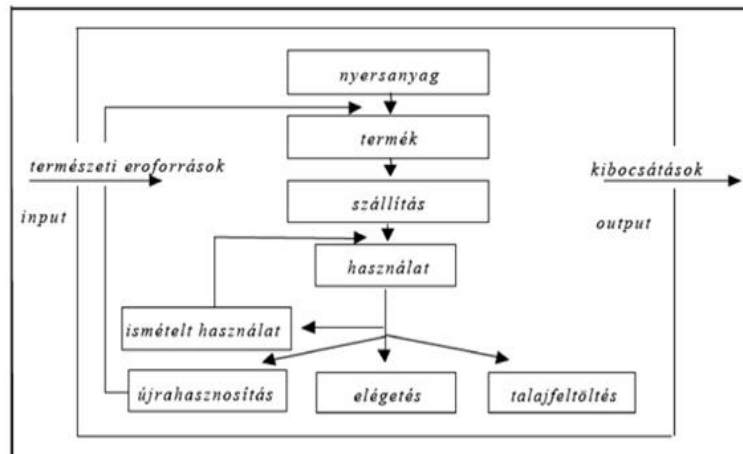
2. Az életciklus elemzés, és az életciklus értékelés

2.1 Az életciklus elemzés

A fenntartható és versenyképes termelést segítő eszközök elsődleges célja a termelők támogatása a környezetbarát termékek megtervezésében és előállításában. Ezen eszközök egyike az életciklus elemzés.

Az életciklus elemzés: A termékekkel, szolgáltatásokkal vagy folyamatokkal kapcsolatos környezeti terhelések értékelésének módszertana. Alapelve, hogy a környezeti hatásokat nem csak egyetlen fázisban, hanem „Alfától-Omegáig”, azaz a termékek és szolgáltatások összes életszakaszában figyelembe kell venni. Egy adott rendszer teljes életútját vizsgálja, tehát a nyersanyagok kitermelésétől és feldolgozásától kezdve, a gyártáson, a szállításon, a terjesztésen, a használaton, az újrafelhasználáson vagy újrahasznosításon keresztül egészen a hulladékok elhelyezéséig történik az elemzés. Adatokat szolgáltat a többi eszköz alkalmazásához (Pl.: környezettudatos terméktervezés, környezeti termék nyilatkozatok, vagy a környezetbarát termékvédjegyek).

Célja, hogy a termék, technológia, vagy szolgáltatás egész élete során, vagy annak egy lépcsőjében leírja, megismerje, megértesse és tudatosítsa a nyersanyag kitermelésétől a gyártáson és a felhasználáson át a használt termék végleges elhelyezéséig a környezeti kapcsolódásokat, és a lehetséges környezeti hatásokat lehetőséget teremtve arra, hogy e hatásokat tudatosan csökkentsék.



2.1 ábra: Az életciklus-elemzés sematikus folyamatábrája

2.2 Az életciklus elemzés előnyei alkalmazási területei

Előnyei:

- A termékek és szolgáltatások környezeti hatásainak felismerése.
- Termékek, szolgáltatások, egyes szolgáltatások "gyenge pontjai"-nak feltárása.
- ISO 14001 szabvány szerint tanúsított KIR céljainak eléréséhez nyújt segítséget.
- Környezeti szempontból tesz különbséget termékek, illetve szolgáltatások között.
- Belső ipari felhasználás termékfejlesztése és javítása.
- Belső stratégiai tervezés és vállalati politikai döntések támogatása az iparban.
- Külső ipari használat marketing célokra.
- Kormánypolitika meghatározása az ökocímke és hulladékgazdálkodás területén.

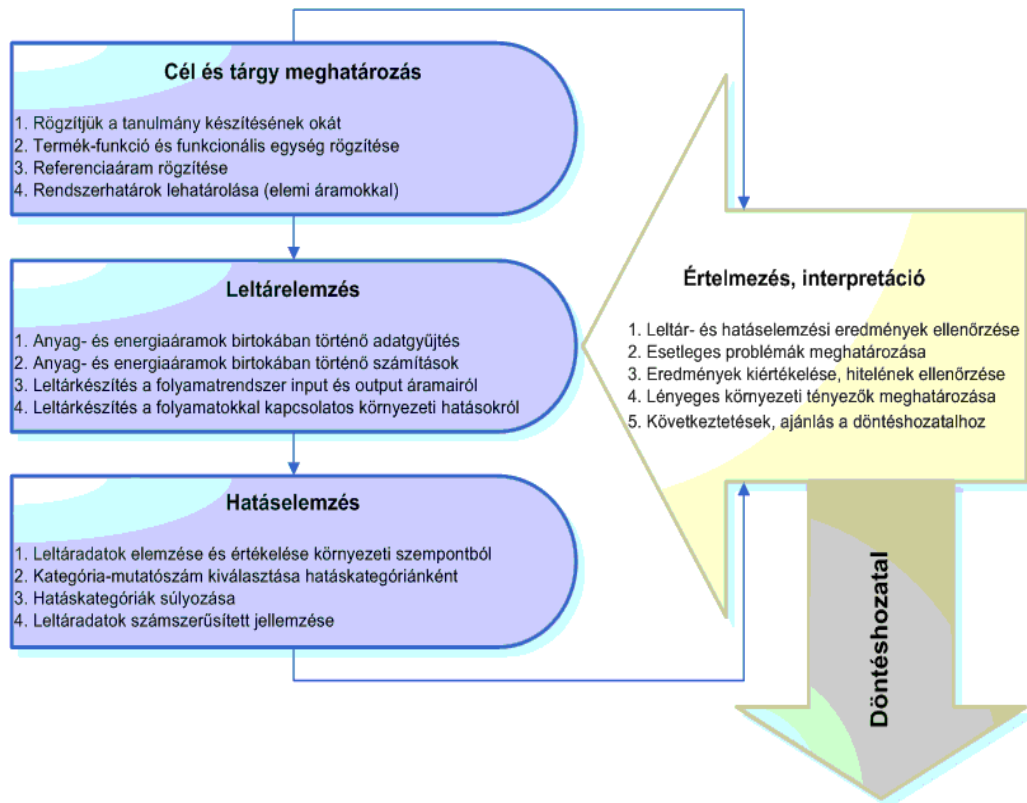
Alkalmazási területei:

- A vizsgált rendszer anyag- és energiaigényének, illetve az emisszióknak a meghatározásánál.
- Egy termék, folyamat vagy szolgáltatás teljes életciklusán belül azon pontok megállapítása, ahol a forrásfelhasználás, illetve az emissziók legnagyobb mértékű csökkentését lehet és kell elérni.
- A vizsgált rendszer inputjainak és outputjainak összehasonlítása alternatív termékekkel, folyamatokkal vagy szolgáltatásokkal.
- Új termékek, folyamatok vagy szolgáltatások fejlesztésében segítséget nyújt, amennyiben az LCA-t potenciális tervezési eszköznek tekintjük a környezeti minőség fejlesztésére.
- Segít megérteni a terméket, annak csomagolását vagy az eljárást érintő változtatás előnyeit és kockázatait.
- Eligazít a szabályozatlan környezeti terhek, potenciális környezeti károsodások dokumentálásához, értékeléséhez és segít integrálni ezeket a cég általános környezeti politikájával.

2.3 Az életciklus – értékelés

(Life Cycle Assessment-LCA) kapcsán számszerűsítést és becslést végzünk arra vonatkozóan, hogy egy termék teljes élettartama során (előállítás, annak elosztása, felhasználása át a belőle képződő hulladék ártalmatlanításáig) milyen környezeti terheléseket okoz, illetve milyen és mennyi természeti erőforrást használ fel (beleértve az energiakiadásokat is). A 2012. évi XXVII. törvényben kiemelkedő szerepet kap az élet-ciklus szemlélet, ami ezáltal a hulladékgazdálkodás szerves részévé vált. Az életciklus-értékelés során a legeredményesebb szakasznak a hatáselemzési szakasz mondható (1. ábra). A hatásértékelésnél (ISO 14044:2006 szabvány szerint) a folyamat-rendszer input és output áramait környezeti hatáskategóriákba soroljuk, az előző szakasz leltáreredményeinek hozzárendelésével. Minden egyes hatáskategóriára vonatkoztatva meghatározunk

egy referencia egységet, majd súlyozzuk a rendelkezésre álló hatásvizsgálati módszer segítségével. Az életciklus teljes anyag-, illetve energiamérlegének ismeretében, adott hatásvizsgálati módszer kiválasztásával a kívánt eredményhez jutunk.



2.2.ábra: Az életciklus-értékelés szakaszai

2.4 A CML módszer

A CML 01 alapvetően három fő hatáskategória csoportot különböztet meg (kötelező, további és egyéb), de csak a kötelező hatáskategóriákra tartalmaz alapindikátorokat. A vizsgált hatáskategóriák között szerepel az erőforrás és nyersanyag kimerülés, üvegházhatás, ózonréteg károsodás, toxicitás, savasodás, tápanyagdúsulás, szag- és zaj. A módszer előnye, hogy könnyen használható, a leltárelemzés az eltérő legjobb technikára és tudományos eredményekre épül, tartalmaz karakterizációt és normalizációt is. Az életciklus-értékelésre vonatkozó

szabványok a hatásértékeléshez a leideni egyetem által kifejlesztett CML módszert javasolják. A CML-módszer hatás-orientált osztályozást jelent, azaz a termékhez

kötődő emissziókat és egyéb környezeti hatásokat hatáskategóriákba vagy környezeti problémákhoz sorolja. A kategóriák kiválasztása probléma-orientált megközelítéssel történik, amely a károk (az ok-okozati lánc végpontjai) helyett a környezeti problémákra (az ok-okozati lánc középső pontja) fókuszál. A legtöbbet használt hatáskategóriák az üvegházhatás, globális klímaváltozás, a vizek és talaj savasodása, a vizek eutrofizálódása, ózonlebontás, a fotooxidánsok képződése, a humántoxicitás, környezeti toxicitás, abiotikus erőforrások kimerülése és földhasználat. Az életciklus-értékelés folyamatát a következő felsorolt szabványok segítik:

Szabvány száma (honosított változat)	Szabvány megnevezése
ISO 14040:2006	Környezetközpontú irányítás, Életciklus-értékelés. Alapelvek és keretek
ISO 14040:2006	Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Követelmények és útmutatók
ISO 14041:2006	Környezetközpontú irányítás, Életciklus-értékelés. A cél és a tárgy meghatározása és leltárelemzés
ISO 14042:2001	Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Az életciklus alatti hatások értékelése
ISO 14043:2001	Környezetközpontú irányítás. Életciklus-értékelés. Az életciklus értelmezése

2.3 ábra: Szabványok

Hatáskategóriák megnevezése	Hatáskategóriák értelmezése	Egyenérték
Globális felmelegedési Potenciál (GWP)	A különböző üvegházhatású gázok globális felmelegedéshez való hozzájárulásának a mértéke egységnyi CO ₂ -hoz viszonyítva. (pl.: CH ₄ =23 kgCO ₂ -e, N ₂ O=296 kg CO ₂ -e)	kg CO ₂ -egyenérték
Savasodási Potenciál (AP)	A savasodási potenciált SO ₂ -hoz viszonyított savasodással adják meg SO ₂ egyenértékben.	kg SO ₂ -egyenérték
Eutrofizációs Potenciál (EP)	Az eutrofizáció mértéke a foszfátra vonatkoztatva került meghatározásra. Természetesen más emissziók is okozhatnak eutrofizációt, mint pl.: a nitrogén- oxidok, vagy az ammónium vegyületek.	kg Foszfát-egyenérték
Humán Toxicitási Potenciál (HTP)	Az emberi szervezetre mérgező hatású anyagokra vonatkozó, maximálisan megengedett koncentráció mértéke 1,4 diklórbenzol (DCB) egyenértékben.	kg DCB-egyenérték
Fotokémiai Ózonképződési Potenciál (POCP)	Az illékony szerves vegyületek ózontermelő képessége. Az etilénre ez az érték egységnyi. A legtöbb egyéb komponensre ez az érték kisebb egynél.	kg Etilén-egyenérték
Ózonréteg elvékonyodás (ODP)	Főként a halogénezett szénhidrogének rovására írható, referens összetevőként az R11 került kiválasztásra.	kg R11-egyenérték
Földi öko-toxicitás (TETP)	Növény és állatvilágra vonatkozó mérgező anyagok, DCB egyenértékben.	kg DCB-egyenérték
Tengervízi öko-toxicitás (MAETP)		
Édesvízi öko-toxicitás (FAETP)		
Abiotikus kimerülő források (ADP)	Magába foglalja a nagyszámú kimerülő fémércet.	kg Sb-egyenérték
Abiotikus kimerülő fosszilis források (ADP)	Magába foglalja a kimerülő fosszilis energiaforrásokat.	MJ

2.4 ábra: Környezeti hatáskategóriák

2.5 Az életciklus becslés három szintje.

1. A fogalmi LCA: az életciklusban való gondolkodást jelenti. Az életciklus értékelés legegyszerűbb módja, mely során egy korlátozott, és csak minőségi lista alapján történik becslés a környezeti hatásokra. Ez az értékelési szint csak alapkérdésekre ad választ, és az új termék előnyeit és hátrányait mutatja be.
2. A részletes LCA: a legteljesebb, az életciklus minden lépésére kiterjedő elemzési módszer, amely azonban igen költséges- és időigényes, ezért ritkán alkalmazzák.
3. Egyszerűsített LCA: Az egyszerűsített LCA egy, az életciklus egészét átfogó becslés. A felhasznált adatok az életciklus egészét átfogják, de általánosak gyakran, standard modelleket használnak fel. Az egyszerűsített becslés csak a potenciálisan előforduló környezeti hatásokat veszi számba, csak egy-egy kiragadott lépésre összpontosít az életciklusok belül. Az egyszerűsített értékelés célja kisebb idő- és költségráfordítással a teljes LCA-hoz hasonló eredmények.

Egyszerűsített LCA jellemzői:

- A kihagyható részek meghatározása.
- A lényeges részekre az életciklus-értékelés elvégzése.
- A megbízhatóság becslése annak ellenőrzésével, hogy az egyszerűsítése nem csökkentette-e jelentősen az eredmény megbízhatóságát.

Ez a szint alkalmazható környezeti címkézésnél, vagy az életciklus azon pontjainak meghatározására, ahol a legnagyobb környezeti hatás várható.

3 A polisztirolhab

3.1 A polisztirol összetétele

A polisztirolhab egy műanyag, azaz szerves anyagot, szénatomot tartalmaz. Az anyag óriásmolekulákból épül fel és vegyipari eljárásokkal, mesterséges úton állítják elő. Ipari módszerekkel viszonylag könnyen megmunkálható és feldolgozható.

A polisztirolhab alapanyaga: kőolajból előállított polisztirol (polimerizált sztirolgyöngy). A sztirol név biológiai eredetű. A trópusi vidéken élő *StyraxOfficinalis* nevű fa termeli a styrax gyantát, amelyből vízgőz desztillációval egy színtelen, kellemes szagú folyadék nyerhető, amit az ókorban füstölőszerként, később gyógyszerként használtak. Ennek az anyagnak a forráspontja magasabb a víznél (146 °C), ezért vízben oldhatatlan, de szerves oldószerekben jól oldódik.

Ma a polisztirolt iparilag állítják elő, polimerizációs reakcióval. Polimerizáció során a kiindulási vegyület, a monomer (egyszerű molekula), amely megfelelő körülmények között képes nagy számban összekapcsolódni, úgy hogy nem keletkezik melléktermék. A polimerizáció víz alatt, reaktorban történik. Amikor a szemcsék eléri a legmegfelelőbb méretet, leállítják a reakciót és lehűtik a reaktort. Végeredményként kis méretű, gyöngy alakú szilárd polisztirol golyócskákat kapunk, amik már tartalmazzák a hozzáadott adalékanyagokat. (Pentán hajtógáz, égésgátló adalék-önkioltó tulajdonság, vízfelvételt befolyásoló adalék.) [Az információt a Budapesti Műszaki Egyetem – Polisztirol alkalmazása és gyártása című anyagból gyűjtöttük.]

3.2 EPS (Expandált polisztirol)

Az EPS hőre lágyuló, habosítható, polimerizált sztirolból készülő, cellás szerkezetű keményhab. A gyártás folyamán 110-120 °C-os gőzzel történő hőkezeléssel, az

alapanyagban lévő pentánnal kerül habosításra. Szintén már az alapanyagba kevert égéskésleltető adaléknak köszönhetően önkioltó tulajdonsággal rendelkezik. Az anyag készítése során hőkezeléssel kiégetik a pentánt, így nagyon apró lyukak keletkeznek az anyagban, amik jó hőszigetelést biztosítanak. A hőkezelés után az anyag már nem fog égni.

A legnagyobb felhasználója az építőipar főként hőszigetelési célra, de speciális eljárással roppantott termékei lépéshangszigetelésre is alkalmasak.

A kész termék formázó szerszámban történő habosítással készül, az úgynevezett formahabosított EPS, ami közel zártcellás szerkezetű. A normál EPS-hez képest ez nagyobb mechanikai szilárdsággal, jobb hőszigetelő képességgel és elhanyagolhatóan csekély vízfelvétellel rendelkezik. Készül grafitadalékos EPS is, ami a „fehérhaboknál” 10-15%-al hőszigetelő képességgel rendelkezik.

Általános típusai az EPS-nek:

- EPS 30-as anyag nem terhelhető hőszigetelő Pl.: Vázszerkezetek közé használják.
- EPS 70-es kissé terhelhető Pl.: Vázszerkezetek alá (szarufák alsó síkjára) teszik jelentős terhelés nélkül.
- EPS 100-as mérsékelten terhelhető közkeletűen „lépésálló”. Pl.: Általános padlóban.
- EPS 150-es jól terhelhető. Pl.: Nagyobb terhelésű garázsokban, ipari terhelésű padlóban vagy szarufák felett alkalmazzák.
- EPS 200-as igen jól terhelhető. Pl.: Zöldtetőkben, hűtőházak padlójában használják.

3.3 A polisztirol tulajdonságai.

Élettartam: Az expandált polisztirolhab hőszigetelő lemezek anyagtulajdonságai az idő múlásával nem változnak. A hab nem korhad, nem rohad. Tartós ultraibolya sugárzás (pl. napfény) hatására az anyag felszíne megsárgul, rideg, porló lesz.

Hő-és páratechnikai szempontok: Az EPS legfontosabb jellemzője az igen jó hőszigetelő képesség, amely a zárt cellákban nyugvó levegőnek köszönhető. A bezárt levegő nem távozik a cellákból, s így az anyag hőszigetelő képessége az idő múlásával sem csökken. Magasabb hőmérsékleten (+80°C felett) romlik a terhelhetősége, méretállandósága, ezért tartósan +70 °C feletti hőmérsékletnek kitett helyeken való alkalmazása nem javasolt.

Éghetőség: A tűzzel szembeni viselkedés vizsgálata és a tűzveszélyességi osztályba sorolás az MSZ EN 13501 szerint történik. Az építési termékeket tűzzel szembeni viselkedésük alapján A1, A2 nem éghető és B, C, D, E és F kategóriájú éghetőségi osztályba sorolják. Az EPS az egyik leggyengébb éghetőségi besorolású (E kategóriájú) hőszigetelések közé tartozik. Az anyag a tűzterhelésnek kitéve ég, de az égéshő elvételét követően önkioltóan viselkedik, azaz gyakorlatilag nem ég tovább. Égés közben mérgező anyagok nem keletkeznek.

Vegyszerállóság: A polisztirolhabot a szokásos építőanyagok – cement, mész, gipsz, anhidrit és az ezekből készült keverékek – nem károsítják. Ellenáll sóoldatoknak, alkáliáknak, szappanoknak, erős ásványi savaknak, gyenge savaknak, bitumennek, bitumenes hidegragasztóknak, szilikon olajoknak, adhezív ragasztóknak, alkoholoknak.

Az EPS termékeket szerves oldószerek (aceton, benzol, nitrohígító, dízelolaj, benzin, xilol, terpentin) károsítják, ezért ilyen anyagokkal közvetlenül nem érintkezhet. Olyan helyiségekben, ahol oldószertartalmú anyagok gyártását, feldolgozását végzik, vagyok olyan mértékben alkalmazzák, hogy a helyiség légtérének oldószertartalma magas, ott beépítése nem javasolt.

Környezeti hatás: Az EPS kémiaiilag semleges hatású, így a környezetbe jutva azt nem szennyezi. Semmilyen élőköznyezetre, természetre káros hatást kifejtő anyagot nem tartalmaznak. Baktériumoknak, gombáknak, vagy fejlettebb élőlényeknek táplálékul nem szolgálnak. Éppígy nem tápláléka rovaroknak, rágesálóknak, bár az anyag kifejezetten jó hőérzeti hatásának köszönhetően – ha hozzáférnek hajlandóak beköltözni, befészkelni abba. Úgy kell beépíteni, hogy a hozzáférést megakadályozzuk.

3.4 A polisztirol hab (PS) energetikai és köznyezetkímélő tulajdonságai.

Számos műanyag ismert, melyek közül a polisztirol hab (PS) feldolgozott formában kitűnik könnyű és szilárd tulajdonságaival, így ideális anyag amit sokoldalúan alkalmaznak a klímaváltozás elleni harcban. Az építőanyagokkal kapcsolatban gyakran merül fel a kérdés, mi történik velük az épület bontása után? Jelenleg nagyrészt értéktelen törmelék marad csak. Az építőanyag gyártóknak tehát érdekük, hogy olyan termékeket állítsanak elő, amelyek ha lehet, már a gyártás során se szennyezzék a köznyezetet, és a bontás után nagy eséllyel lehessen újrahasznosítani.

A táblák az energiahatékonyság optimális szintjét biztosítják és állandó hőszigetelő hatást nyújtanak 50 éves élettartamuk során. Csökkentik az épületek hő veszteségét legyen szó fűtésről vagy hűtésről. Tipikusan külső falakon, padló alatt vagy emelkedő tetőkön használják világszerte. A PS-sel szigetelt házak a fennálló rendelkezések legszigorúbb követelményeit is kielégítik, beleértve az EU Directive 2002/91/EC rendelkezéseit épületek energetikai tulajdonságaira.

Az expandált polisztirolhab (EPS) teljes életciklusukban képes a köznyezet védelmére. Az építészeti hőszigetelő anyagok elsődleges funkciója az, hogy az épületeink energiaigényét minimalizálják, így kisebb energiafogyasztás révén a lakások tulajdonosai kevésbé terhelik a köznyezetet. Közhely, hogy a legtisztább energia a meg nem termelt energia. Ezt a tételt számszerűsítve kimondhatjuk, hogy a régi, energiapazarló épületek 3-4-szer annyi széndioxidot engednek a levegőbe,

mint a korszerűen szigetelt épületek. Szemmel látható tehát, hogy az épületek hőszigetelése szoros összefüggésben van a környezetvédelemmel. Az épületek hőszigetelésével megtakarítható energia számottevő, de az energiamérleg felállításánál fontos, hogy a szigetelőanyag előállításának energiaigényét is figyelembe vegyük. Egy átlagos, 400 légköbméter hasznos térfogatú családi ház teljes körű hőszigeteléséhez szükséges kőolaj nem több, mint 670 liter. Ezzel szemben, a ház 100 éves élettartama alatt az energia-megtakarítás 186 ezer literre adódik. Más megfogalmazásban ez azt is jelenti, hogy mindössze néhány hónap, körülbelül egy fűtési szezon szükséges ahhoz, hogy a beépített nyersanyag mennyisége környezeti terhelés szempontjából megtérüljön.

Maga a PS nem járul hozzá a globális felmelegedéshez. Mivel az anyag nem dekompenzálódik élettartama végén, így nem is bocsát ki ózonkárosító anyagokat. Jelenleg rendkívül kis igény mutatkozik polisztirol elemek újrahasznosítására, mivel élettartamuk nagyon hosszú. Ennek ellenére a PS az egyik leginkább újrahasznosított műanyag, mivel mind a gyárakban keletkező hulladékot, mind pedig a kibontott PS csomagoló anyagot felhasználják új PS táblák gyártására, ami költség optimalizálás szempontjából hasznos és csökkenti az alapanyag igényt. Fontos, hogy a gyártási folyamatban se keletkezzen nem kívánt melléktermék. A polisztirolhab előállítása során képződő vágási és egyéb hulladék anyagok nem kerülnek ki a gyárból. Az apróra megőrölt hulladék anyagot a gyártási folyamat elején tervezett módon visszaadagolják, így a gyártás száz százalékosan hulladékmentes.

Természetesen felmerül a kérdés, hogy az építkezéseken megmaradt anyagok és a polisztirolhab bontási hulladékok hogyan hasznosíthatók? Ilyenkor alapvetően mindig az a kérdés, hogy meg tudjuk-e tisztítani az anyagot? Ha igen, számos alkalmazási lehetőség nyílik előttünk. A legegyszerűbb és már hazánkban is régóta alkalmazott eljárás, hogy a megmaradt, illetve bontott anyagokat megőrlik, és cementtel keverve könnyűbetonként újra építőanyagként használják fel. Az őrléskor keletkező finom port a téglagyárak pórusképző adalékanyagként tudják használni, vagy a vakolat gyártó cégek hőszigetelő vakolatokhoz keverik. Az EPS hőre

lágyló termék, így ömlesztéssel könnyedén vissza lehet kapni a kiindulási nyersanyagot. Az immár tömör EPS-ből építő, dekorációs lemezek, és különböző fröccsöntött termékek-a vállfától a virágcserepig-állíthatók elő. Ha jelentősebb mennyiségű idegen anyag nem tapad a darálékra, úgy az újra hasznosított anyag mezőgazdasági célra is felhasználható. Kötött, agyagos talajba belekeverve lazítja azt, elősegíti a drénezés működését, levegőhöz juttatja a gyökereket, ezáltal gyorsítja a növények fejlődését. Ha mégis hulladéklerakóba viszik a bontott szigetelőanyagot, ott is előnyös hatást fejt ki. Hasonlóan a talajba keveréshez, itt is lazítja a hulladékhalmot, átszellőzteti azt, ezáltal meggyorsítja a bomlási folyamatokat.

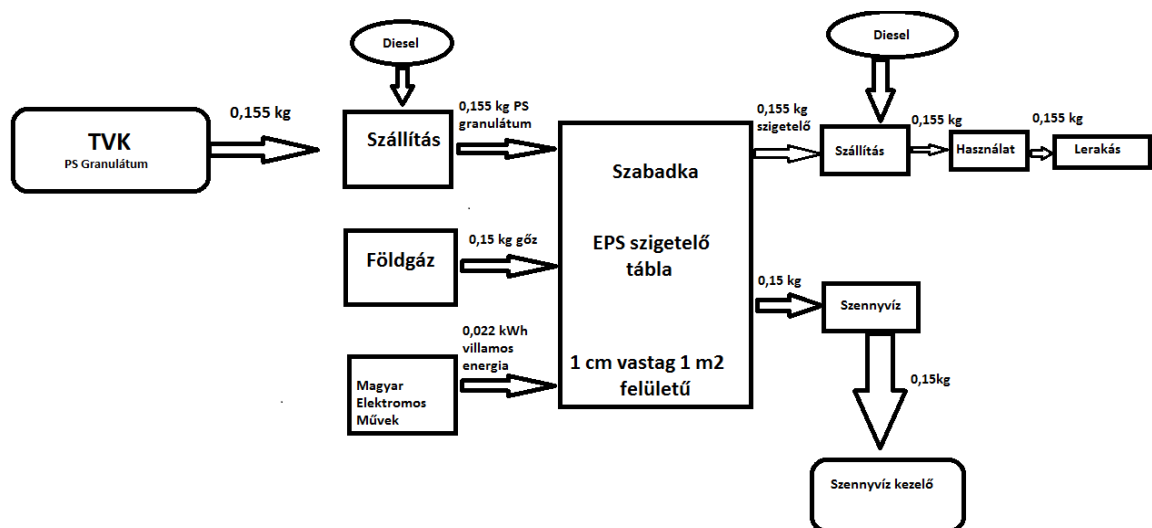
A hulladék elégetését környezetvédelmi szempontból az utolsó lehetőségként szokták tartani. A polisztirolhab esetében más a helyzet. Mivel az EPS kőolajszármazék, így jelentős fűtőértékkel rendelkezik, ami a hulladékégetők tervszerű működéséhez szükséges plusz fűtőenergia bevitelét is biztosíthatja. [A Magyarországi EPS hőszigetelő anyag gyártók egyesülete alapján.]

3.5 A polisztirol szigetelőanyag gyártástechnológiája.

Dolgozatunkban 1 cm vastagságú és 1 m² felületű homlokzati hőszigeteléshez vettük a mennyiségi adatokat.

Ebből az következik, hogy 1 m² homlokzati hőszigetelésre használt EPS legyártásához 0,155 kg EPS granulátumra van szükség. Az EPS granulátum szállított állapotban közel 1% vizet és 4-6% pentánt tartalmaz, ami a termék feldolgozása során a légkörbe távozik. Gyártás során a selejt anyagot és szélezési hulladékot zárt rendszerben visszadaráljuk és felhasználjuk a termékekben. A felhasznált alapanyag elhanyagolhatóan kis mennyisége (kb. 0,05%) porleválasztóban leválasztásra kerül, de nem kerül ki a környezetbe, mert műanyag újrahasznosítással foglalkozó cégek és habarcsgyártással foglalkozó cégek felhasználják. A gyártás folyamán 1 m² termék előállításához kb. 0,15 kg víz

szükséges, amit túltelített gőzként használunk fel. A gőz előállításához m^2 -ként kb. 0,16-0,18 kWh hőenergiára van szükség. A gépsor elektromos áram fogyasztása $0,022 \text{ kWh/m}^2$. Az EPS csomagolóanyaga LDPE fólia $0,3\text{-}0,35 \text{ kg/m}^3$ anyagszükséglettel bír. A mai építési kultúra az építési helyen nem gyűjti szelektíven a hulladékot, így ez a hulladéklerakóba kerül hasznosítás nélkül. Az EPS homlokzati hőszigetelés kivitelezésénél kisebb a hulladékképződés, mint a kőzetgyapotos rendszereknél, mert jobban szabható, alakítható. Az EPS hulladékképződési aránya kb. 2-3 %, míg kőzetgyapot esetében ez kb. 3-4 %. [A pontos adatokhoz a Masterplast cégen keresztül jutottunk hozzá.]

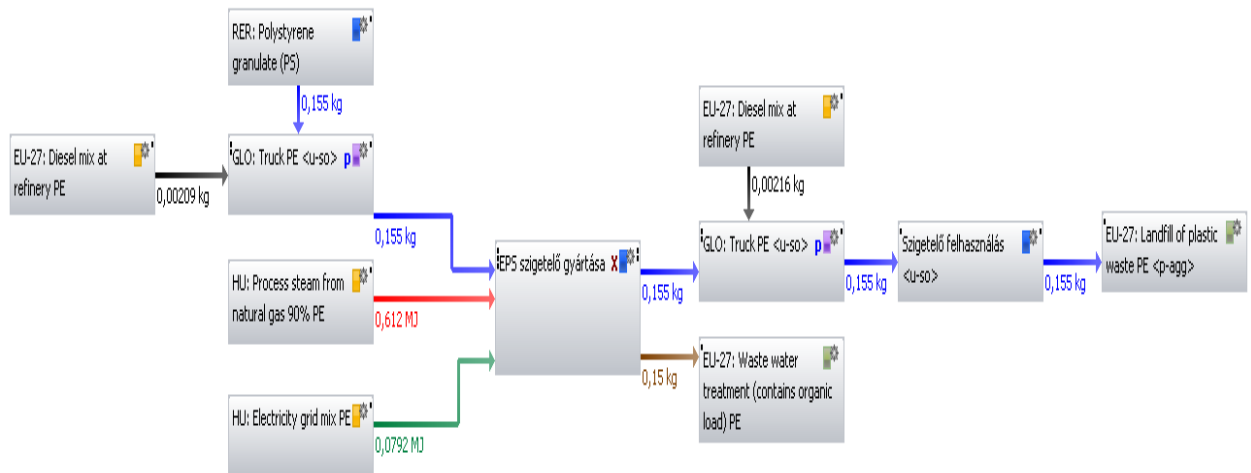


3.1 ábra: Polisztirol életciklus vizsgálatának terve

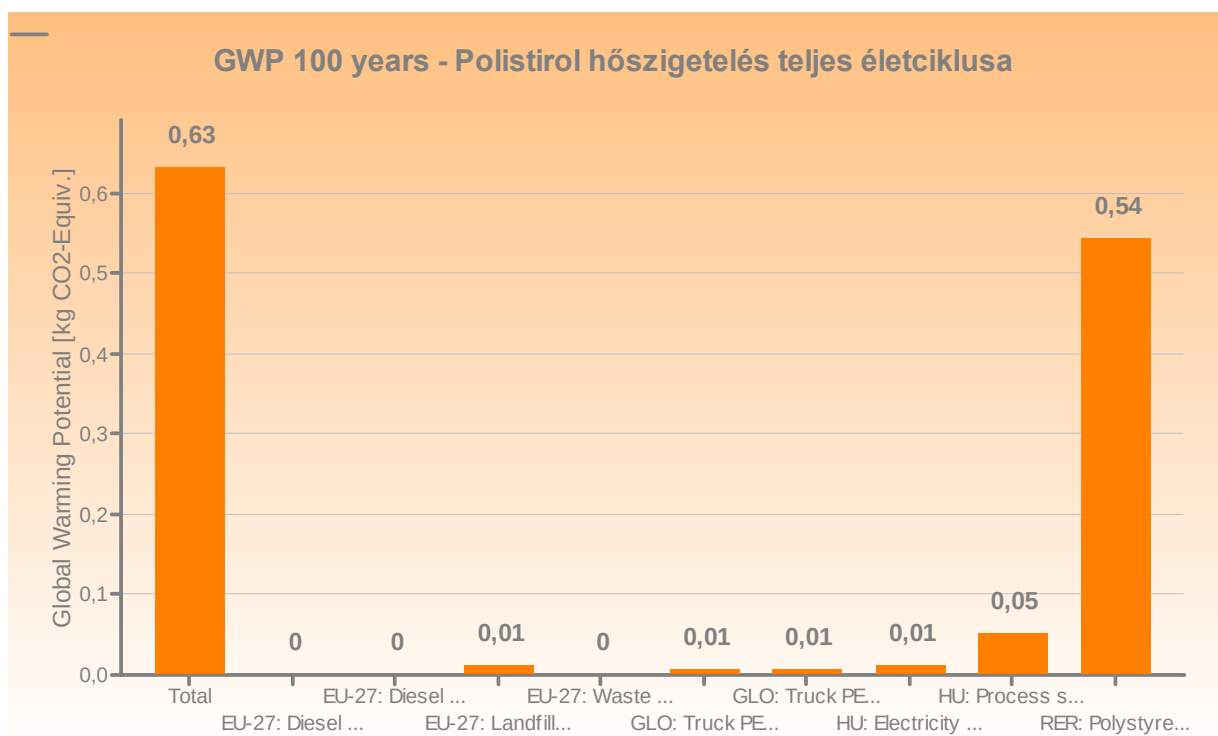
3.6 Polisztirol hőszigetelés életciklusának vizsgálatáról készült szimuláció.

Polisztirol hőszigetelés teljes életciklusa

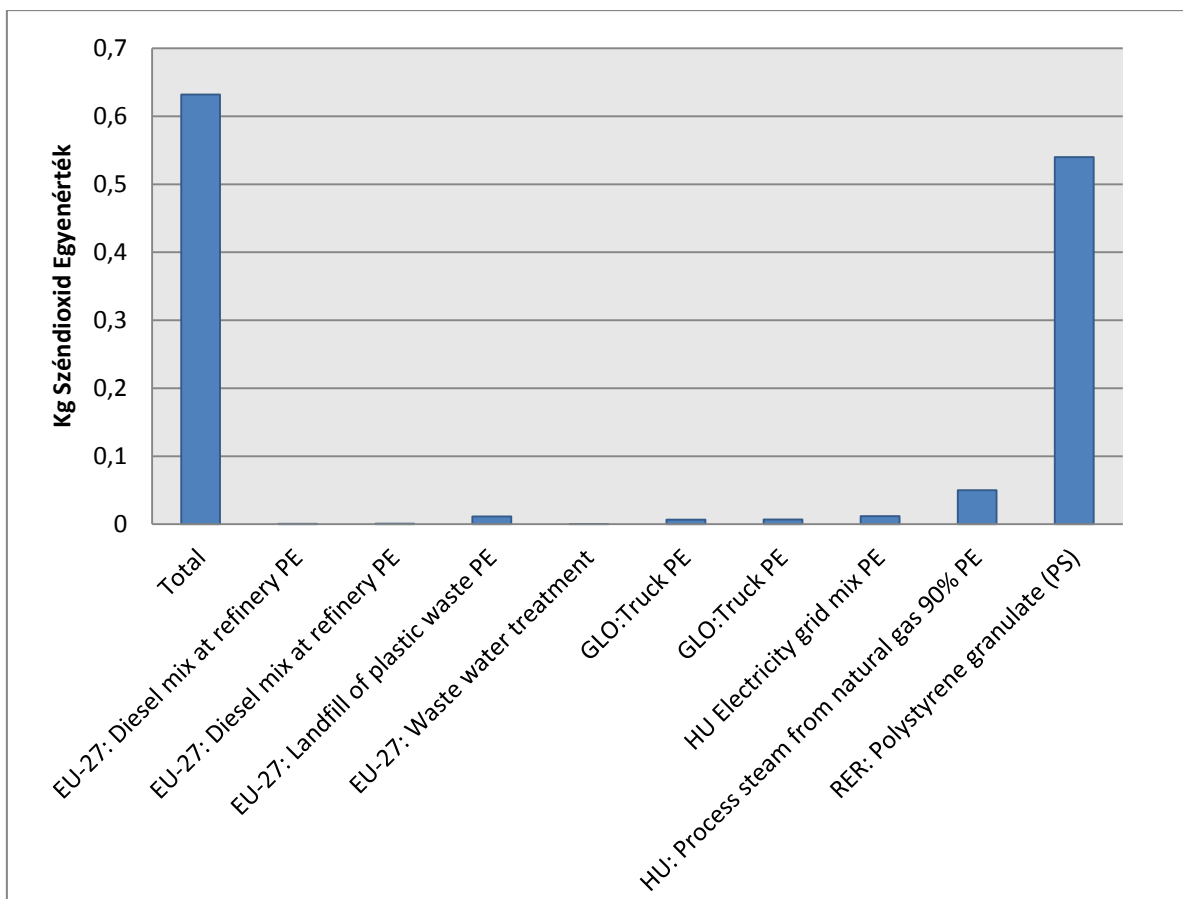
GaBi 5 process plan/Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



3.2 ábra: Polisztirol hőszigetelés teljes életciklusa



3.3 ábra: A polisztirol hőszigetelés életciklusának szimulációja CO₂ egyenértékekre



3.4 ábra: A polisztirol hőszigetelés életciklusának grafikonja pontos adatokkal

Táblázat 3.1:

Total	Diesel	Diesel	Landfill of plastic waste	Waste water treatment	Truck	Truck	Electric ity	Gas	PS
0,632	0,0007	0,0007	0,0115	0,0000891	0,0067	0,0069	0,0119	0,052	0,542

Az életciklus vizsgálatból látható, hogy 1 cm vastagságú, 1 m² területű polisztirol hőszigetelő tábla teljes életciklusa (PS granulátum gyártás, alapanyag szállítás, szigetelő gyártás, szigetelő telepítési helyszínre történő szállítása, felhasználás és a hulladékká vált szigetelő lerakása) során 0,632 kg CO₂-egyenértékű üvegházhatású gáz kibocsátással terheli környezetünket.

4 A kőzetgyapot.

4.1 A kőzetgyapotról általánosan

Pele istennő "haja" felkeltette az egyik kutató érdeklődését, aki a múlt század húszas éveiben Hawaïi szigetén a vulkáni folyamatok kutatási munkálatait vezette. A „gyapot cafatok” keletkezése jelenségének tudományos magyarázata azon elméletnek az indoklása, miszerint a legjobb anyagokat maga a természet készíti. A kb. 1500 °C hőmérsékletű olvadt láva hatalmas erővel lövell ki a vulkán belsejéből a légkörbe, sajátos tüzes tollforgókat képezve. Mielőtt a földre esnek, a szél erős lökései hirtelenül lehűtik, jellegzetes rostokká (szálakká) átváltoztatva. Az így keletkezett rostokat, a megfelelő technológia alkalmazását követően, a későbbiekben már „kőzetgyapot”-nak nevezték el, és a természetes hőszigetelő termékek alapanyagaivá váltak.

A kőzetgyapot szigetelő tulajdonságait az anyagában rendezetlenül előforduló gyapjúszálak közé bezárt levegőnek köszönheti. A legjobb szigetelési paraméterek akkor érhetők el, amikor a szálak a szigetelt felülethez képest párhuzamosan helyezkednek el. A szálak ilyen elhelyezése megelőzi a hő átteresztését, és növeli a szigetelés hőellenállását. Minél inkább függőleges irányban helyezkednek el a szálak, annál kisebb a hővezetési tényező és ezért magasabb a hővezetési értéke, vagyis gyengébb a szigetelő tulajdonság. A kőzetgyapotok úgy vannak megtervezve, hogy a mechanikai paraméterek, stabilitás és merevség megtartása mellett biztosítsák az optimális szigetelő tulajdonságokat. A kőzetgyapot optimális hőszigetelést biztosít egyaránt alacsony és magas hőmérsékleti viszonyok esetén is (1000 °C -ig).

Minden épületnek szigeteléssel kell rendelkeznie, amely biztosítja a hővédelmét és minimalizálja a hőhidak kialakulásának esélyét, ezzel korlátozva a hőveszteséget. Ez azt jelenti, hogy nem elég a megfelelő szigetelőanyag alkalmazása, a kivitelezést is hibátlanul – hézagok, repedések nélkül - kell elvégezni. A légmentes illesztés tehát kulcsfontosságú jelentőségű a hőveszteség elkerülése érdekében. A

megfelelően felszerelt kőzetgyapot termékek légmentesen illeszkednek a szerkezethez, kiiktatva ezzel a hőhidakat. [Rockwool kőzetgyapot szigetelés – gyártó alapján]

4.2 A kőzetgyapot szálszerkezete.

A kőzetgyapot rendkívül jó hőszigetelő képességét és tűzállóságát az építőiparban rendkívül széles körben tudják használni, ezek közül csak néhányat emelnék ki: tetőtér hőszigetelésében, ”befűjásos-ömlesztett” technológiával hőszigetelt padlásterek-gipszkarton falak, lapos tető tűzbiztos hőszigetelésénél, homlokzati hőszigetelő rendszer elemeként családi illetve középületeknél, átszellőztetett homlokzatnál, illetve válaszfalak és állmennyezetek kiváló hőszigetelő elemeként tudják hasznosítani.

A kőzetgyapot termékek a jó szigetelőképességüket a bennük „elraktározott” nagy mennyiségű levegőnek köszönhetik. Rendezetlen szálrendszerük miatt rugalmasak is egyben. Éppen a szálak rendezetlen struktúrája miatt, a kőzetgyapot hosszú távon is alak- és mérettartó, de rugalmas is egyben. Ennek köszönhetően felszerelés közben az egyes épületszerkezeti-elemekhez könnyen illeszthető. A gyártó előírásai szerint felhasznált és beépített kőzetgyapot nem képez hőhidakat és megtartja fizika-mechanikai paramétereit az épület élettartamával megegyező ideig.



4.1 ábra: Beltéri kőzetgyapot hőszigetelés

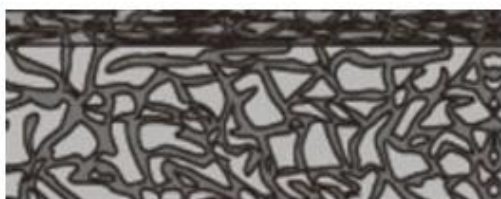
Kőzetgyapot termékek struktúrája



Lamellás struktúrájú kőzetgyapot – a szálak vízszintes elhelyezése



Rendezetlen struktúrájú kőzetgyapot – egyenlő szárú, összezsomózott szálak a termék teljes térfogatában



Rendezetlen struktúrájú kőzetgyapot megkeményített felső réteggel



Lamellás struktúrájú kőzetgyapot – a szálak függőleges elhelyezése

4.2 ábra: A kőzetgyapot termékek struktúrája

A kőzetgyapot termékek a nagyobb sűrűségnek és kisebb kompresszióknak köszönhetően megtartják a vastagságukat, nem zsugorodnak és nem veszítik el a tulajdonságukat a változó légköri viszonyoknál és sok éves használatuk után sem. Ezt a termék kódjában a DS (TH) paraméter jelöli. DS (TH) – méretállandóság meghatározott hőmérsékleten és relatív páratartalom mellett: a termék méretének változása nem lépi túl az 1 %-ot 70 °C +/- 2 °C hőmérsékleten és 90 %-os (+/- 5 %) páratartalom mellett, 48 órás tárolása után.

A kőzetgyapot termék méret normatív toleranciája -3 mm-től +5 mm-ig terjed, a rugalmas struktúra lehetővé teszi a jobb illeszkedést az egyenetlen aljzatokhoz is.

4.3 A kőzetgyapot alkalmazási területei

A kőzetgyapot a modern ipar számos ágazatában alkalmazható. A kőzetgyapot tulajdonságai lehetővé teszik a felhasználását olyan helyeken, ahol megkövetelt a szerkezet tartóssága, megnövelt tűzbiztonság vagy magasabb akusztikai követelmények érvényesek.

- **ÉPÍTŐIPARI SZIGETELÉSEK**

A kőzetgyapot a hő- és hangszigetelésként, valamint tűzgátló anyagként is alkalmazható a lakásépítésben, közhasznú-, kereskedelmi valamint ipari építkezéseken. A kőzetgyapot a lapos- és magastetők, külső és belső falak, padlók, födémek valamint kémények szigeteléséhez egyaránt használható.

- **PASSZÍV TŰZBIZTONSÁGI RENDSZEREK**

A kőzetgyapot mindenhol alkalmazható, ahol meg kell növelni az építőipari szerkezetek (pl. födémek, acél szerkezetek) valamint szerelvények (pl. szellőző és füstmentesítő csatornák) tűzbiztonságát. A kőzetgyapot- akár már tűzvédelmi sávként történő - alkalmazása az egész épület tűzbiztonságát javítja.

- **MŰSZAKI SZIGETELÉSEK**

Műszaki szigetelések kőzetgyapotból – elsősorban a szerelvények szigetelése, mint: szellőző- és klímaberendezések és füstelszívó vezetékek, fűtő berendezések és meleg vizes csővezetékek valamint berendezések szigetelése – többek közt tartályok, kazánok, kémények valamint turbinák és speciális ipari berendezések esetén.

- **HOMLOKZATI PANELEK**

Tömörített kőzetgyapotot alkalmaznak a homlokzati burkolatok gyártásához, aminek köszönhetően a panelek tartósak, tűz- és vízállóak. Felhasználhatók új objektumokban valamint renovált épületekben egyaránt

- GRODAN TÁPTALAJOK

A kőzetgyapot felhasználható a táptalajok létrehozásához az üvegházi kertészetben.

- PLAFON RENDSZEREK

A kőzetgyapot alapon gyártott álmennyezetek nemcsak az esztétikai értékeket, de az akusztikai komfortot és belső klímát szintén javítják az irodai helyiségekben, kórházakban, iskolákban valamint kereskedelmi és ipari objektumokban.

- HAJÓIPAR

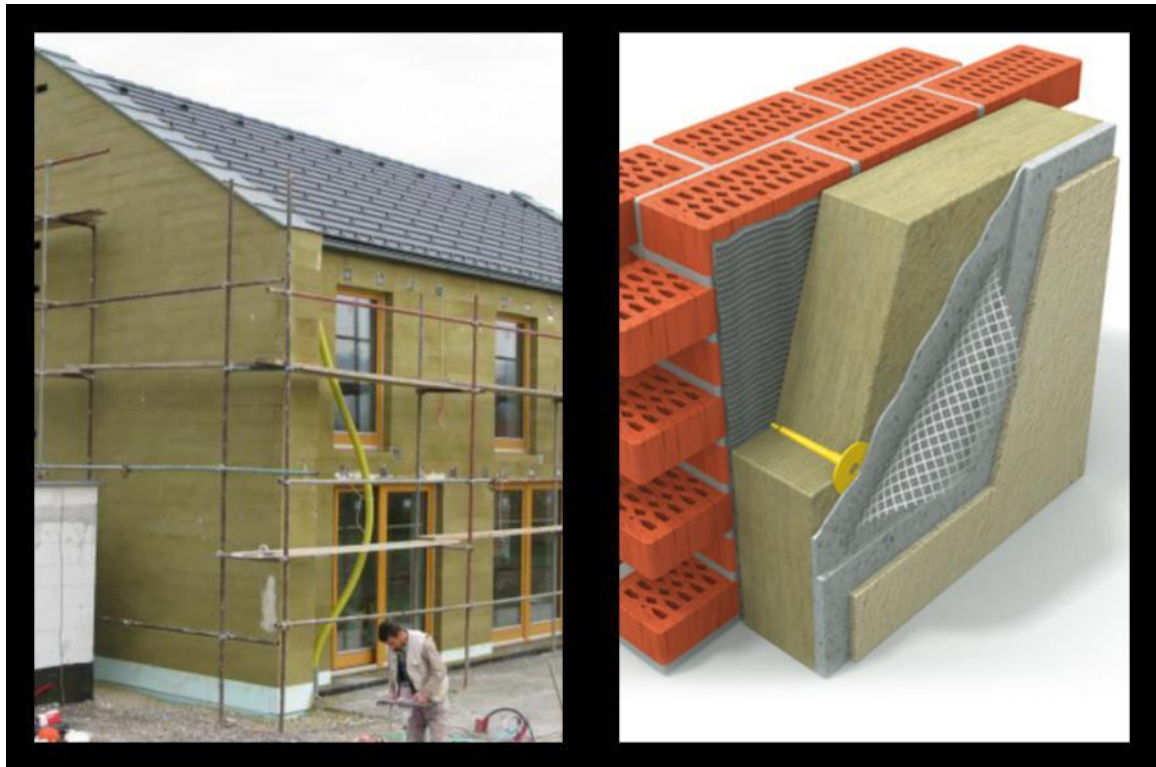
A nagy tűz- és robbanás veszélyessége miatt a hatékony tűzszigetelés rendkívül fontos a hajógyártó szektorban. Sok hajótulajdonos és a kitermelő társaságok nagy része kőzetgyapotot használ, mivel ezek nemcsak éghetetlenek, de tökéletes hőszigetelést biztosítanak.

- REZGÉSGÁTÓ ÉS AKUSZTIKAI RENDSZEREK

A kőzetgyapotot, a zajt és rezgést ellenőrző megoldások gyártásához is alkalmazzák. A kőzetgyapot alapon készült akusztikus panelek és anti-vibrációs alátétek védenek a túl erős zaj ellen - valamint gátolják a villamos, vonat vagy metró által okozott vibráció terjedését.

- LAPINUS SZÁLAK

A termékek kőzetgyapotból, pontosabban a kőzetgyapot szálaiból a gépkocsi iparban LAPINUS FIBRES kereskedelmi néven ismertek és a gépjármű egyes elemeinek összetevőjeként alkalmazzák.



4.3 ábra: Kőzetgyapot homlokzati hőszigetelés

4.4 Kőzetgyapot tulajdonságai

- Alacsony hőáteresztő képesség:

Az alacsony hőáteresztő képességnek köszönhetően az ásványgyapot termékek magas hőszigetelési képességgel rendelkeznek, aminek köszönhetően megakadályozza a meleg beáramlását az épület melegebb részéből a hűvösebb térbe, ezzel egyidejűleg jelentősen csökkenti a hőveszteséget.

- Magas szintű tűzbiztonság:

A kőzetgyapot alapanyagai – nem éghető természetes összetevőknek (+ 700 °C-ig a fizikai-mechanikai tulajdonságok megváltozása nélkül ellenáll a hőnek) köszönhetően a legmagasabb szintű tűzbiztonsági osztályba sorolják. Égve nem csepegnek, füstöt nem fejlesztenek és 1000 °C feletti olvadáspontjuknak köszönhetően egy épülettűz során nem csak, hogy nem vesznek részt az égési folyamatokban, hanem képesek megvédeni az épületszerkezeteket is

- Magasfokú víztaszító képesség:

Az épületet legtöbbet érő környezeti hatás a nedvesség. Az ásványgyapot termékek az ásványi alapanyagok és a hozzáadott speciális segédanyagoknak köszönhetően teljesen kiküszöböli ezt a problémát.

- Páraáteresztés:

Az ásványgyapot szigetelés a hagyományos építőanyagokból (cserép, beton, hungarocell, stb.) épült szerkezetnél jobban engedi lélegezni az épületet. Ennek köszönhetően az építmény szerkezeti tulajdonságai a legcsekélyebb módon változnak.

- Magas hangszigetelő képesség:

Korunk egyik nagy problémája a zajszennyezés (vasutak, autópályák, stb.). A kőzetgyapot magas hangszigetelő képességű ásványgyapot termékeinek alkalmazásával ezek a környezeti hatások minimalizálhatók, komfortosabbá tehetik a lakóteret.

- Az egészségre és környezetre való hatása:

A kőzetgyapot sem tárolása sem felhasználása során nem károsítja az egészséget. A kőzetgyapot egyike a legjobban bevizsgált és legtöbbet tesztelt építőanyagoknak.

A kőzetgyapot természetes és ásványi nyersanyagból (bazaltkő) készül. A kőzetgyapot termékek mellett, hogy kiváló hő- és hangszigetelő, valamint tűzálló tulajdonsággal rendelkeznek, használatuk az egészségre teljesen ártalmatlan.

Tények a kőzetgyapot egészségre gyakorolt hatásával kapcsolatban:

- A kőzetgyapotnak semmilyen káros hatásuk sincs a hőszigetelést végző, és a hőszigetelt lakótérben élő személyek egészségére.
- A kőzetgyapot rostok biológiailag lebonthatók, azaz belégzésük esetén nem maradnak meg rost formájában, hanem ártalmatlanul lebomlanak az emberi testben.

- A kőzetgyapotból az elhelyezésük során, a szigetelt helyiség légterében nem szabadulnak fel rostok, vagy egyéb szilárd részecskék. A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a szigetelt épület levegőjében a rostok mennyisége rendszerint a mérhető szintet sem éri el.

A kőzetgyapottal szigetelt otthonokban és a munkahelyeken elégetett kisebb mennyiségű fosszilis tüzelőanyaggal kevesebb légszennyező anyagot juttatunk a levegőbe (pl. CO₂, SO₂ és NO_x). [Isorock kőzetgyapot szigetelés – gyártó alapján]

4.5 A kőzetgyapot szigetelőanyag gyártástechnológiája.

A kőzetgyapot alapvető nyersanyaga a bazaltkő. A kőzetgyapot előállítási folyamata a nyersanyagok megfelelő arányainak a kimérésével és egy speciális öntöttvas kemencében való elhelyezésével kezdődik. A gyártáshoz szükséges 1400 – 1500 °C-os hőmérséklet eléréséhez kokszot égetünk. Ilyen magas hőmérsékleten az ásványi kőzetek (mint a bazalt) folyékony lávává alakulnak át. Az olvadás következtében létrejött folyékony kőzet-massza kifolyik a kemencéből és a gravitáció hatására leesik a néhány ezer fordulat percenkénti sebességgel forgó lemezekre. A lemezek szétzúzzák a kijövő anyagot, átalakítva rostokká, amelyeket lehűtünk. Ezt követően „gyapotszőnyeg” formájában begyűjtésre kerülnek az ülepítő kamrában. A rostok képződésekor hozzáadjuk a kötőanyagokat. Az ülepítő kamrából a gyapotszőnyeget a technológiai gépsorra irányítják, ahol a tömörítéssel formálják.

Ezek után a kőzetgyapot áthalad az ún. polimerizációs kamrán, melynek hőmérséklete kb. 200 °C. Itt történik a hozzáadott gyanták teljes polimerizációja. A gépsor végén a kőzetgyapotot a gyártási tervben meghatározott méretekre vágjuk, majd fóliába csomagoljuk. Az utolsó fázisban a csomagok a raktárba kerülnek.

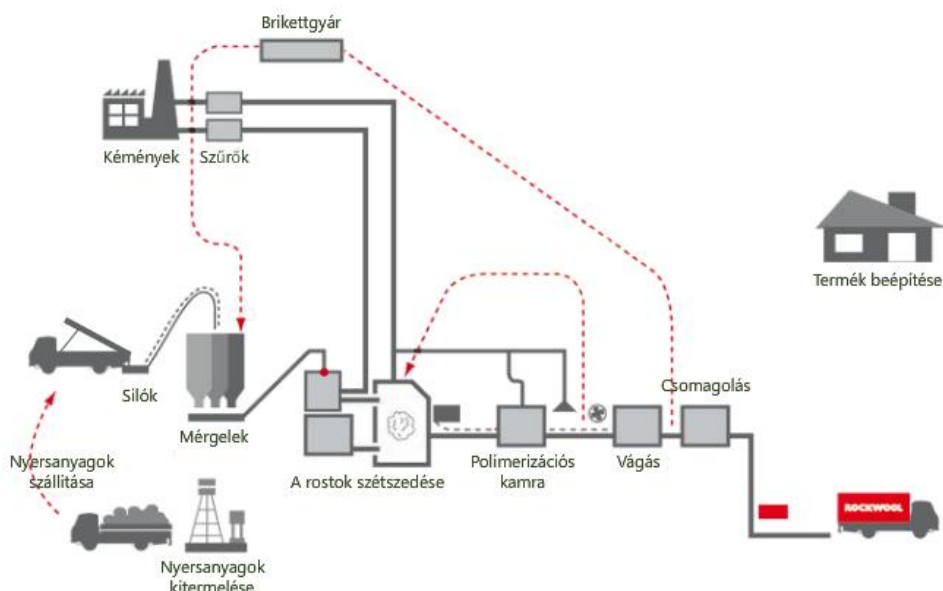
A végtermék szerkezete, testsűrűsége, mérete a gyártósoron előre beállítható. A végtermék termékek további feldolgozása is lehetséges (off-line technológiával).

A kőzetgyapot fizikai-kémiai összetétele:

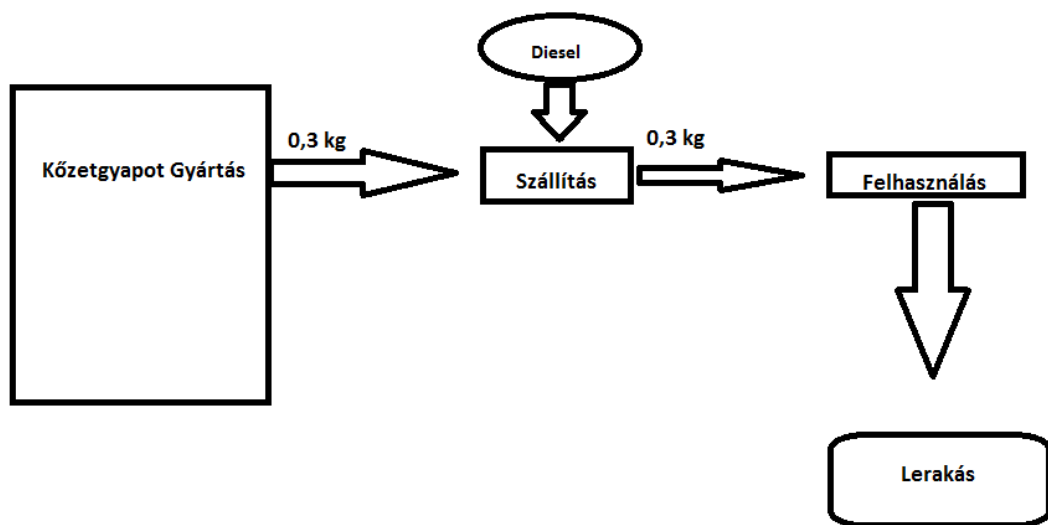
A kőzetgyapot főleg ásványi szálakból áll össze, alaktalan (amorf szerkezetű) szilikátból 95,5 %-tól 99,5 %-ig terjedő mennyiségben, valamint szerves kötőanyagokból (fenol-formaldehid gyanta vizes emulziója),- 0,5 %-tól 4,5 %-ig terjedő mennyiségben.

Táblázat 4.1:

Kémiai összetétel (Tömeg %)	Kőzetgyapot szálai
Szilícium-dioxid (SiO_2)	34-től 45-ig
Timföld (Al_2O_3)	15-től 24-ig
Vas-oxid (Fe_2O_3)	2-től 11-ig
Kalcium-és magnézium oxidok ($\text{CaO}+\text{MgO}$)	20-től 35-ig
Nátrium-és kálium-oxidok ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)	1-től 7-ig
Szál átlagos átmérője	3-től 6 μm -ig



4.4 ábra: A kőzetgyapot gyártásának sematikus ábrája

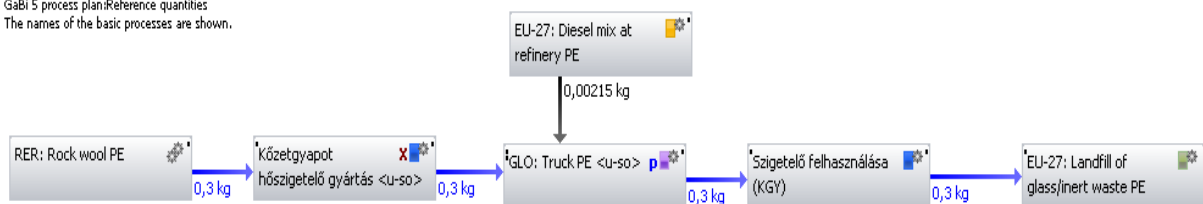


4.5 ábra: A kőzetgyapot életciklus-vizsgálatának terve

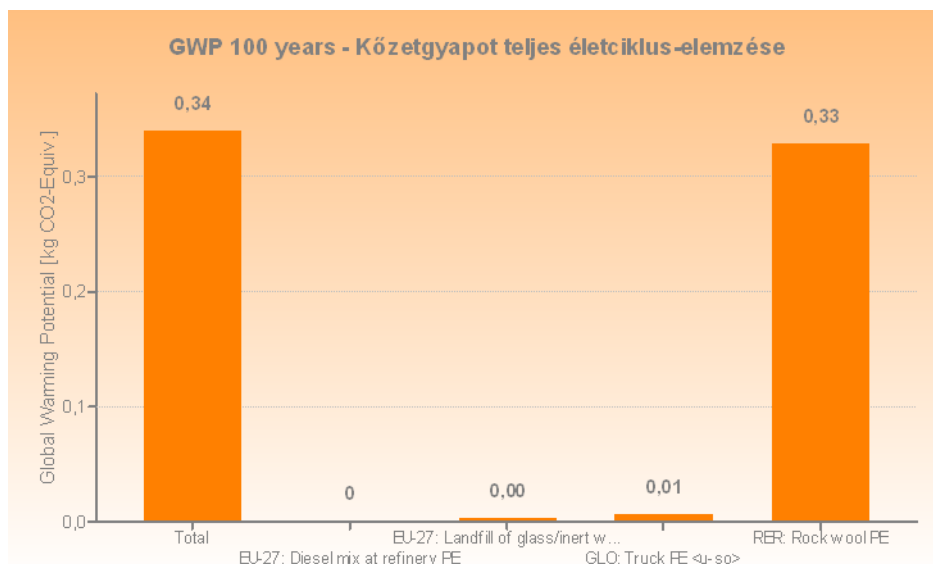
4.6 A kőzetgyapot hőszigetelés életciklusának vizsgálatáról készült szimuláció.

Kőzetgyapot teljes életciklus-elemzése

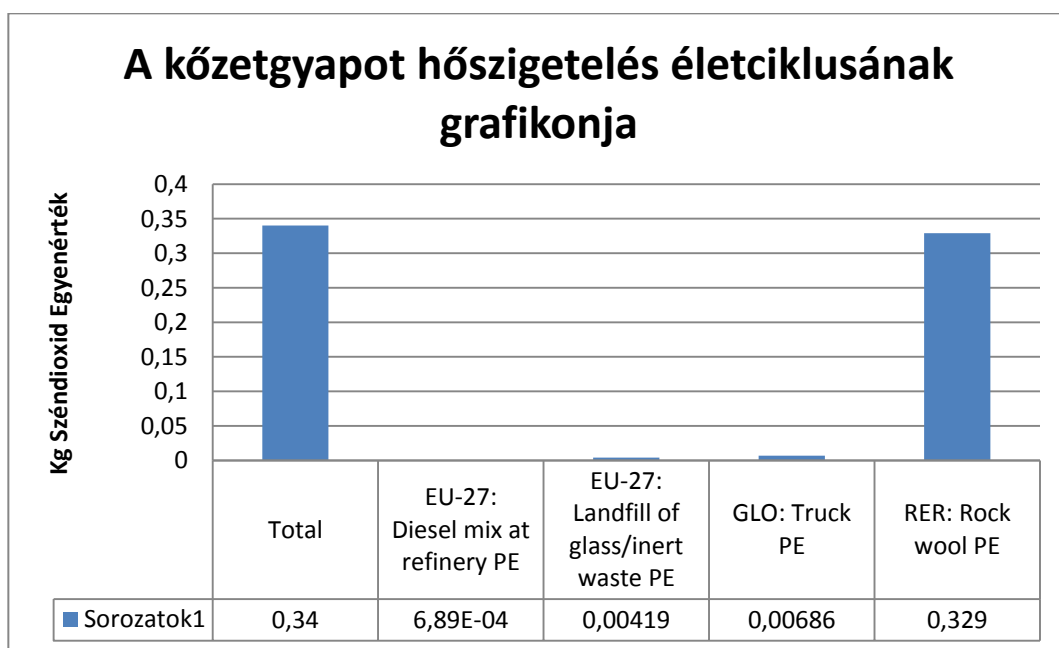
GaBi 5 process plan Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



4.6 ábra: A kőzetgyapot hőszigetelés teljes életciklusa



4.7 ábra: A kőzetgyapot hőszigetelés életciklusának szimulációja CO₂ egyenértékre



4.8 ábra: A kőzetgyapot hőszigetelés életciklusának grafikonja pontos értékekkel

Az életciklus vizsgálatból látható, hogy 1 m² felületű és 1 cm vastagságú kőzetgyapot hőszigetelés teljesen élettartama (Kőzetgyapot gyártás, Szállítás, Felhasználás, Lerakás) során 0,34 kg CO₂-egyenértékű üvegházhatású gáz kibocsátással terheli környezetünket.

5 Az MVM MIFŰ Miskolci Fűtőerőmű Kft. a MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft.

5.1 Az MVM MIFŰ Miskolci Fűtőerőmű Kft. hőtermelő rendszere

A MIHŐ miskolci távhőszolgáltató vállalatnak a városban több különálló hő- és villamos energiát előállító rendszere van. Az általunk vizsgált Csóka u. 30. alatt lévő panellakás hőszolgáltatását a Miskolc Diósgyőri Gázmotoros Fűtőerőmű végzi, ahol a kapcsolt-energiatermelést autonóm irányítástechnikával rendelkező DEUTZ típusú gázmotor-generátor egység végzi, a MIHŐ Kft. kazánjaival sorba kapcsolva. Az elméleti elrendezés szerint a gázmotorral történne az alaptermelés, és a hőmérsékletingadozás miatt jelentkező terhelési csúcsok kielégítésére használnák a kazánokat, de ez az elmúlt időszakban a nyomott villamosenergia-árak miatt ez a rendszer felborult, a termelésnél a cég igyekszik a gazdasági optimum megtalálására. A MIHŐ tulajdonában lévő hat kazán hatásfoka 89 %. A kazánok visszatérő ága 80 °C, az előre menő águk 130 °C. A kazánok egyenként 6,978 MW_{th} teljesítménnyel rendelkeznek, így jön ki az összesen 41,86 MW_{th} teljesítmény. Ez 150,7 GJ/h hőteljesítményt jelent. A fűtőmű tulajdonában lévő gázmotor névleges villamos teljesítménye 3,9 MW_e, hőteljesítménye 4,26 MW_{th}. A kapcsolt hőenergia-termelés a villamos energiát termelő gázmotor motorhőjének, kenőolaj hőjének és füstgázhőjének, mint hulladék hőnek a hasznosításával valósul meg, kb. 85 %-os átlagos energetikai hatásfokkal. Ez 40 %-os hő és 45 %-os villamos hatásfokot jelent. A motorkörben névleges viszonyok mellett, azaz 70 °C belépő és 90 °C kilépő hőmérséklet és 100 % terhelés mellett, 184 m³/h vízmennyiség kering. A teljes hőhasznosítás mellett kb. 120 °C-ig lehűtött füstgáz önálló, saválló béléscsővel rendelkező, hőszigetelt lemezkéményen keresztül kerül elvezetésre. A gázmotor gázellátását egy 1.100 m³/h kapacitású földbe süllyesztett hangszigetelt konténeres gázfogadó biztosítja, amely a gázmotoros létesítmény telephelyének északi sarkában került elhelyezésre. A gázfogadó üzemi és tartalék

ággal rendelkezik, mindegyik ágban biztonsági gyorszárral, gázszűrővel és nyomásszabályozóval.

5.2 A MIHŐ Miskolci Hőszolgáltató Kft.

A MIHŐ egy-egy kapumérőn át méri meg a megvásárolt hőmennyiséget, és innen szállítja a fogyasztóihoz. A nagyobb távolságokra szállítása tranzitvezetéken történik, ezekről nincs fogyasztói leágazás. A tranzitvezeték leágazásai a gerincvezetékek, melyek esetenként nagyobb fogyasztókat is elláthatnak. Innen a hőt hőcserélők osztják szét a kisebb-nagyobb fogyasztócsoporthoz, a szállítás pedig ezután az elosztó vezetékeken történik. Az elosztó vezetékek a hőközpontokhoz szállítják a hőt, ahol az elszámoló mérés is történik. Egy hőközpont még mindig több panelház ellátásáért felelős, esetünkben a Csóka utca 26. 28. és 30. szám alatt található, három teljesen egyforma KP-8-as típusú tízemeletes bérház ellátásáért. A lakásokban már csak úgynevezett költségosztó mérők vannak beépítve, ezek csak a bérházcsoport között arányosan szétosztják az elszámoló mérésnél megmért hőmennyiséget. Az épületen belül a lakásokra való szétosztás többféleképpen is történhet. Ezek közül a legegyszerűbb módszer a lakások légköbméterének arányában történik. Ahol a fűtési rendszer nincs korszerűsítve, ott csak ez az egy módszer létezik. Ha az elmúlt években a fűtési rendszer korszerűsítése megtörtént, akkor két lehetőség van a lakáson belüli energiaszétosztásra. Az egyik az, hogy mérik a radiátor és a szoba középhőmérsékletet, és ebből számítják ki először a szobában, majd pedig a lakásban az elhasznált hő mennyiségét. A másik lehetőség alkalmazásakor a lakások energiaszétosztását hasonlóképpen számítjuk ki, de ezt korrigáljuk egy tényezővel, melynek értéke a lakás lépcsőházon belüli helyzetétől függ. Hisz könnyű belátni, hogy abban a lakásban, mely a lépcsőház közepén helyezkedik el, és csak kis felületen érintkezik a falai a külső környezeti hőmérséklettel, ott a kívánt belső hőmérséklet elérése érdekében sokkal kisebb hőmennyiséget kell elhasználniuk,

mint azoknak a lakóknak, akiknek a lakása a lépcsőház sarkán helyezkedik el, és emellett esetleg alulról a fűtetlen alagsorral határos.

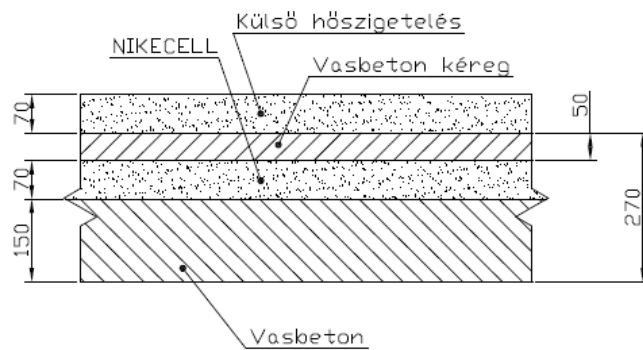
Így látszik, hogy ha a szigetelés életciklus-elemzését szeretnénk elvégezni, akkor egyrészt elvégezhetjük az átlagra vonatkozó számításokat, másrészt, ha nem csak egyetlen lakást szeretnénk vizsgálni, akkor elkészíthetjük az egész lakóházra a hőtani és életciklus-modellünket. Ezt az elképzelést még az is alátámasztja, hogy a panelprogram keretén belül csak egész lépcsőházak nyújthattak be pályázatot a fűtési rendszer korszerűsítésére, a lépcsőházi nyílászáró cseréjére illetve szigetelésére. Ezért célszerű a teljes lakótömbre elvégezni a számításokat és az elemzést.

6 A hőtani modell

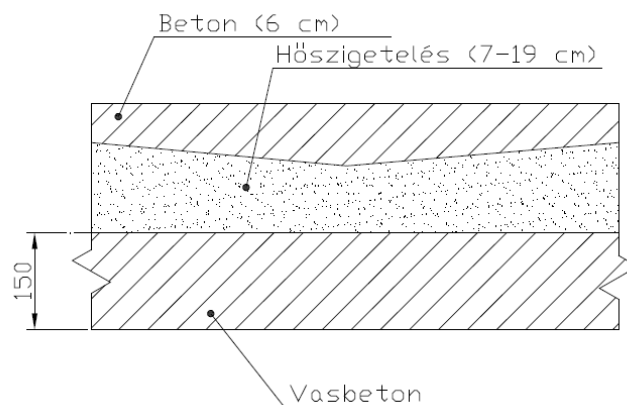
6.1 A modellezni kívánt lépcsőház leírása

Mint ahogy az előző fejezetben említettük, nem célszerű egyes lakásokat vizsgálni, ezért a későbbiekben használt modelleket az egész lépcsőházra fogjuk felállítani. A modellezni kívánt lépcsőház KP-8-as típusú, és másik két teljesen egyforma házzal tartozik egy hőközpontoz. A választásunk azért erre az épületre esett, mert a panelház belső lépcsőházas kialakítású, így kevés az üvegezett felület a lépcsőházon, valamint a három egyforma épület, melyeket egyszerre korszerűsítettek 2006-ban, könnyen kezelhető egységet alkot, és elegendő adatot biztosít az átlagolásokhoz. Ezen kívül a hőközpont ellátását a Miskolc Diósgyőri Gázmotoros Fűtőerőmű végzi, és nem kap geotermikus energiát. A geotermikus energiával való fűtést azért szerettük volna kihagyni, mivel Magyarországon ez még nem egy általánosan elterjed fűtési mód, és mi inkább egy átlagos ház esetében szerettük volna elvégezni az életciklus-elemzést. A tízemeletes lakásban lakószintenként 1 db 37 m², 2 db 59 m² és 2 db 64 m²-es lakás került kialakításra, kivéve a földszinten, ahol az egyik lakás 59 helyett 42 m² alapterületű a bejárati

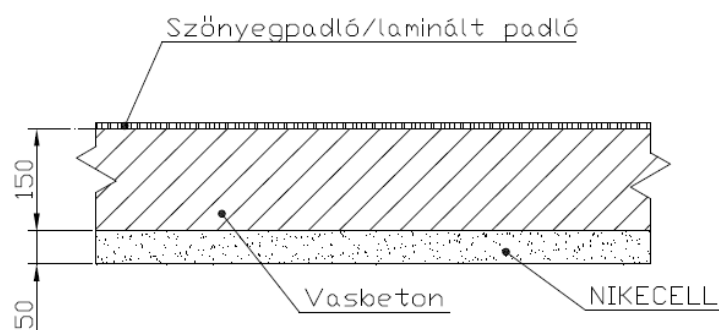
folyosó miatt. Az épület, a szintek és a szinteken belüli lakások alaprajzai lentebb láthatóak. Az alábbi ábrákon láthatóak a határoló felületek átlagos helyen vett metszetei, képei.



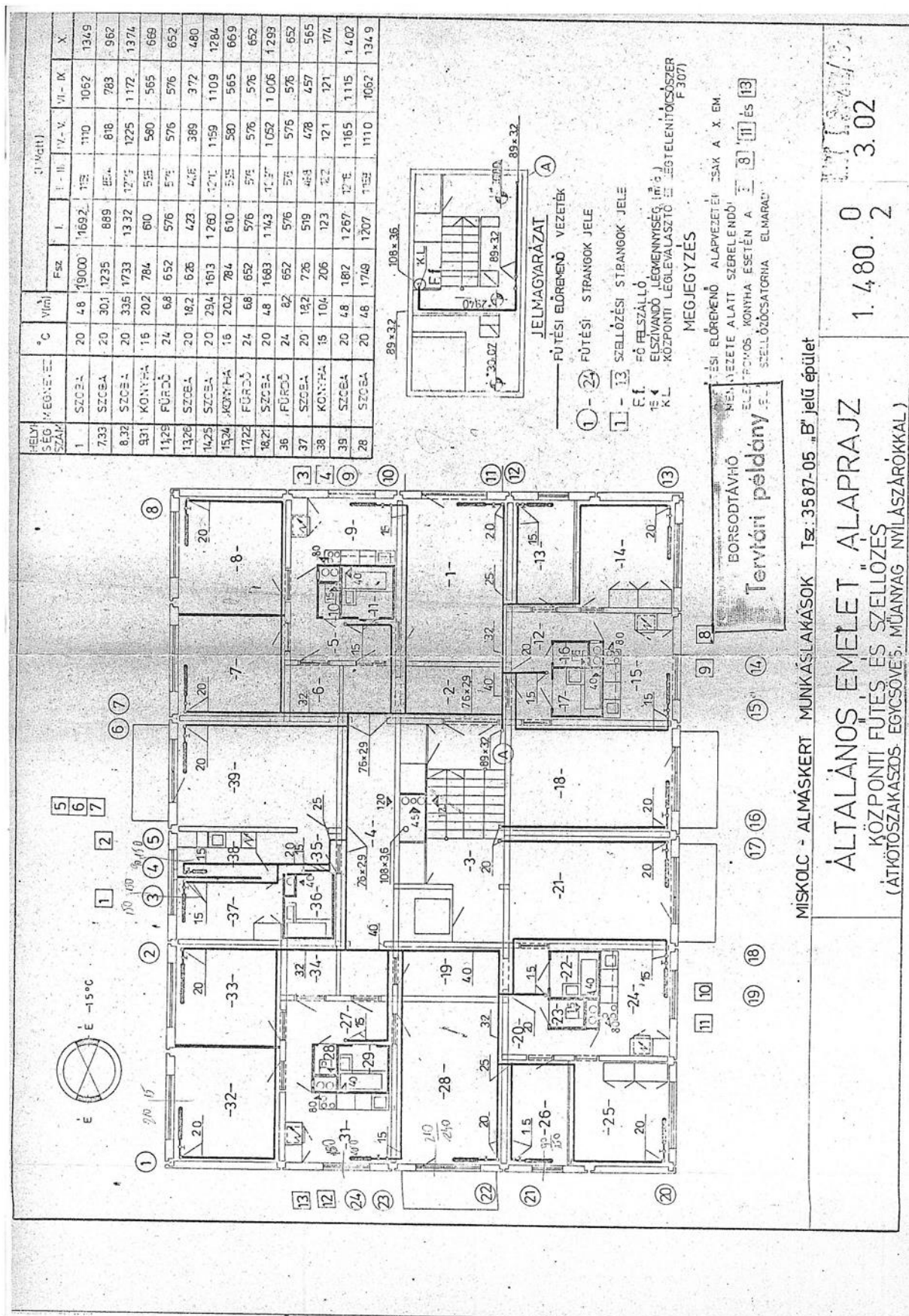
6.1 ábra: A külső fal átlagos helyen vett metszeti képe a külső szigeteléssel



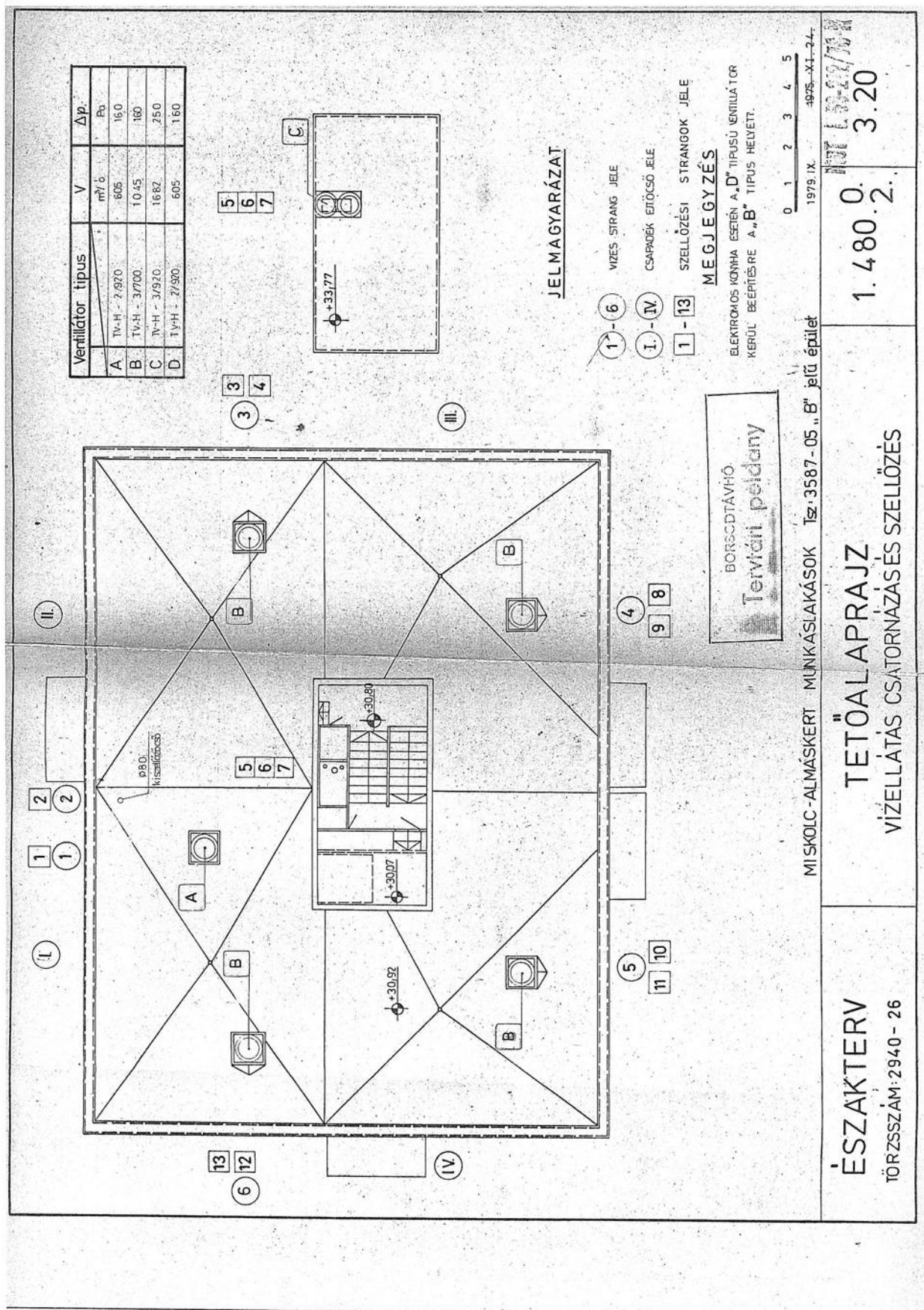
6.2 ábra: A lapostető átlagos helyen vett metszeti képe



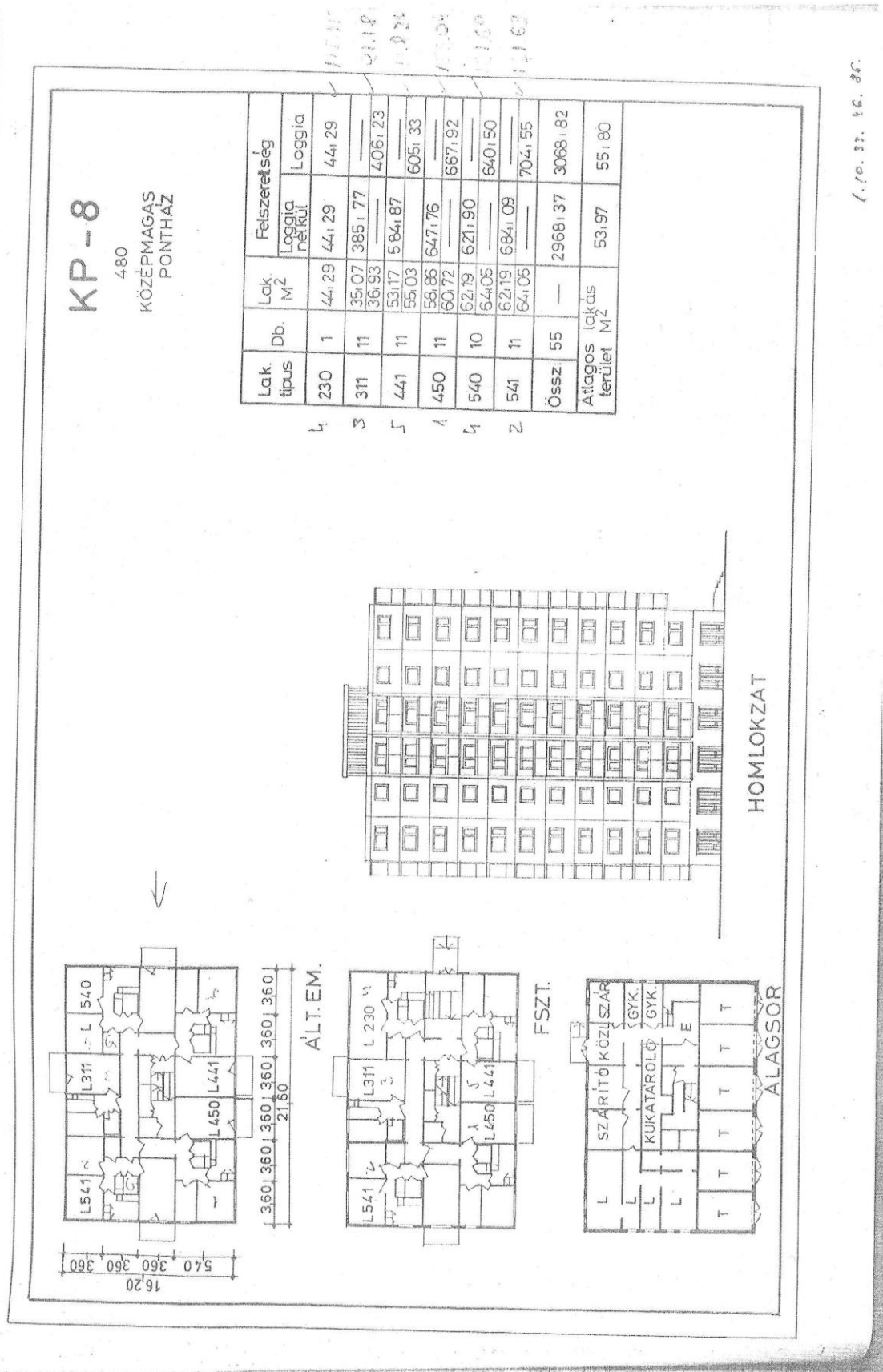
6.3 ábra: A padló átlagos helyen vett metszeti képe



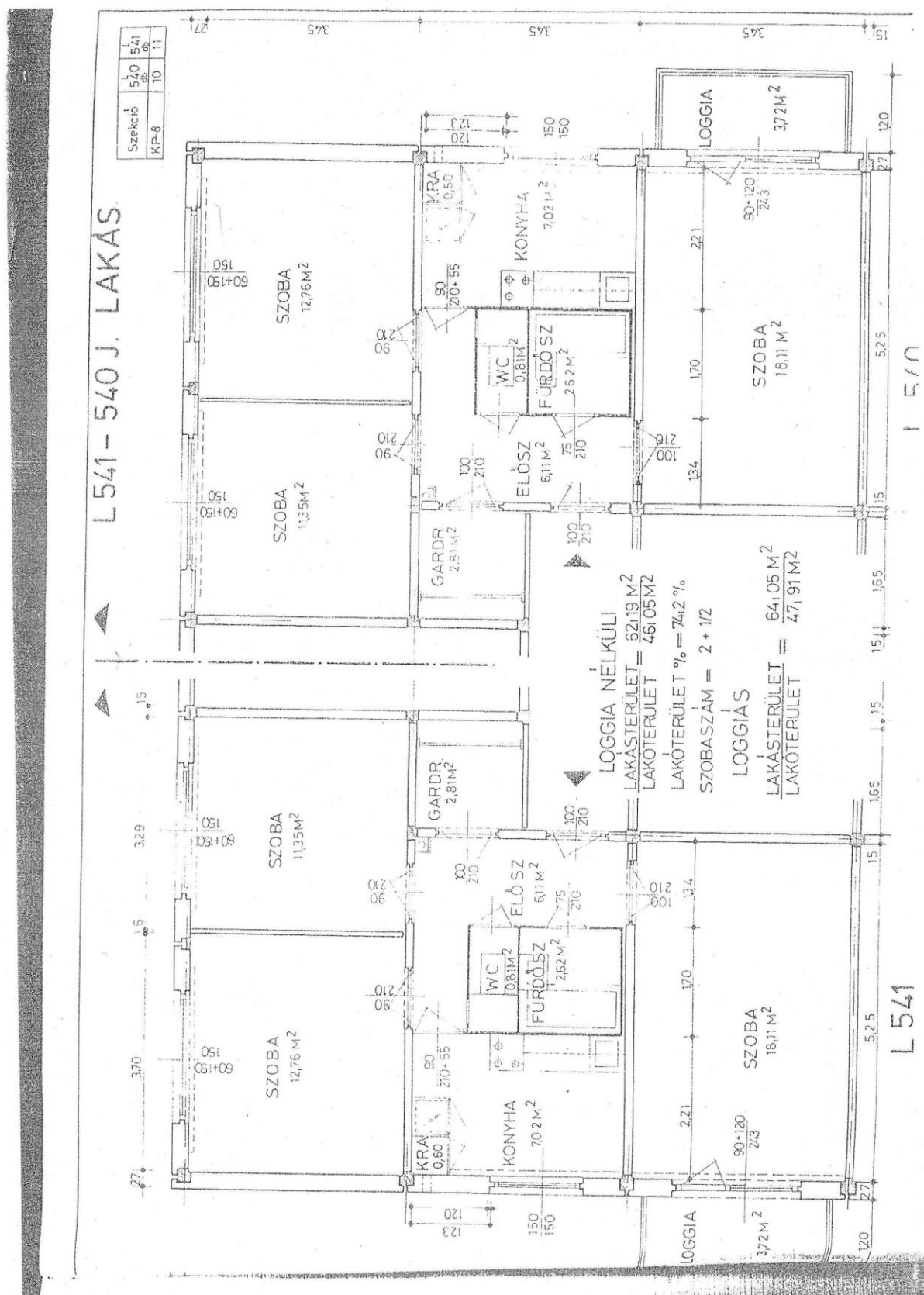
6.5 ábra: Általános emelet alaprajza



6.6 ábra: A lapostető alaprajza

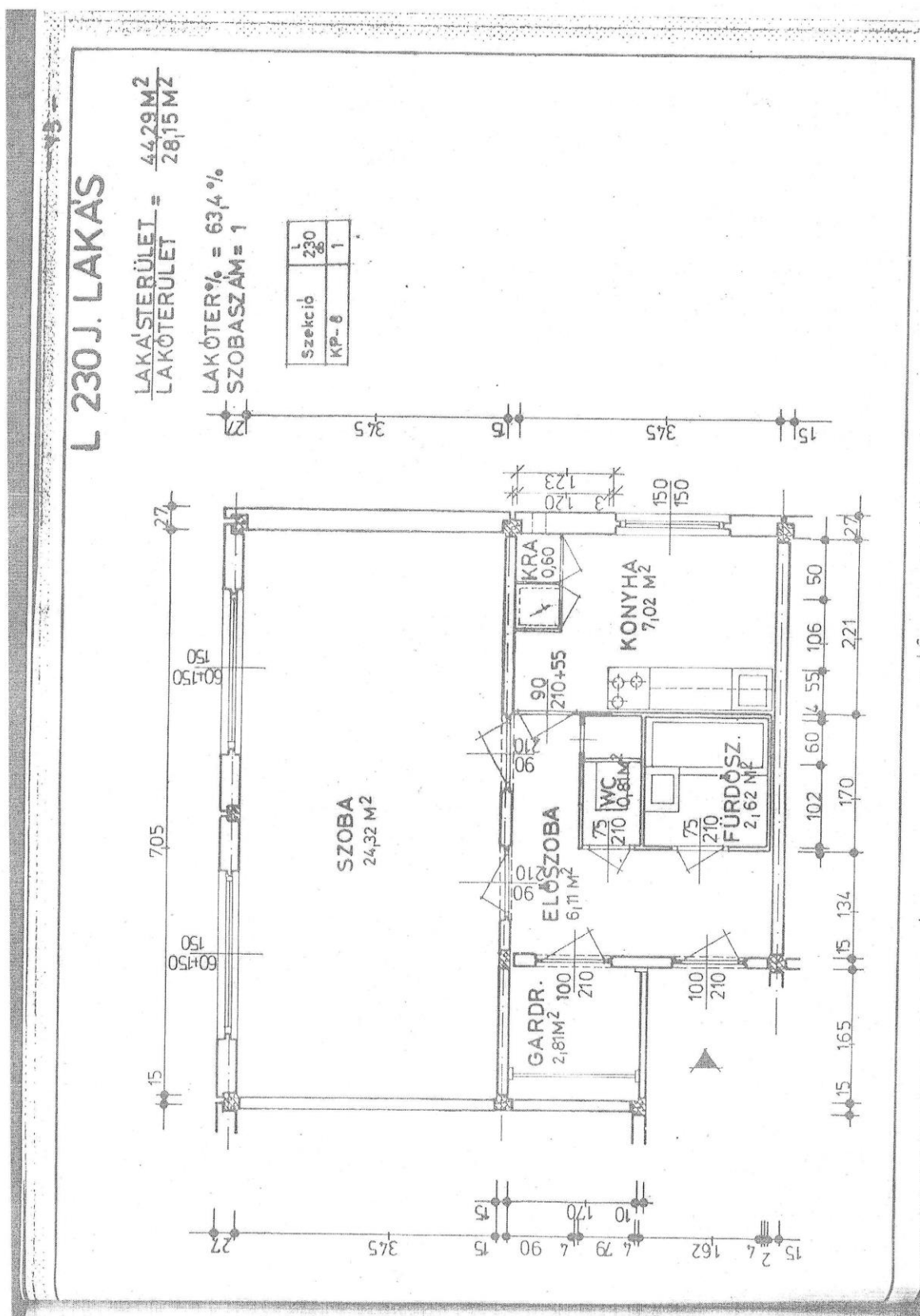


6.7 ábra: Az épület áttekintő terve



6.8 ábra: Az L540 és az L541 típusú lakások alaprajza





6.10 ábra: Az L230-as típusú lakás alaprajza

L 450J. LAKÁS

$$\frac{\text{LOGGIA LAKÁSTERÜLET}}{\text{NÉLKÜLI LAKÓTERÜLET}} = \frac{58,86 \text{ M}^2}{37,03 \text{ M}^2}$$

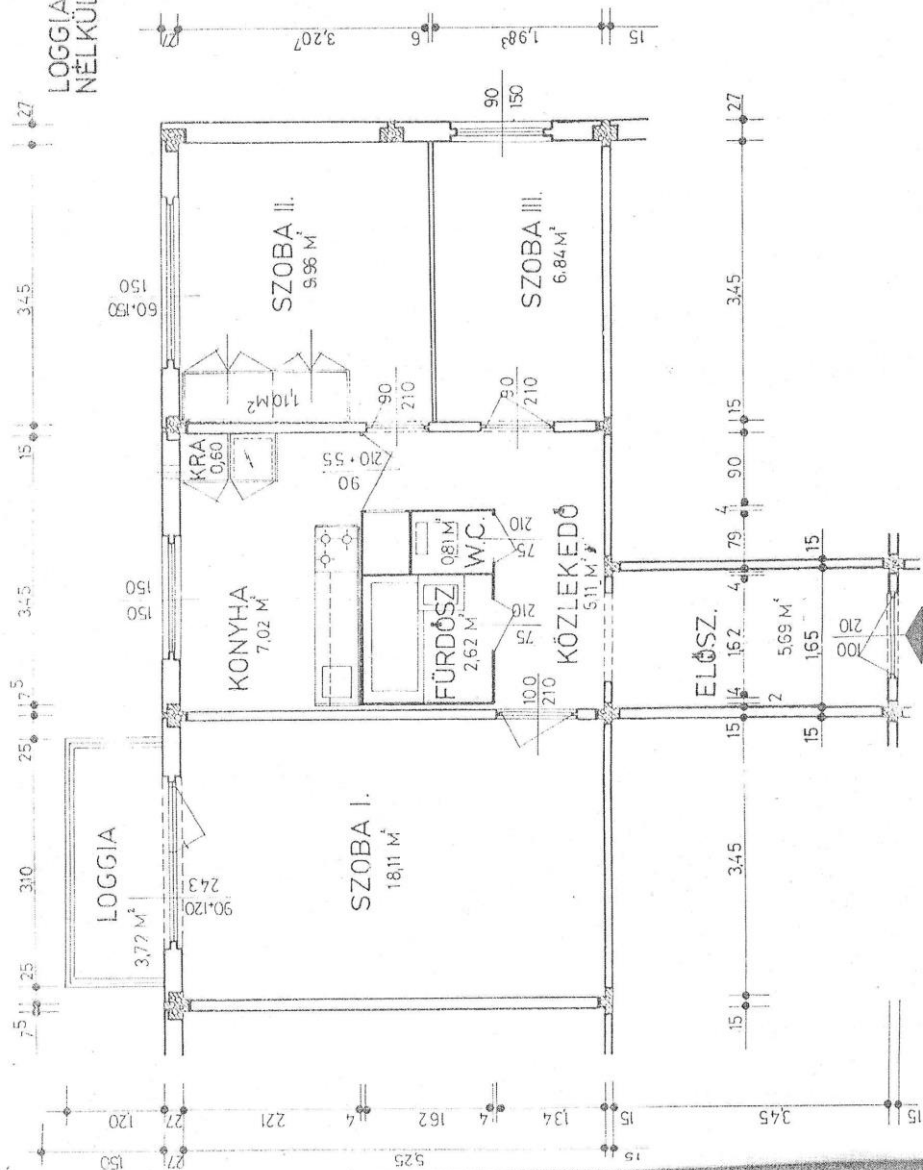
$$\text{LAKÓTER. \%} = 62,8 \%$$

$$\text{SZOBASZÁM} = 1 + 1/2 + 1/2$$

LOGGIÁS

$$\frac{\text{LAKÁSTERÜLET}}{\text{LAKÓTERÜLET}} = \frac{60,72 \text{ M}^2}{38,89 \text{ M}^2}$$

Szekció	L 450
KP-8	11



6.11 ábra: Az L450-es típusú lakás alaprajza

6.2 A hőtani modell alapvetései, számítás síkfalak esetén

A panelház most felállított hőtani modelljében elhanyagoljuk azokat a változókat, amelyek mindkét esetben változatlanok lennének. Feltételezzük, hogy a szigetelés előtti és a szigetelés utáni lakásokban ugyanannyi technikai berendezés működik, ugyanannyi ember él, a lakásokat körülvevő külső és belső tér ugyanazon az átlaghőmérsékleten van, az ablakok által elnyelt és kibocsátott hősugárzás mindkét esetben ugyanannyi. Feltételezzük emellett, hogy minden lakó ugyanolyan hőmérsékletűre fűti a lakását egész szezon alatt, és elhanyagoljuk a szellőztetéssel távozó hőmennyiséget is. A modell felállításakor a lépcsőházat szintenként tagoljuk, és egy szinten belül megvizsgáljuk, hogy mekkora az egyes szinteken a határoló felület hőteljesítménye a környezet felé. Ehhez faltípusonként összeszámítjuk a felületeket, melyek lehetnek külső határoló fal, nyílászáró, a legfelső szinten a tetőfödém illetve a legalsó szinten a padló. Mivel a legalsó szint fűtetlen, és a földszinttől egy 4 cm vastag NIKECELL szigetelés választja el, ezért nem a garázst, hanem a földszintet vettük legalsó szintnek a számítás során. Mivel a panelházakat egyforma hőmérsékletűnek feltételeztük, az épület belsejében létrejövő hőáramokkal nem fogunk számolni. A síkfelületekre a termodinamikában használatos képletet írjuk fel a hőátzármaztatásra, mely egyszerre veszi figyelembe a falban történő hővezetést és a fal mentén létrejövő folyadék szilárd határon létrejövő hőátadását:

$$\dot{Q} = \dot{q} \cdot A \quad (6.1)$$

Ahol: $\dot{Q}$ [W] az adott A [m^2] felületen időegység alatt átáramló hőmennyiség, más szóval hőteljesítmény, $\dot{q}[\frac{W}{m^2}]$ pedig a síkfalban időegység alatt felületegységenként terjedő fajlagos hőmennyiség, a hőáramsűrűség.

$$\dot{q} = U \cdot (T_{belső} - T_{külső}) \quad (6.2)$$

Ahol $T_{belső}$ [K] és $T_{külső}$ [K] a fal környezetében elhelyezkedő külső és belső levegő hőmérséklete, mivel hőmérséklet-különbséggel számolunk, megengedhető a Celsius

skála használata is. $U[\frac{W}{m^2 K}]$ pedig a hőátvezetési tényező, mely többretegű síkfalak esetén az alábbi módon számítható:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{k\ddot{u}ls\ddot{o}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{bels\ddot{o}}}} \quad (6.3)$$

Ahol $\alpha_{k\ddot{u}ls\ddot{o}}[\frac{W}{m^2 K}]$ és $\alpha_{bels\ddot{o}}[\frac{W}{m^2 K}]$ folyadék és a síkfal közötti, általában csak kísérleti úton meghatározható hőátadási tényező. $\delta_i[m]$ az i-edik falréteg vastagsága, $\lambda_i[\frac{W}{m K}]$ pedig az i-edik falréteghez kapcsolódó hővezetési anyagjellemző. A vizsgálatok során a kívülről feltett szigetelést érő környezeti és beépítési hatásokat az MSZ EN ISO 10456 szabvány szerint az alábbi képlettel vettük figyelembe:

$$\lambda_{tervez\ddot{e}si} = \lambda_{deklar\ddot{a}lt} \cdot (\sum_{i=1}^n \kappa) \quad (6.4)$$

Ahol κ a környezeti és beépítési hatásokat figyelembe vevő táblázatból kiolvasható dimenzió nélküli mennyiség. A nyílászárók esetén $U=3 \frac{W}{m^2 K}$ -nel számoltunk. A modellnél használt egyéb anyagjellemzők és geometriai méretek:

Táblázat 6.1:

Anyag neve	Hővezetési tényező (W/mK)	A felületek neve	A felületek közötti hőátadási tényező (W/m ² K)
Vasbeton	1,55	lapostető-külső levegő	24
Kőzetgyapot szigetelés	0,35	lapostető-belső környezet	10
Nikecell szigetelés	0,44	külső fal- külső levegő	24
Laminált padló	0,12	külső fal- belső környezet	8
Festék	0,14	padló-garázs szint	6
Dübelek	0,14	padló-belső környezet	8

Táblázat 6.2:

A felület neve	A számításnál figyelembe vett felületek m ²
Külső vasbeton fal	20079,152
Nyílászárók	695,259
Lapostető	324,495
Padló	324,495

6.3 A hőhidak figyelembevétele

A modellezni kívánt épületben figyelembe kell venni azokat a helyeket, ahol nem egydimenziós hővezetés történik. Ilyenek például az épület sarkai vagy a mennyezet és a falak találkozása, a nyílászárók kerületei illetve a külső fal és a belső falak találkozásai. Ezeknek a felületeknek nagyobb a hő felvevő oldaluk, mint a hő leadó oldaluk, így ezeken a helyeken megnő a hőáramsűrűség. Ezeket a felületeket hőhidaknak nevezzük. A hőhidaknál fellépő plusz veszteségek figyelembevételére a 40/2012. (VIII.) BM rendelete két lehetőséget kínál: az MSZ EN ISO 1021-es szabvány szerinti vagy azzal azonos eredményt adó számítási lehetőségeket vagy a kormányrendeletben meghatározott egyszerűsített leírásmódot. A mostani modell esetében az egyszerűsített leírásmódot fogjuk alkalmazni, melyet az alábbi összefüggéssel írhatunk le:

$$U_R = U \cdot (1 + \chi) \quad (6.5)$$

Ahol U_R a falfelület hőhid hatásokkal módosított hőátadási tényezője, U a fal eredeti hőátadási tényezője, melyet az fentiekben említettek alapján számítunk ki, χ pedig a hőhidak hatását figyelembe vevő korrekciós tényező, melyet az alábbi táblázatból olvashatunk ki:

Táblázat 6.3:

Határoló szerkezetek			A hőhidak hatását kifejező korrekciós tényező χ
Külső falak ¹⁾	külső oldali, vagy szerkezeten belüli megszakítatlan hőszigeteléssel	gyengén hőhidas	0,15
		közepesen hőhidas	0,20
		erősen hőhidas	0,30
	egyéb külső falak	gyengén hőhidas	0,25
		közepesen hőhidas	0,30
		erősen hőhidas	0,40
Lapostetők ²⁾		gyengén hőhidas	0,10
		közepesen hőhidas	0,15
		erősen hőhidas	0,20
Beépített tetőteret határoló szerkezetek ³⁾		gyengén hőhidas	0,10
		közepesen hőhidas	0,15
		erősen hőhidas	0,20
Padlásfödémek ⁴⁾			0,10
Árkádfödémek ⁴⁾			0,10
Pincefödémek ⁴⁾	szerkezeten belüli hőszigeteléssel		0,20
	alsó oldali hőszigeteléssel		0,10
Fűtött és fűtetlen terek közötti falak, fűtött pincetereket határoló, külső oldalon hőszigetelt falak			0,05

Látszik, hogy a táblázat megkülönböztet gyengén, közepesen és erősen hőhidas szerkezeteket, az adott falrész ezen osztályokba történő besorolására az alábbi táblázat nyújt segítséget:

Táblázat 6.4:

Határoló szerkezetek	A hőhidak hosszának fajlagos mennyisége (fm/m ³)		
	Határoló szerkezet besorolása		
	gyengén hőhidas	közepesen hőhidas	erősen hőhidas
Külső falak	< 0,8	0,8 – 1,0	> 1,0
Lapostetők	< 0,2	0,2 – 0,3	> 0,3
Beépített tetőtereket határoló szerkezetek	< 0,4	0,4 – 0,5	> 0,5

A hőhidak hosszának fajlagos mennyiségét egy adott falrész esetén úgy kaphatjuk meg, ha hőhidaknak minősülő falrészek hosszát elosztjuk a vizsgált fal területével. A mi épületünk esetében minden határoló felület erősen hőhidasra adódott, ennek megfelelően választottunk ki a hőhidak hatását figyelembe vevő korrekciós tényezőket. A külső falon jelentkező hőhidakon kívül figyelembe vesszük a szigetelés felrakásakor, a szigetelés dübelekkel való átszúrásával okozott pontszerű hőhidakat. Egy 1 m²-es tábla rögzítéséhez általában 6-8 dübelt használnak. Mi 8 darab 6 mm átmérőjű dübellel számoltunk, és a hővezetési dübelek hatását a hővezetési tényezők súlyozásával vettük figyelembe a következőképpen:

$$\lambda_{eredő} = \lambda_{tervezési} \cdot A_{szigetelés} + \lambda_{dübelek} \cdot A_{dübelek} \quad (6.6)$$

7 A hőtani számítás.

7.1 Hőmérséklet értékek meghatározása, és a számítás menetének leírása.

A felületek felvétele és csoportosítása, rétegvastagságok és anyagjellemzők felvétele és beépítési korrekciók után meghatározzuk a hőmérsékleteket. Egy fűtési szezont három részre osztva fogunk modellezni: őszi, téli és tavaszi fűtési ciklus. Az őszi ciklusba az október és a november tartozik, ezeknek a hónapoknak a napi középhőmérséklet átlaga az Országos Meteorológiai Szolgálat adatai alapján Miskolc környékén 6,5 °C, a téli ciklus hónapjainak az átlagos napi középhőmérséklete -1,6 °C. A tavaszi ciklusba tartozó hónapok a március és az április, ezen hónapok hőmérsékleti átlaga szintén 6,5 °C-ra adódik. A számítás során feltételezzük, hogy a lakásokat 21 °C-ra fűtik fel, a legalsó szinttel érintkező fűtetlen garázsok hőmérséklete pedig 13 °C. A hőmérsékletek meghatározása után egyenként kiszámoljuk a hőátbocsátási tényezők értékét, megállapítjuk a fal

hőhidasságának mértékét és típusát, majd korrigáljuk a kormányrendeletben megadott korrekciós tényezővel. A korrigált hőátbocsátási tényezővel már kiszámíthatjuk a fal hőteljesítményét, ezt a fűtési ciklus alatt eltelt idővel felszorozva megkapjuk a fal energiaveszteségét. Ezeket az energiaveszteségeket először fűtési cikluson belül összegezzük, majd a fűtési ciklusok energiaveszteségeit összegezve megkapjuk a lakás energiaveszteségét egy fűtési szezonra. Ezek után a modellt kiegészítjük a polisztirol hőszigeteléssel, aminek a vastagságát először 2 cm-nek tekintjük, majd minden számításkor 2 cm-rel növeljük, majd ugyanilyen léptékkal növelve a hőszigetelés vastagságát kiszámítjuk az energiaveszteséget közetgyapot szigetelés esetén is. Így mind a két szigetelés esetén, mind a tíz esetre megkapjuk az épület egy fűtési ciklusra vett energiaigényét.

7.2 A felhasznált tüzelőanyag és a kibocsátott üvegházhatású gázokmennyiségének kiszámítása

Az előző fejezetben kiszámítottuk a lépcsőház fűtési szezonra számított energiaigényét: E_F , ebből a mennyiségből kiindulva meg tudjuk határozni a fűtési hálózat ismeretében a tüzelőanyag és a kibocsátott CO₂ mennyiségeket. A lépcsőház fűtésére felhasznált hőmennyiségből ki kell számolnunk a Miskolc Diósgyőri Gázmotoros Fűtőerőműből igényelt hőmennyiséget. A MIHŐ kapumérők és elszámolómérők között kimutatott átlagos vesztesége 14 %. Így az igényelt energiamennyiségre a következő képlet adódik:

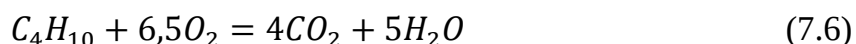
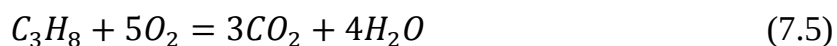
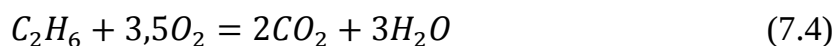
$$E_I = \frac{1}{1-0.14} \cdot E_F \quad (7.1)$$

Ezt az energiamennyiséget a két különböző rendszer között a fűtési ciklusokra vett energiakibocsátásuk arányában osztjuk szét, így kapjuk meg E_{i1} és E_{i2} értékeket.

$$E_{i1} = V_{Fi1} \cdot H_{F1} \cdot \frac{1}{\eta_{h1}} \quad (7.2)$$

Ahol V_{Fi1} [m^3] a berendezés által felhasznált földgáz, $H_{F1}[\frac{\text{GJ}}{\text{m}^3}]$ a berendezés által felhasznált földgáz fűtőértéke, $\eta_{h1}[\%]$ edig a berendezés hőhatásfoka. Ehhez hasonlóan kiszámíthatjuk E_{i2} -t is. Viszont nagy hibát követnénk el, ha nem vennénk figyelembe, hogy a gázmotoros rendszeren kapcsolt-energiatermelés is történik, ezért kiszámítjuk, hogy a két adott arányban működő rendszer egy GJ hőenergia termelése mellett hány GJ villamos energiát termel meg. Majd meghatározzuk az igényelt hőenergia-mennyiség mellett termelt elektromos-energia-mennyiséget is. Ezek után a GaBi 5.0-s programban megnézzük, hogy Magyarországon 1 GJ villamosenergia-termelése közben mennyi a tonna CO_2 -egyenértékre átszámított üvegházhatású gázkibocsátás. A két adatból számítható tonna CO_2 -egyenérték mennyiségi adattal a legvégén korrigáljuk majd a számításunkat, úgy vesszük, hogy a kapcsolt energiatermelés miatt a megtermelt elektromos energiát már nem kell más erőműveknek megtermelnie. Ezért az erre a villamosenergia-mennyiségre jutó tonna CO_2 -egyenérték már nem jelent további környezetterhelést. Az E_{i1} és E_{i2} arányában meghatározott energia értékeket a fűtőértékükkel leosztva megkapjuk az egyes rendszerekben elégetett földgáz mennyiségét. Az általunk számított CO_2 -egyenértéknek öt komponense lesz, melyek átszámításához az Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC Fourth Assessment Report (AR4) szerinti adatokat vettük figyelembe. Ezek a komponensek és átváltási számaik a következők: a CO_2 , itt az átváltási szám: $1 \text{ kg CO}_2 = 1 \text{ kg CO}_2$ -egyenérték, a CO , itt az átváltási szám: $1 \text{ kg CO} = 1 \text{ kg CO}_2$ -egyenérték, ezért a motorban létrejövő tökéletlen égéssel a továbbiakban nem fogunk számítani. A következő komponens a H_2O , itt az átváltási szám: $1 \text{ kg H}_2\text{O} = 2 \text{ kg CO}_2$ -egyenérték, az NO_2 , itt az átváltási szám: $1 \text{ kg NO}_2 = 298 \text{ kg CO}_2$ -egyenérték, és az utolsó, a maradék CH_4 , amely nem égett el a motorban, itt az átváltási szám: $1 \text{ kg CH}_4 = 25 \text{ kg CO}_2$ -egyenérték. Az égés során a légfesleges tényező 1,82. A maradék szénhidrogénekkel nem számolunk komponensenként, hanem metánnak tekintjük őket, hasonlóképpen a keletkező különböző nitrogén-oxidokat is mind nitrogén-dioxidnak tekintjük. Az égési egyenleteket felírva, a földgáz térfogatarányainak az ismeretében kiszámíthatjuk az adott mennyiségű földgáz elégetésekor keletkezett üvegházhatású gázok mennyiségét.

Az égés egyenletei:



Tehát egy m^3 földgáz elégetésekor keletkező CO_2 mennyisége:

$$V_{CO_2} = ((r_{CH_4} - r'_{CH_4}) \cdot 1 + r_{C_2H_6} \cdot 2 + r_{C_3H_8} \cdot 3 + r_{C_4H_{10}} \cdot 4) \cdot V_{földgáz} \quad (7.7)$$

Ahol r az indexben megjelölt alkotó földgázban jelenlévő térfogatarányát jelenti, r' az el nem égett metán térfogatarányát, $V_{földgáz}$ pedig az elégetendő földgázmennyiséget. A CO_2 térfogatát a normálállapotú sűrűségével megszorozva megkapjuk a keletkezett CO_2 tömegét. A keletkezett vízgőz mennyiségének a számítása:

$$V_{H_2O} = ((r_{CH_4} - r'_{CH_4}) \cdot 1 + r_{C_2H_6} \cdot 3 + r_{C_3H_8} \cdot 4 + r_{C_4H_{10}} \cdot 5) \cdot V_{földgáz} \quad (7.8)$$

A térfogat és a vízgőz sűrűségének a szorzataként adódik a keletkezett vízgőz tömege. A maradék metán mennyiségét a következő képen tudjuk számítani:

$$V_{CH_4maradék} = r'_{CH_4} \cdot V_{földgáz} \quad (7.9)$$

A sűrűség és a térfogat szorzataként adódik a termelődött metán tömege. Az NO_2 mennyiségének a számítása:

$$m_{NO_2} = f \cdot V_{földgáz} \quad (7.10)$$

Ahol f az egy köbméter füstgázra vonatkoztatott NO_2 termelődési arány. r' és f értékét az Észak-Magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség által készített mérési jegyzőkönyv adatai alapján számítjuk ki. A táblázatban a jegyzőkönyv átlagos adatait tüntettem fel:

Táblázat 7.1:

A gáz megnevezése	A mért koncentráció mg/m ³
maradék szénhidrogén	40,52
Szén-monoxid	78,78
Nitrogén-oxidok	220,4

Ezek az adatok azonban a füstgázra vannak vonatkoztatva, így megvizsgáltam, hogy az adott légfeszültség tényező melletti égés közben egy m³ földgáz elégetésekor mennyi égéstermék keletkezik, ez a mi esetünkben 17,19 m³-re adódik, így már át tudjuk számítani a táblázatban feltüntetett értékeket az elégetett földgáz mennyiségére, így adódik f értéke. r' a metán koncentrációjának kg/m³ dimenzióra váltott értékének, a metán sűrűségének és a metán földgázon belüli részarányának a szorzataként adódik. A modellben mi a szabványos földgázösszetételt használtuk az MSZ 1638-as szabvány szerint.

Táblázat 7.2:

A földgáz összetétele:	térfogatarány (V/V)%
Metán	97,000
Etán	0,919
Propán	0,363
Bután	0,162
Szén-dioxid	0,527
Oxigén	0-0,080
Nitrogén	0,936
Nemesgázok	nyomelemként

A keletkezett tömegeket átváltjuk kg CO₂-egyenértékre, a fentebb említett átváltási számok alapján. Az így kapott tömegeket összegezzük, így kapjuk meg az üvegházhatású gázok összesített kg CO₂-egyenértékű tömegét, majd ezt a mennyiséget korrigáljuk a Miskolc Diósgyőri Gázmotoros Fűtőerőmű kapcsoltenergiatermelése miatt. A „grátisba” megtermelt villamos energia mennyiségét megszorozzuk a fentiekben kiszámított kg CO₂-egyenértékre számított kompenzációs faktorról, majd az így kapott mennyiséget kivonjuk az üvegházhatású gázok összesített kg CO₂-egyenértékű mennyiségéből, ezzel a lépéssel

kiszámítottuk a hőtani modell végeredményét, a kg CO₂-egyenértékre számított kompenzált üvegházhatású gázok mennyiségét. A számítást minden szigetelési vastagságra és mind a két szigetelőanyag-fajtára elvégezve megkapjuk az adott szigetelés mellett a ház fűtése közben kibocsátott tonna CO₂-egyenértékű mennyiségeket. Ezeket a szigeteletlen ház fűtése közben keletkező tonna CO₂-egyenértékű mennyiségből kivonva megkapjuk a különböző vastagságú és anyagi minőségű szigetelések által megtakarított tonna CO₂-egyenértékű mennyiségeket. Az előző szigetelés vastagsághoz tartozó tonna CO₂-egyenértékű megtakarításból kivonva az aktuális szigetelés vastagsághoz tartozó tonna CO₂-egyenértékű megtakarítást, megkapjuk azt, hogy a feltett újabb két cm-es szigetelés mennyivel csökkentette tonna CO₂-egyenértékre számított üvegházhatású gázok szempontjából a környezetterhelést.

8 A végeredmények kiértékelése.

8.1 A hőtani végeredmények.

A modell valóságosságának vizsgálatára, a szigetelés előtti és a panelprogramos felújítás utáni a MIHŐ kft. által mért fűtésienergia-adatokat átlagoltam, és összevettem a modellben kiszámított fűtésre felhasznált számított energiamennyiséggel. A szigetelés előtti panelház esetén a mértadat: 1380 GJ/fűtési ciklus, a számított adat pedig: 1327,54 GJ/ fűtési ciklus, így az eltérése: 3,8 %, míg a panelprogramos felújítást követő mért adat: 821,28 GJ/ fűtési ciklus, a számítottadat pedig: 891,5 GJ/ fűtési ciklus, így az eltérés: -8,55 %-ra adódik. Utóbbi esetben a modellben a szigetelés felrakása mellett az ablakok hővezetési tényezőjét is megváltoztattam, ugyanis a valós felújításkor az ablakok cseréje is megtörtént. Ezen két pont esetén a modell szórása 10 %-on belül van, az általunk számított eredményeket ennek megfelelően kell kezelni. A hőtani modell fontosabb

részeredményei és végeredményeinek összegzése egy fűtési ciklust tekintve a következő:

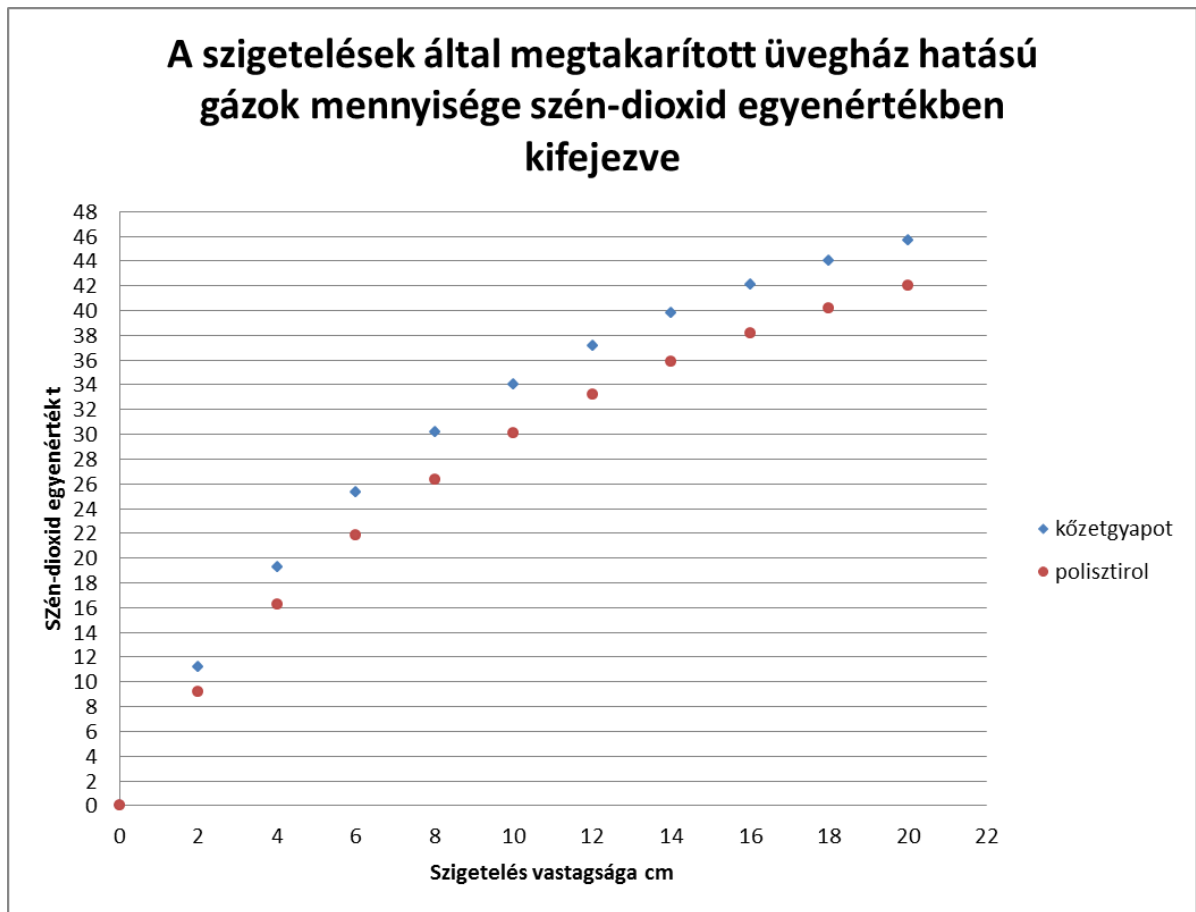
Táblázat 8.1:

Kőzetgyapot						
Szigetelő réteg vastagsága (cm)	A fűtés energia igénye (GJ)	A fűtés (és a termelt villamos energia) primer energiaigénye (GJ)	A tüzelőanyag elegetésekor keletkező üvegházhatású gázok mennyisége CO2 egyenértékre számítva kőzetgyapot (t)	A kompenzált (végleges) üvegházhatású gázok mennyisége CO2 egyenértékre számítva kőzetgyapot kibocsátás (t)	A szigetelés által elért összes üvegházhatású gáz megtakarítás mennyisége CO2 egyenértékre számítva kőzetgyapot (t)	Az újabb 2 cm szigeteléssel megtakarított kompenzált üvegházhatású gázok mennyisége CO2 egyenértékre számítva (t)
0,0000	1327,5431	2423,6015	312,0694	234,6183	0,0000	11,1720
2,0000	1264,3285	2308,1950	297,2094	223,4463	11,1720	8,0785
4,0000	1218,6177	2224,7441	286,4640	215,3677	19,2505	6,1140
6,0000	1184,0229	2161,5868	278,3317	209,2538	25,3645	4,7885
8,0000	1156,9279	2112,1214	271,9624	204,4652	30,1530	3,8520
10,0000	1135,1321	2072,3304	266,8388	200,6132	34,0050	3,1658
12,0000	1117,2192	2039,6280	262,6280	197,4475	37,1708	2,6480
14,0000	1102,2362	2012,2747	259,1059	194,7995	39,8188	2,2476
16,0000	1089,5187	1989,0572	256,1163	192,5519	42,0663	1,9316
18,0000	1078,5889	1969,1034	253,5470	190,6203	43,9980	1,6779
20,0000	1069,0945	1951,7702	251,3152	188,9423	45,6759	1,4712

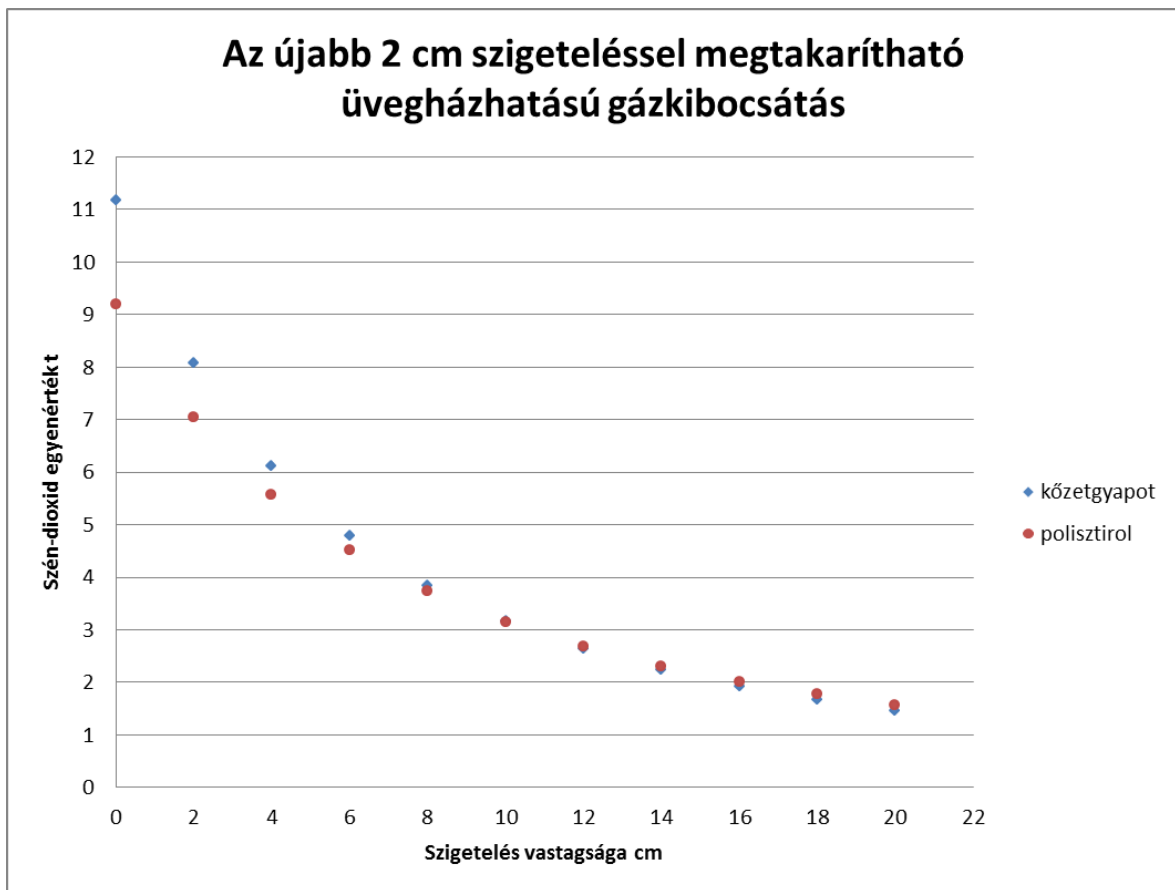
Táblázat 8.2:

Polisztirol						
Szigetelő réteg vastagsága (cm)	A fűtés energia igénye (GJ)	A fűtés (és a termelt villamos energia) primer energiaigénye (GJ)	A tüzelőanyag elegetésekor keletkező üvegházhatású gázok mennyisége CO2 egyenértékre számítva kőzetgyapot (t)	A kompenzált (végleges) üvegházhatású gázok mennyisége CO2 egyenértékre számítva kőzetgyapot kibocsátás (t)	A szigetelés által elért összes üvegházhatású gáz megtakarítás mennyisége CO2 egyenértékre számítva kőzetgyapot (t)	Az újabb 2 cm szigeteléssel megtakarított kompenzált üvegházhatású gázok mennyisége CO2 egyenértékre számítva (t)
0,0000	1327,5431	2423,6015	312,0694	234,6183	0,0000	9,1900
2,0000	1275,5433	2328,6692	299,8457	225,4283	9,1900	7,0440
4,0000	1235,6864	2255,9052	290,4764	218,3843	16,2339	5,5713
6,0000	1204,1622	2198,3538	283,0659	212,8130	21,8052	4,5169
8,0000	1178,6043	2151,6945	277,0579	208,2961	26,3221	3,7360
10,0000	1157,4650	2113,1019	272,0887	204,5602	30,0581	3,1415
12,0000	1139,6894	2080,6502	267,9101	201,4186	33,1996	2,6785
14,0000	1124,5336	2052,9814	264,3474	198,7401	35,8781	2,3108
16,0000	1111,4582	2029,1107	261,2737	196,4293	38,1889	2,0140
18,0000	1100,0624	2008,3060	258,5949	194,4153	40,2029	1,7709
20,0000	1090,0419	1990,0124	256,2393	192,6444	41,9739	1,5694

A hőtani rész végeredményeinek ábrázolása grafikonon:



9.1 ábra: A szigetelések által megtakarított üvegházhatású gázok mennyisége szén-dioxid egyenértékben kifejezve



9.2 ábra: Az újabb 2 cm szigeteléssel megtakarítható üvegházhatású gáz kibocsátás

A grafikonokon láthatjuk, hogy a kőzetgyapot-szigetelés különösen a 10 cm szigetelésvastagságok alatt hatékonyabb, mint a polisztirol-szigetelés, és ennek a szigetelőanyagnak nagyobb a károsanyag-megtakarítása ugyanolyan vastagságok esetén. Viszont érdekes látni, hogy a 10 cm feletti vastagságokban a pontok egymásra simulnak. Ennek az lehet az oka, hogy ebben az esetben a hő már nem a falakon, hanem a rosszabb minőségű nyílászárókon távozik, ugyanis a számításoknál, az ellenőrző számítás kivételével az ablakokat változatlanul hagytuk. Itt is látszik, hogy a szigetelés önmagában csak félmegoldás a nyílászárók cseréje nélkül, hisz 20 cm-es szigetelésvastagság mellett a becsült energiamegtakarítás kőzetgyapot-szigetelés esetén is csak 311 GJ/fűtési ciklus, míg a valóságban egy 7 cm-es polisztirol szigeteléssel és a nyílászárók cseréjével 559 GJ/fűtési ciklusonként a megtakarított energia. Ezeknél az adatoknál a mérési adatot használtam fel, a számítás többi részében azonban a becsült érték bázisára vonatkoztattam. Mi

viszont kénytelenek voltunk szétválasztani, hogy az életciklus-elemzésben csak a szigetelések hatásait vizsgáljuk.

8.2 A teljes életciklus-elemzés eredményei

A fentebbiekben bemutatott GaBi 5.0-ás életciklus-elemző program segítségével megalapítottuk, hogy 1 m² alapterületű 1 cm vastag szigetelés legyártása, szállítása hulladékként történő hasznosítása közben a kibocsátott üvegházhatású gázok kg CO₂-egyenértékben kifejezett mennyisége polisztirol esetén 0,63 kg CO₂-egyenérték, kőzetgyapot esetén 0,34 kg CO₂-egyenérték. Az épület leszigetelt homlokfelülete 2000 m², így a szigetelés vastagságának a függvényében megállapítható, hogy mennyi üvegházhatású gáz keletkezett a szigetelés miatt.

Táblázat 8.3:

A szigetelés vastagsága (cm)	A szigetelés életciklusa közben kibocsátott CO ₂ egyenérték (t)	
	polisztirol	kőzetgyapot
0	0,00	0,00
2	2,52	1,36
4	5,04	2,72
6	7,56	4,08
8	10,08	5,44
10	12,60	6,80
12	15,12	8,16
14	17,64	9,52
16	20,16	10,88
18	22,68	12,24
20	25,20	13,60

Máris látható, hogy ezek az értékek nem esnek egy nagyságrendbe a megtakarítási oldallal, főleg hogyha azt nem egy évre, hanem a teljes életciklusra tekintjük. A szigetelés gyártói szerint a szigetelés addig jól ellátja a feladatát, amíg a ház áll. Így szükségünk van egy átlagos időtartalomra, mi ezt 30 évnek, azaz 30 fűtési ciklusnak tekintettük. Ilyen feltételek mellett láthatóak a szigetelés által elért tonna CO₂ egyenértékre vonatkoztatott megtakarítási értékek.

Táblázat 8.4:

	A megspórolt CO ₂ egyenérték 30 fűtési ciklusra számítva (t)	
A szigetelés vastagsága (cm)	polisztirol	kőzetgyapot
0	0,00	0,00
2	275,70	335,16
4	487,02	577,52
6	654,16	760,94
8	789,66	904,59
10	901,74	1020,15
12	995,99	1115,12
14	1076,34	1194,56
16	1145,67	1261,99
18	1206,09	1319,94
20	1259,22	1370,28

Látható, hogy óriási a megtakarítás minden esetben, tehát szigeteléssel nem csak saját magunknak teszünk jót, hanem a környezetünknek is. A megtakarítási értékeket összefoglalva:

Táblázat8.5:

	Megtakarítás CO ₂ egyenérték (t)		Megtakarítási-Kibocsátási arány	
A szigetelés vastagsága (cm)	polisztirol	kőzetgyapot	polisztirol	kőzetgyapot
0	0,00	0,00	nincs értelmezve	nincs értelmezve
2	273,18	333,80	108,40	245,44
4	481,98	574,80	95,63	211,32
6	646,60	756,86	85,53	185,50
8	779,58	899,15	77,34	165,29
10	889,14	1013,35	70,57	149,02
12	980,87	1106,96	64,87	135,66
14	1058,70	1185,04	60,02	124,48
16	1125,51	1251,11	55,83	114,99
18	1183,41	1307,70	52,18	106,84
20	1234,02	1356,68	48,97	99,76

Az általában használt 10-12 cm-es szigetelések esetén látható, hogy egy ház leszigetelésével 900-1100 tonna CO₂-egyenértékű üvegházhatású gáz megtakarítást érhetünk el. Mivel ekkora a különbség a megtakarítás és a kibocsátás között, az eredmény érzékeltetéséhez célszerű azt kifejezni, hogy a megtakarítás hányszorosa a kibocsátásnak, ezt mutatja meg táblázat szélső két sora. Látható, hogy ez az érték a szigetelés vastagságának a növelése mellett csökken. Ez azért van, mert ahogy azt

az előbbieken láttuk, a szigetelés vastagsága nem egyenes arányosságban van a megtakarított hőmennyiségekkel. Míg az első 2 cm-es szigetelés 270-340 tonna CO₂ megtakarítást is eredményezhet a szigetelés fajtájától függően, addig a szigetelés vastagságának 20 cm-ről 22 cm-re történő növelése már csak 50-60 tonna körüli többlemegtakarítást jelent. De még az ésszerűtlen 20 cm-es szigetelőrétegek mellett is 50-100 szoros a megtakarítása a teljes életciklus mellett kibocsátott CO₂ egyenértéknek. Ekkora különbség azt is jelenti, hogy nem csak a jól leszigetelhető KP-8-as típusú panelházra, de valószínűleg az ilyen szempontból rosszabb kivitelű házak esetén is megtörténik a környezetvédelmi megtérülés, csak kisebb arányban. Emellett fontos látni a körülményeket, az életciklus elemzés alapját képező épület egy korszerűtlen panelház, a figyelembe vett fűtéshez felhasznált energia pedig koncentráltan és kapcsolatosan, erőműben termelt, de emellett nagy a szállítási veszteség, a számítás végeredménye nagyban függ ezektől a befolyásoló körülményektől. Nem szabad figyelmen kívül hagynunk azt sem, hogy az elemzést nem egy, hanem több lakásra végeztük el. A fent felsorolt okok miatt láthatjuk, hogy nem szabad általánosítani, más felhasználási feltételek mellett elképzelhető más fajt eredmény is. Látható, hogy a környezetvédelem ebben az esetben szerencsés helyzetben van, hisz egy beruházás környezetvédelmi megtérülési határideje az általunk számolt összes esetben jóval kevesebb, mint 1 fűtési ciklus, míg a gazdasági megtérülésig éveket kell várni. Így a környezetvédelmi megtérülés panelházak esetén valószínűleg megtörténik, ha a gazdasági megtérülésre történik meg a beruházás megtervezése, hisz az egy erősebb feltételt jelent a jelen helyzetben. A két szigetelő anyag közül a kőzetgyapot a várakozásoknak megfelelően sokkal jobban szerepelt, hisz gyártása kisebb terhelést jelent a környezetnek, és emellett nagyobb energia- és ezzel összefüggésben üvegházhatású gázkibocsátási megtakarítás érhető el.

9. Hivatkozások:

- [1] Magyarországi EPS hőszigetelő anyag gyártók egyesülete
- [2] Polimer technika alapjai - Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János
- [3] Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a műanyagok gyártása terén - Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
- [4] Expandált Polisztirolhabok: Gyártása, Alkalmazása – Budapesti Műszaki Egyetem tananyaga
- [5] Masterplast polisztirol - gyártó cég képviselete
- [6] Rockwool kőzetgyapot gyártó cég honlapja
- [7] Isorock kőzetgyapot gyártó cég honlapja
- [8] 7/2006 TNM rendelet
- [9] 40/2012. BM rendelet
- [10] Épületenergetika: Dr. Tolvaj Béla, Dr. Schifter Ferenc Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 2011
- [11] Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisa
- [12] Magyar Energia Hivatal: Vezetékes energiahordozók statisztikai évkönyve
- [13] Miskolci Hőszolgáltató kft. műszaki dokumentációi, mérési eredményei
- [14] Északterv által készített KP-8-as típusú panelház tervrajzai
- [15] Magyar Villamos Művek Miskolci Hőszolgáltató kft. műszaki leírásai
- [16] Demeter Csaba: Szakmai dolgozat
- [17] MSZ EN ISO 10456
- [18] MSZ 1638
- [19] Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC Fourth Assessment Report (AR4)
- [20] Észak-Magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Mérőközpontja által készített emisszió mérési jegyzőkönyv