

Pécsi Tudományegyetem

Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar

Gépészmérnöki tanszék

Kazáncsere vagy hőszigetelés?

A klímaváltozás és költségcsökkentés kérdései a
lakásfelújításban.

Készítette: Magyar Henrik, Papp Máté

Évfolyam: 2. évfolyam

Belső konzulens: Dr. Vajda József

Beosztása: főiskolai tanár

Külső konzulens: Strasser Tibor

Beosztása: Ügyvezető igazgató, GLT Delta Kft.

Pécs

2024

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	3
A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA	3
A DOLGOZAT CÉLKITŰZÉSEI	5
A VIZSGÁLT ÉPÜLET JELLEMZŐI.....	6
HŐSZIGETELÉS HATÁSA A FŰTÉSI HŐIGÉNYRE	7
A HŐSZIGETELÉS SZEREPE AZ ENERGETIKAI FELÚJÍTÁSOKBAN	7
HOMLOKZATI ÉS PADLÁSFÖDÉM SZIGETELÉS MÉRTEZÉSE:	8
PADLÓSZIGETELÉS.....	9
NYÍLÁSZÁRÓK.....	9
HŐSZIGETELŐ ANYAG KIVÁLASZTÁSA	9
BERUHÁZÁSI KÖLTSÉGVETÉS KALKULÁCIÓ.....	10
<i>Expandált polisztirol</i>	11
<i>Üveggyapot</i>	11
<i>Nyílászárók</i>	12
<i>Összesítő táblázat</i>	12
ENERGETIKAI EREDMÉNYEK	13
A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A FŰTÉSI HŐIGÉNYRE MAGYARORSZÁGON.....	14
KÜLSŐ MÉRTEZÉSI HŐMÉRSÉKLET VIZSGÁLATA	18
AZ ÁTLAGHŐMÉRSÉKLET VÁLTOZÁSA A JÖVŐBEN	19
A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ÉPÜLETGÉPÉSZETRE.....	21
KAZÁNCSERE.....	22
VIZSGÁLAT MÓDSZERE	22
KAZÁNTERHELÉS ÉS KAZÁNHATÁSFOK JELLEGGÖRBEJÉNEK VIZSGÁLATA	26
KAZÁNTERHELÉS ÉS TŰZELŐANYAGFOGYASZTÁS MEGHATÁROZÁSA	28
VIZSGÁLT ESETEK SZÁMÍTÁSA	29
<i>Hagyományos kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés előtti állapothoz</i>	29
<i>Hagyományos kazán, túlméretezett teljesítményillesztéssel a hőszigetelés utáni állapothoz</i>	30
<i>Kondenzációs kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés előtti állapothoz</i>	31
<i>Kondenzációs kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés utáni állapothoz</i>	32
<i>Kondenzációs kazán, túlméretezett teljesítményillesztéssel, a hőszigetelés utáni állapothoz</i>	32
A VIZSGÁLT ESETEK KIÉRTÉKELÉSE	33
KAZÁNCSERE BERUHÁZÁSI KÖLTSÉGE.....	35
ÖSSZEGZÉS.....	37
VÁLASZOK A FELVETETT KÉRDÉSEKRE.....	37
TOVÁBBI KUTATÁSI LEHETŐSÉGEK	39
KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS	41
IRODALOMJEGYZÉK	42
FÜGGELÉK, MELLÉKLETEK	43

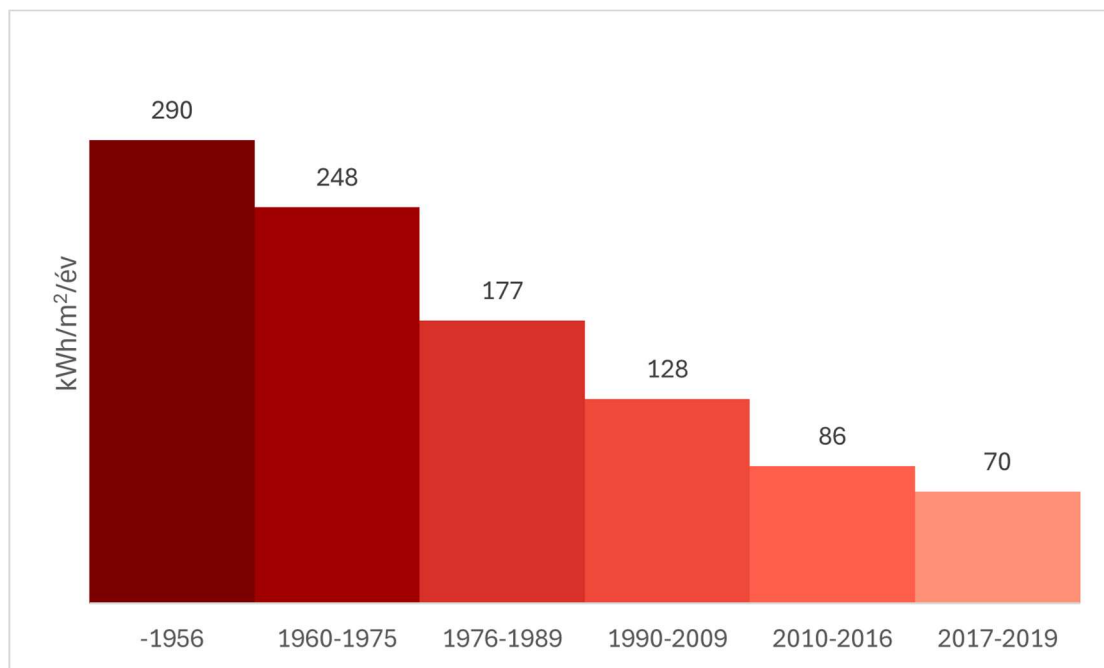
BEVEZETÉS

A témaválasztás indoklása

Az épületgépész szakma, amely szüntelenül támaszkodik az innováció által kínált új lehetőségekre, alapvető szerepet játszik abban, hogy a jelenlegi emberi komfortigények kielégítése ne csupán hatékonyabb, hanem egyúttal energiafogyasztás szempontjából is fenntarthatóbb legyen. Az épületgépészet területén a korszerűen megtervezett, precízen méretezett és fejlett szabályozórendszerekkel ellátott rendszerek bevezetése képes jelentős energiamegtakarítást eredményezni. Ennek megfelelően az energiahatékonyság növelése az épületgépészet kiemelten fontos feladatává vált. Külön érdemes felhívni a figyelmet arra a tényre, hogy akár egyetlen komponens – például egy elavult kazán cseréje – is komoly energiamegtakarítást eredményezhet, szemben a sokkal hosszadalmasabb és gyakran nagyobb kellemetlenséggel járó építészeti megoldásokkal, mint például a falak vastag hőszigetelése. E dolgozat keretében részletesen megvizsgáljuk, hogy az építészeti és épületgépészeti felújítások közül melyik bizonyul költséghatékonyabbnak, melyik jár nagyobb energiahatékonysággal, valamint, hogy melyek azok a megoldások, amelyek a lakók számára olyan kézzelfogható, de anyagiakban nehezen kifejezhető előnyöket biztosítanak, melyek túlmutatnak a pénzügyi megtakarításokon.

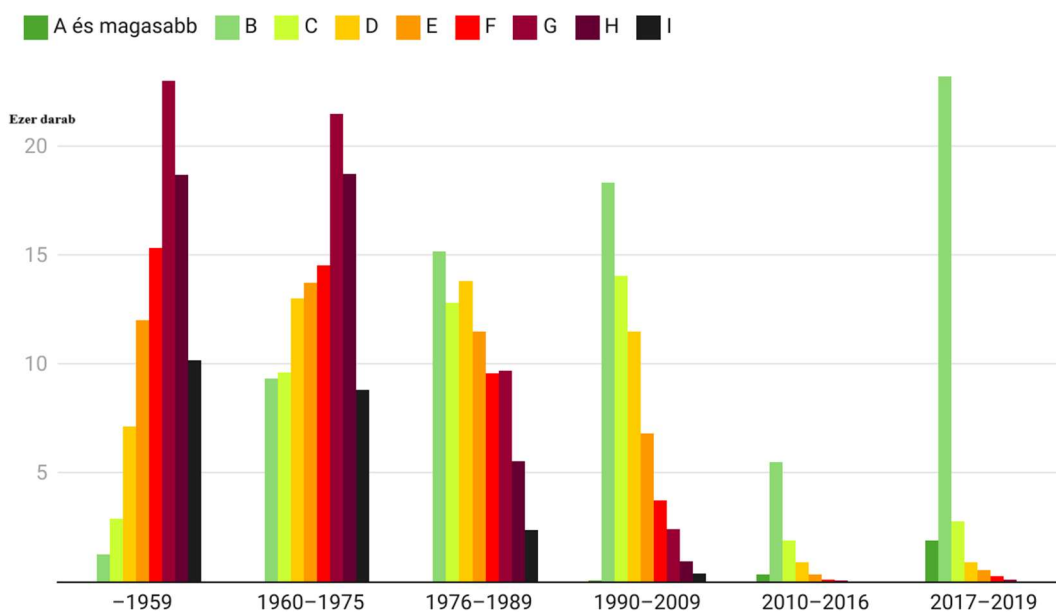
A dolgozat készítésének ötletét az otthonfelújítási támogatási program adja, mely célja kifejezetten a 1990. december 31. előtt épült ingatlanok energiahatékonyságának növelése és energiafelhasználásának csökkentése. Dolgozatunkban, konzulensünk Dr. Vajda József szakkikét is figyelembe vettük, amely a Magyar Épületgépészek Szövetségének szaklapja, az ÉPÜLETGÉPÉSZ XIII. évfolyam, 2024. júniusi számában jelent meg.

A régi építésű ingatlanok energetikai állapota jellemzően elmarad a modern követelményektől. A Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján egyértelműen megfigyelhető, hogy minél régebben épült egy ház, annál magasabb a fajlagos fűtési primer energiaigénye. [1. ábra]

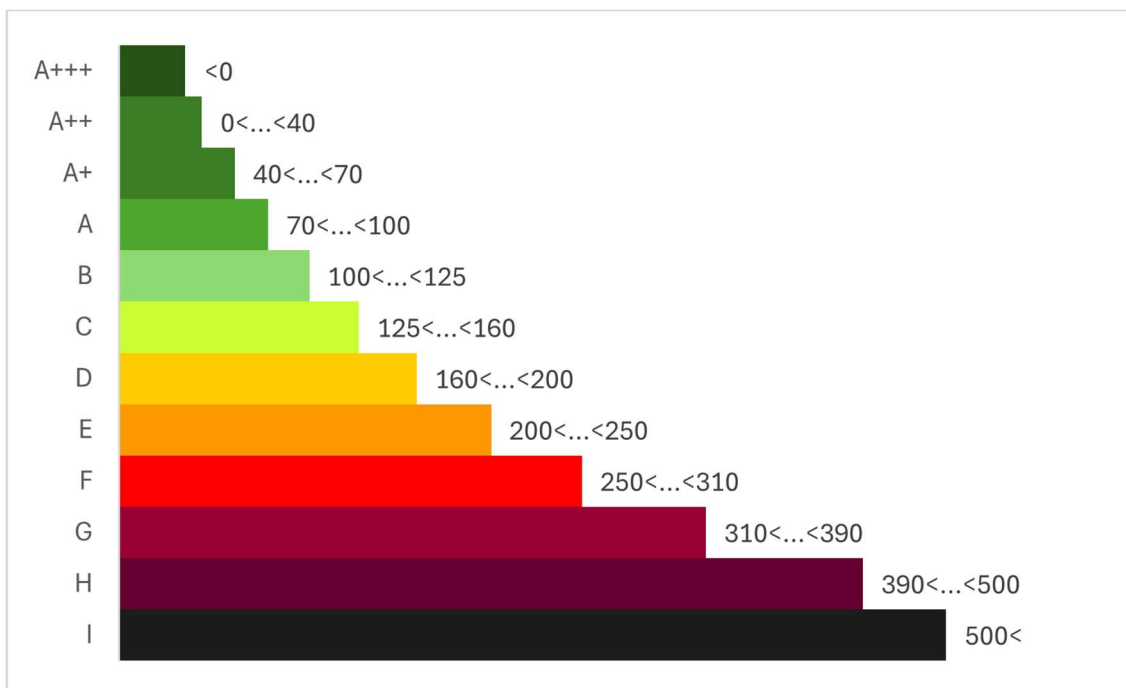


1. ábra Fűtés primerenergiaigénye az épület kora szerint

Az 1960 előtti lakások háromnegyede még az átlagosnak tekinthető F energiahatékonysági szintet sem éri el. Ugyanakkor az 1970-es évek közepétől napjainkig tartó időszakban az épületek energetikai hatékonysága folyamatos javulást mutat. [2. ábra] A dolgozat témájául ezért egy 1961-es mintatervgyűjteményből származó sátoztetős családi ház korszerűsítését választottuk, amelynek energetikai modernizációja jól tükrözi az otthonfelújítási támogatási program által elérhető eredményeket.



2. ábra Lakóépületek energia besorolása a lakóépület építési év szerint



3. ábra Épületek energetikai kategóriák szerinti besorolás a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet

A dolgozat célkitűzései

A választott téma egy olyan összetett és szerteágazó problémakört képvisel, amely szorosan kapcsolódik az épületenergetika és az épületek korszerű felújításának széleskörű és számos részletet magába foglaló kihívásaihoz. Az ilyen felújítások megvalósítása jelentős mérnöki és gazdasági feladat, mely komplex tervezést és átfogó elemzést igényel. A dolgozat elsődleges célkitűzése az, hogy egy ilyen jellegű energetikai felújítást minden részletben körbejárjon, megvizsgálva, milyen módszerek és eszközök révén érhetőek el a leghatékonyabb eredmények, mind pénzügyi, mind energetikai szempontból.

A dolgozat fő kérdései közé tartozik, hogy a beruházó milyen technikai megoldásokkal, illetve milyen anyagi ráfordítással képes jelentős energetikai javulást elérni a kiválasztott épület esetében. A vizsgálat különböző alternatívákat figyelembe véve elemzi a felújítás során elérhető javulásokat, több esetet és szempontot alapul véve. Ezen esetek között szerepel az alapállapot felmérése, majd a falak hőszigetelését követő energetikai változások, a padlásfödém hőszigetelésének hatása, az ablakcsere utáni javulások, az ajtócsere hatása, valamint a kazáncsere után bekövetkező energetikai és költséghatékonysági változások. Mindezek vizsgálata során arra is külön figyelmet fordítunk, hogy az egyes beavatkozások után milyen mértékben változik a kazán

hatásfoka, és ezek a beavatkozások hogyan alakítják a teljes beruházás költségszerkezetét.

A kutatás során a következő kérdésekre keresünk válaszokat a feljebbi célkitűzés mellett:

1. Hogyan alakul egy tipikus mintaház fűtési hőigénye a különböző energiahatékonysági felújítások figyelembevételével?
2. Milyen változáson ment keresztül Magyarország éghajlata, ezen belül a fűtési időszak külső hőmérséklete az elmúlt évtizedben?
3. A német szakirodalomban¹ található kazánterhelés és időjárás alakulás vizsgálati diagramm hogyan alakul a Magyarországi körülmények között, illetve van-e benne hiba?
4. Jár-e kimutatható előnnyel (tüzelőanyag-megtakarítással), ha egy régi épületben a kazáncserét a hőszigetelés elvégzése előtt hajtjuk végre, különös tekintettel a kondenzációs kazánok részterhelési kihasználási foka változásának jellegére a kazánterhelés függvényében?

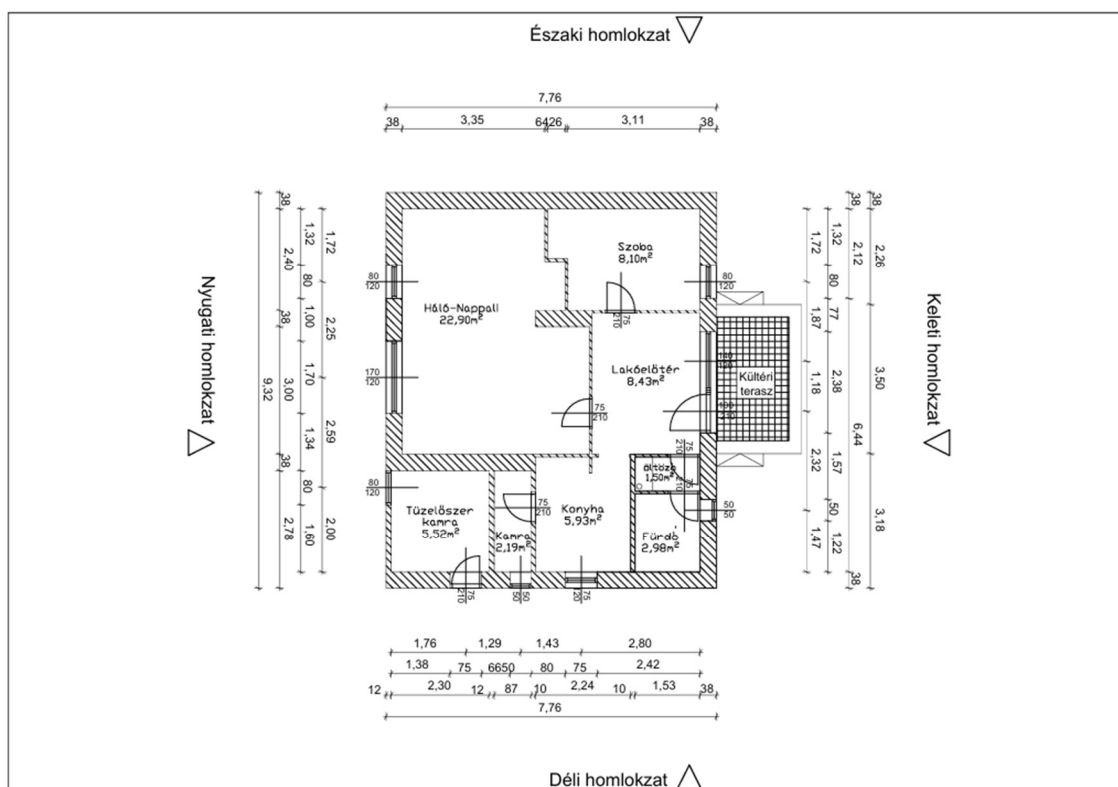
A vizsgált épület jellemzői

Az alapul vett épületünk, mint ahogy már korábban is említettük egy 1961-ben épült családi ház. Az épület lakóterülete 52 m², a ház kialakítása körülbelül 3-4 fő elhelyezését biztosítja. A ház hálósobái nyugati és keleti tájolásúak. A lakóépület hőtechnikai jellemzőit az 1934-ben kiadott Dr.-Ing. Möller Károly: Építési zsebkönyv és az 1966-ban kiadott ME-30-65 Műszaki Előírás – Épületek és Épületszerkezetek hőtechnikai méretezése könyv segítségével állapítottuk meg.

Az épület külső falai 38 cm vastag, kisméretű, tömör téglából készültek, és mind külső, mind belső oldalukon cementvakolattal vannak ellátva, melynek vastagsága belül 1, kívül 2 cm. A tetőfedést hornyolt cserép biztosítja. A külső nyílászárók faszerkezetűek, üvegezésük kétrétegű, ami a kor építési szokásainak megfelelő. Az épület alapincézetlen.

Az épület fűtési rendszere egy régi hagyományos állandóhőmérsékletű kazán, ahol a kazán és az elosztóvezetékek a termikus héjazaton belül vannak elhelyezve. A fűtőtestek öntöttvas radiátorok, amik kézi szelepekkel vannak ellátva, a rendszer előremenő/visszatérő hőmérséklete 90/70°C.

¹ (Heinz Eickenhorst, Lajos Joos, 1998)



4. ábra Mintaépület alaprajza

HŐSZIGETELÉS HATÁSA A FŰTÉSI HŐIGÉNYRE

A hőszigetelés szerepe az energetikai felújításokban

Az energetikai felújítások egyik meghatározó eleme a hőszigetelés, amely jelentős szerepet játszik az épületek hosszútávú fenntarthatóságában és energiahatékonyságában. Az utólagos hőszigetelés számos olyan előnyt biztosít egy lakóépület számára, amelyeket pénzben nem lehet közvetlenül kifejezni. Ilyen előny például az, hogy a falak utólagos hőszigetelésével megnő a belső falsík felületi hőmérséklete, amely ugyanolyan léghőmérséklet mellett kellemesebb komfortot biztosít a lakók számára, mint ami korábban volt tapasztalható. A hőszigetelés elsődleges célja az energiafogyasztás csökkentése, hiszen a megfelelően megválasztott hőszigetelés révén az épület hővesztesége jelentősen csökkenthető. Ennek eredményeként az épületben tapasztalható hőmérsékleti ingadozások mérséklődnek. Mindezen tényezők figyelembevételével kijelenthető, hogy a hőszigetelés egy energetikai felújítás során elengedhetetlen lépés, amely hosszú távon jelentős hatással van az épület energiahatékonyságára és fenntarthatóságára. Ennek alapján mi is elvégeztünk vizsgálatokat különböző hőszigetelő anyagokkal, különböző szerkezeteken az alapul vett épületünkön.

Homlokzati és padlásfödém szigetelés méretezése:

Az 1960-ban létesült mintaépületünk eredeti homlokzati hőátbocsátási tényezője $1,5 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, a padlásfödémé pedig $0,93 \frac{W}{m^2 \cdot K}$. Az épület energetikai korszerűsítése érdekében utólagos hőszigetelést terveztünk, amely megfelel a 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet által előírt követelményértékeknek, ami homlokzat esetén $0,24 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, és a padlásfödém esetén $0,17 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

A számítás során először meghatároztuk az épületszerkezetek eredeti hőellenállását, valamint a rendelet által megkövetelt hőellenállást. A kiszámolt értékek segítségével a szükséges szigetelési vastagságot az alábbi összefüggésből számítottuk:

$$R_{rendelet} = R_{eredeti} + \frac{\delta}{\lambda}$$

ahol:

- δ - a hőszigetelés vastagsága [m]
- λ – a hőszigetelés hővezetési tényezője $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
- $R_{rendelet}$ – a rendelet szerint számított hőellenállás $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$
- $R_{eredeti}$ – az eredeti szerkezet hőellenállása $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$

Az egyenlet átrendezésével megkapjuk a szükséges szigetelési vastagságot:

$$\delta = \lambda * (R_{rendelet} - R_{eredeti})$$

A számításokat azonos eljárással végeztük el mind a homlokzati falra, mind a padlásfödémre. Az alábbi táblázat tartalmazza a számítás során kapott értékeket az elérhető kereskedelmi méretekkel.

Megnevezés	Hővezetési tényező $\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$	Szükséges szigetelőanyag vastagság	Kereskedelmi méret	Új „U” érték $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$
Homlokzati szigetelés				
Expandált polisztirol hablemez	0,038	13,3cm	14 cm	0,23
Grafitos polisztirol hablemez	0,031	10,9 cm	12 cm	0,22
Vakolható kőzetgyapot	0,036	12,6 cm	15 cm	0,21
Padlásfödém szigetelés				
Üveggyapot	0,035	16,8 cm	20 cm	0,154
Austrotherm Padlap elem	0,037	17,7 cm	18 cm	0,161

1. táblázat szigetelés méretezés

Padlószigetelés

A mintaépületünk lábazata 30 centiméter beton, ezzel a belmagasság 265 centiméter, mivel a padlózat rétegrendjének módosítása túl nagy kivitelezési munka lenne és a megbízóknak jelentős kényelmetlenséggel járna ez a folyamat, ezért a padlózat hőszigetelését figyelmen kívül hagytuk. További hátránya ennek a munkafolyamatnak, hogy csökkenne a belmagasság. Illetve, mivel nincs pinceszint ezért alulról sem szigetelhető.

Nyílászárók

Az ajtók és ablakok esetében nem végeztünk el vizsgálatot a fentebb látható módon. Az ablakok és ajtók hőátbocsátási tényezőjét a hőszükséglet számításhoz a 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet alapján határoztuk meg. Ennek alapján a homlokzati üvegezett nyílászáró hőátbocsátási tényezője (fa vagy PVC keretszerkezettel) $U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Az ajtó U -értékét a $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ -nek vettük fel, ezt az értéket egy műanyag 6 légkamrás ajtó adja.

Hőszigetelő anyag kiválasztása

A kiválasztott hőszigetelő anyagok homlokzati szigeteléshez az expandált polisztirol (EPS), padlásfödém szigeteléshez pedig az üveggyapot. A döntést elsősorban gazdasági szempontok határozták meg, azonban egy tényleges kivitelezés során az anyagválasztás számos egyéb tényezőtől függhet.

Ebben a tanulmányban az ilyen helyzet specifikus tényezőket figyelmen kívül hagytuk és kizárólag a költséghatékonysági megfontolások alapján választottuk ki az anyagokat. A következőkben röviden ismertetjük az alkalmazott szigetelők, főtulajdonságait és azokat a szempontokat, amelyek alapján érdemes ezeket megválasztani egy beruházás során.

Az EPS egy költséghatékony homlokzati szigetelő anyag, az előzetes árkalkulációban is jól látható, hogy a közetgyapot és a grafitos EPS-nél olcsóbb anyagról van szó. Az EPS annak ellenére, hogy olcsó, ha nem passzívház szintű szigetelésre van szükségünk kiváló hőszigetelő. Hisz az EPS habosított eljárással készül, ennek köszönhetően levegőt tartalmaz, ami biztosítja a megfelelő hőszigetelést. Az EPS nem tűzálló anyag és ez egy nagy hátránya lehetne, de manapság már a habosítás során tűzgátló adalékokat adnak a táblákhoz így, ha ki is gyullad, önkioltó hatással rendelkezik a szigetelőanyag. Összeségében az EPS az egyik leggyakrabban használt szigetelőanyag manapság, mivel olcsó, könnyű dolgozni vele és már önkioltó is.

Az üveggyapot már régóta a legelterjedtebb padlásfödémszigetelési anyag, mivel kiváló hőszigetelő anyag és olcsó is. Az EPS-sel ellentétben az üveggyapot kiváló tűzálló tulajdonságokkal is rendelkezik, így tűzbiztonsági problémákon sem kell aggódni ennek az anyagnak a használatával. Az üveggyapot hátránya, hogy érzékeny a nedvességre ezért kivitelezés során párazáró és páraáteresztő fóliák használata is szükséges a megfelelő védelem érdekében. Összeségében az üveggyapot egy könnyen kezelhető, költséghatékony és jó szigetelőanyag.

Beruházási költségvetés kalkuláció

Annak érdekében, hogy a kiválasztott hőszigetelésünk árkalkulációja megközelítse a valódi beruházásnak az értékét egy bővebb számítást kell végeznünk. A választott anyagokhoz szükséges kiegészítő anyagokkal a termék leírásokban megadott anyagnormákkal számítva egy becsült anyagszükségletet és árat kaptunk meg. Ezen kívül a kiválasztott anyagok munkadíját szakemberekkel egyeztetve egy átlag összeget vettünk négyzetméterre lebontva. Ebben a munkadíjban nem szerepel az állványozás, régi vakolat leverése, színezés és egyéb segédmunkálatok díja. Az így számított összeg már pontosabb betekintést ad egy ilyen beruházás mértékére.

Expandált polisztirol

A 14 centiméteres EPS AT-H80 szigetelőanyag esetén 6637Ft/ csomag áron van, mely 1.5m² felületre elegendő, így a szükséges 101 m² felületre a szigetelőanyag ára ragasztó és egyéb segédelem nélkül 446.892Ft.

Számolva a kiegészítő anyagokkal és munkadíjjal a teljes kivitelezési munkáról egy becsült értéket kapunk.

A szükséges ragasztó mennyiséget az anyagnormával számítottuk ki, ami kb. 3 m²/zsák tehát 101 m² felületre kb. 34 zsák ragasztó kell. Egy zsák 3000ft így a ragasztó anyagára 102.000Ft. A többi kiegészítő anyagot is hasonló módon számítottuk ki.

Az üvegszövetháló anyagnormája 1.1 m²/m², a szükséges mennyiség kerekítve 112 m². A tekercsek 50m² és 10m² kiszerelésben elérhetőek, amiknek az ára 15.000ft/tekercs és 4000ft/tekercs. Nekünk szükségünk lesz két darab 50m² és két darab 10m²-es tekercsre. Az üvegszövetháló anyagára 38.000Ft.

A vakolatalapozáshoz megadott anyagnorma kb. 0.1-0.25 kg/m² ennek a középértékét vettük, ami 0.175 kg/m². A szükséges anyagmennyiség kerekítve 18 kg. Az alapozónak van 20kg-os kiszerelése, aminek az ára 20.146Ft.

A táblarögzítő dübel anyagnormája 6 db/m², a szükséges anyagmennyiség 606 db. Egy csomagban 100 db dübel van, ennek az ára csomagonként 10.000Ft. Nekünk 7 csomagra van szükségünk ezért a dübel anyagára 70.000Ft.

Összegezve a kiegészítőanyagok ára 230.146Ft.

A munkadíjat több szakemberrel egyeztetve az általános szigetelésre 6000Ft/m²-re vettük. Így a mi becsült munkadíjunk 606.000Ft.

Összesítve az anyagárakat és a munkadíjat a hőszigetelés becsült ára 1.283.000Ft lesz.

Üveggyapot

18 centiméter vastag üveggyapot tekercsenként 6637Ft, 3.48 m² van egy tekercsben a 73m² alapterület leszigeteléséhez 21 tekercsre van szükségünk, aminek az ára 139.225Ft. Az előző számításhoz hasonlóan itt is becsülni fogjuk a kiegészítő anyagok és a munkadíj árát.

Az üvegyapothoz szükséges párazáró fólia megegyezik az alapterületünkkel, ami 73m². A párazáró fólia 60m² tekercsenként és egy tekercs ára 33.000Ft. Két tekercsre van szükségünk tehát az anyagár 66.000Ft.

A szükséges páraáteresztő fólia 73m². A páraáteresztő fólia 75m² tekercsenként így a páraáteresztő fóliánk anyagára 30.000Ft. A kiegészítő anyagok ára összegezve 96.000Ft lesz.

A munkadíjat több szakemberrel egyeztetve a szigetelésre 8000Ft/m²-re vettük. Így a mi becsült munkadíjunk 584.000Ft.

Összesítve az üvegyapot szigetelés becsült ára 819.225Ft.

Nyílászárók

A nyílászárók esetében egy még jobban egyszerűsített becslést végeztünk, megnéztük a nyílászárók anyagárait, összeadtuk őket majd szakemberekkel való egyeztetés után a négyzetméterre vonatkozó munkadíjat is kiszámítottuk.

Az ablakok esetében két darab 50x50, három darab 80x120, egy 140x120, egy 75x120 és egy 170x120-as ablakok cseréjét kell végrehajtanunk. Összeségében az anyagára ezeknek az ablakoknak 510.000Ft. Az ablakfelületek összeadva 8m²-t tesznek ki, a munkadíj négyzetméterenként 18.000ft, így a munkadíjunk 144.000Ft.

Összesítve az ablakcsere becsült ára 654.000Ft.

Az ajtócserenél egy műanyag 6 légkamrás ajtóra esett a választásunk, ennek az anyagára 130.000Ft és a bekerülési költsége 60.000Ft. Így az ajtócsere becsült ára 190.000Ft.

Összesítve a nyílászárók teljes cseréjének becsült ára 844.000Ft.

Összesítő táblázat

A következő táblázatban összesítettük a hőszigetelésnél felmerülő kiadásokat.

	Anyag ár	Kiegészítőanyag ár	Munkadíj	Összesítés
Homlokzat	446 892Ft	230 146Ft	606 000Ft	1 283 038Ft
Padlásfödém	139 225Ft	96 000Ft	584 000Ft	819 225Ft
Nyílászárók	640 000Ft	-	204 000Ft	844 000Ft
Összesítés	1 226 117Ft	326 146Ft	1 394 000Ft	2 946 263Ft

2. táblázat építészeti felújítás költségvetése

Energetikai eredmények

A fentebb meghatározott építészeti felújítási módszerek alapján az épület energiaiigényének a közelítő meghatározásához az Energiaőr 1.0 programot használtuk. Az épület méreteinek és szerkezeti tulajdonságainak megadásával a fűtési és hűtési energiaiigényének a megközelítő értékeit kaphatjuk meg. A paraméterek megadásával a program látványos, jól áttekinthető eredményeket jelenít meg, mellyel további közelítő kalkulációk végezhetők.

Rendre a következőképpen alakulnak a fűtési hőigények: Az épületünk abszolút fűtési hőigénye 28731 kWh/év. Különböző eseteket figyelembe véve a homlokzati hőszigeteléssel 46,4%-os fűtési hőigény takarítható meg, ez számszerűsítve 13340 kWh/év. Padlásfödémszigeteléssel 22,6%-kal, ablakcserével 3,1%-kal, ajtócserevel további 1,5%-kal csökkenthetjük energia igényünket. A táblázatban kimutatott megtakarításokat az eredeti állapothoz viszonyítva határoztuk meg.

	Fűtési hőigény [kWh/év]	Megtakarítás [kWh/év]	Megtakarítás
Kiinduló eset	28731		
Homlokzat szigetelése után	15391	13340	46,4%
Padlásfödém szigetelése után	8896	6495	22,6%
Ablakcsere után	8019	877	3,1%
Ajtócsere után	7577	442	1,5%

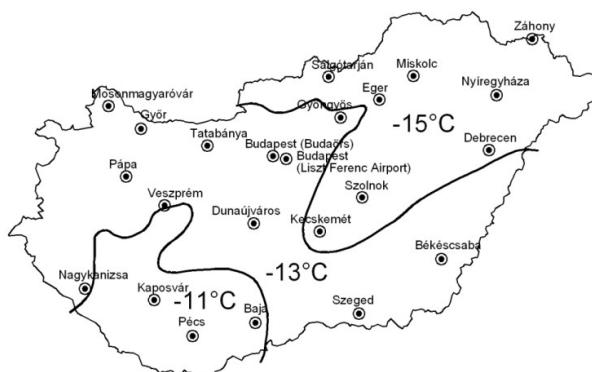
3. táblázat energetikai megtakarítások hőtechnikai felújítás során

Az ablakcserével elérhető energiamegtakarítás a mintaházunk esetében csekély mértékűnek bizonyult. Ennek az oka, hogy a mintaházban található nyílászárók a kiinduló helyzetben is két rétegű üvegezéssel rendelkeztek, hőátbocsátási tényezőjük $3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ez az érték arra utal, hogy az ablakokat az eredeti beépítés óta már legalább egyszer cserélték hiszen a nyílászárók használati időtartama 25-30 év.

Továbbá, az ablakfelületek összességében 8m^2 -t tesznek ki a homlokzaton, ami a teljes homlokzatnak egy kis része. Ez a két tényező magyarázza, hogy az ablakcserével elért megtakarítás miért lett alacsony az esetünkben.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A FŰTÉSI HŐIGÉNYRE MAGYARORSZÁGON.

Egy adott ország, vagy terület klímája és annak változása az épületenergetikai számítások és a fűtési rendszerek tervezésének alapköve, valamint szoros összefüggésben áll a fűtés szükségességével. A fűtési hőigény számításánál Magyarországon három különféle éghajlati területet különböztetünk meg. Az egyes területekre a külső hőmérsékletre a méretezési értékek rendre -15°C , -13°C , és -11°C . Ezeket az értékeket az MSZ 04-140/3:87 szabványban adták ki 1987-ben, de az 2012-ben visszavonásra került.



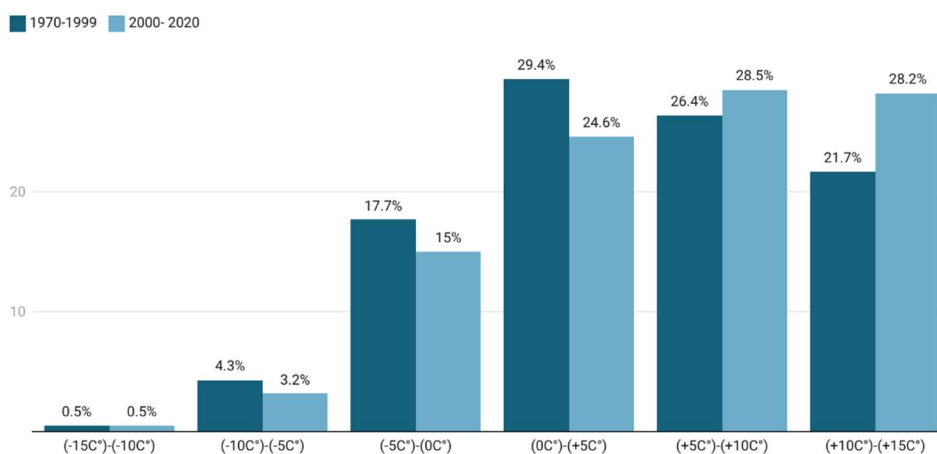
5. ábra MSZ 04-140/3:87 Szabványban megadott méretezési külső hőmérsékletek

Ebben a fejezetben megvizsgáljuk, hogy hogyan alakulnak a külső hőmérsékletek az adott tájegységekre nézve, két időszakra tekintve 1970. január 1.-től 1999. december 31.-ig, valamint 2000. január 1.-től 2020. december 31.-ig.

A külső hőmérséklet növekedése napjainkra jelentős globális problémává vált. A magasabb hőmérséklet várhatóan megfogja változtatni az éghajlati övezetek eloszlását, ezzel a növekvő külsőhőmérséklettel gyakoribbá válik a magas hőmérséklettel járó időjárás is, mint például a kánikula. Fűtési szezonra tekintve a magasabb hőmérséklet kedvező hatást gyakorol, ugyanis csökkenti a fűtési hőigényt, de mezőgazdasági, vízügyi, növényfejlődéstani és állatügyi szempontok alapján kedvezőtlen. Ugyanakkor a magasabb külső hőmérsékletek növelik a hűtési energiaigényt.

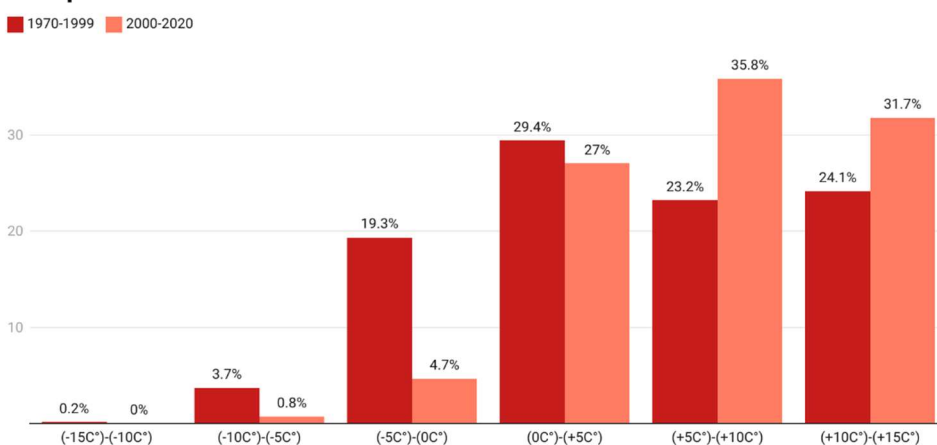
A HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. hőmérséklet adatai alapján megvizsgáltuk a hőmérsékletek alakulását öt városra, Pécsre, Budapestre, Szombathelyre, Szegedre és Debrecenre. A lentebbi diagramok a napi középhőmérsékletek alakulásának százalékos eloszlását mutatják a fűtési időszakra (október 1. – április 30.) vonatkozóan az 1970-től 1999-ig és 2000-től 2020-ig tartó időszakokban.

Pécs



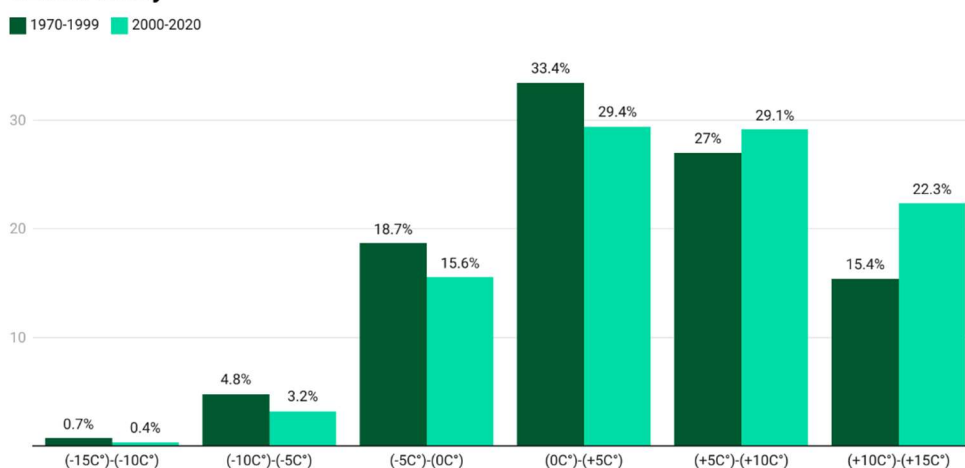
6. ábra Pécs napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása

Budapest



7. ábra Budapest napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása

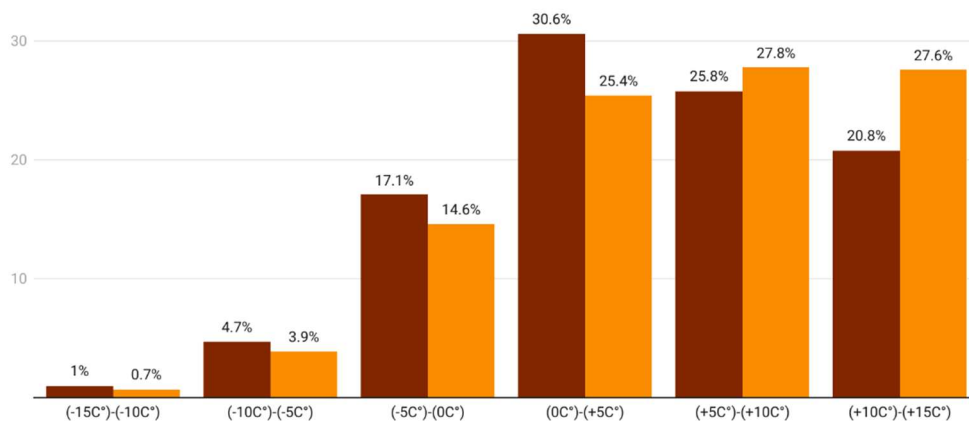
Szombathely



8. ábra Szombathely napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása

Szeged

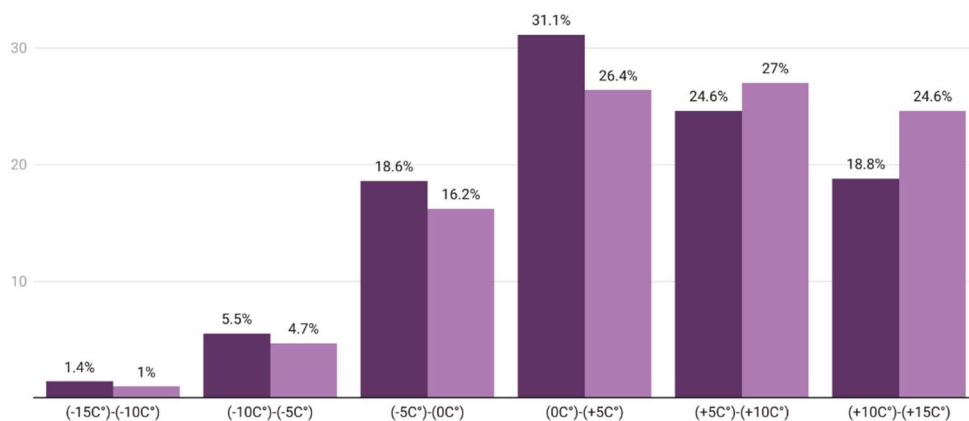
■ 1970-1999 ■ 2000-2020



9. ábra Szeged napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása

Debrecen

■ 1970-1999 ■ 2000-2020

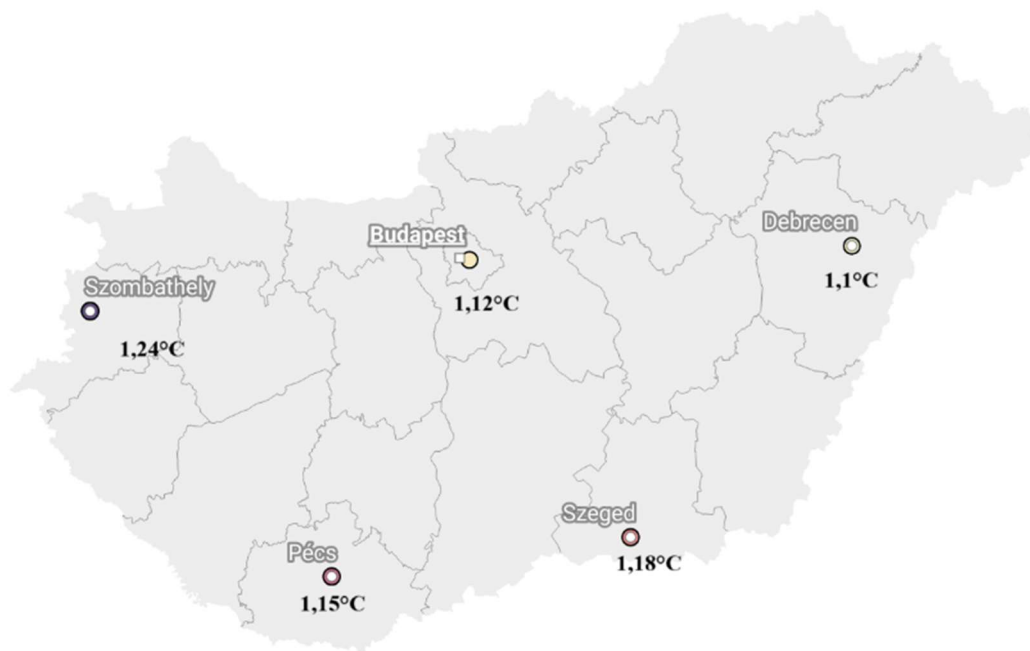


10. ábra Debrecen napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása

Az adatokból létrehozott diagrammok elemzése során jól látható, hogy a napi középhőmérsékletek százalékos eloszlása a nagyobb hőmérsékletű tartományba terjeszkedett. Ez a változás leginkább a meleg hőmérsékleti szélsőségek sűrűbb előfordulásában mutatkozik meg. A mínuszos tartományba tartozó hőmérsékletek jelentősen csökkennek mind az öt városban. Budapest középhőmérsékleténél megvizsgáltuk azt, hogy ha az 1970-1999-ig tartó vizsgálati időszakának a fűtési idejében szereplő napi középhőmérsékleteket a következő évek ugyan azon napjával összeadjuk majd leátlagoljuk milyen eredményeket kapunk. Ugyan ezt a számítást megtettük a 2000-2020-ig tartó időszakon is, majd ezeket az eredményeket összevetve a változások mértékét kiszámítottuk, majd ezen változások átlagát véve megkaptuk, hogy Budapesten a középhőmérséklet átlagosan 1970-1999-es átlag középhőmérsékletekhez

képest a 2000-2020-as 1,12°C-al tér el. Ezekből a megfigyelésekből kijelenthető, hogy a fűtési idény Magyarországon egyre enyhébb a középhőmérsékletet tekintve.

A területi különbségek vonatkozásában Magyarországon a napi középhőmérsékletek átlagosan 1,16°C-kal emelkedtek, amit az 1970-1999-ig tartó időszak és a 2000-2020-as időszakok adatainak különbségeivel állapítottunk meg. Ezek az adatok a városokra tekintve az alábbi ábra szerint növekedtek:



11. ábra Átlagos hőmérséklet emelkedések Magyarország városaiban

Az ábrán látható, hogy Szombathely és Debrecen között jelentős különbség mutatkozik. A különbségek magyarázata a két város eltérő földrajzi elhelyezkedése és éghajlati sajátosságaiban kereshető.

Szombathely Nyugat-Dunántúlon, az Alpok közelében helyezkedik el. Itt a légköri viszonyokat korábban az Alpok felől érkező hűvösebb légáramlatok stabilizáltálták. Ezen kívül, Nyugat-Magyarország időjárása általában csapadékosabb, ami még tovább mérsékelte régen a hőmérsékletet. Azonban a klímaváltozás hatására a csapadékeloszlás és a légköri áramlatok, mint stabilizáló tényezők veszíthettek a jelentőségükből, ami a hőmérséklet emelkedés növekedésével járult. Az alacsonyabb korábbi átlaghőmérsékletek is hozzájárulhattak ahhoz, hogy a változás nagyobb mértékű.

Debrecen ezzel szemben az Alföldön helyezkedik el. Az Alföldön szárazabb és melegebb klíma következtében a már korábban is magasabb középhőmérsékletek változása Szombathelyhez viszonyítva kevésbé szembetűnő.

Külső méretezési hőmérséklet vizsgálata

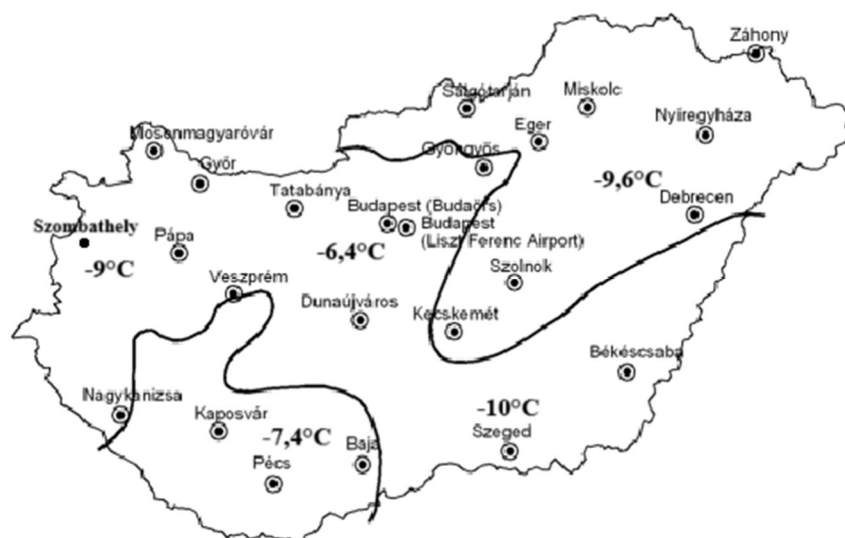
A fűtési hőszükségletek számításához tartozó külső méretezési hőmérsékletek értékét először Macskásy Árpád határozta meg 1952-ben. Macskásy a külső hőmérsékletek értékét 35 településre az alábbi képlet alapján határozta meg: (Zoltán V. , 2016)

$$t_{\text{méretezési}} = 0,6 * t_{\text{min}} + 0,4 * t_{\text{em}}$$

ahol:

- t_{min} – az utóbbi 50 évben mért legkisebb átlagos napi külső hőmérséklet érték [°C];
- t_{em} – január hónap átlagos hőmérséklete az elmúlt 50 év adatai alapján [°C]

Esetünkben a 2000-től 2020-ig tartó időszakra elvégeztük a képlet alapján a számításokat és jelentős eltérést kaptunk eredményül az MSZ 04-140/3:87 szabványban meghatározott értékekhez képest. Ezeket az értékeket az alábbi ábrán láthatóak.



12. ábra számított külső méretezési hőmérsékletek

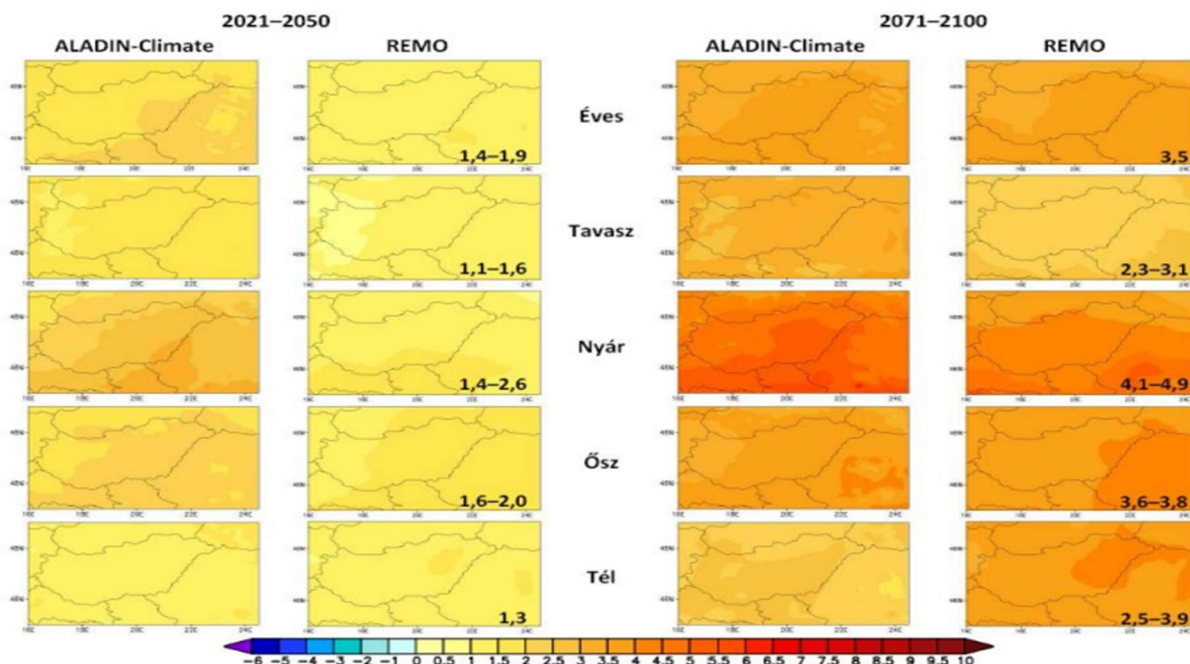
Felmerül a kérdés, hogy akkor miért nem változtatunk a külső méretezési hőmérséklet értékén? A válasz erre a kérdésre nagyon összetett, mivel több tényezőt is figyelembe kell venni. Az időjárási szélsőségek gyakoribbá válása az egyik legjelentősebb akadály

annak, hogy magasabb értékekkel tervezzünk. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2021-es értekezése szerint Közép-Európában egyre intenzívebbé válnak az időjárási szélsőségek, beleértve a heves esőzéseket, folyami árvizeket. (Ügynökség, 2021)

Még ha a klímaváltozás hosszú távú következményei a globális felmelegedés irányába mutatnak, a légköri rendszerek összetett dinamikája miatt rövid ideig tartó, szélsőségesen hideg időszakokra is számítani kell. Ezért a külső méretezési hőmérséklet növelése azt eredményezné, hogy az épületgépészeti rendszerek nem lennének képesek megfelelően működni ezekben a rövid, hideg időszakokban. Az épületgépészeti tervezés során kulcsfontosságú, hogy a rendszerek rugalmasságát fenntartsuk és felkészüljünk mind a melegedő, mind a szélsőségesen hideg időjárási körülményekre is.

Az átlaghőmérséklet változása a jövőben

A jövőbe tekintve a hőmérséklettel kapcsolatos szélsőségek főként egyértelműen és szignifikánsan a melegedés irányába mozdulnak el: a fagyos napok száma csökkeni, a hőségnapok és a hóhullámos napok előfordulása növekedni fog, ez utóbbi az évszázad végére már egy hónapot megközelítő mértékben. A szélsőségek várható alakulása jellegzetes térbeli eloszlást mutat és elsősorban Magyarország középső, déli és keleti területeit érinti kedvezőtlenül. (Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018)



13. ábra Az ALADIN-Climate és a REMO² regionális klímamodellek eredményei alapján 1961–1990 modell átlagaihoz képest SRES A1B³ forgatókönyv alapján. A feltüntetett számértékek az országos átlagos változás alsó és felső határát jelölik Magyarországra tekintve. (Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018)

A REMO és az Aladin-Climate klímamodellek az éghajlatváltozás tanulmányozására és előrejelzésére szolgáló eszközök, melyek különböző skálán vizsgálják a légkör, az óceánok és szárazföldek közötti interakciókat. A fentebb látható szimulációs eredmények a SRES-A1B forgatókönyv alapján készültek, mely az energiafelhasználás és gazdasági fejlődés változását veszi alapul. A 13. ábra bal oldalán 2021-2050-es időszakra, míg a jobb oldalon a 2071-2100-as időszakra futtatott Aladin és REMO klímamodellek szimulált eredményei láthatóak, melyeket éves és évszakos bontásban értékelték ki. A 2021-2050 időszak esetében megfigyelhető, hogy 1,4-1,9 °C-os melegedést adtak a modellek. Ezzel szemben az évszázad második felére éves vizsgálat alapján ez az átlaghőmérséklet emelkedés eléri a szimuláció alapján a 3,5 °C-ot. A modell eredmények alapján mindkét időintervallumban nyáron, illetve ősszel tapasztalható a legnagyobb hőmérséklet emelkedés. Az évszázad közepéig 1,4-2,6 °C, az évszázad végéig 4,1-4,9 °C között alakulnak nyárra vonatkozóan ezek az értékek. Továbbá elmondható, hogy az évszázad végére minden évszakban elérhetjük a 3°C-os átlaghőmérséklet emelkedést.

² Regionális klímamodell, mely részletes regionális éghajlat szimulációkat biztosít. Nagy felbontásban képes éghajlati viszonyokat és előrejelzéseket szimulálni kis területre.

³ Szenárió, mely segítségével éghajlati modelleket futtatnak le. Ezek a modellek megmutatják, hogy milyen mértékben befolyásolja a klímaváltozás az időjárási mintákat és a globális éghajlati viszonyokat.

A klímaváltozás hatása az épületgépészetre

A klímaváltozás Magyarországon és globális szinten is nagy befolyással hat az épületgépészeti rendszerek tervezésére és kivitelezésére. Az éghajlatváltozás, különösen a globális felmelegedés és a gyakori időjárási szélsőségek, jelentős kihívást jelentenek az épületek fűtésére és hűtésére. A magasabb átlag hőmérséklet nagyobb hűtési igényt eredményez.

Több főbb kihívást is felállít az éghajlat változás az épületgépészeti tervezés elé, mint például a növekvő hőmérséklet és a kiszámíthatatlan időjárás. A növekvő hőmérséklet és az extrémebb időjárások jelentősen megnövelhetik az épületgépészeti rendszerek terhelését. Az épületgépészmérnököknek olyan komplex rendszereket kell megtervezniük melyek kiváló energiahatékonysággal képesek kezelni a kiszámíthatatlan hőmérsékleteket és nagyobb hűtési vagy fűtési igényeket. Érdemes felismerni, hogy a növekvő komfortigény és az ezzel együtt járó energiaigény emelkedése hosszú távon nem lesz fenntartható.

KAZÁNCSERE

A hőszigetelés mellett az energetikai felújításokban fontos szerepet vállal a kazáncsere. A hőszigetelés hosszútávon nagyban csökkenti az épület energiaigényét addig a kazáncsere közvetlen módon növeli a fűtési rendszer hatékonyságát, ezzel csökkentve az éves energiafogyasztást. A kazáncsere a hőszigeteléssel szemben egy viszonylag egyszerű, gyors és tiszta beavatkozás. A célunk ebben a fejezetben meghatározni és számszerűsíteni, hogy hőszigeteléssel vagy anélkül a kazáncsere milyen energetikai megtakarítást jelent egy beruházó számára.

Vizsgálat módszere

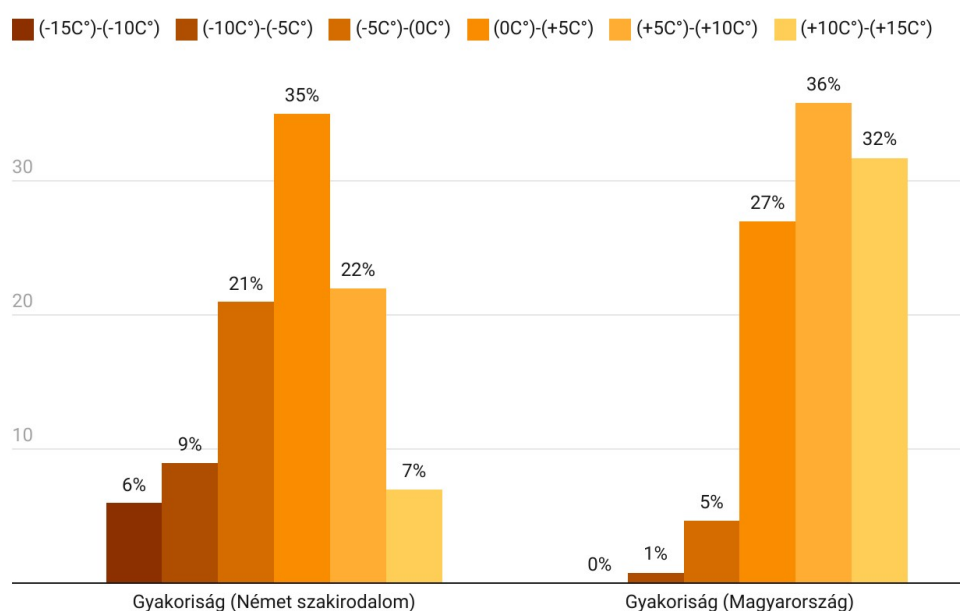
A kazáncsere fejezetében meg fogunk vizsgálni több esetet és ahhoz, hogy átlátható legyen a kutatás menete ebben a fejezetben felállítjuk a vizsgált eseteket, illetve a vizsgálatnak a módszerét. A számításokat 2000-2020 közötti időszakban, a Budapestre jellemző hőmérsékletek figyelembevételével végeztük el.

- Hagyományos kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés előtti állapothoz.
- Hagyományos kazán, túlméretezett teljesítményillesztéssel a hőszigetelés utáni állapothoz.
- Kondenzációs kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés előtti állapothoz.
- Kondenzációs kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés utáni állapothoz.
- Kondenzációs kazán, túlméretezett teljesítményillesztéssel a hőszigetelés utáni állapothoz.

A különböző esetek elemzése során kiemelendő, hogy pontos teljesítményillesztést figyelembe véve vizsgáltunk néhány szituációt. A gyakorlatban a pontos teljesítményillesztés ritkán fordul elő, különösen a múltban elterjedt tervezési módszerek miatt, amelyek során gyakran 1,5-2-szeres vagy még nagyobb túlméretezést alkalmaztak. Ezekből a berendezések jelentős számban üzemelnek ma is hazánkban. Elemzésünkben

a pontos teljesítményillesztést azért választottuk, hogy bemutathassuk a túlméretezés hatásait, különösen a tüzelőanyag-fogyasztás csökkenését. (Vajda, 2024)

A kutatás során felhasználtuk a német szakirodalomban⁴ található kazánterhelés és időjárás alakulás vizsgálati diagramot kiindulási alapként. Az említett diagramm hőmérsékleti tartományait megvizsgáltuk Magyarország időjárás alakulására és lényeges eltérést fedeztünk fel a Németországi diagramhoz képest. A következő oszlop diagramban közöltük a német szakirodalom szerinti hőmérséklet tartományok gyakoriságait és a mi általunk kiszámított Magyarországi hőmérséklet tartományok gyakoriságát.



14. ábra Hőmérséklet tartományok gyakorisága

Jól látható, hogy az eltérés lényeges ezért a számításaink során a Magyarországra kiszámított hőmérséklet gyakoriságokat vettük figyelembe. A két eset közötti jelentős eltérés valószínűleg több tényező együttes hatásának következménye. A német szakirodalom, amelyben a diagram szerepelt 1998-ban került kiadásra. A mi kutatási eredményeink azt mutatták, hogy Magyarországon a gyakoriságok eloszlása az elmúlt néhány évtizedben jelentősen változott, ez a változás valószínűleg Németországra is igaz. Ezen túlmenően figyelembe kell venni, hogy Németország éghajlata általában véve

⁴ (Heinz Eickenhorst, Lajos Joos, 1998)

hűvösebb, mint Magyarországé, különösen az északi területei, amelyek jelentős eltéréseket mutatnak a magyar éghajlati viszonyokkal összehasonlítva.

A külső hőmérsékletek gyakoriságának eloszlásával és a már korábban meghatározott külső hőmérsékleti sávok átlagaival, illetve a belső méretezési hőmérséklet alapján meghatározható az éves fűtési hőbevitel tartományonként. A belső méretezési hőmérsékletünk 20°C volt. A belső méretezési hőmérsékletből kivontuk a hőmérséklet sávok átlagát, majd megszoroztuk a külső hőmérséklet gyakoriságával és az így kapott értékeket összegeztük, majd meghatároztuk a bevitt hő százalékos értékét az adott tartományokon. Az egyszerűbb megértés érdekében egy tartományon megmutatjuk a számítás pontos menetét.

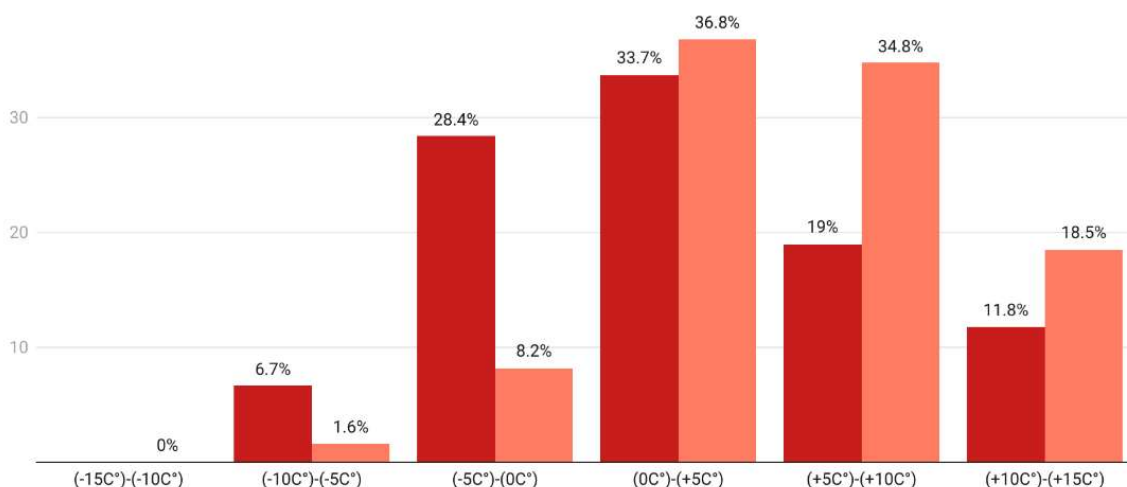
A (10 °C) és (15°C) közötti tartományra számítva a hőbevitel százalékos eloszlását a sáv átlag hőmérséklete 12,5 °C. Ezen a sávon a külső hőmérsékleti gyakoriság 2000-2020 között 31,7%. A belső méretezési hőmérséklet 20°C.

$$(20 - 12,5) * 31,7 = 237,75 \approx 238$$

Így kiszámítva az összes tartományra az értékeket az összérték 1286. Az összérték adja a 100%-ot és így megállapítottuk azt, hogy a tartományok hány százalékot tesznek ki. Esetünkben a 238 az 1286-nak a 18,5%-át teszi ki. Budapest városára az alábbi diagram szerint alakul a hőbevitel százalékos eloszlásban ezzel a számítási módszerrel.

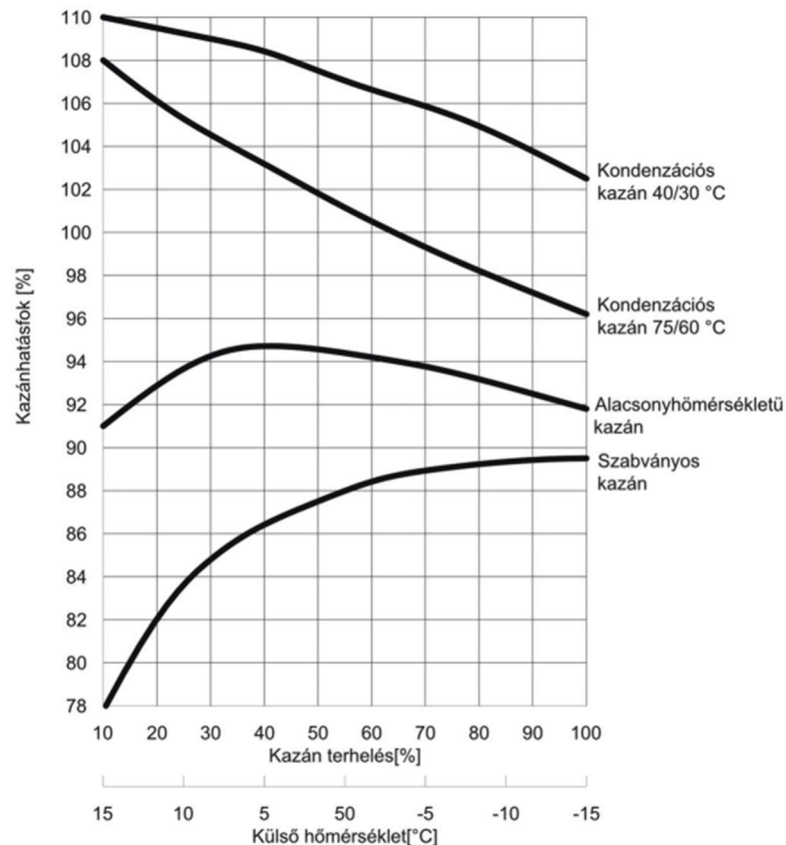
Budapest

■ 1970-1999 ■ 2000-2020



15. ábra Hőbevitel százalékos eloszlása Budapesten

A kazánok méretezése során fontos információ, hogy a kazán, amit választunk milyen hatásfokkal üzemelne. Azért, hogy ezt megtudjuk vizsgálni szükségünk van a kazánterhelésre mivel a kazánok hatásfokainak változása a kazánterhelés függvénye. A szakirodalomban közölt ábra jól bemutatja a különböző kazántípusoknál a kazánhatásfoknak és a kazánterhelésnek a kapcsolatát.



16. ábra Kazánhatásfok és kazánterhelés kapcsolata (Baumann, és mtsai., 2009)

A hagyományos kazán (ábrán szabványos kazán) esetében jól látható, hogy a kazánterhelés növekedésével a kazánhatásfok is javul. Ez azért van mivel, a hagyományos kazánok a fűtési igénytől függetlenül, meghatározott hőmérsékleten tartják a kazán vizet. Tehát ez miatt az alacsonyabb terhelésnél fellépő hosszabb készenléti időszak, ahol a kazán égője nem működik folyamatosan csak szinten tartja a kazánvíz hőmérsékletet hosszabb, mint az égő üzemidőnek a hossza, ahol a kazán égő aktívan éget azért, hogy hőt termeljen.

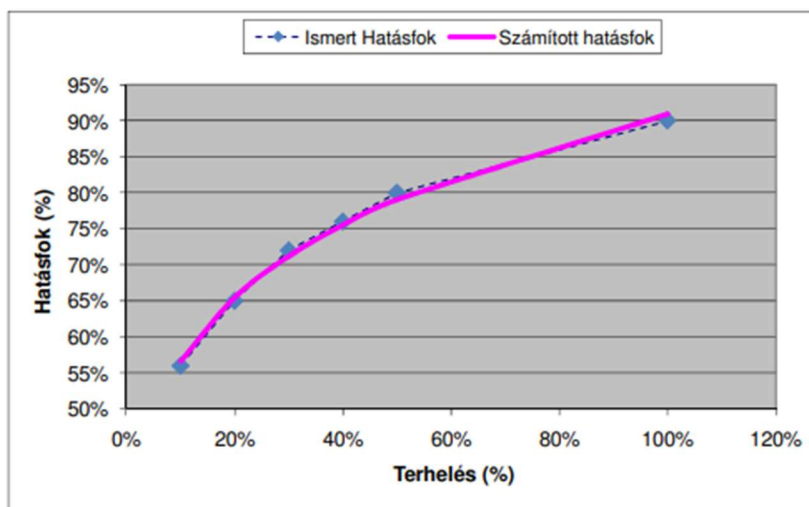
A kondenzációs kazánok esetében ez a jelleggörbe eltérően viselkedik a hagyományos kazánokkal szemben. A kondenzációs kazánok alacsonyabb hőmérséklettel működnek, mint a hagyományos kazánok, az alacsonyabb hőmérséklet miatt nem csak a készenléti veszteség csökken, hanem a kondenzáció mértéke is növekszik. Ennek eredményeként a kazánhatásfok jelentősen javul alacsony kazánterhelésnél. A kondenzációs kazánok esetében elmondható, hogy a túlméretezéssel együtt járó kisebb kazánterhelés javít az átlagos kazánhatásfokon. (Baumann, és mtsai., 2009)

Kazánterhelés és kazánhatásfok jelleggörbéjének vizsgálata

A vizsgálathoz a 16. ábrán mutatott jelleggörbék elengedhetetlenek számunkra. Ahhoz, hogy az általunk meghatározott terhelésekhez automatikusan megkapjuk a hatásfokot és ez a hatásfok minél pontosabb legyen szükségünk volt arra, hogy a jelleggörbére egy matematikai formában értelmezhető függvényt illesszünk. A hagyományos kazán esetében felhasználtuk Fabulya Zoltán doktori értekezését, ahol ő ezt a függvény illesztést már megtette a hagyományos kazánok általános jelleggörbéjére. Az ő általa illesztett függvény a következő módon adódott:

$$y = f(x) = x^{0,2} - 0,09$$

A további számítások során a hagyományos kazán hatásfokainak meghatározására ezt a függvényt használtuk fel. Ennek a függvénynek az ábrázolása a következő diagramon látható, ahol az ő által ismert hatásfok és a függvény által számított hatásfokokat illesztette egymásra. (Zoltán F. , 2010)



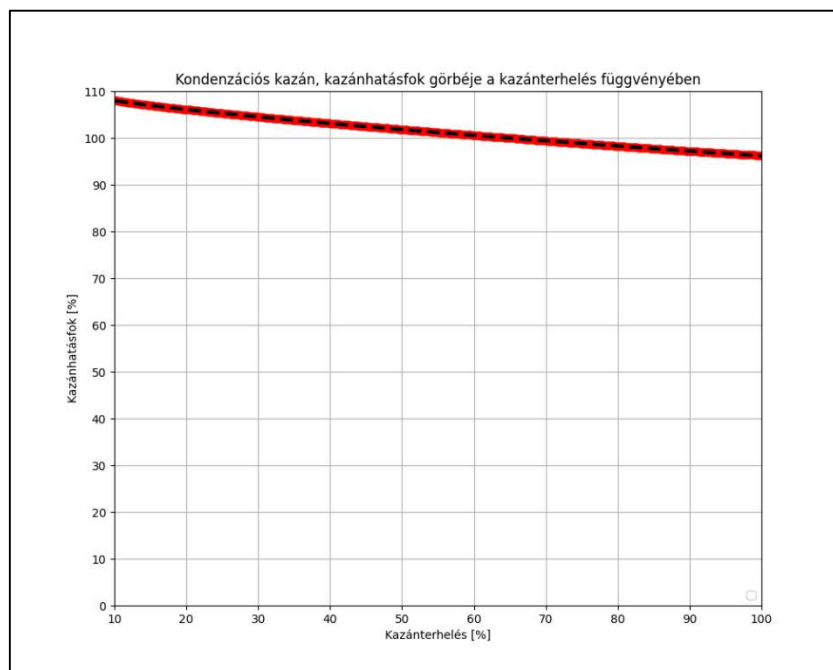
17. ábra Ismert és számított hatásfokgörbék a terhelés függvényében, hagyományos kazán (Zoltán F. , 2010)

Mivel a mi esetünkben nem csak a hagyományos kazánok hatásfokgörbéjének ismeretére volt szükségünk, hanem a vizsgált kondenzációs kazánok (75/60°C) jelleggörbéjére is így a függvényillesztést mi is elvégeztük.

A WebPlotDigitizer nevű eszköz segítségével a kondenzációs kazán jelleggörbéjének több száz pontjának X, Y koordinátáját nyertük ki majd ezt az adatsort felhasználva a Python programozási nyelvben elérhető SciPy és NumPy könyvtár segítségével írtunk egy programot az adatokra való függvényillesztéshez. A függvényillesztés során a legkisebb négyzetek módszerével történt a gépi számítás, több függvénytípust is illesztettünk az adatsorra. A lineáris, másodfokú polinomiális, exponenciális függvény és egy nem egész hatványú polinom illesztése után az általunk választott függvényt az adott modellek illeszkedésének mérőszámának (Sum of Squared Errors) összehasonlításával döntöttük el. Az általunk illesztett, jellegre legközelebbi függvény tehát a következő módon adódott:

$$y = f(x) = -0,6210 * x^{0,689} + 110,9884$$

A további számítások során a kondenzációs kazán hatásfokainak meghatározására ezt a nem egész hatványú polinom függvényt használtuk fel. Ennek a függvénynek az ábrázolása a következő diagramon látható, ahol az általunk kinyert adatsor és a függvény által számított hatásfokok/terheléseket illesztettük egymásra.



18. ábra Ismert és számított hatásfokgörbék a terhelés függvényében, kondenzációs kazán.
A fekete pontvonal az illesztett görbe, a piros pedig az eredeti adatokat ábrázolja.

Kazánterhelés és tüzelőanyagfogyasztás meghatározása

A kazánterhelések meghatározásához szükségünk van egy belső és egy külső méretezési hőmérsékletre. A belső méretezési hőmérsékletnek az általában használt 20 °C-ot vettük fel, a külső méretezési hőmérsékletnek pedig -13 °C-at. Így a legnagyobb hőmérsékletkülönbség 33 °C, ez a 100%-os kazánterhelés értéke. Ennek megfelelően a már ismertetett külső hőmérséklet tartományok középhőmérsékletét véve, meghatározható sávonként a kazánterhelés értéke. Ennek megfelelően így alakulnak a kazánterheléseink:

Hőmérséklet sávok	Kazánterhelés [%]
+12,5 °C	23%
+7,5°C	38%
+2,5	53%
-2,5	68,2%
-7,5	83%
-12,5	98,5%

4. táblázat Kazánterhelés kondenzációs kazán esetén

Ezeket a kazánterheléseket a kondenzációs kazán hatásfok számításánál alkalmazzuk majd. A hagyományos kazán kazánterhelésére a külső tervezési hőmérsékletet -15 °C-nak határoztuk meg, így a következőképpen alakult a kazánterhelés az adott sávokra:

Hőmérséklet sávok	Kazánterhelés [%]
+12,5 °C	21%
+7,5°C	36%
+2,5	50%
-2,5	64%
-7,5	79%
-12,5	93%

5. táblázat Kazánterhelés hagyományos kazán esetén

Most, hogy rendelkezésünkre áll a két vizsgált kazánhoz tartozó függvény és a kazánterhelések, ezáltal meghatározhatóak az adott kazánterheléseken a hatásfokok értékei. Így már rátérhetünk arra, hogy a tüzelőanyag fogyasztást hogyan határoztuk meg. A hagyományos és kondenzációs gázkazánok fogyasztását sávonkénti módszerrel vizsgáltuk meg. A 14. ábra alapján részekre osztottuk a hőmérséklet tartományokat és az ezekre számított kazánterhelések alapján meghatároztuk a hatásfokokat az adott sávra mind a kondenzációs kazánok, mind a hagyományos kazánok esetében. A sávos módszerhez a fűtési gázigény számításának általános képletéből indultunk ki.

$$V = \frac{Q}{H_i * \eta}$$

Ahol:

- V – az eltüzelt földgáz térfogata $\left[\frac{m^3}{év}\right]$
- H_i - földgáz fűtőértéke $\left[\frac{kWh}{m^3}\right]$
- η – kazánhatásfok [-]
- Q – fűtési hőigény $\left[\frac{kWh}{év}\right]$

A fenti képletből a sávos vizsgálati módszer képlete pedig,

$$\sum_{i=1}^n \frac{Q * \dot{x}_i}{H_i * \eta_i} = V$$

Ahol:

- V – az eltüzelt földgáz térfogata $\left[\frac{m^3}{év}\right]$
- H_i - földgáz fűtőértéke $\left[\frac{kWh}{m^3}\right]$
- η_i – hatásfok az adott tartományhoz tartozó kazánterhelés függvényében [-]
- Q – fűtési hőigény $\left[\frac{kWh}{év}\right]$
- X_i – adott tartományban az éves fűtési hőigény hányad részét vesszük be [-]

A sávos számítási módszerrel egy pontosabb tüzelőanyag fogyasztás határozható meg, mint az általános képlettel, ezáltal a kazánok fogyasztásának kiértékelésekor nem egy elnagyolt becslést kapunk, hanem egy korrigált eredményt, mely a megtérülés vizsgálatánál és a hőszigeteléses felújítással való szembeállításakor is precízebb eredményt nyújt.

Vizsgált esetek számítása

Hagyományos kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés előtti állapothoz

Ebben az esetben a mintaépületünkben eredetileg beépített hagyományos kazán fogyasztását határoztuk meg, amelynél a fűtési hőigény 28731 kWh/év, tehát a hőszigetelés nélküli állapot.

A következő táblázatban közöljük a vizsgálat módszerében bemutatott számítási folyamatokkal kiszámolt értékeket. Tehát a kazánterhelésből számított kazánhatásfokokat és az ebből számolt tüzelőanyag fogyasztásokat adott hőmérséklet sávokban.

Hagyományos kazán, pontos teljesítményillesztéssel hőszigetelés nélkül				
Hőmérséklet sávok	Hőbevitel eloszlása [%]	Kazánterhelés [%]	Kazánhatásfok [%]	Tüzelőanyag fogyasztás
(-15°C)-(-10°C)	0	21	64	0,0 m ³
(-10°C)-(-5°C)	1,6	36	73	63,4 m ³
(-5°C)-(0°C)	8,2	50	78	301,8 m ³
(0°C)-(+5°C)	36,8	64	82	1282,2 m ³
(+5°C)-(+10°C)	34,8	79	86	1157,3 m ³
(+10°C)-(+15°C)	18,6	93	90	596,7 m ³

6. táblázat Hagyományos kazán, pontos teljesítményillesztéssel hőszigetelés nélkül

A kazán különböző hőmérséklet sávokhoz tartozó hatásfokait egy külön számításban a gyakoriságok figyelembevételével súlyoztuk és így kiszámítottuk a kazánnak az átlagos hatásfokát, ami 84,4% lett.

A kiszámolt összes tüzelőanyag fogyasztásunk a fenti táblázat alapján 3401,4 m³. Az MVM oldalán található lakossági ár kalkulátor segítségével kiszámítottuk a gázfogyasztás éves költségét, ami 1.402.959 Ft.

Hagyományos kazán, túlméretezett teljesítményillesztéssel a hőszigetelés utáni állapothoz

Ebben az esetben a mintaépületünkben eredetileg beépített hagyományos kazán fogyasztását határoztuk meg, ha a beruházó csak a hőszigetelést végzi el és gépészeti felújítás nem történik. Ebben az esetben a fűtési hőigény 7577 kWh/év, tehát a teljesen hőszigetelt állapot.

A következő táblázatban közöljük a vizsgálat módszerében bemutatott számítási folyamatokkal kiszámolt értékeket. Mivel a hőszigetelés által a ház hőigénye durván a negyedére csökken így a hőszigetelés előtti állapotra pontosan illesztett hagyományos kazán négyszeres túlmérettel fog üzemelni. Tehát a számított kazánterhelések a negyedére csökkennek.

Hagyományos kazán, négyszeres túlméretezéssel, hőszigetelés után				
Hőmérséklet sávok	Hőbevitel eloszlása [%]	Kazánterhelés [%]	Kazánhatásfok [%]	Tüzelőanyag fogyasztás
(-15°C)-(-10°C)	0	5,3	47	0,0 m ³
(-10°C)-(-5°C)	1,6	9	53	23 m ³
(-5°C)-(0°C)	8,2	12,5	57	109 m ³
(0°C)-(+5°C)	36,8	16	60	462,3 m ³
(+5°C)-(+10°C)	34,8	19,8	63	416,3 m ³
(+10°C)-(+15°C)	18,6	23	66	214,4 m ³

7. táblázat Hagyományos kazán, négyszeres túlméretezéssel, hőszigetelés után

A kazán különböző hőmérséklet sávokhoz tartozó hatásfokait egy külön számításban a gyakoriságok figyelembevételével súlyoztuk és így kiszámítottuk a kazánnak az átlagos hatásfokát, ami 61,8% lett.

A kiszámolt összes tüzelőanyag fogyasztásunk a fenti táblázat alapján 1225,1 m³. Az MVM oldalán található lakossági ár kalkulátor segítségével kiszámítottuk a gázfogyasztás éves költségét, ami 134.060 Ft.

Kondenzációs kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés előtti állapothoz

Ebben az esetben a mintaépületünkben az eredetileg beépített hagyományos kazán lecserélésre került egy kondenzációs kazánra, aminek a meghatározott előremenő és visszatérő hőmérséklete 75/60°C. A kazán pontos teljesítményillesztéssel került beépítésre. Meghatároztuk a kazán fogyasztását, amelynél a fűtési hőigény 28731 kWh/év, tehát a hőszigetelés nélküli állapot.

A következő táblázatban közöljük a vizsgálat módszerében bemutatott számítási folyamatokkal kiszámolt értékeket.

Kondenzációs kazán, pontosteljesítmény illesztéssel, hőszigetelés előtt				
Hőmérséklet sávok	Hőbevitel eloszlása [%]	Kazánterhelés [%]	Kazánhatásfok [%]	Tüzelőanyag fogyasztás
(-15°C)-(-10°C)	0	98,5	96,3	0,0 m ³
(-10°C)-(-5°C)	1,6	83	97,9	46,9 m ³
(-5°C)-(0°C)	8,2	68,2	99,6	236,5 m ³
(0°C)-(+5°C)	36,8	53	101,4	1042,6 m ³
(+5°C)-(+10°C)	34,8	38	103,4	967,2 m ³
(+10°C)-(+15°C)	18,6	23	105,6	506 m ³

8. táblázat Kondenzációs kazán, pontosteljesítmény illesztéssel, hőszigetelés előtt

A kazán különböző hőmérséklet sávokhoz tartozó hatásfokait egy külön számításban a gyakoriságok figyelembevételével súlyoztuk és így kiszámítottuk a kazánnak az átlagos hatásfokát, ami 102,7% lett.

A kiszámolt összes tüzelőanyag fogyasztásunk a fenti táblázat alapján 2799,3 m³. Az MVM oldalán található lakossági ár kalkulátor segítségével kiszámítottuk a gázfogyasztás éves költségét, ami 941.110 Ft.

Kondenzációs kazán, pontos teljesítményillesztéssel a hőszigetelés utáni állapothoz

Ebben az esetben a mintaépületünkben az eredetileg beépített hagyományos kazán lecserélésre került egy kondenzációs kazánra a hőszigetelés elvégzése után. A kazán meghatározott előremenő és visszatérő hőmérséklete 75/60°C. A kazán pontos teljesítményillesztéssel került beépítésre. Meghatároztuk a kazán fogyasztását, a fűtési hőigény 7577 kWh/év, tehát a teljesen hőszigetelt állapot.

A következő táblázatban közöljük a vizsgálat módszerében bemutatott számítási folyamatokkal kiszámolt értékeket.

Kondenzációs kazán, pontosteljesítmény illesztéssel, hőszigetelés után				
Hőmérséklet sávok	Hőbevitel eloszlása [%]	Kazánterhelés [%]	Kazánhatásfok [%]	Tüzelőanyag fogyasztás
(-15°C)-(-10°C)	0	98,5	96,3	0,0 m ³
(-10°C)-(-5°C)	1,6	83	97,9	12,4 m ³
(-5°C)-(0°C)	8,2	68,2	99,6	62,4 m ³
(0°C)-(+5°C)	36,8	53	101,4	274,9 m ³
(+5°C)-(+10°C)	34,8	38	103,4	255,1 m ³
(+10°C)-(+15°C)	18,6	23	105,6	133,5 m ³

9. táblázat Kondenzációs kazán, pontosteljesítmény illesztéssel, hőszigetelés után

A kazán különböző hőmérséklet sávokhoz tartozó hatásfokait egy külön számításban a gyakoriságok figyelembevételével súlyoztuk és így kiszámítottuk a kazánnak az átlagos hatásfokát, ami 102,7% lett.

A kiszámolt összes tüzelőanyag fogyasztásunk a fenti táblázat alapján 738,2 m³. Az MVM oldalán található lakossági árkalkulátor segítségével kiszámítottuk a gázfogyasztás éves költségét, ami 85.405 Ft lett.

Kondenzációs kazán, túlméretezett teljesítményillesztéssel, a hőszigetelés utáni állapothoz

Ebben az esetben a mintaépületünkben az eredetileg beépített hagyományos kazán lecserélésre került, egy kondenzációs kazánra, aminek a meghatározott előremenő és visszatérő hőmérséklete 75/60°C. A kazán pontos teljesítményillesztéssel került beépítésre a 28731 kWh/év-es fűtési hőigényre számolva. A kazán beépítése után a beruházó teljes hőszigetelést végez az épületen. Mivel a hőszigetelés által a ház hőigénye durván a negyedére csökken így a hőszigetelés előtti állapotra pontosan illesztett kondenzációs kazán négyszeres túlmérettel fog üzemelni. Tehát a számított kazánterhelések a negyedére csökkennek. Meghatároztuk a kazán fogyasztását, amelynél a fűtési hőigény 7577 kWh/év.

A következő táblázatban közöljük a vizsgálat módszerében bemutatott számítási folyamatokkal kiszámolt értékeket.

Kondenzációs kazán, négyszeres túlméretezéssel, hőszigetelés után				
Hőmérséklet sávok	Hőbevitel eloszlása [%]	Kazánterhelés [%]	Kazánhatásfok [%]	Tüzelőanyag fogyasztás
(-15°C)-(-10°C)	0	24,6	105,3	0,0 m ³
(-10°C)-(-5°C)	1,6	20,8	106,0	11,4 m ³
(-5°C)-(0°C)	8,2	17,0	106,6	58,3 m ³
(0°C)-(+5°C)	36,8	13,3	107,3	259,9 m ³
(+5°C)-(+10°C)	34,8	9,5	108,1	244 m ³
(+10°C)-(+15°C)	18,6	5,8	108,9	129,4 m ³

10. táblázat Kondenzációs kazán, négyszeres túlméretezéssel, hőszigetelés után

A kazán különböző hőmérséklet sávokhoz tartozó hatásfokait egy külön számításban a gyakoriságok figyelembevételével súlyoztuk és így kiszámítottuk a kazánnak az átlagos hatásfokát, ami 107,8% lett.

A kiszámolt összes tüzelőanyag fogyasztásunk a fenti táblázat alapján 703 m³. Az MVM oldalán található lakossági ár kalkulátor segítségével kiszámítottuk a gázfogyasztás éves költségét, ami 81.908 Ft.

A vizsgált esetek kiértékelése

A különböző esetek kiszámított energiafogyasztási adatai alapján lehetőség nyílik a különböző példák összehasonlítására. Az alábbi táblázat összegzi az egyes esetekhez tartozó gázfogyasztás értékeket, az alapesethez viszonyított gázmegtakarítást. Valamint megközzöljük egy másik táblázatban az éves gázfogyasztás költsége alapján számított éves pénzügyi megtakarítást.

	Hagyományos (szig. nélkül)	Hagyományos (szig. túlméretezett)	Kondenzációs (szig. nélkül)	Kondenzációs (szig.)	Kondenzációs (szig. túlméretezett)
Tüzelőanyag- fogyasztás [m ³]	3401,4	1225,1	2799,3	738,2	703
Gázmegtakarítás [m ³]	-	2176,3	602,1	2663,2	2698,4
Gázmegtakarítás	-	64%	18%	78%	79%
Gázfogyasztás éves költsége [eFt]	1.402	134	941	85	81
Pénzügyi megtakarítás [eFt]	-	1.268	461	1.317	1.321
Pénzügyi megtakarítás	-	90,4%	33%	93,9%	94,2%

11. táblázat Tüzelőanyagfogyasztás és pénzügyi megtakarítás

A táblázatokban szereplő adatok alapján jól látható, hogy az épület hőtechnikai jellemzőinek javítása elengedhetetlen ahhoz, hogy a beruházó minél nagyobb tüzelőanyag megtakarítást érjen el.

A hőszigetelés által elért gázmegtakarítás gépészeti felújítás nélkül 64%, ami 9,6%-kal tér el a hőszigetelés által elért 73,6%-os fűtési hőigény megtakarítástól. Ez a különbség abból ered, hogy a hőszigetelés által a hagyományos kazánnak a terhelése csökkent így növekedett a fellépő készenléti időszak, ami rontott a hagyományos kazán hatásfokán.

A szigetelési munkák nélkül elvégzett kazáncsere, pontos teljesítményillesztéssel csak 18%-os gázmegtakarítást ér el az alapesetünkhöz képest. Tehát hiába van egy magas átlag hatásfokkal üzemelő kazánunk beépítve, ha a fűtési hőigény, amit ki kell szolgálnia magas marad, de ez esetben ez az állapot nem a végállomás mivel, hogy jó megtakarítást érjünk el a hőszigetelés elengedhetetlen.

A szigetelési munkák után elvégzett kazáncsere, pontos teljesítményillesztéssel 78%-os gázmegtakarítást eredményez. Az eddigi vizsgált esetek közül ez a legmagasabb érték, viszont ezzel szembe állítva az előző bekezdésben tárgyalt kazáncsere után, ha a teljes hőszigetelést elvégzik az épületen akkor a gázmegtakarítás 79%-os lesz az alapesethez képest. Ez az 1%-os eltérés a két eset között $35,2 \text{ m}^3$ gázt jelent évente. Ennek az oka az, hogy a magas fűtési hőigényre illesztett kondenzációs kazán a szigetelés után negyed annyi terheléssel áll szemben mintha a hőszigetelés előtti állapotot szolgálná ki, ezáltal javul a hatásfoka.

A táblázatban bemutatott pénzügyi megtakarítások és a gázmegtakarítás közötti jelentős eltérések kérdéseket vethetnek fel bennünk, hiszen logikusnak tűnik, hogy ez a két adat szorosan összefügg. Az eltérések azonban az egyetemes árszabások meghatározásáról szóló kormányrendeletben (259/2022. (VII. 21.) Korm. rendelet) rögzített szabályozásból adódnak, amely a $20 \text{ m}^3/\text{h}$ alatti gázmérővel rendelkező lakossági felhasználók számára két eltérő árszabást állapít meg. A rendelet értelmében az alábbi árszabások érvényesek:

I. árkategória, a gázfogyasztás felső határa évi $1729 \text{ m}^3/\text{év}/\text{felhasználási hely}$. Az ebbe a kategóriába tartozó fogyasztás esetén az egységár $99,9 \text{ Ft}/\text{m}^3$.

II. árkategória, ami az I. árkategória felső határát meghaladó fogyasztásra vonatkozik, ez a versenypiaci költségeket tükröző egységárat jelenti, ami 767,2 Ft/m³

A két árszint közötti jelentős eltérés azokban az esetekben, ahol a fogyasztás részben a II. árkategóriába esik ott a teljes gázfogyasztásköltsége kiugróan magasabb lehet, mint azokban az esetekben, ahol a fogyasztás teljes egészében az I. árkategórián belül marad. Ez az árbeli különbség magyarázza a pénzügyi megtakarítások és a gázfogyasztási adatok közötti nagy eltéréseket.

Kazáncsere beruházási költsége

A tüzelőanyag fogyasztás és az ahhoz kapcsolódó pénzügyi megtakarítások elemzése nem meríti ki a vizsgálatunkat. A kazáncsere ugyanis egy összetett és több szempontot is figyelembe vevő munkafolyamat, amely több kérdést vethet fel a kivitelező szakember számára a pontos költségbecslés érdekében. Ezek a kérdések tipikusan olyanokat foglalnak magukban, mint például a kémény alkalmassága, a csatlakozás módja és számos egyéb műszaki megoldás szükségességével kapcsolatos kérdés. Tehát a kazáncsere beruházási költségét számos tényező befolyásolja, mint a már említett műszaki megoldások és nem elhanyagolható szempont az előírásoknak való megfelelés sem. Több szakember véleményét kikértük és az ő általuk adott válaszok és kivitelezési ajánlatok alapján egy kazáncsere átlagos költségét 1.150.000 Ft-ra becsültük. Ez az összeg az alábbi tételeket tartalmazza:

1. A kazánkémény kivitelezése az előírásoknak megfelelően.
2. A régi kazán leválasztása a rendszerről.
3. A meglévő rendszer átmosása.
4. Az új kazán csatlakoztatása a fűtési rendszerhez, beleértve a szükséges szerelvényeket.
5. A kazánvezérlési technika kiépítése és beüzemelése
6. Nem utolsó sorban pedig egy becsült anyagköltséget is tartalmaz.

Ez alapján megállapítható, hogy a kazáncsere pontos költségei jelentős eltéréseket mutathatnak az egyedi körülményektől függően.

A korábban már megismert hőszigetelés, kazáncsere beruházási költségével, és a gázfogyasztásoknál meghatározott esetenkénti megtakarításokkal beruházási költség, megtakarítás és megtérülési idő számítható, mely az alábbi táblázatban látható:

	Hagyományos (szig. túlméret)	Kondenzációs (szig. nélkül)	Kondenzációs (szig., pontos illesztés)	Kondenzációs (szig. túlméret)
Beruházási költség [eFt]	2.946	1.150	4.096	4.096
Megtakarítás [eFt]	1.268	461	1.317	1.321
Megtérülési idő	2,3 év	2,5 év	3,2 év	3,2 év

12. táblázat megtérülési idők

A számított eredmények alapján a hagyományos kazán megtartása és a ház leszigetelése a leghatékosabb eset a beruházó számára megtérülési idő és megtakarítás függvényében, de egy utólagos kazáncsere elengedhetetlen a legjobb energiahasznosítás érdekében, annál is inkább mivel egy régen beépített hagyományos kazán használati időtartama véges és 15-20 évente cserére szorul.

ÖSSZEGZÉS

Válaszok a felvetett kérdésekre

1. Hogyan alakul egy tipikus mintaház fűtési hőigénye a különböző energiahatékonysági felújítások figyelembevételével?

A kutatás során alapul vett mintaház fűtési hőigény az építészeti felújítások alkalmazása után közel a negyedére csökkent. A legnagyobb megtakarítást a homlokzat leszigetelése eredményezte, ez számszerűsítve 46,4%-os megtakarítást jelent. A homlokzat leszigetelése után a padlásfödém leszigetelésével 22,6%, ablakcserével 3,1%, illetve ajtócsere alkalmazásával további 1,5% takarítható meg. Ezeket a megtakarításokat összeadva, a 9/2023. (V.25.) ÉKM rendelet szerinti követelményértékeknek megfelelő hőszigetelés alkalmazásával a kiinduló fűtési hőigényhez képest összesen 73,6%-os az összes megtakarításunk. Ez egy jelentős megtakarítás, az eredményeinkből levonható a következtetés, hogy a rossz hőtechnikai jellemzőkkel rendelkező épületek esetében napjainkban elengedhetetlen a hőtechnikai felújítások mihamarabbi elvégzése.

2. Milyen változáson ment keresztül Magyarország éghajlata, ezen belül a fűtési időszak külső hőmérséklete az elmúlt évtizedben?

Az „A klímaváltozás hatása a fűtési hőigényre Magyarországon” című fejezetben alaposan megvizsgáltuk országunk hőmérsékletének és éghajlatának változását. Az elemzést öt nagyvárosra és 50 év hőmérséklet adataira végeztük, és a fűtési időnyen túl két időszakra bontva elemeztük az adatokat. A tanulmányban vizsgált hőmérsékleti tartományok elemzése rámutatott ,hogy a napi középhőmérsékletek gyakorisága jelentős eltolódást mutat az alacsonyabb hőmérsékleti tartományokból a magasabbak irányába. Számszerűsítve, Magyarország területén a napi középhőmérséklet átlagosan 1,16°C-kal emelkedett a két időszak között. Ez a változás a fűtési szezonnra tekintve kedvező hatást gyakorol, mivel csökkentheti a fűtési energiaigényt. Ugyanakkor mezőgazdasági és vízügyi szempontból kedvezőtlen következményekkel járhat, valamint az emelkedő külső hőmérséklet a melegebb napokon növeli a hűtési energiaigényt.

3. A német szakirodalomban található kazánterhelés és időjárás alakulás vizsgálati diagram hogyan alakul a Magyarországi körülmények között, illetve van-e benne hiba?

A „vizsgálat módszere” fejezetben megvizsgáltuk a „klímaváltozás hatása a fűtési hőigényre Magyarországon” szakasz adatait, hogy megállapítsuk, a német szakirodalomban kiadott diagram mennyiben alkalmazható a magyarországi körülmények között. Megállapítottuk, hogy jelentős eltérés van a két diagram között. Az eltérések oka részben az, hogy a német szakirodalomban szereplő adatok egy 20 évvel ezelőtti kiadásból származnak, így a hőmérsékleti gyakoriságok a jelenlegi viszonyokat nem tükrözik pontosan. Továbbá Magyarország és Németország eltérő hőmérséklet viszonyai is szerepet játszhatnak az eltérésekben. Fontos hangsúlyozni, hogy nem adhatunk egyértelmű választ arra a kérdésre, hogy a német szakirodalomban közölt diagram hibás-e. Ez részben annak köszönhető, hogy nem ismert, hogy milyen időintervallumot vizsgáltak a diagram készítése során és hogy a hőmérséklet gyakoriságokat milyen hőmérsékleti mutatók alapján vizsgálták meg.

4. Jár-e kimutatható előnnyel (tüzelőanyag-megtakarítással), ha egy régi épületben a kazáncserét a hőszigetelés elvégzése előtt hajtjuk végre, különös tekintettel a kondenzációs kazánok részterhelési kihasználási foka változásának jellegére a kazánterhelés függvényében?

A „Kazáncsere” témakörében végzett elemzés során egy hagyományos kazán, kondenzációs kazánra való cseréjét vizsgáltuk abban az esetben, ha a kazán telepítése az épület hőszigetelését megelőzi. A vizsgálat eredményei alapján ebben az esetben érhető el a legnagyobb gázmegtakarítás, amely 79%-os.

Ezt összehasonlítva azzal az esettel, amelyben az épülethőszigetelése megelőzi a kazán telepítését, $35,2 \text{ m}^3/\text{év}$ (1%) tüzelőanyag-megtakarítást jelent. Vagyis, ha először végezzük el a kazáncserét és utána a hőszigetelést, akkor $35,2 \text{ m}^3/\text{év}$ gázmegtakarítást realizálhatunk a fordított felújítási sorrenddel szemben. Ez a megtakarítás annak a következménye, hogy a hőszigetetlen épületbe beszerelt kazán a hőszigetelés elvégzése után négyszeresen túlméretezetté válik, és ennek következtében javulnak a részterhelési hatásfokai. Fontos azonban kiemelni, hogy a kondenzációs kazánok hatásfoka nem

nővelhető a végtelenségig a kazánterhelés csökkentésével. A kazánhatásfok növekedése körülbelül 5%-os kazánterhelés mellett éri el a maximumát, ezt követően a terhelés további csökkenése fokozatos hatásfokcsökkenést eredményez.

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a kondenzációs kazánok túlméretezése bizonyos mértékű tüzelőanyag-megtakarítást eredményez. A vizsgált mintaház esetében a 35,2 m³/év alacsonynak tűnhet, azonban például egy passzívház esetében ez a megtakarítás lényegesen nagyobb jelentőséggel bírna. A passzívházakban az éves tüzelőanyag-fogyasztás jellemzően 180 m³/év körül alakul, így ez a 35,2 m³/év-es megtakarítás körülbelül 20%-os csökkenést jelentene. Ez az arány már jobban megmutatja a túlméretezés előnyét a kis energiaigényű épületek esetében.

További kutatási lehetőségek

A Tudományos Diákköri Konferenciára készített dolgozatunk terjedelmi korlátai miatt nem volt lehetőségünk minden bennünk felmerült további kutatási lehetőséget részletesen megvizsgálni. Az alábbiakban összefoglaljuk azokat a további kutatási irányokat, amelyeket a dolgozat készítése során ismertünk fel. Ezek a témák a jövőbeli kutatások számára nyújthatnak esetleges kiindulópontot.

1. Hogyan befolyásolja a túlméretezett kazánokkal elért tüzelőanyag-megtakarítás mértékét, például egy 40 lakásos társasház hőigénye, a kisebb léptékű mintaépületünk rendszeréhez képest?

A tanulmányunk során megállapítottuk, hogy a kazánok túlméretezése esetén tüzelőanyag-megtakarítás érhető el. A vizsgálataink alapján ez 30 m³/év gázmegtakarítást jelent a nem túlméretezett kazánokkal szemben. Ez a megtakarítás a vizsgált esetünkben csekélynek tűnhet, ugyanakkor felveti a kérdést, hogy nagyobb épületek, illetve nagyobb hőigényű épületek esetében hogyan alakulna ez a jelenség. Ennek megválaszolásához további kutatások szükségesek.

2. Hogyan alakul a hőszivattyúk és a kondenzációs gázkazánok piaci versenye, különös tekintettel az energiaárakra, a technológiai fejlesztésekre és az állami szabályozásokra?

Várható-e, hogy az egyik technológia kiszorítja a másikat, vagy inkább a hibrid rendszerek elterjedése nyer teret?

A korszerű energetikai felújítások keretében a hibrid rendszereknél a fő hőtermelő a hőszivattyú, mely üzemelése a fűtési idény jelentős részét lefedi. Felmerül a kérdés, hogy a jövőben ezáltal a kazánok szerepe teljesen a háttérbe szorulhat idővel.

KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk megköszönni Klieg Editnek, a Magyar Épületgépészek Szövetsége irodavezetőjének az Energiaőr programhoz való hozzáférés biztosítását, mellyel fontos energetikai vizsgálatokat, becsléseket tudtunk végezni a tudományos dolgozat elkészítése során.

IRODALOMJEGYZÉK

- Baumann, M., Dr. Csoknyai, T., Dr. Kalmár, F., Dr. Magyar, Z., Dr. Majoros, A., Dr. Osztrólczy, M., . . . Prof. Zöld, A. (2009). *Épületenergetika*. (B. Mihály, Szerk.) Pécs: PTE Pollack Mihály Műszaki kar.
- Heinz Eickenhorst, Lajos Joos. (1998). *Energieeinsparung für Gebäude*. Essen: Vulkan-Verlag.
- Innovációs és Technológiai Minisztérium. (2018). *második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia*. Letöltés dátuma: 2024.. Október 31., forrás: Nemzeti Alkalmazkodási Központ Főosztály: <https://nakfo.mbfisz.gov.hu/hu/node/517>
- Károly, D. i. (1934). *Építési zsebkönyv*. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda.
- Központi Statisztikai Hivatal. (2022). *Lakáspiaci árak, lakásárindex, 2022. IV. negyedév*. Letöltés dátuma: 2024. Október 31., forrás: KSH: <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/lakaspiaci-arak-lakasarindex-2022-iv-negyedev/index.html>
- László, R. (2020). *Épületgépészeti alapfogalmak*.
- Magyar Népköztársaság Építésügyi Ágazati Szabvány. (1987.. november). FÜTÉSI HŐSZÜKSÉGLETSZÁMÍTÁS. MSZ-04-140/3-87.
- Műszaki Előírás - Épületek és épületszerkezetek hőtechnikai méretezése*. (1966). Építésügyi minisztérium.
- Tamás, P. (2015. november). Családi ház – ajánlott tervek. (B. Augusztina, Szerk.) BME Lakóépülettervezési Tanszék. Letöltés dátuma: 2024.. Október 31.
- Ügynökség, E. K. (2021. November 17). Forrás: <https://www.eea.europa.eu/highlights/climate-hazards-are-increasing-in>
- Vajda, J. (2024. június 3.). Előbb a kazáncsere, aztán a hőszigetelés? *Épületgépész, MÉGSZ szaklapja*, old.: 4-7.
- Wisdom Ebirim, Favour Oluwadamilare Usman, Danny Jose Portillo Montero. Nwakamma Ninduwezuor-Ehiobu, Emmanuel Chigozie Ani, & Kehinde Andrew Olu-lawal. (2024.. Augusztus 3.). ASSESSING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON HVAC SYSTEM DESIGN AND PROJECT MANAGEMENT. International Journal Of Applied Research in Social Sciences.
- Zoltán, F. (2010). Költséggazdálkodási, szervezési és minőségmegőrzési feladatok megoldása autoklávus konzervipari üzem példáján.
- Zoltán, V. (2016. május 10). Épületek fűtési energiaigényének vizsgálata.

FÜGGELÉK, MELLÉKLETEK

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Fűtés primerenergiaigénye az épület kora szerint.....	4
2. ábra Lakóépületek energia besorolása a lakóépület építési év szerint.....	4
3. ábra Épületek energetikai kategóriák szerinti besorolás a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet	5
4. ábra Mintaépület alaprajza.....	7
5. ábra MSZ 04-140/3:87 Szabványban megadott méretezési külső hőmérsékletek	14
6. ábra Pécs napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása	15
7. ábra Budapest napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása	15
8. ábra Szombathely napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása	15
9. ábra Szeged napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása	16
10. ábra Debrecen napi középhőmérsékletének százalékos eloszlása	16
11. ábra Átlagos hőmérséklet emelkedések Magyarország városaiban	17
12. ábra számított külső méretezési hőmérsékletek.....	18
13. ábra Az ALADIN-Climate és a REMO regionális klímamodellek eredményei alapján 1961– 1990 modell átlagaihoz képest SRES A1B forgatókönyv alapján. A feltüntetett számértékek az országos átlagos változás alsó és felső határát jelölik Magyarországra tekintve. (Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018)	20
14. ábra Hőmérséklet tartományok gyakorisága	23
15. ábra Hőbevitel százalékos eloszlása Budapesten.....	24
16. ábra Kazánhatásfok és kazánterhelés kapcsolata (Baumann, és mtsai., 2009)	25
17. ábra Ismert és számított hatásfokgörbék a terhelés függvényében, hagyományos kazán (Zoltán F. , 2010)	26
18. ábra Ismert és számított hatásfokgörbék a terhelés függvényében, kondenzációs kazán. A fekete pontvonal az illesztett görbe, a piros pedig az eredeti adatokat ábrázolja.	27

TÁBLAJEGYZÉK

1. táblázat szigetelés méretezés.....	9
2. táblázat építészeti felújítás költségvetése	12
3. táblázat energetikai megtakarítások hőtechnikai felújítás során	13
4. táblázat Kazánterhelés kondenzációs kazán esetén	28
5. táblázat Kazánterhelés hagyományos kazán esetén	28
6. táblázat Hagyományos kazán, pontos teljesítményillesztéssel hőszigetelés nélkül.....	30
7. táblázat Hagyományos kazán, négyszeres túlméretezéssel, hőszigetelés után	31
8. táblázat Kondenzációs kazán, pontosteljesítmény illesztéssel, hőszigetelés előtt.....	31
9. táblázat Kondenzációs kazán, pontosteljesítmény illesztéssel, hőszigetelés után.....	32
10. táblázat Kondenzációs kazán, négyszeres túlméretezéssel, hőszigetelés után.....	33
11. táblázat Tüzelőanyagfogyasztás és pénzügyi megtakarítás	33
12. táblázat megtérülési idők	36