

Hegyvidéki Polgármesteri Hivatal

épületfűtési rendszerének energetikai korszerűsítése

KOVÁCS BENCE

**Létesítményenergetikai szakmérnök
szakirányú továbbképzés**

Gödöllő

2023.



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Létesítményenergetikai szakmérnök szakirányú
továbbképzés**

**Hegyvidéki Polgármesteri Hivatal épületfűtési rendszerének
energetikai korszerűsítése**

Belső konzulens:	Dr. Szabó Márta egyetemi docens
Külső konzulens:	Ácsné Benyó Magdolna energetikai tanácsadó
Készítette:	Kovács Bence ZAXIRS Levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

**Gödöllő
2023.**

MŰSZAKI INTÉZET
LÉTESÍTMÉNY ENERGETIKAI SZAKMÉRNÖK SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Kovács Bence (ZAXIRS)

részére

A szakdolgozat címe:

Hegyvidéki Polgármesteri Hivatal épület fűtési rendszerének energetikai korszerűsítése

Feladatkiírás:

A feladat a Polgármesteri Hivatal épületének energetikai vizsgálata. A felújításra és korszerűsítésre leginkább indokolt hőtermelő berendezés kiválasztása.

- Tekintse át a feladat kidolgozásához szükséges szakirodalmat.
- Vizsgálja meg az elmúlt időszakban bekövetkezett külső és belső tényezőket melyek az épület energiafelhasználásában közrejátszott.
- Mérje fel a Polgármesteri Hivatal épületét, az abban lévő hőtermelőket.
- Végezzem összehasonlító elemzést az elmúlt 2 év fogyasztási adatairól.
- Tegyen javaslatot a fogyasztás csökkentésére és a rendszer korszerűsítésére

Közreműködő tanszék: Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Ácsné Benyó Magdolna energetikai tanácsadó, Pannon Építőműhely Kft., 1117 Budapest, Szerémi út 7/a.

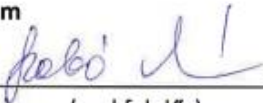
Belső konzulens: Dr. Szabó Márta egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

A dolgozat beadási határideje: 2023. év 11. hó 06. nap

Kelt: Gödöllő, 2023. év 09. hó 15. nap

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: BUDAPEST 2023 év 11 hó 06 nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	Célkitűzés.....	5
3	Szakirodalom áttekintés	6
3.1	Hőtermelők	9
3.1.1	Kazánok	9
3.1.2	Hőszivattyúk	13
3.1.3	Geotermikus és geotermális rendszerek.....	16
3.1.4	Napenergia hasznosítása	19
3.2	Hőleadók.....	23
3.3	Állítható fordulatszámú szivattyúk.....	28
3.4	Szigetelés	28
3.4.1	Külső hőszigetelés	29
3.4.2	Belső szigetelés	30
3.5	Adatelemzés fontossága	31
3.6	Irodai komfort és belső környezet minősége	32
3.7	Széndioxid egyenérték.....	36
4	Lehetőségek áttekintése	37
5	Jelenlegi állapot bemutatása	40
5.1	Épület jellemzői.....	43
5.2	Kazán rendszer	44
5.3	Légtechnikai rendszer.....	47
5.4	Külső-belső hatások bemutatása.....	49
5.5	Fűtésszabályozás	53
6	További fejlesztési lehetőségek bemutatása	55
7	Fogyasztási adatok, elemzések	59

7.1	Gázfogyasztás	62
7.2	Áram felhasználás.....	64
7.3	Hőmérséklet.....	66
7.4	Lekötött teljesítmény	67
8	Épület energiaigénye, gázfelhasználása	68
8.1	Energiaigény, szükséges kazántelesítmény	68
8.2	Jelenlegi rendszer gázfelhasználása.....	68
8.3	Alternatív rendszer gázfelhasználása.....	69
9	Javaslatok	70
9.1	Felújítás nélküli takarékos üzemeltetés	70
9.2	Kazáncsere.....	70
9.3	HMV előállítás hőszivattyúval	73
9.4	VRV rendszer külső egységeinek cseréje.....	74
9.5	Radiátorcsere	74
9.6	További megtakarítási lehetőségek	77
10	Konklúzió.....	80
11	Összefoglalás	84
12	Summary	85
13	Köszönetnyilvánítás	86
14	Irodalomjegyzék	87
15	Táblázatok és ábrák jegyzéke	91
16	Mellékletek	93

1 Bevezetés

Már az őskor óta az emberek életében jelen van az alkalmazkodás és egy biztonságos fedezék keresése, építése, mely határt és gátat szab az időjárási körülmények változásából eredő hatásoknak, ezáltal védelmet biztosítva a személyek számára. Fejlődésünk szakaszaiban más eszközökkel és más anyagokat felhasználva készültek a korra jellemző tulajdonságú épületek és lakóházak. A technika fejlődésével egyre korszerűbb házak épültek és nőtt a fűtésre történő energiafelhasználás a fokozódó komfort igények, kényelem, az életminőség fenntartása, egyben javítása érdekében. Az épületen belüli körülmények egyre jobban különböztek a külső környezettől. Minél jobban megtervezett és kivitelezett egy ház szerkezete annál jobban csökkenthető a belső körülmények biztosítására használt energia mennyisége. Napjainkban az energiahordozók jelentős hányadának felhasználása ezen komfortkörülményeket hivatott biztosítani. Minden szerkezet és gépezet rendelkezik egy optimális életciklussal, ami alatt a használata közben még megfelelőnek ítéljük az üzemeltetésére használt energiaforrásokat. Amikor fenntartásuk a külső körülményekhez (időjárás, gazdasági helyzet) képest drasztikusan megnövekszik érdemes azok cseréjét, korszerűsítését elvégezni. Napjainkban a 100 évvel ezelőtt épült házaink is használatban vannak, melyek az építésük idejében energetikai szempontból megfelelőek voltak, azonban mára elavultnak számítanak, erősen felújításra szorulnak. Ezért úgy érdemes a szükséges fel- és megújítási feladatokat elvégezni, hogy várhatóan annak hatása évtizedek múlva is kihatással lesz a használókra.

Az elmúlt évben világ és leginkább Európa szerte bekövetkezett gazdasági változások, valamint az Európai Unió által elfogadott irányelvek egyre nagyobb elvárást támasztanak a környezetbarát technológiák alkalmazása és a környezetterhelés, különösképpen az üvegházhatásúgáz-kibocsátás csökkentésére való törekvések iránt, melyek egyre jobban arra sarkalják az ingatlanokat üzemeltető jogi és/vagy magánszemélyeket, hogy az elavult rendszereiket folyamatosan cseréljék le modern, szabályozható, energiahatékony, felügyelhető és megújuló energiákat is alkalmazó technológiákra.

Vonatkozó EU. irányelvek:

- Direktíva az épületek energetikai jellemzőiről EPBD 2002/91/EK
- Energiahatékonysági direktíva – ESD (Energy Services and End-use Efficiency Directive) 2006/32/EK
- Direktíva az energia fogyasztó berendezések környezettudatos tervezéséről – EuP (Ecodesign of Energy Using Product Directive) 2005/32/EK

- Direktíva az energiafogyasztó berendezések címkézéséről 2010/30/EK
- Direktíva az épületek energiahatékonyságáról (Energy Performance of Buildings Directive) 2010/31/EK

2 Célkitűzés

Magyarországon elmondható, hogy elavult az épületállomány és a tömeges felújítások is hiányoznak. Nem kivétel ez alól a Budapest Főváros XII. Kerület Hegyvidéki Önkormányzat Polgármesteri Hivatal épülete sem. Tapasztalataim alapján az épület szerkezetet szigetelés nélküli, gázfűtéses rendszere elavult, valamint az elmúlt pár évben megtörtént felújítások és fejlesztések is mára elavulttá válhattak a technológia fejlődése miatt. Ezért gondoltam, hogy dolgozatom témájának a munkahelyem, az említett irodai funkciót ellátó épület energiafelhasználásának és jelenlegi helyzetének elemzését választom. A lehetséges felújítási potenciálok számbavételét követően a fűtési rendszer és a kapcsolódó elemek korszerűsítésére tervezek megoldást adni, mely az energiahordozó felhasználásának csökkentésével az éves üzemeltetési költségvetés segítése mellett a CO₂ kibocsájtás csökkentését, és a környezetvédelmét is elősegítem. Az épületben meglévő almérők korábbi telepítése és az energiamenedzsment szoftver alkalmazása alapján fennálló kapcsolati viszony miatt kértem fel külső konzulensnek, Ácsné Benyó Magdolnát a Pannon Építőműhely Kft. energetikai tanácsadóját, akinek iránymutatása alapján vettem górcső alá az épületet és működését.

3 Szakirodalom áttekintés

1930 - 40-es évek építésze:

A trianoni békeszerződést követően kőbányáinkat jórészt elvesztettük, így az épületek szerkezeti átalakulása miatt 1920-at követően csak burkolóanyagként volt indokolt a követ és a klinkertéglát használni. Téglarchitektúraként született meg az új korszak, mely a historizáló építészet gazdag formanyeléből alakult át a modern szemlélet puritán forma- és anyagkezelésévé. Az 1930-as évektől modernizációs kiütkeresés volt jellemző az építészetben az éppen jelenlévő válság és szegénység hatására. A szemléleti változást igen jól érzékeltette a vasbeton szerkezetű és téglafödésem épületek megjelenése, elterjedt a jobb hőszigetelésű lyukacsos vázkitöltő téglá, és magas színvonalon produkált a szakipar, a fém szerkezetű nyílászáróktól a burkolatokig és az épületgépészeti felszereltségig. 1940-es évek elején az építészeti minőség újra elérte az európai átlagot. A klinkertéglával burkolt homlokzat, a lábra állítás és a tetőkert jellegű legfelső emelet a középület-építés terén is kibontakozott. (Gyarmati, Püski, & Barta, 1998)

Energiahordozók használatának változása:

Már 1856-tól volt elérhető a gáz Magyarországon, azonban még csak világításra alkalmazták. A két világháború között a gázzal történő világítást felváltotta az elektromos villany, akkor az utcákról is eltűntek a gázlámpák. Az elérhető áram és gáz mellett a fűtésben a szén és fa uralkodott. Bár 1899-ben megjelent a távfűtés, de hazánkban csak 1950-től terjedt el. Első távfűtött épületünk az Országház volt.

Az 1970-es években Budapesten kezdett olyan rossz minőségű lenni a levegő, hogy a belvárosban támogatták a távfűtés bevezetését és a városi gáz hálózatot az olcsóbb és tisztábban égő földgázra támaszkodott. A földgáz 1940-től elérhető volt hazánkban, de gáz fűtésre való használata az 1960-as évektől kezdett el terjedni mind a cserépkályhákban, mind a konvektorok és gázkazánok használatával, azonban a 70-es évektől kezdődött a nagy átállás korszaka. (Domonkos, 2022)

A Központi Statisztikai Hivatal által 2022. évre kiadott adatok szerint Budapesten a lakások 28%-a távhő általi fűtést használ, melyek aránya az elmúlt 11 év alatt 10,6%-kal nőtt. A lakások 59%-a kizárólag földgázt használ fűtésre. A villamos energiát fűtésre használó lakások aránya a 11 év alatt 1,6%-ról 4,9%-ra nőtt. A fatüzelést használó ingatlanok aránya 1% alatti, mivel

35%-kal csökkentek a kizárólag fával fűtő lakások száma. Budapesten 28 611 000 MWh a teljes felhasználás, miszerint 17 MWh/fő az átlagfogyasztás, ez az adat 2021-hez képest 6%-kal csökkent. A vonatkoztatható CO₂-kibocsátás 3,7 t/fő. Azonban a teljes CO₂-kibocsátás negyede a villamos energia előállításához szükséges tüzelőanyagokból származik. (Budapest Főváros Önkormányzata, 2023)

Fűtési rendszer:

Egy fűtési rendszerben a hőtermelő által felmelegített közeg a keringtető szivattyú áramoltatja a csőhálózatban és juttatja el a közeg a hőleadókhoz, ahol megtörténik a hőleadás. Ezt a folyamatot több kisebb, de lényeges elem, berendezés segíti. A melegvizes fűtési rendszerek legfontosabb elemei:

- hőtermelők: feladata a fűtéshez szükséges hőmennyiség előállítása primer energia felhasználásával és a szállító közegnek való átadása
- hőcserélők: benne egy áramló közeg hőt ad át egy másik áramló közegnek
- hőleadók: szerepe a helyiségben keletkező hőveszteség pótlása, leadása
- tágulási tartály: szerepe a rendszerben a víz melegekedésekor keletkező térfogat változás elvezetésére használt elem
- légtelenítő szelep: szerepe a rendszerben lévő légbuborékok eltávolítása
- szerelvények, szelepek: a rendszerben áramló közeg irányítására, folytasára szolgálnak
- szabályozók: a rendszer vezérlő elektronikai rendszer
- szivattyúk: feladata a rendszerben lévő közeg áramoltatása

Az irodalomelemzés folytatásában a hőtermelőkre és a hőleadókra részletesebben is kitérek.

Az áramot vagy gázt használó hőtermelők működéséhez szükséges energiafelhasználásukhoz kapcsolódik a lekötött teljesítmény fogalma. Ami az az elosztó hálózatban a szolgáltató által szerződés szerint rendelkezésre bocsájtott és onnan adott időpillanatban kivehető energia mennyiségét jelenti. Meghatározása új épület esetében becslés alapján, régebbi épület esetében az elmúlt időszak idősoros adatai alapján kerülhet. Rendszerint idősoros mérőórával felszerelt épületek esetén, külön díjtételként a számlán megjelenő és fizetendőösszeg, mely rosszul beállított értéke esetén egy irodaépület kapcsán szemmel látható összeget képviselhet.

Amennyiben a lekötést nem használjuk ki teljes egészében, vagyis egy órában nem vételezünk annyit a hálózatból akkor nem, de ha annál nagyobb mennyiséget használunk el akkor büntetés fizetendő.

Vonatkozó energetikai követelmények:

Mivel az épületekben kellemes közérzetet és hőérzetet szeretnénk biztosítani, így a helyiség elvárt hőmérsékletének (T_b) biztosítására a fűtési időszakban a hőveszteség és a hőnyereség különbözetét, vagyis a hőszükségletet (Q_f) kell bejuttatni a helyiségbe. A helyiségek hőveszteségeit az épület szerkezeti anyagainak és nyílászáróinak hőátbocsátási tényezője befolyásolja. A hőátbocsátási tényező megmutatja az egységnyi felületen, egységnyi idő alatt, $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet különbségnél távozó energia nagyságát.

Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet, a köznyelvben csak TNM rendelet (továbbiakban: TNM rendelet), melyet jelenleg minden induló építési engedélyezési eljárásban már alkalmazni kell. A rendelet megalkotása az épületek energiateljesítményéről szóló, 2002. december 16-i 2002/91/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv 2-6. cikkeinek és mellékletének való megfelelést szolgálja. A korábban érvényes építészeti eszközök kerültek általa kiegészítésre az épületgépészeti rendszerek energiafogyasztásának szabályozásával. A rendelet azóta több ízben került módosításra, legújabb változata 2023. november 01. napján vált hatályossá. A rendelet 5. melléklete szerinti követelmény és a szükséges utólagos szigetelésvastagság kapcsolata a 1. táblázatban látható.

1. táblázat: TNM rendelet előírásainak változása és az érvényben lévő követelmények teljesítéséhez szükséges szigetelésvastagságok

(Forrás: Szalay Zsuzsanna (2023) előadása alapján)

Épülethatároló szerkezetek	7/2006 (V.24.) TNM rendelet alapján, U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)*	20/2014 (III.7.) BM rend. a TNM rendelet mód. alapján, U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)*	Becsült minimális hőszigetelés vastagság (cm)**	Becsült javasolt hőszigetelés vastagság (cm)**
Homlokzati fal	0,45	0,24	12-16	18-22
Lapostető	0,25	0,17	20-24	28-32
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,25	0,17	16-24	24-32

* 7/2006 TNM rendelet 5. melléklet szerint

** Átlagos, $\lambda = 0,04\text{ W/mK}$ hővezetési tényezőjű hőszigetelés esetén, régi szerkezeten

3.1 Hőtermelő

3.1.1 Kazánok

Hazánkban a téli hőmérséklet egyre inkább elmarad a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól. A fűtési rendszerek méretezési külső hőmérsékleti értéke szempontjából háromféle éghajlati területet különböztetünk meg az országban. A külső hőmérséklet méretezési értékei egyes területekre -15; -13 és $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A központ fűtőberendezések manapság egyik használatos formája a konvekció, vagyis hőáramlason alapuló gravitációs és/vagy szivattyús melegvízfűtések.

A kazánokat az alábbi módokon csoportosíthatjuk Verbai, Kalmár, Csáky és Kalmár (2013) nyomán:

- Alkalmazott hőhordozó közeg szerint lehet forróvízes, melegvízes, gőzös és olaj melegítésre alkalmas készülék.
- A kazántest alapanyaga szerint lehet öntöttvas, acél, nemesacél, alumínium ötvözet, rézötvözet és ezek ötvözetei.
- Kialakítási módjuk szerint lehet:
 - hagyományos gáz és olaj kazán túlnyomásos égővel (általában $90/70\text{ }^{\circ}\text{C}$ fűtőközeg hőmérséklet)
 - hagyományos gázkazán atmoszférikus égővel (általában $90/70\text{ }^{\circ}\text{C}$ fűtőközeg hőmérséklet)
 - alacsony hőmérsékletű gáz és olajkazán (általában $80/60\text{ }^{\circ}\text{C}$ fűtőközeg hőmérséklet)
 - kondenzációs kazán gáz vagy olaj túlnyomásos égővel (általában $50/30\text{ }^{\circ}\text{C}$ fűtőközeg hőmérséklet)
 - kondenzációs kazán atmoszférikus égővel (általában $50/30^{\circ}\text{C}$ fűtőközeg hőmérséklet)
 - elektromos kazán (Verbai, Kalmár, Csáky, & Kalmár, 2013)

A hagyományos és a kondenzációs kazánokban használt energiaforrás a földgáz. A Magyarországon alkalmazott „H” jelű gáz fűtőértéke kb. 36 MJ/m^3 . Alkotói a metán-sor tagjai (1. ábra), melyek nagy hatással vannak az Ózonréteg vastagságára és ezáltal a kialakuló üvegházhatásra, ezért nevezik őket üvegházhatást okozó gázoknak. (Juhász, 2016)

Összetétel C_nH_m	Térfogatarány $r_i, m^3/m^3$	Sűrűség $\rho_0, kg/m^3$	Szorzat $r_i \cdot \rho_0, kg/m^3$
Metán, CH_4	0,9801	0,7168	0,702557
Etán, C_2H_6	0,0062	1,3560	0,008380
Propán, C_3H_8	0,0026	2,0190	0,005229
Bután, C_4H_{10}	0,0006	2,7030	0,001649
Pentán, C_5H_{12}	0,0002	3,4570	0,000657
Hexán, C_6H_{14}	0,0000	3,8400	0,000000
Nitrogén, N_2	0,0086	1,2505	0,010779
Széndioxid, CO_2	0,0017	1,9768	0,003321
Összesen	1,0000		0,732572

1. ábra: Földgáz alkotóelemei

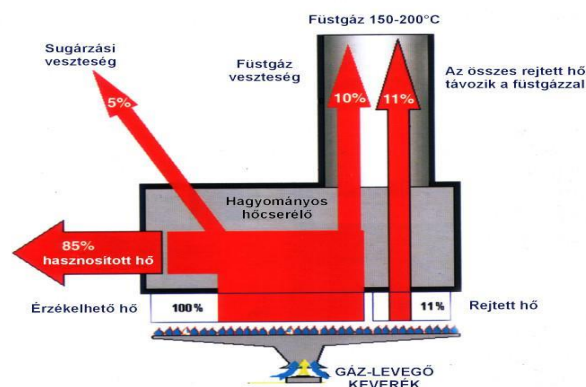
(Forrás: Juhász, 2016 nyomán)

Az Európai Unió energetikai irányelve a földgáz felhasználás csökkentése mellett annak a környezetre gyakorolt hatásának a csökkentése a fűtőértékének megtartása mellett, abba a hidrogén (H_2) egyre nagyobb térfogatarányú bekeverése. Napjainkban már 5% körüli a földgáz hidrogén tartalma is elképzelhető, melynek még nagyobb arányú bekeverése várható. Ezt a növekvő hidrogén jelenlétet a régebbi kazánok nem mindegyike tudja kezelni, azonban az újabb kazánok gond nélkül elégetik azt, akár 20%-os térfogataránnyal is.

Hagyományos kazán energetikai folyamata:

Az égéstérbe bevezetett gáz-levegő keverék elégetésével a hőcserélőben lévő víztömeget 80-90°C-ra melegíti azért, hogy az égén során keletkezett vízgőz a magas hőmérsékletű égéstermékkel együtt a kéményen keresztül füstgázként a szabadba távozzon és ne csapódjon ki, ezáltal ne tegyen kárt a készülékben. A vízgőz energiatartalma így kihasználatlanul távozik a készülékből, ez a 2. ábrán látható.

Amennyiben az alsó fűtőértéket 100%-nak, a vízgőz kondenzációt 11%-nak, együttesen őket 111%-nak veszem, és a hagyományos kazán esetében a 10% füstgázveszteség + 5% kazánfelületveszteség + 11% kondenzációs hőveszteség összesen 26% veszteséget eredményez. A hasznosított hő: $111\% - 26\% = 85\%$, a hatásfoka: $\eta_{max} = 80 - 95\%$



2. ábra: Hagyományos kazán energetikai folyamata

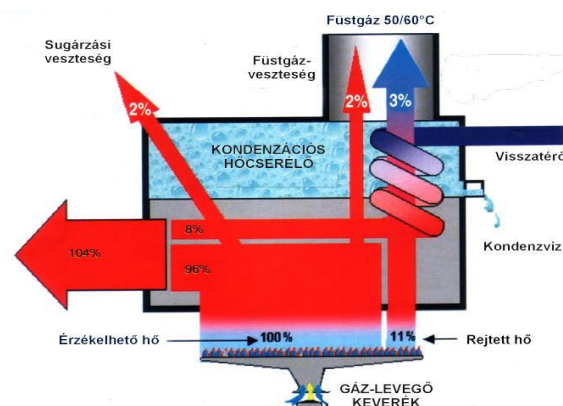
(Forrás: Opusz Tigáz által közölt ábra)

Kondenzációs kazán energetikai folyamata:

Az égésterbe bevezetett gáz-levegő keverék elégetésével a hőcserélőben lévő víztömeget a kívánt hőmérsékletre melegítjük (90 - 50 °C-ra). A vízgőz hőtartalmának hasznosítása érdekében az égéstermék lehűlési folyamatának szabályozása közben kicsapódik a vízgőz, így kondenzálódik, víz keletkezik. A folyamat során nyert párolgáshő, vagyis a plusz hőmennyiség átadásra kerül a visszatérő fűtővíznek, ezáltal az újra felmelegítés melegebb hőmérsékletről indul, ezáltal kevesebb energia szükséges a kívánt előremenő vízhőmérséklet eléréséhez. A kondenzációs folyamat kedvező hatása és %-ban kifejezett értéke a 3. sematikus ábrán és a 4. kazánmetszetet mutató ábrán jobban látható.

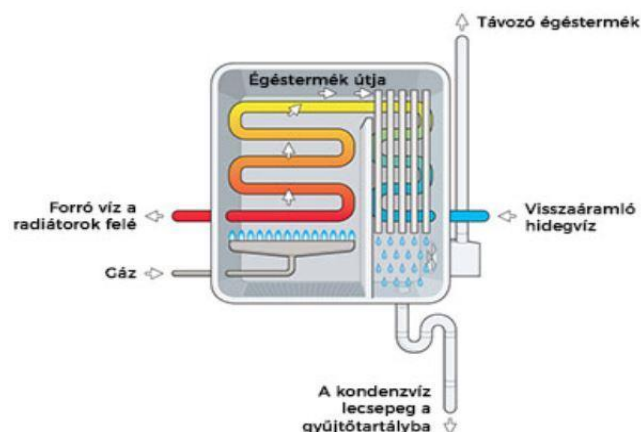
Amennyiben az alsó fűtőértéket 100%-nak, a vízgőz kondenzációt 11%-nak, együttesen őket 111%-nak veszem és a kondenzációs kazán esetében a 2% füstgázveszteség + 2% kazánfelületveszteség + 3% kondenzációs hőveszteség összesen 7% veszteséget eredményez.

A hasznosított hő: 111% - 7% = 104%. Hatásfoka: $\eta_{max} = 104 - 111\%$



3. ábra: Kondenzációs kazán energetikai folyamata

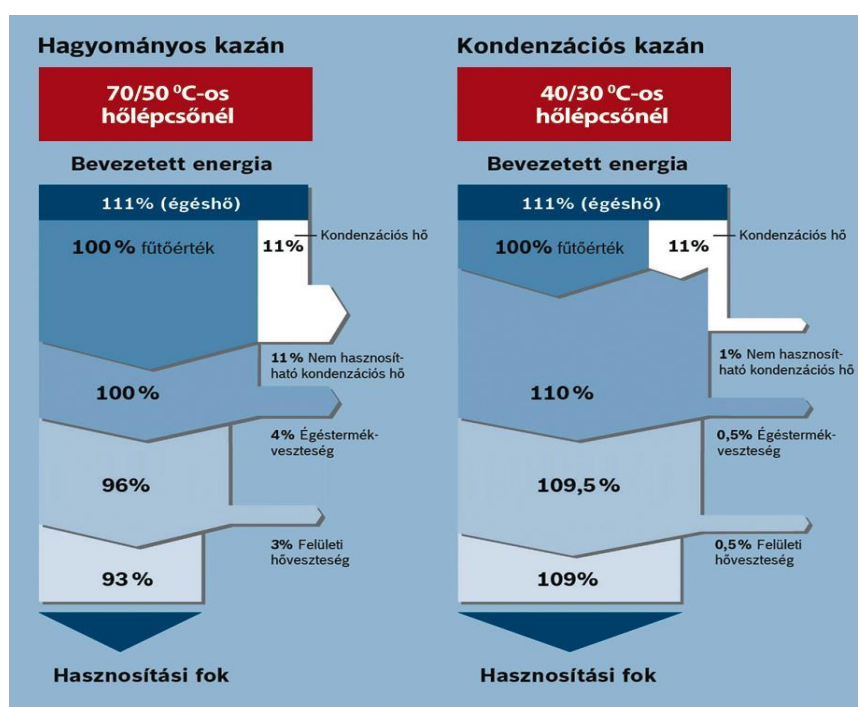
(Forrás: Opusz Tigáz által közölt ábra)



4. ábra: Kondenzációs kazán sematikus képe

(Forrás: Ventil, 2014 alapján)

Mivel a hagyományos gázkazánokkal ellentétben a kondenzációs gázkazán a vízgőz energiáját is képes hasznosítani, így hatásfoka is nagyobb, ezt a következő 5. ábra szemlélteti. Érdeemes megemlíteni, hogy a kondenzációs kazán is képes magasabb 80/60°C-os hőmérséklet előállítására, azonban ekkor hatásfoka romlik, a kedvezőtlenebb működési feltételek miatt.



5. ábra: Kazánok összehasonlítása eltérő hőlépcső esetén a bevezetett energia hasznosítási foka alapján

(Forrás: Ventil kondenzációs gázkazán)

Hőtermelők legfontosabb paraméterei:

- névleges teljesítmény (hasznos teljesítmény)
- szükséges minimum teljesítményszabályozási paraméterek (nyomás, hőmérséklet)
- tüztér mérete, kialakítása a teljesítmény optimalizálás szempontjai szerint kerül tervezésre.
- üzem közbeni tüztér nyomás
- égő szükséges szabályozási módjai (egyfokozat, kétfokozat, folyamatos).

Kiválasztásához a kalorikus teljesítmény meghatározása és a kazánhatásfok ismerete szükséges. Az égőfej teljesítményintervallumán belül kell lennie a kazán névleges teljesítményének. Szabályozását az égőre szerelt automatikai segíti. (Barótfi & Halász, 2012)

Szilárd tüzelésű kazánok:

Közismertebb nevén a vegyestüzelésű kazán, napjaink egyik leghatékonyabb fűtésrendszere. Elég sok megújuló energiaforrás használatát is lehetővé teszik, így a fa, pellet és szén mellett, növényi hulladék égetésére is alkalmazhatók. Működtetése sokkal olcsóbb a gázfűtésnél is. A tüzelőanyag adagolása kézzel történik, mely 2-6 óra alatt ég le a kazánban a tüztér nagyságától függően. Használható önmagában, de gázfűtéssel is kombinálható.

3.1.2 Hőszivattyúk

A hőszivattyú villamos energia segítségével a Nap környezetünkben tárolt energiáját hasznosítja, így a tüzelőanyagként használt gáz, szén, fa, olajnál sokkal jobb hatásfokkal, a környezetet kímélve tudunk fűteni. A hűtőgépek technológiájával ellentétben a hőszivattyúk működése. A külső környezetből történő hőkivonás útján szállítják a meleg levegőt a beltéri közegbe. Napjaink leghatékonyabb eszköze az energia megtakarításnak és a CO₂ csökkentésnek.

Megkülönböztetünk monoblokkos és osztott hőszivattyús rendszert, valamint fűtési módjuk szerint monovalens, bivalens és monoenergiás módot.

Típustól függően a környezeti energiát a levegőből, vízből, vagy a talajból tudjuk kinyerni a fűtéshez vagy a hűtéshez, így megkülönböztetünk:

- levegő-levegő hőszivattyút, vagyis a hőszivattyús üzemű klímaberendezések, közismertebben a légkondicionálók, ahol a levegőből kinyert hővel melegítjük vagy hűtjük a belső tér levegőjét:

Egy külső és egy vagy több belső egységből állnak. A berendezéseket rézcsövek kötik össze, melyekben az ózonréteget nagymértékben romboló hűtő vagy a fűtőközeg áramlik. A belső egységben lévő hőcserélőn keresztül áramoltatott levegő leadja a szükséges hőt, a kültéri egységben lévő hőcserélő a belső térből kivont hőmennyiséget adja le vagy a szükséges hőt veszi fel. Teljesen zárt rendszer, csak néhány típus képes friss levegőt bejuttatni a belső térbe. Nyáron a beltéri egységben létrejövő kondenzáció miatt cseppvízcsővel alkalmazása szükséges. Télen a külső egység jegesedése miatt - 5 és + 7 °C között hatásfoka romlik, mert a kültéri egység hőcserélőjén keletkező jég leolvasztása többletenergiát igényel. A COP értéke 3 - 7 között változhat.

- levegő-víz hőszivattyút, ahol levegőből kinyert hővel vizet melegítünk:
Bárhova telepíthető, üzembehelyezhető, ahol biztosított az elektromos áramellátás. Egyszerű felépítésű ezért a legkedveltebb is. Az általa előállított hő nagyban függ a külső környezeti hőmérséklettől. Szélsőséges időjárási viszonyok esetén kiegészítést igényelhet, üzemelési hatékonysága romolhat. COP értéke 3-5 körüli.
- víz-víz hőszivattyút, ahol talajvíz hőjét használjuk a meleg előállításához:
A COP értéke igen magas, hideg időben is 5-7, alternatív kiegészítő fűtést nem igényel. Telepítése költségigényes és nagy a forgatott víztérfogat igénye.
- talajszondás hőszivattyút, ahol a geotermikus hőt (földhő) hasznosítjuk 100-120 méter mélységből:
A külső hőmérséklettől függetlenül a COP értéke 4-5 közötti. Kis helyigényű rendszer, költséghatékony üzemeltetésű rendszer, a fűtési és hűtési szükségleteket is egyaránt ellátja. Különböző engedélyek beszerzése szükséges az igen magas költségű telepítéséhez. (DUIKH & Horváth, 2023)

A COP értékek a különböző gyártók katalógusaiban megtalálható adatok alapján kerültek meghatározásra. Az Eu által elvárt (EPB 2002/91/EK, 2009/125/EK alapján) hatékonyság 2013-tól SEER esetén 3,6 és SCOP-nál 3,4, így jelenleg már csak ilyen készülékek lehetnek fogalomba.

A fűtésrendszerek hatékony működésének kulcsa a hőleadók típusa. Az eltérő hőmérsékletű fűtővíz nagy fogyasztásbéli különbséget eredményezhet felületfűtésű és radiátoros rendszerek között. Javasolt a padlófűtéssel / felületfűtéssel vagy alacsony hőmérsékletű, átlagon felüli méretezésű radiátorokkal együtt alkalmazni.

A hőszivattyúk esetében leggyakrabban alkalmazott mérőszám 2013. előtt az ERR és a COP, ami megmutatja, hogy 1 KW befektetett elektromos áram felhasználásával mennyi hűtő/fűtő

teljesítményt kapunk, ami a berendezés energia hatékonysági jósági fokát jellemzi. Ez nagyban függ az aktuális külső hőmérséklettől, azért 2013. január 1. után szezonális értékekre került szétbontásra (EER, SEER, COP és SCOP):

- Az EER, vagyis a hűtési hatékonyság, egy meghatározott fix külső és belső hőmérséklet esetén.
- A SEER, vagyis a szezonális hűtési hatékonyság, egy adott hűtési szezonban, figyelembe véve a meleg és kevésbé meleg napokat. Meghatározásához alapul szolgáló érték Eu-ban egységes.
- A COP, vagyis a fűtési hatékonyság, egy meghatározott fix külső és belső hőmérséklet esetén.
- Az SCOP, vagyis a szezonális fűtési hatékonyság, egy adott fűtési szezonban, figyelembe véve a hideg és kevésbé hideg napokat. Meghatározásához alapul szolgáló érték Eu-ban területenként változik. (Európai Bizottság, 2011)

Készülékek energiahatékonysági osztályba besorolását fűtési üzemmódban, a SCOP érték (jósági fok) alapján az 2. táblázatban alapján tehetjük meg a korábbi és a 2021 márciusa óta érvényes beosztás szerint is. A termékek energetikai besorolása jelenleg A-tól G-ig terjed, a korábbi A+++ -tól D-ig terjedő minősítések helyett (2013. előtt E is.), melyet 7 °C külső hőmérsékleten való működés és 35 °C fűtővíz-hőmérséklet előállítására adnak meg.

2. táblázat: Hőszivattyúk hatásfok szerinti besorolása

(Forrás: Európai unió (2011) saját szerkesztés)

Energia osztályok 2011 - től 626/2011 (05.04)			Energiaosztályok 2021.03-tól
A+++:	SCOP $\geq$ 5,1	SEER $\geq$ 8,5	A
A++:	4,6 $\leq$ SCOP $<$ 5,1	6,1 $\leq$ SEER $<$ 8,5	B
A+:	4,0 $\leq$ SCOP $<$ 4,6	5,6 $\leq$ SEER $<$ 6,1	C
A:	3,4 $\leq$ SCOP $<$ 4,0	5,1 $\leq$ SEER $<$ 5,6	D
B:	3,1 $\leq$ SCOP $<$ 3,4	4,6 $\leq$ SEER $<$ 5,1	E
C:	2,8 $\leq$ SCOP $<$ 3,1	4,1 $\leq$ SEER $<$ 4,6	F
D:	2,5 $\leq$ SCOP $<$ 2,8	3,6 $\leq$ SEER $<$ 4,1	G
E:	2,2 $\leq$ SCOP $<$ 2,5	3,1 $\leq$ SEER $<$ 3,6	

A 2023/2048-as számú Eu. Bizottsági rendelet új energiahatékonysági címke alkalmazását tette kötelezővé a jobb összehasonlítás érdekében. (Európai Bizottság, 2023)

A hőszivattyú alkalmazási lehetőségei:

- Monovalens üzemmódban a fűtési szezonban kizárólag a hőszivattyú biztosítja a fűtést az alacsony hőmérsékletű rendszerben.
- Bivalens- párhuzamos üzemmódban a hőszivattyú és más hőtermelő párhuzamosan működnek. Alacsonyabb külső hőmérséklet esetén, amikor a hőszivattyú már nem elég akkor a másik hőtermelő besegít a közepes hőmérsékletű rendszerben.
- Bivalens-alternatív üzemmódban a Hőszivattyú a bivalens pontig üzemel, alatta a kazán biztosítja a fűtési igényt a magas hőmérsékletű fűtési rendszerben.
- Bivalens párhuzamos- hibrid üzemmódban a hőszivattyú egész évben fedezi az alacsony hőmérsékletű rendszer hőigényét, bivalens határhőmérséklet felett a magas hőmérsékletű egységet is ellátja, alatta a Kazán belép az alacsony és magas hőmérsékletű fűtési rendszerben. (Pavkovic, 2012)

A Bizottság (EU) 2016/2281 (11.30.) rendelet II. mellékletének 1. a) pontja értelmében műszaki dokumentációnak tartalmazni kell a kültéri oldali egységekkel együtt felszerelhető és ajánlott beltéri oldali egységeket is, mely a kiválasztást hivatott segíteni.

3.1.3 Geotermikus és geotermális rendszerek

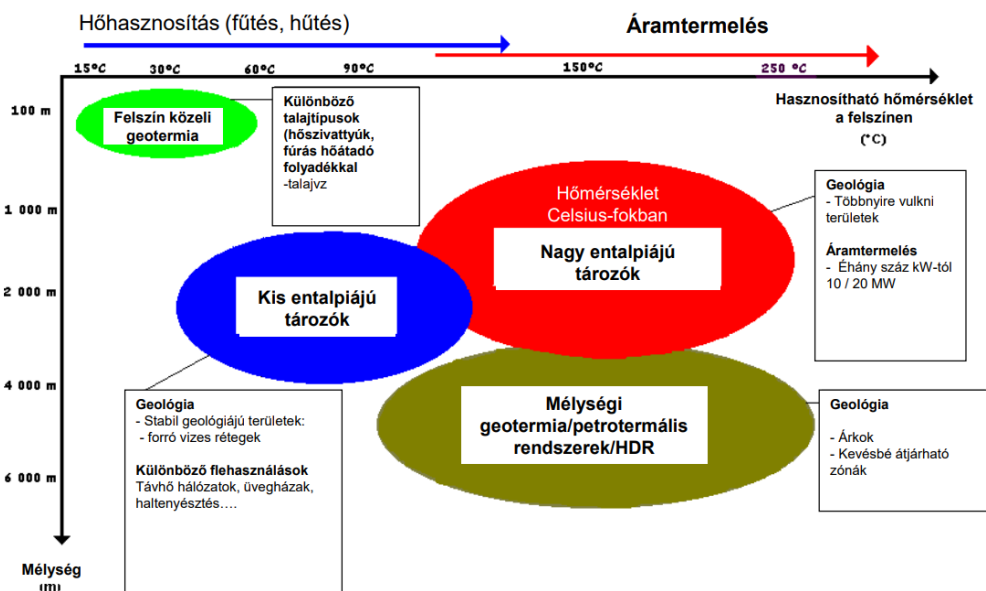
A földhő vagyis környezeti hő a megújuló energiák másik fő csoportja. Az egyik legmegbízhatóbb és legjobban hasznosítható megújuló energiafajta, mert mindenhol rendelkezésünkre áll és alkalmazható, rengeteg energiát hordoz.

Geotermikus energia hasznosításról akkor beszélünk, ha a hőszivattyú energiaforrásként használt közeg (talaj, vagy víz) hőmérséklete nem haladja meg a 36 °C-ot. A hőforrások hőmérséklete ennél lényegesen magasabb 60 - 90 °C is lehet, akkor már hőcserélőn keresztül történik a hasznosítása.

Geotermális energia esetében mélyfúrású kutakkal (1000 vagy több ezer méter) behatolhatunk a földfelszíni kéreg mélyebb rétegeibe, ahol a hőmérséklet több száz/ezer fok nagyságrendű is lehet.

Ezen energiák tekintetében Magyarország (a Kárpát medence különleges adottságai következtében) világ nagyhatalom. Európai viszonylatban a Föld mélye felé haladva nálunk nő

a leggyorsabban a geotermális gradiens, hozzávetőlegesen kb. 1200 darab mélyvízi/termálkútunk van. A 6. ábrán látható, hogy mélység növekedésével milyen arányban nő az onnan kinyerhető hő és az hőhasznosításra vagy áramtermelésre kerül e felhasználásra.



6. ábra: Geotermikus rendszerek csoportosítása
(Forrás: DUKH – Eurem tananyag, 2022)

Leggyakrabban alkalmazott fogalom a geotermikus gradiens, mely megmutatja, hogy hány celsius fokkal melegszik a hőmérséklettel 100 méterenként. Magyarországon 100 méterenként 3 °C, vagyis 30 méterenként 1 °C -al nő a hőmérséklet a Föld belseje felé haladva. Ez a szám Izlandon 50 °C, de Kanadánál 15 °C.

Az adott területre érvényes geotermikus gradiens és a geológiai viszonyok határozzák meg, hogy egy földhőt hasznosító beruházást milyen műszaki tartalommal és mélységben lehet megvalósítani.

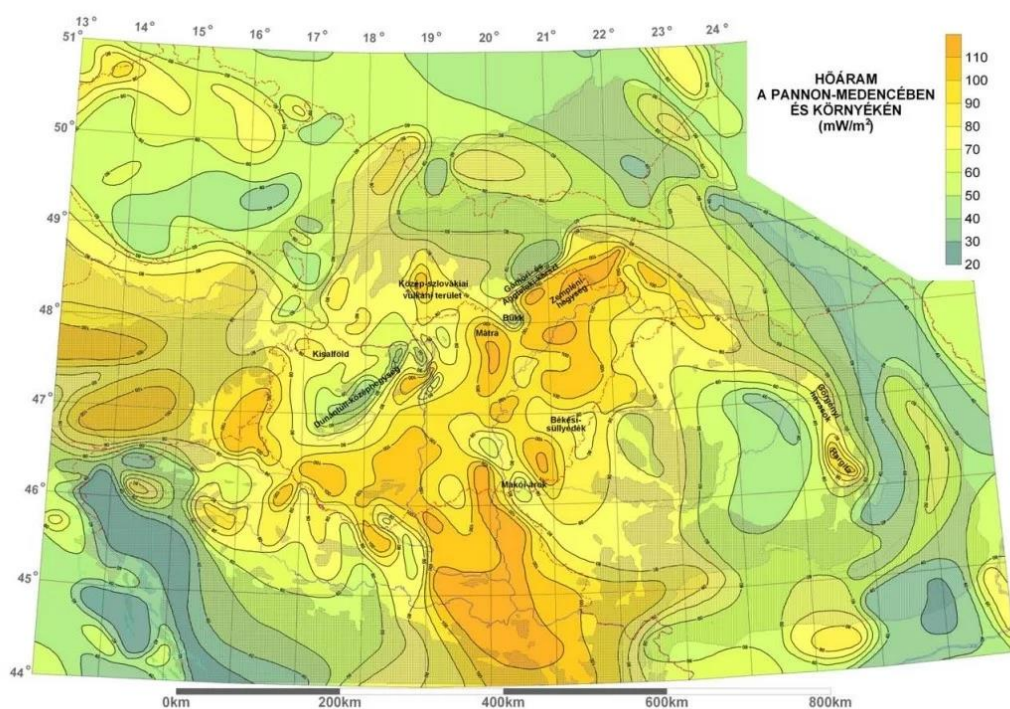
Geotermikus rendszerek:

- Két kutas, amikor az egyik kútból kivesszük a vizet, annak a hőjét elvonjuk és a másik kútban visszasajtolom a vizet ugyanabba a rétegbe.
- Föld/talajkollektor esetén csőhálót fektetünk a földben 2 méter mélyen, fagyhatár alatt és az ott lévő hőmérsékletet nyerjük ki. Veszélye, hogy a fölötté lévő talaj termőképesség ronthatja a túlságosan nagy hőmérsékletváltozás. Télen kinyert hő visszapótlása nyáron történik meg.
- Földhőszonda alkalmazásakor a talajban lévő fúrásokban lévő U alakú csövek segítségével szondázunk.

- Thermoaktív cölöpös megoldáskor az épület aljának cölöpjei egyben szondák is.
- GDR rendszer esetén egy pontból radiális irányban fúrunk be a talajba, csillagszerűn a szondák elhelyezéséhez.

Geotermális fűtési rendszer esetén a termelő kút 1000 m mély talpmélységű. A hőcserélőben a secunder vízkör vize megy a házakhoz, a primer körben a kitermelt és a visszasajtolt termál mozog. A hatékonyság fokozása érdekében az elmenő hidegebb vizet vezető csőszakaszra, még a vissza nyelető kút előtt, alkalmazható egy hőszivattyú, mellyel a maradék hőt is hasznosíthatom ipari épülethez vagy kisebb hőt igénylő létesítményekhez.

A vizet kezelés nélkül használjuk, ugyanabba a rétegbe sajtoljuk vissza. A visszasajtolás elkerülésére gyakran a felhasznált vizet a rendszer végén termálmedencébe engedik ki további hasznosításra. Előnye, hogy ekkor már csak vízkészlet használati járulékot kell fizetni, költségmegtakarítási célból és a visszasajtolás nagyobb költsége megtakarítható. A Kárpát medence alföldi területei igen gazdagok geotermikus energiában, melynek eloszlását és a hőáramok nagyságát a 7. ábrán látható földi hőáram térkép szemléltet. (DUIKH & Horváth, 2023)



7. ábra: A földi hőáram értéke a Kárpát-medencében és környékén
(Forrás: Magyar Geotermikus Egyesület által közöl ábra)

3.1.4 Napenergia hasznosítása

A Nap energiája korlátlanul rendelkezésünkre áll. Az emberiség energiaigényét a Föld felszínére érkező napsugárzás több ezerszeresen meghaladja. A napsugárzás átalakítható, közvetlenül felhasználható hőenergiává. Ezen energia direkt és indirekt hasznosítására a napelemek és a napkollektorok a legelterjedtebbek.

Magyarországon a vízszintes felületre eső sugárzás kb. 1350 KWh/m² év. Tájegységeink különböző mértékűek a besugárzások, azonban maximum 8% eltérés mutatkozik. A hasznosítási skála időjárástól függően 0-1000 W/m² között alakul. A hasznosítható sugárzás a napelemek által 1000 - 1300 KWh/KWp év, a napkollektorok által 550 - 600 KWh/m² év. (Varga, 2023)

Napelemek:

A napelem két félvezető rétegből áll, pl. szilíciumból. Amikor fény esik rájuk, töltésmegszakításra kerül sor és a fény csatlakozók között feszültség keletkezik, amely egy fogyasztó csatlakoztatása esetén villamosenergia áramlást okoz (egyenáram).

Legelterjedtebb típusa néhány éve még monokristályos (hatásfoka 20 - 22%) volt, de manapság a polikristályos (hatásfoka 21 - 22%) van használatban és gyártás alatt.

A top gyártók közül a legtöbb Kínában található, de Dél-Koreában és az USA-ban is vannak. A legújabb felezett cellásnapelemek már 400-450W névleges teljesítményűek 60 cellán.

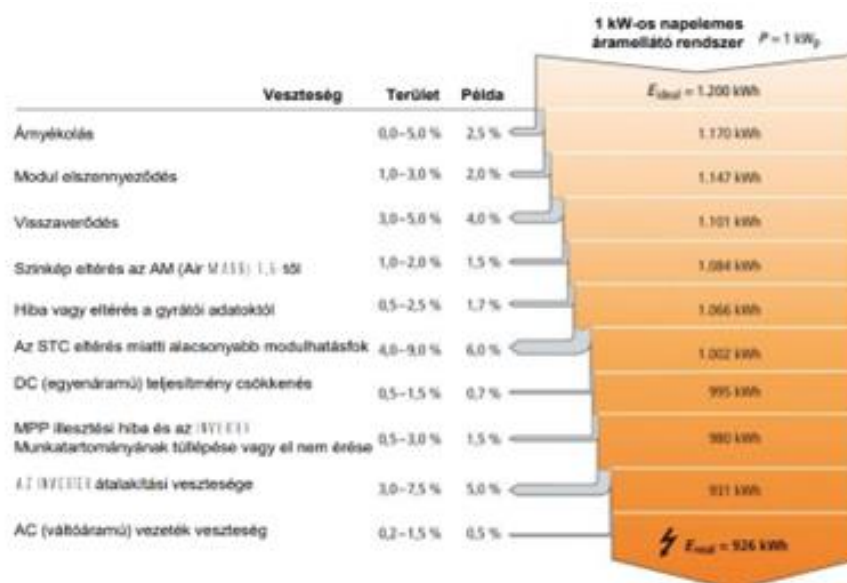
A napelem teljesítménye és hőmérséklete között szoros összefüggés van, mert minél hidegebb a hőmérséklete van, annál jobb a teljesítménye. Ugyanis hidegebb testben lévő elektronok remegése, molekulák mozgása lassabb, ezért jobban vezetik az elektromosságot. Például a szupravezető, mely egy -273 fokra lehűtött vezeték, amiben nincs molekula mozgás, így gyors az elektromos áramlás. (Varga, 2023)

A NREL kutatóintézet honlapján megtalálható minden gyártó napeleme, melyek hatásfokát könnyen lekérhetjük és összehasonlíthatjuk. A napelemek hozama 25 év elteltével lineárisan csökken 85%-ra.

A napelemeket az un. Standard Test Condition (STC) vagyis ideális mérési körülmények együttese között tesztelik, ahol megállapítják a napelem modulok által produkált villamos paramétereket (p. feszültségből, áramból és ezekből a teljesítményt, hatásfokot). Körülmények: AM = 1.5 légszennyezettség (airmass), 1000 W/m² besugárzott energia, és 25°C panelhőmérséklet.

A jellemzőbb körülmények (NOCT) alapján is vizsgálják a napelemeket, ezek az $AM = 1.5$ légszennyezettség (airmass), 800 W/m^2 besugárzott energia, 20°C környezeti hőmérséklet és az 1 m/s szélsébség.

Napelemes rendszernek számos vesztesége adódóhat, mint pl. az árnyékolás, elszennyeződés, visszaverődés, szinképteltérés, gyári adatoktól való eltérés, STC-től való eltérés, DC teljesítmény csökkenés, illesztési hibák, inverter vesztesége, AC vezeték vesztesége, melyek összeített nagysága elérheti a 9, %-ot, ez a következő 8. ábrán figyelhető meg.



8. ábra: Hálózatra kapcsolt napelemes rendszer veszteségei

(Forrás: DIUKH-Eurem tananyag, 2022)

A háztartási méretű kiserőmű (HMKE) egy összetett napelemes rendszer, mely megtérülésének kiszámolásához a legfontosabb, hogy mennyi elektromos áramot fogyaszt az adott ház, üzem, terület, amelyet napelem rendszerrel szeretnénk felszerelni. Ezt követően történik a napelemes rendszer tervezése, a szükséges teljesítmény meghatározása, majd a megfelelő inverter kiválasztása.

Kétféle módja van egy napelemes rendszer üzemeltetésének. A leginkább elterjedt és költséghatékony a hálózatra kapcsolt rendszer, melynél a megtermelt, de abban a pillanatban „fölsleges”, vagyis a túltermelt villamos áramot visszatápláljuk a villamosenergia szolgáltató hálózatába, melyet más felhasználó számára is elérhetővé válik.

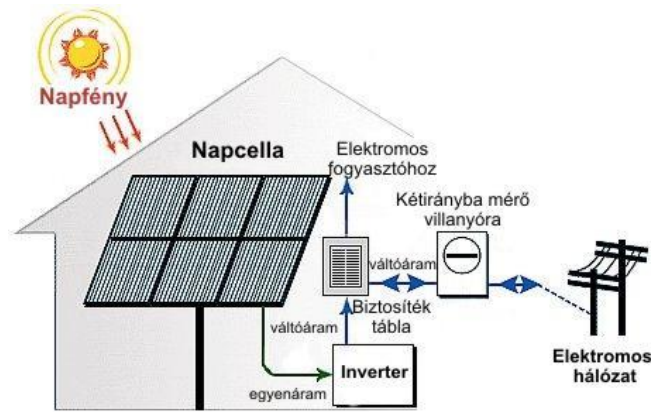
Az ún. sziget üzemmódban a többletenergiával akkumulátorokat töltünk, szükség esetén pedig az akkumulátorokból fedezzük a hiányt. Ekkor nincs szükség transzformátorra. Ez a típusa akár

1,5-2-szer drágább is lehet, mint a hálózatra kapcsolt, mert még igen magasak a szükséges akkumulátorok beszerzési költsége.

Létezik a két rendszert magába foglaló hibrid rendszer is, amikor a megtermelt és fel nem használt energiával az akkumulátorokat töltjük fel elsőként, majd mikor azok feltöltődtek, a fölös energiát a hálózatra termeljük vissza. Ennek kivitelezési költsége igen magas a két üzemmódot kiszolgáló berendezések miatt, azonban várható a rendszer jövőbeli terjedése a jelenlegi energetikai irányelvek alakulása alapján.

A napelem cellák mellett következő berendezések szükségesek hálózatra termelő rendszer működéséhez, melynek sematikus felépítése a 9. ábrán látható:

- tartószerkezet, mely a kollektorokat rögzíti a háztetőn, oldalfalon vagy a talajon,
- szolár vezeték: a berendezéseket összekötő DC kábelek, csatlakozók, amivel a napelem egyenáramát el lehet vezetni az inverterhez,
- DC túlfeszültségvédelem: az inverter előtt, melyet egyes inverterek gyárilag tartalmaznak,
- biztonsági földelés: érintésvédelmi eljárás, melynek során az elektromos eszközt a földdel, vagy a nulla vezetékkel kötjük össze, így elkerülve hogy kóboráramnál vagy rövidzárlatnál áramütést szenvedjünk.
- villámvédelem: elektromos eszközeink védelme érdekében, egy esetleges villámcsapásnál, annak energiáját egy villámhárítón és a hozzá kapcsolódó vezetéken keresztül a földbe vezetjük.
- tűzeseti főkapcsoló: egy tűzbiztonsági szerelvény, mely káresemény idején lekapcsolja a napelem cellákat a hálózatról.
- Inverter: feszültség átalakító, használatával egyenáramból váltakozó áramot tudunk előállítani.
- transzformátor: olyan berendezés, amellyel átalakítjuk a váltakozó áram villamos teljesítményének feszültségét és áramerősségét.
- AC oldali túlfeszültség védelem: a kapcsolószekrényben lévő kismegszakítót jelenti
- kommunikációs rendszer: azon eszközök és vezetékek, amelyek segítségével a napelemes rendszert hangoljuk össze.
- árammérő óra: a hálózatra, illetve a hálózatból folyó áram mérésére szolgál (EON, [N. a.])



9. ábra: Hálózatra kapcsolt napelemes rendszer sematikus rajza

(Forrás: TechnoSolar Kft. ábrája)

Budapest közigazgatási területén a Budapest Főváros Önkormányzatának „Budapest Nappal Hajtva” Európai Unió projektjének egyik végtermékeként létrejövő Budapest Solar Térkép segíti a lakosságot a napelemes rendszerek tervezésében 2023-tól az árnyék és besugárzási adatok figyelembe véve a felhasználható tetőfelület becslésére. A térkép a <https://budapestkozut.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=882ec56c51de48eab9156adc84234cd3&fbclid=IwAR2VrRjgErSv7aLA3n1h3cdjEkLOnS4lW1-Uu-EWqKRrQmy8ZRgOs-swSbE> oldalon érhető el.

A sokak által ismert és használt Fotovoltaikus Földrajzi Információs Rendszerrel, vagyis a PVGIS szoftver segítségével megtervezhetjük a napelemes rendszerünket. Azonban a legtöbb napelemekkel foglalkozó cég és a gyártók rendelkeznek különböző tervező szoftverekkel melyek a segítségünkre lehetnek.

Napkollektorok:

A napsütés időtartama és erőssége függ az adott évszaktól, az időjárási feltételektől és a földrajzi helyzettől is. Magyarország leginkább napsütötte részein akár 1200 - 1400 kWh/m² besugárzás is mérhető évente. A beeső napsugárzást a szolártermikus berendezések a napkollektorok segítségével hővé alakítják, az előállított hőt pedig egy fogyasztónak (bojler, fűtés) adják át. Vákuumcsöves napkollektorokat használnak a használati meleg víz előállítására és fűtés rásegítésre. A beeső fényt a napkollektor hővé alakítja át, amit egy hővivő közeg által csöveken át egy tartályba/bojlerbe kerül. Itt egy hőcserélőn keresztül felmelegíti a használati meleg vizet, így hasznosítva a hőenergiát.

Tájolása lehetőleg déli - 50° eltérés keleti vagy nyugati irányban. 25 - 50° kollektordőlés optimális, de 90° dőlés (homlokzat) is lehetséges. 1 - 2 m² kollektorfelület szükséges lakóegységenként. Egy 20 - 40 literes tartályméret szükséges m² kollektorfelületenként (2. táblázat). Várható fajlagos éves hozam 350 - 450 kWh / m² kollektorfelület.

3. táblázat: Napkollektoros rendszerek méretezésénél irányadók adatok

(Forrás: DUKH-Eurem, 2022 nyomán)

Napi melegvíz igény [Liter]	Tartályméret	Kollektorfelület [m ²]	Hőcserélő [m ²]	Tágulási tartály [Liter]
100 - 200	300	5 - 6	1,8	24
200 - 300	5000	6 - 8	2,5	24 - 35
300 - 500	800	9 - 12	3,6	35 - 50

3.2 Hőleadók

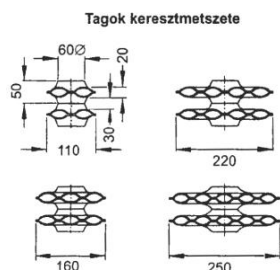
Az a rendszer, amely a hőtermelő rendszerben előállított és a hőelosztó rendszeren át érkező energiát a fogyasztó részére hőleadással közvetíti. A fűtőtesteket ellenáramú hőcserélőnek tekinthetjük. Feladatuk a fűtendő helyiség hőveszteségének pótlása. Fűtőtestek lehetnek:

- a hőleadás módja szerint lehetnek sugárzó hőleadók (fal, mennyezet, padló) és konvekciós hőleadók (fűtőtestek).
- anyaguk szerint lehetnek acél, öntöttvas, alumínium, műanyag, beton, kerámia.
- kialakításuk szerint lehetnek cső fűtőtestek, bordás fűtőtestek, lapfűtőtestek, tagos radiátorok, konvektorok és szegélyfűtőtestek.

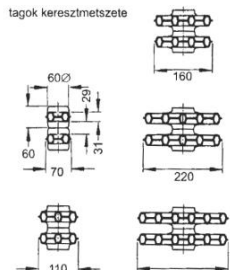
Irodai környezetben a leggyakrabban alkalmazott fűtőtestek a tagos radiátorok, a lemezzradiátorok (lapradiátorok) és a Fan-Coil-ok. A tagos radiátorok olyan fűtőfelületek, amelyek mind konvekcióval (áramlással) és mind sugárzással adnak le hőt. A lemezzradiátorok olyan fűtőfelületek, amelyek a hő jelentős részét sugárzással adják le, de konvekciós sugárzásuk sem elhanyagolható. Mindkettővel történő helyiségfűtés a kombinált hőleadások miatt jó komfortérzetet biztosít.

A tagos radiátorokat keskeny falfelületek mellett, ablakfülkékben és hasonló helyen alkalmazzák, melyek gyakoriak a régi épületekben. Kettő vagy több oszlopos tagból állnak (10. ábra), melyet hegesztéssel fognak össze. Az öntött radiátorokat radiátorcsavarzatok fogják egybe. Ezek igen nagy korrózióállósággal bírnak, így hosszú élettartalmúak. (Hans, 1995)

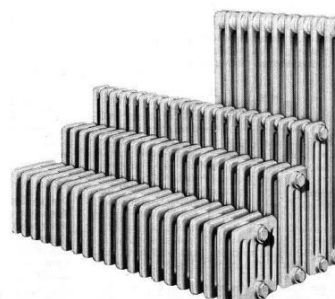
Ezen radiátorok teljesítményét tagonként szokás megadni, melyek méretek szerinti összefüggései a 11. ábrán láthatók. Jól látható, hogy az öntözzvas és az acéllemez tagos radiátorok teljesítménye között is eltérés mutatkozik, így nem csak a tagok számát érdemes nézni a cseréjekor, hanem annak anyagát is.



19.17. ábra. Az acéllemez radiátorok méretei



19.15. ábra. Öntöttvas radiátorok méretei [3]



10. ábra: Acéllemez és öntöttvas tagos radiátor méretei, kivitelek

(Forrás: Gergely (2023) részlet)

Öntöttvas radiátorok mérete és teljesítménye

Névleges magasság H	Közsavartávolság N	Szélesség T	hőteljesítmény tagonként 90/70/20 °C/75/55/20 °C			Kitevő	Fűtésbevonat felülete tagonként	Vízirtalom tagonként kb.	Tömeg** tagonként kb.
[mm]	[mm]	[mm]	[W]	[W]	[W]		[m ²]	[liter]	[kg]
280	200	250	92	59	134	1.3	0.185	0.9	4.7
430	350	70	55	35	80	1.3	0.090	0.4	2.3
		110	70	45	102	1.3	0.128	0.6	3.2
		160	93	59	135	1.3	0.185	0.8	4.3
		220	122	78	179	1.3	0.255	1.1	5.9
580	500	70	68	43	100	1.3	0.120	0.5	3.1
		110	90	57	134	1.3	0.180	0.8	4.5
		160	126	80	183	1.3	0.255	1.1	5.9
		220	162	103	237	1.3	0.345	1.3	7.5
680	600	160	147	94	214	1.3	0.305	1.2	0.7
980	900	70	111	71	163	1.3	0.205	0.8	5.2
		160	204	204	298	1.3	0.440	1.5	9.9
		220	260	166	378	1.3	0.580	1.9	13.0

- telített gőz $\vartheta = 100\text{ °C}$ és a helyiség hőmérséklete 20 °C

** A szükséges konzolok és tartók darabszámát a rögzítési fal, a konzol és tartó típusának, valamint a fűtőtest súlyának figyelembevételével kell megállapítani.

19.4/a táblázat

Acéllemez radiátorok mérete és teljesítménye

Névleges magasság H	Közcsavar távolság N	Szélesség T	hőteljesítmény tagonként 90/70/20 °C	hőteljesítmény tagonként 75/55/20 °C	Kite- vő	Festésbevonat felület tagonként	Vízirtatóalom tagonként kb	Tömeg tagonként kb
[mm]	[mm]	[mm]	[W]	[W]		[m ² /m]	[liter]	[kg]
300	200	250	77	49	1.30	0.160	0.97	1.70
450	350	160	74	47	1.30	0.155	0.98	1.55
		220	99	63	1.30	0.210	1.21	2.20
600	500	110	73	47	1.30	0.140	0.88	1.43
		160	99	63	1.30	0.205	1.18	2.06
		220	128	82	1.30	0.285	1.57	2.88
1000	900	110	122	78	1.30	0.240	1.18	2.43
		160	157	100	1.30	0.345	1.72	3.48
		220	204	130	1.30	0.480	2.39	4.83

19.5/a táblázat

11. ábra: Öntöttvas és acéllemez radiátor méretei és teljesítménye

(Forrás: Gergely (2023) részlet)

A lemezzradiátorok alkalmazásához lényeges a megfelelő falfelületek rendelkezésre állása, pl. kisebb hőszükségletű helyiségekben, széles ablakos helyiségekben, ablakmélyedés nélküli igen széles vagy egymás mellett lévő ablakok esetén, valamint amikor optikai vagy térátalakítási okokból a lapfűtőtestek kedvezőbbek. Lapradiátorokat gyártanak egy- vagy több sorban, sík vagy tagolt felülettel, valamint bordákkal vagy anélkül. (Hans, 1995)

Még a tagosítható radiátorok teljesítménye tagonként került meghatározásra, a lemezzradiátorok esetében az egységes szerkezet miatt felületre történt. Erre példát láthatunk a 12. ábrán lévő Silver gyártmányú lemezzradiátor kapcsán. Ezen korszerű radiátort ábrázoló ábrán látható továbbá, hogy 1, 2 vagy akár 3 sorban is lehelyezhetők a hőleadást segítő lamellák, hogy a lehető legjobb helykihasználással a megfelelő hőleadó teljesítmény kerüljön beépítésre.

Típus ▶	11K 					22K 					33K 				
Szél.▼Mag.▶	300 mm	400 mm	500 mm	600 mm	900 mm	300 mm	400 mm	500 mm	600 mm	900 mm	300 mm	400 mm	500 mm	600 mm	900 mm
400 mm	258 W	310 W	374 W	439 W	588 W	482 W	586 W	703 W	820 W	1 069 W	741 W	869 W	1 026 W	1 183 W	1 586 W
500 mm	323 W	388 W	468 W	548 W	735 W	615 W	733 W	879 W	1 025 W	1 374 W	926 W	1 086 W	1 283 W	1 476 W	1 982 W
600 mm	387 W	465 W	562 W	658 W	882 W	738 W	870 W	1 055 W	1 230 W	1 649 W	1 111 W	1 303 W	1 539 W	1 775 W	2 370 W
700 mm	452 W	543 W	655 W	788 W	1 029 W	861 W	1 026 W	1 231 W	1 436 W	1 923 W	1 297 W	1 521 W	1 786 W	2 071 W	2 775 W
800 mm	516 W	620 W	749 W	978 W	1 176 W	984 W	1 172 W	1 407 W	1 641 W	2 198 W	1 482 W	1 738 W	2 052 W	2 367 W	3 172 W
900 mm	581 W	698 W	843 W	997 W	1 323 W	1 107 W	1 319 W	1 583 W	1 846 W	2 473 W	1 667 W	1 955 W	2 309 W	2 663 W	3 568 W
1000 mm	645 W	775 W	936 W	1 097 W	1 470 W	1 230 W	1 465 W	1 758 W	2 051 W	2 748 W	1 852 W	2 172 W	2 565 W	2 958 W	3 965 W
1100 mm	710 W	853 W	1 030 W	1 207 W	1 617 W	1 353 W	1 612 W	1 934 W	2 256 W	3 022 W	2 038 W	2 390 W	2 822 W	3 254 W	4 361 W
1200 mm	774 W	930 W	1 123 W	1 316 W	1 764 W	1 476 W	1 758 W	2 110 W	2 461 W	3 297 W	2 223 W	2 607 W	3 078 W	3 550 W	4 758 W
1300 mm	839 W	1 008 W	1 217 W	1 426 W	1 911 W	1 599 W	1 905 W	2 286 W	2 666 W	3 572 W	2 408 W	2 824 W	3 335 W	3 846 W	5 154 W
1400 mm	904 W	1 086 W	1 311 W	1 536 W	2 056 W	1 722 W	2 052 W	2 462 W	2 871 W	3 847 W	2 593 W	3 041 W	3 562 W	4 142 W	5 550 W
1500 mm	969 W	1 163 W	1 404 W	1 645 W	2 205 W	1 845 W	2 198 W	2 638 W	3 076 W	4 122 W	2 778 W	3 258 W	3 848 W	4 438 W	5 947 W
1600 mm	1 033 W	1 241 W	1 488 W	1 755 W	2 352 W	1 968 W	2 345 W	2 814 W	3 281 W	4 396 W	2 964 W	3 476 W	4 105 W	4 734 W	6 343 W
1700 mm	1 097 W	1 318 W	1 581 W	1 865 W	2 499 W	2 091 W	2 491 W	2 989 W	3 486 W	4 671 W	3 149 W	3 693 W	4 361 W	5 029 W	6 740 W
1800 mm	1 162 W	1 396 W	1 685 W	1 974 W	2 646 W	2 214 W	2 638 W	3 165 W	3 691 W	4 946 W	3 334 W	3 910 W	4 618 W	5 325 W	7 136 W
1900 mm	1 226 W	1 473 W	1 779 W	2 084 W	2 793 W	2 337 W	2 784 W	3 341 W	3 896 W	5 221 W	3 519 W	4 127 W	4 874 W	5 621 W	7 533 W
2000 mm	1 291 W	1 551 W	1 872 W	2 194 W	2 940 W	2 460 W	2 931 W	3 517 W	4 102 W	5 495 W	3 705 W	4 345 W	5 131 W	5 917 W	7 929 W



12. ábra: Silver lemezzradiátor képe, kialakítás szerinti méretei és teljesítménye (90/75/20°C)
(Forrás: Silver katalógus, 2019)

Az öntöttvasradiátorok és lemezzradiátorok 70-80-90 celsiusfokos előremenő víz hőmérséklettel dolgoznak, így ezek nem megfelelőek hőszivattyús vagy napkollektoros fűtési rendszerekhez, azonban léteznek alacsony előremenő víz hőmérsékletre optimalizált, nagyobb teljesítménnyel rendelkező radiátorok (13. ábra), melyek nagy hőleadó felülettel, rendelkeznek és ezen rendszerekhez optimalizáltan, 45 - 55 celsiusfokos előremenő víz hőmérséklet mellett is ugyanazt a komfortot nyújtják a nagy hőleadó képességük miatt, mint az öntöttvas- vagy lemezzradiátorok. Ezen típusok teljesítményének megadása tagonként is történhet.



13. ábra: Alacsony előremenő víz hőmérsékletre igazított radiátor
(Forrás: saját készítés)

A külső falra szerelt radiátor mögötti falfelületen és a mennyezeten jelentkező hőveszteség kisebb, így közvetlen energia-megtakarítást eredményez, de közvetett hatása a hőtermelőnél jelentkezik. Ugyanis a kondenzációs kazán akkor a leghatékonyabb, amikor kb. 55 °C kondenzációs hőmérséklet alatt van a fűtővíz (4. táblázat) hőmérséklete. Ezen alacsony hőfoklépcsővel is üzemelő radiátorok jól társíthatók padlófűtési rendszerekhez is. További előnye, hogy gyorsan reagál a hőmérsékletszabályozóra és bármilyen hőforrással kombinálható. A 14. ábrán egy Biasi elnevezésű, tagosítható, alacsonyabb hőmérsékletre optimalizált alumínium radiátor teljesítménye látható a 75/65/20 celsius fokos hőlépcső esetén.

4. táblázat: Alacsony hőmérsékletre optimalizált radiátorok alkalmazott méretezési és víz hőmérséklete új épület esetén

(Forrás: *Víz-gáz-fűtés szakalap, 2011 nyomán*)

Fal U-értéke	Méretezési hőmérsékletek	
W/m ² K	55/45/21 °C	40/30/21 °C
0,29	1,10%	0,70%
0,24	0,90%	0,60%

MŰSZAKI ADATOK										
Típus	Méretek (mm)					Vízterfogat tagonként literben	Súly (10 darab) kg	Névleges hőteljesítmény (Q_p)		Korrekciós tényező n
	Magasság H	Kötéstávolság I	Mélység P	Tagok szélessége L	Csatlakozás elhelyezkedése E			Watt	kcal/h	
LBA 350	422	350	98	80	46	0,43	11,90	99,3	85,4	1,317
LBA 500	572	500	98	80	46	0,57	15,20	130,9	112,6	1,339
LBA 600	672	600	98	80	46	0,66	17,50	150,2	129,2	1,345
LBA 700	772	700	98	80	46	0,76	19,00	163,0	140,2	1,333
LBA 800	872	800	98	80	46	0,86	21,00	180,5	155,2	1,354

A hőteljesítmény az UNI EN 442 alapján a következő alapadatokra vonatkozik: radiátor előremenő hőm. $t_p=75^\circ\text{C}$; radiátor visszatérő hőm. $t_v=65^\circ\text{C}$; középhőm. $t_k=70^\circ\text{C}$; szobahőm. $t_{sz}=20^\circ\text{C}$; mértékadó hőm. $\Delta t_m = t_k - t_{sz} = 50^\circ\text{C}$

A RADIÁTOROK TELJESÍTMÉNYTÁBLÁZATA ELTÉRŐ HŐMÉRSÉKLETEK ESETÉN						
Δt ($^\circ\text{C}$)	LBA 350 (Watt)	LBA 500 (Watt)	LBA 600 (Watt)	LBA 700 (Watt)	LBA 800 (Watt)	
40	74,0	97,1	111,3	121,1	133,4	
42	78,9	103,6	118,8	129,2	142,5	
44	83,9	110,3	126,5	137,5	151,8	
46	89,0	117,1	134,3	145,9	161,2	
48	94,1	123,9	142,2	154,4	170,8	
50	99,3	130,9	150,2	163,0	180,5	
52	104,6	138,0	158,3	171,7	190,3	
54	109,9	145,1	166,6	180,6	200,3	
56	115,3	152,4	174,9	189,6	210,4	
58	120,7	159,7	183,4	198,7	220,7	
60	126,2	167,1	191,9	207,8	231,0	

$\Delta t_m = 50^\circ\text{C}$ -től eltérő hőmérséklet esetén a teljesítmény kiszámítása a következő: $Q=Q_n \cdot (\Delta t/50)$, ahol Q_n : névleges hőteljesítmény Wattban; Δt : a tényleges mértékadó hőmérséklet; n: korrekciós tényező

14. ábra: Alacsony hőmérsékletre optimalizált Biasi tagosítható radiátorok műszaki adata és teljesítménye

(Forrás: Megatherm – Biasi, 2023 katalógus szerint)

Fan-Coil:

Radiátorhoz hasonló berendezés, mely fűtésre és hűtésre is alkalmazható. Nevéből eredően ventilátoros hőcserélő. Egy olyan konvektorként működik, amin a csendes járású ventilátor keringtet a helyiség levegőjét. Nagy előnye, hogy jól kapcsolható hőszivattyús rendszerekhez is, a működtetéséhez 35 - 45 °C is elegendő.

A hőcserélő csöveken lévő bordázatok képesek akár a többszörösére növelni a hőleadó felületet más hőleadó berendezéshez képest (pl.: radiátor).

Kivitele szerint lehet (15. ábra) oldalfali, mennyezeti, kazettás, lábon álló, falra szerelhető.



15. ábra: A fan–coil különböző kivitelei
(Forrás: Klímadepó, 2022 cikk alapján)

3.3 Állítható fordulatszámú szivattyúk

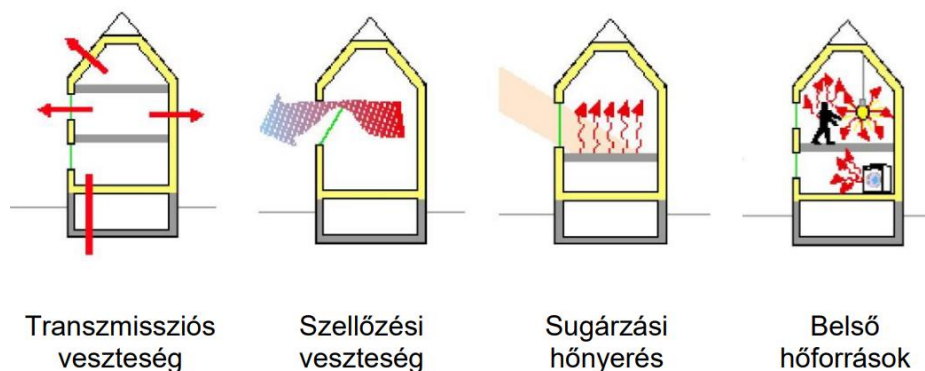
Mivel ezen szivattyúknál igény szerint történik a rendszeráram beállítása, így energiafelhasználásának 25 - 50%-os csökkentését is jelentheti. A villamosmotorok hatásfokának szabványos mérési módszereit rögzítő IEC 60034-2-1 hatékonysági szabvány 2007. évi (mára visszavont és új kiadással is rendelkező) verziója alapján az új szivattyúknak 77%-al kevesebb energiafelhasználással kell rendelkeznie a régi gyártmányú modellekhez képest. Ezáltal az új nedves tengelyű szivattyúk energiahatékonysági indexe (Energy Efficiency Index) $EEI \leq 0,23$ alatti lehet csak, a 2007 előttiékhöz képest. (International Electrotechnical Commission, 2007)

3.4 Szigetelés

Mivel épületeink nem képesek az évszakok váltakozása alapján módosítani a szigetelésüket, mint az emberek ezért az őket üzemeltető szakemberek feladata a megfelelő szerkezet kialakítása a hőveszteség minimálisra csökkentése érdekében. Az alkalmazott hőszigetelés a használati igényeknek megfelelően kell kialakítani, hogy a bármilyen külső időjárási körülmény mellett biztosítani tudjuk az épületben lévő kívánt légállapotokat. Egy épület hőmérsékét a 16. ábrán látható tényezők befolyásolják.

A szigetelési szükség meghatározásához fontos fogalom a transzmisszió, ami a külső határolószerkezeten keresztüli hőátbocsátást jelenti és megmondja, hogy a 1 m² területű

szerkezeten, 1K hőmérsékletkülönbség hatására mekkora a hővesztés, vagyis a számoláshoz szükséges U-érték, mértékegysége a W/m^2K .



16. ábra: Épület hőmérségét befolyásoló tényezők

(Forrás: Bundesarchitektenkammer, 1996)

Manapság egy új ház építése elképzelhetetlen hőszigetelés nélkül. Azonban fontos, hogy a régebbi építésű, rosszabb fizikai tulajdonságokkal rendelkező épületek utólagos szigetelése is megtörténjen.

Szerkezeti elemek, melyeket hőszigeteléssel kell ellátni egy családi házon:

- pincefal, pincefödém,
- talajon fekvő padló, lábazat,
- külső falak,
- alulról hűlő födém, lapos tető, padlásfödém,
- nyílászathidalók,
- tetőtéri oldalfal, tetőtéri ferdesíkú térelhatárolás, tetőtéri födém.

Többféle szigetelőanyag létezik. Megkülönböztetünk 1, szálas szigetelést, melyek vékony szálakból épülnek fel, a szálak között megrekedt levegőréteg biztosítja a szigetelést (üveggyapot, kőzetgyapot, ásványgyapot); 2, hőszigetelő habokat, amelyekben a különböző eljárások közben „buborékok” jönnek létre, ez képezi hőszigetelési képességük alapját (Polisztirol (XPS, EPS), Poliuretán); valamint 3, természetes alapanyagúakat (Poliétilén, habüveg).

3.4.1 Külső hőszigetelés

Külső hőszigeteléskor a kinti levegő útját az újonnan felrakott réteg elállja. A fal teljes egészében fel tudja venni a benti hőmérsékletet, és a hőt tárolni fogja, így csökkenthető fűtés

költsége. A földem burkolása a leggyakrabban elmaradó szigetelés fajta. Mivel a meleg felfelé száll a plafonnál szükséges a leginkább védekezni a hőveszteséggel szemben. Lapostető esetén érdemes kívülről szigetelni a víz és a hó ellen.

Egy szerkezet hőszigetelő képességét a szigetelőanyag vastagsága és hővezetési tényezője határozza meg. A jelenleg kapható anyagok hővezetési tényezője eltérő. A külső falaknál évekig általános volt az 5 cm vastag polisztirol táblák használata, mely mára min. 10 cm-es rétegben kerül felrakásra, de már előfordul a 20 – 30 cm-es szigetelés vastagság alkalmazása is az egyre szigorodó elvárások (1. táblázat – TNM rendelet) és a fűtésre használt fogyasztás minimálisra csökkentése miatt.

Manapság a köznyelvben hívtak hungarocell, vagyis az extrudált (XPS) vagy az expandált (EPS) polisztirol hab a falszigetelésre a legnépszerűbb anyag kedvező ára és hatékonysága miatt. Ugyanakkor közvetlen nyílt lánggal történő érintkezés esetén égnék, ezért nagy épületek esetében a tűz terjedésének megakadályozása érdekében a felületek tagolására kőzetgyapot sávokat alkalmaznak vagy az egész felületet kőzetgyapottal fedik be. Az újabb reflexiós grafitos homlokzati polisztirol már kisebb vastagságban is alkalmazható ugyanazon cél elérése érdekében a kedvező hővezetési tulajdonsága miatt ($\lambda = 0,030 - 0,032 \text{ W/m}^2\text{k}$).

A kőzetgyapotok régi épületeknél, a vegyes falazatoknál alkalmazható homlokzati, tetőtéri és válaszfalban is alkalmazható szigetelőanyag. Anyaga a bazaltkő, vakolható, tűzálló, a kiváló légáteresztő és jó hangszigetelő képességű, tartós, nedvességre nem érzékeny, jó hővezetési tulajdonsága van ($\lambda = 0,034 - 0,037 \text{ W/m}^2\text{k}$), valamint a környezetre és az egészségre sem ártalmas. (Bozsaky, 2017)

3.4.2 Belső szigetelés

Esetében a fal hőtároló képessége teljesen kihasználatlan marad és a fal a szigetelés mögött teljesen átveszi majd a kinti hőmérsékletet, ezáltal sugározza a hideget. Alkalmazása műemlék épület esetében gyakori, amikor nem bontható meg a homlokzatot. Körültekintően kell eljárni a kivitelezéskor, ugyanis a szigetelőrétegek között sehol nem maradhat rés, mert az ott lecsapódott a pára, ami nedvesíti a falat, és beindítja a penészesedést. Elkerülésére a hőszigetelő anyag belső oldala felől érdemes plusz réteggént egy párazáró, hőszigetelő fóliát ajánlott használni. Veszélye, hogy a falakban futó vezetékek esetén tartós fagyok esetén fagyásveszély léphet fel, mert a szigetelésen kívülre kerülnek. Továbbá a meleg földem és a hideg homlokzati fal találkozása erősen hőhidas lesz, ahol páralecsapódás és penészgomba megjelenése várható. Esetenként a falban létrejövő fagyás kárt tehet a szerkezetében.

EPS- beltéri polisztirol, mely expandált beltéri szigetelés különböző vastagságú és méretű keményhab hőszigetelő lemez, ami nem terhelhető szerkezetekbe, válaszfalakban, mennyezetekben alkalmazható, hővezetési tényezője $\lambda = 0,039 \text{ W/m}^2\text{K}$ körüli.

Több esetben említik a hőszigetelő festéket, mely kül- és beltérben egyaránt használható, a 0.03 - 0.08 mm vastagságban történő felhordásával $0,001 \text{ W/m}^2\text{K}$ hővezetési tényezővel rendelkezik, így használata nagyon kivételes esetekben történik.

A kőzetgyapot nem összetévesztendő az üveggyapattal. Amit üvegből készült, nem természetes eredetű, kis sűrűségű anyag, melyet töltőanyagként vagy hő- és hangszigetelésként használnak falakban, tetőtérben általában 15 - 20 cm vastagságban. Sajnos bőr, szem és a légzőrendszer irritációt okoz, ezért használatakor védőfelszerelés ajánlott. (Bozsaky, 2017)

3.5 Adatelemzés fontossága

Egy új épület megépítésével és üzembe helyezésével vélelmezhetően a kornak megfelelő újításokat tartalmazó, a helyi adottságokhoz igazodó gépészet biztosítja az elvárásoknak megfelelő fűtést és hűtést gazdaságos módon. Egy régebbi épület többször kis mértékben újított és/vagy javított gépészeti rendszere csak részben tudja teljesíteni az adott időszak kívánalmait a fűtés és hűtés tekintetében és emellett gazdaságosan is működni. Mindkét esetben lényeges az üzemeltetést végző szakmai tudása és az épületet használók magatartása, ami meghatározza az épület energiafelhasználását.

Több probléma is adódhat a nem megfelelő épülethasználatból, melyet a terület intézményeinél is tapasztaltunk az utóbbi időben:

- rosszul programozott termosztát és szabályzó
- központi helyen, bárki számára elérhető kazánvezérlés
- átlagostól eltérő igények, hőérzetek
- munkaidőn kívüli üzemvitel csökkenés hiánya este és hétvégén
- hétközi és hétvégi beállított üzemmenet felcserélése

A fogyasztási adatok elemzésében segítséget ad a szolgáltatótól lekérhető távolvasott órák 15 perces adatai, a digitális számlák adatait és az okosmérő rendszerekkel szerelt alegységek. A hivatal tekintetében szerencsére mind a három rész rendelkezésre áll, így jól elemezhető a fogyasztás, ezáltal pedig a különböző gépészeti beállítások és a fogyasztói magatartások okozta energiafelhasználás. Gépészeti beállítások módosítása nélkül, pusztán a fogyasztói magatartások megváltozásával az energiafelhasználás 10 - 20%-al is csökkenthető. Az épület

működését figyelembe vevő, megfelelő gépészeti beállításokkal az energiafelhasználás 40%-al is mérsékelhető. (Zöld, Csoknyai, Horváth, & Szalay, 2019)

Az idősoros elemzések által valós idejű képet kapunk az energiafelhasználásról és annak időbeni változásáról. A fogyasztási adatok összevethetők diagrammos formában, illetve ún. hőtéren formájában is. Ezzel a módszerrel az üzemeltetés és a fogyasztói magatartás (DSM = Demand Side Management) is ellenőrizhető és gyorsan leereagálható, csökkenthető a pazarlás mértéke. Az adatok azonban önmagukban kevesebbet érnek, ugyanis a megfelelő mélyebb elemzéshez az épület működését is érdemes ismerni.

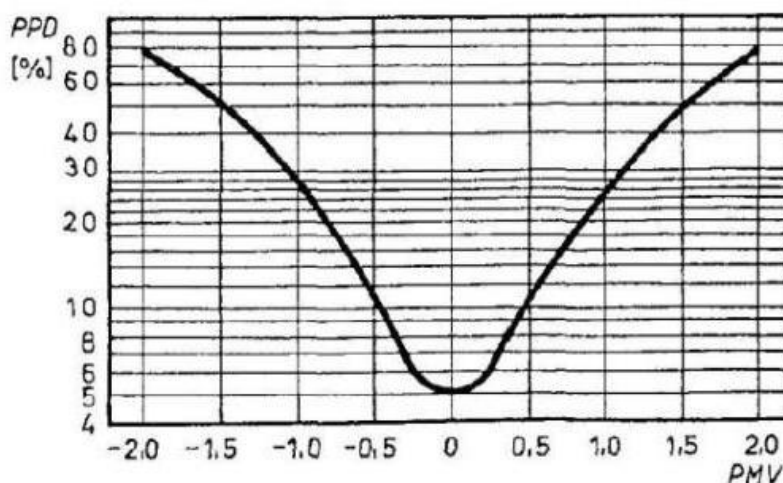
3.6 Irodai komfort és belső környezet minősége

Az adatok elemzése mellett fontos tényező az a tudati, jó érzést adó állapot a komfort, amikor azt mondhatjuk, hogy a körülmények összessége kiegyensúlyozott kapcsolatot eredményez a test és a környezet között, vagyis kényelmet érzünk. A komfort szempontjából fontos a belső teret használó személyek szubjektív hőérzete, melyet főként a belső levegő hőmérséklete, eloszlása; az őt körülvevő felületek közepes sugárzási hőmérséklete; a levegő páratartalma; levegő sebessége; az emberi test hőtermelése, hőszabályozása és a viselt ruházat szigetelő képessége. Mivel az utolsó két tényező az emberi szervezet alkalmazkodóképességével függ össze, így ezek személyenként változnak, ami nagyban befolyásolhatja a számukra szükséges, a kellemes komfortérzethez szükséges belső levegő hőmérsékletének és a környező felületek sugárzási hőmérsékletének megfelelő hőleadóval történő biztosítását. Mivel a kollégák a jobb fényviszonyok érdekében az ablakokhoz közelebb ülnek, így az ablakokból sugárzó hidegebb hőmérséklet által hőérzetük romlik és hidegre panaszkodnak. (BÁNHIDI LÁSZLÓ, KAJTÁR LÁSZLÓ, 2018)

Fanger professor által kidolgozott módszer alapján a zárt tér adott pontjára meghatározható a várható hőérzeti érték (PMV), különböző paraméterek ismeretében, mely megadja, hogy milyen hőmérséklet különbségnél érzi jól magát az ember, ez általában $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Úgy méretezünk, hogy ennél nagyobb eltérés ne legyen. A PPD érték (Predicted Percentage of Dissatisfied) kedvezőtlen hőérzet várható százalékos valószínűségét adja meg. Adott belső hőmérséklettel elégedetlenek aránya. Például, ha 1 fokkal eltérünk a várható hőérzeti értéktől, akkor már 28% lesz elégedetlen a hőmérséklettel. Az összefüggés a következő 17 ábrán figyelhető meg. A nemzetközi kutatások vizsgálata szerint Magyarországon 20% a PPD megengedett értéke. Az MSZ EN ISO 7730:2006 a hőmérsékleti környezet ergonómiája c. szabvány szerint szükséges meghatározni a PMV- és PPD-indexet. (Kalmár, 2013)

A hőkönyezetükkel várhatóan elégedetlenek százalékos aránya (PPD) a PMV érték függvényében (Fanger 1982)



17. ábra: A PPD és PMV érték összefüggése
(Forrás: Kalmár (2013), Franger (1982) nyomán)

A személyek szubjektív hőérzetét a viselt ruházatuk páraáteresztő és hőszigetelő képessége határozza meg, ami kihatással van a nedves és száraz hőleadásukra. A testünk hőveszteségének minimalizálása érdekében télen vastag, a növelése érdekében nyáron kevesebb ruhát hordunk. A ruházat hőszigetelő képességének mértékegysége a clo. Az $1 \text{ [clo]} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. A ruházat hőszigetelő képességét meghatározhatjuk a belső térben tartózkodók ruházata alapján, melyet az 5. táblázat mutat meg.

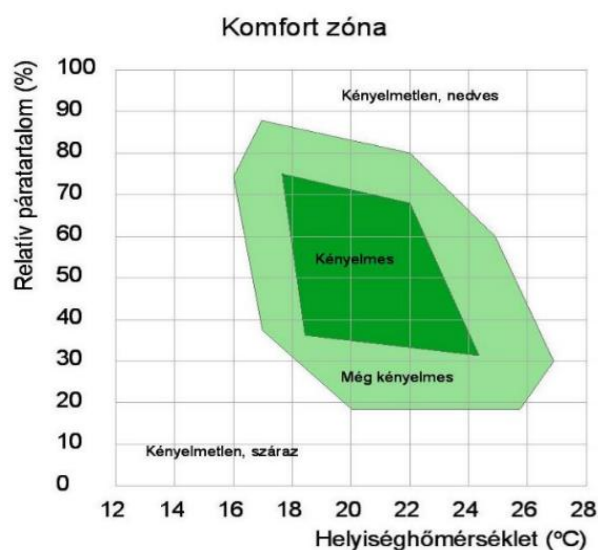
Egy személy környezetét akkor értékeli kellemesnek, amikor adott tevékenység esetén a környezetének való hőleadáskor testének maghőmérséklete ($36 - 37 \text{ }^\circ\text{C}$) és bőrfelületének hőmérséklete is megfelelő értékű marad, vagyis a test a környezetével termikus komfortban van. Ennek a kialakítására változtatjuk a hordott ruházatunk vastagságát. (Kalmár, 2013)

5. táblázat: Különböző ruházatokra vonatkozó adatok, részlet

(Forrás: Kalmár (2013) részlet)

Ruházat	A ruházattal borítottság (I_{cl})	A ruházattal borított és a mezítelen test felületeinek aránya (f_{cl})
Mezítelen	0	1,0
Rövid	0,1	1,0
Tipikus üzletember-ruházat	1,0	1,15
Tipikus üzletember-ruházat + pamutkabát	1,5	1,15
Nehéz, tradicionális európai üzletember-ruházat: pamut alsónemű hosszú ujjakkal és szárral, ing, gyapjúzokni, cipő, öltöny, beleértve nadrágot, kabátot és mellényt	1,5	1,15 - 1,2
Nehéz téli öltözet, igen hideg területeken (sarkvidék)	3-4	1,3 - 1,5

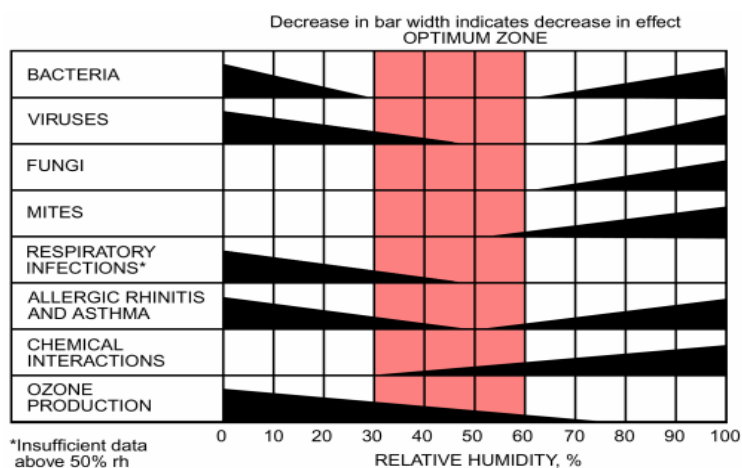
Az emberi testszáma a levegő ideális relatív páratartalmának mértéke 40 - 60%. Ennek változása is nagyban befolyásolja komfortérzetünket, ezt az 18. ábra szemlélteti, melyhez információt Lenz-Schreiber-Stark – Nachhaltige Gebäudetechnik című könyvében találkozhatunk. Megmutatja, hogy mi az hőmérséklet és páratartalom együttes, amit még kényelmesnek tartunk.



18. ábra: Komfortérzet és a légnedvesség összefüggése

(Forrás: Lenz-Schreiber-Stark (2010) nyomán Ácsné Benyó Magdolna szerkesztése)

A száraz levegőtől a légutak kiszáradhatnak, köhögés léphet fel, komfortérzetünk csökken, nő a légúti fertőzések kockázata (19. ábra). A túl magas páratartalom falgombásodást okozhat, és hozzájárul a háziporátka elszaporodásához. mivel életünk nagy részét a zárt térben töltjük, és átlagosan heti 40 órát pedig a munkahelyünkön az irodában, így különösen fontos, hogy a tartózkodásra használt helyiség megfelelő minőségű legyen. Ezen okok alapján került kijelölésre az optimális 40 - 60%-os páratartalom érték. (Kalmár, 2013)



19. ábra: Optimális páratartalom (%) és a károsanyag termelődés összefüggése
(Forrás: ASHRAE (2016), Sterling (1985) nyomán)

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a ruházat vastagsága, a mozgásszegény irodai munka és az egyéni hőérzet együttesen határozzák meg a várható hőérzeti értéket, ezért fordulhat elő, hogy azonos hőmérséklet mellett a több mozgás végző kollégák lengébb öltözetben komfortosabbnak érzik a helyiséget, míg a kevesebb mozgást végző, több ruhadarabot viselő kollégák hajlamosabbak panaszkodni a komfortkörülmények csökkenésére. Természetesen további elemzések alapján a nemek közötti eltérések is megfigyelhetők.

A termikus komfortot tehát az alábbi öt hatás határozza meg, azonban különböző szituációkban az egyes hatások súlya eltérő lehet:

- levegő hőmérséklet térbeli, időbeli eloszlása, változása,
- a környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete,
- a levegő relatív nedvességtartalma, a levegőben lévő vízgőz parciális nyomása,
- a levegő sebessége, turbulencia foka,
- az emberi test hőtermelése, hőleadása, hőszabályozása,
- a ruházat hőszigetelő képessége, párolgást befolyásoló hatása.

(Barótfi & Halász, 2012)

Vonatkozó munkavédelmi követelmények: A munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről szóló 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet 7. § (4) bekezdése alapján a zárt munkahelyeken a végzett munka jellegétől és az évszakoktól függően, a munka nehézségi fokát jellemző munkaenergia-forgalmat figyelembe véve, álló munkánál 1 m magasságban, ülő munkánál 0,5 m magasságban a 2. számú melléklet szerinti, szellemi munkához kapcsolódóan 20 - 22 °C léghőmérsékletet (klímátényezőt) kell biztosítani a hideg évszakban. (SzCsM-EüM, 2002)

3.7 Széndioxid egyenérték

Az energiafelhasználás mértékéből kiszámolható a környezetterhelés mértéke. Az energiafogyasztással járó végfelhasználási tevékenységek közül a fűtésre felhasznált tüzelőanyagot vizsgálom. A gáz esetén könnyen számolható a terhelés mértéke, mely az elégetése után keletkező gáz mennyiségéből és annak tömegéből adódik, ami 1,8 - 2 kg CO₂ kibocsátást jelent égéshőre vagy fűtőértékre vonatkoztatva. A földgáz 0,203 kg CO_{2eq}-t bocsát ki 1 kWh energia leadása során.

Adott energiahordozó 1 kWh felhasználásával a következő, Útmutató az üvegházhatású gázok nemzeti nyilvántartásához című 2006-os IPCC jelentés alapján CO₂ terhelés keletkezik.

- 1 kWh elektromos áram 365 g CO₂
- 1 kWh földgáz 203 g CO₂
- 1 kWh tüzelőolaj, gázolaj 279 g CO₂
- 1 kWh szén 377 g CO₂
- 1 kWh távfűtés 273 g CO₂
- 1 kWh tűzifa, biomassa, nap és szél 0 g CO₂

(Kormányközi Éghajlatváltozási Testület (IPCC), 2006)

4 Lehetőségek áttekintése

Az irodalom elemzés áttekintését követően témánkként veszem végig azon megvalósítható és nem megvalósítható lehetőségeket, megoldásokat és technológiákat, melyek számításba jöhetnek a Polgármesteri Hivatal korszerűsítését illetően.

Külső szigetelése:

A településképi védelméről szóló Budapest Főváros Önkormányzata Közgyűlésének 30/2017. (IX. 29.) rendelet 4. melléklet 12.1.10. sora szerint a Hivatal épülete fővárosi helyi védettségű építészeti örökség.

A felmerült homlokzati szigetelés esetleges tervezése és kivitelezése kapcsán elmondható a településképi védelméről szóló Budapest Főváros XII. Kerület Hegyvidéki Önkormányzat Képviselő-testületének 25/2021. (IX. 28.) önkormányzati rendelete alapján, hogy:

- településképi bejelentési eljárás lefolytatása szükséges,
- fővárosi védett, ezért a Fővárosi Önkormányzattal is egyeztetni, állásfoglalásukat kikérni szükséges,
- továbbá tervtanács konzultációs vélemény beszerzése szükséges (településképi bejelentési eljárást megelőzően)
- vizsgálni kell a tervezett építési tevékenység védett értékre történő hatását és a követelményeknek való megfelelést.

Mivel a védettség főként a homlokzati fal átalakításának szab gátat, így a földem szigeteléssel történő felújítására lehetőség lenne, ami indokolt is, mivel az azon keresztüli hőveszteség 15 - 25%-al csökkenthető lenne.

Belső szigetelés alkalmazása:

A belső falszigetelés az ablakok alatt elhelyezett hőleadó radiátorok miatt a falak alsó felén nem megvalósítható, az ablakok és az oldalfal, valamint a mennyezet közötti részekben olyan kis felület kerülne leszigetelésre, mely hatása vélhetően nem elengedő és megtérülő a ráfordított munka és költségvonzat alapján.

A 3. és 4. emeleti lapostető belső mennyezeti szigetelése azonban megvizsgálandó. főként a felső emeleten, mert a tapasztalatok szerint az ott lévő irodák melegszenek fel nyáron és hűlnek le télen a leggyorsabban.

Napelem-napkollektor alkalmazása:

Épület teljes tetőfelületén napelemek és a hőszivattyúk kültéri egységei találhatóak, így a napelem termeléshez szükséges további napcellák elhelyezésére már nincs lehetőség, azonban a meglévők korszerűbbre történő cseréjére lenne lehetőség.

A napkollektor alkalmazása esetén kevesebb helyigény szükséges a telepítéshez, azonban várhatóan ennek az eszköznek a részére sincs elegendő szabad tetőfelület, pedig a nyári használati melegvíz előállításában vélhetően elegendő mennyiség előállítására lenne képes egy kisebb rendszer, így a panelek rendszerbe illeszthetőségének kivizsgálását érdemes megfontolni.

Hőszivattyú alkalmazása:

Az alacsony előremenő hőmérsékletet biztosító hőszivattyúk alkalmazása esetében a hőleadás már nem tud hatékonyan működni radiátorok által, azokhoz felületfűtések kialakítása szükséges a minél jobb hasznosíthatóság érdekében, így ezen lehetőség használata a teljes fűtési rendszer átalakításával és várhatóan nagy költségekkel járhat.

Érdemes lehet vizsgálni a hőszivattyú kazánnal együtt történő hasznosítását, un. bivalens rendszerben.

Geotermikus/geotermális rendszer kiépítése:

Az épület elhelyezkedése alapján a domborzati adottságok várhatóan nem teszik lehetővé a mélységi kis entalpiájú hőenergia felszínre hozatalát és az azt hasznosító rendszer kiépítését költséghatékony módon, így a felszínközeli talajhő, talajvízhő hasznosítása vizsgálható.

Hőleadók cseréje:

Az épületben a legalább 30 éve működő hőleadó rendszer csővezetékei és tagos öntöttvas radiátorai feladatukat ellátják, cseréjükre akkor kerül sor, mikor oly mértékű a meghibásodásuk, hogy az már javítással nem, csak cserével oldható meg. A radiátorok alsó és felső szelepe egyaránt állítható, a felsők termosztatikus fejekkel vannak ellátva. Az öntöttvas radiátorok a nagy tömegük miatt lassan melegszenek fel és a konvektív hőleadásuk is később kezdődik el, így a rendszer felfűtését hamarabb szükséges megkezdeni, azonban ugyanezen tulajdonsága révén a hőt is tovább képes megtartani. Természetesen a lapradiátorok hőleadása hatékonyabb, de a hőtermelő lekapcsolását követően rövid ideig képesek magukban a hőt megtartani.

Egy esetleges kazáncserét követően a hőleadók modernizálása alacsony hőmérsékletű radiátorokra is szükséges lesz, mert a beépítendő, várhatóan kondenzációs gázkazán alacsony előremenő vízhőmérséklet esetén tud a legnagyobb hatékonysággal működni.

Kazán és szerelvényeinek cseréje:

Az épületben üzemelő több, mint 20 éves kazánok és a kapcsolódó segédenergiával működő szivattyúk, csőhálózatok, elosztók felújításában rejlik a legnagyobb megtakarítási potenciál és kibocsátáscsökkentés. Ennek a témakörnek a vizsgálata különösen fontos több szempontból is, ezért dolgozatomban ezt a főtémát kívánom mélyebben kifejteni.

5 Jelenlegi állapot bemutatása

Budapest Főváros XII. kerülete (Hegyvidék) a város budai oldalának középső, főképp hegyvidéki területein (a Budai-hegység magaslatain) fekszik. Területe már az őskorban lakott volt. Jelentős részeit erdő borítja, melynek köszönhetően a középkorban az uralkodók közkedvelt vadászterületévé vált: itt alapította meg Mátyás király híres vadasparkját. Az erdővel borított területek ma pedig sokak kedvelt kirándulóhelyévé váltak. A kerület, mint közigazgatási egység 1940. július 1-én kezdte meg a működését, és bár azóta fokozatosan beépült, még mindig a főváros legzöldebb kerületének számít. (Földváry, 2023)

A Polgármesteri Hivatal aparátusának és a Hegyvidéki Önkormányzat székhelye a Böszörményi utca 23-25. szám alatt található Polgármesteri Hivatal épülete (20. ábra), mely a kerület alsóbb részén, a Németvölgyben található.

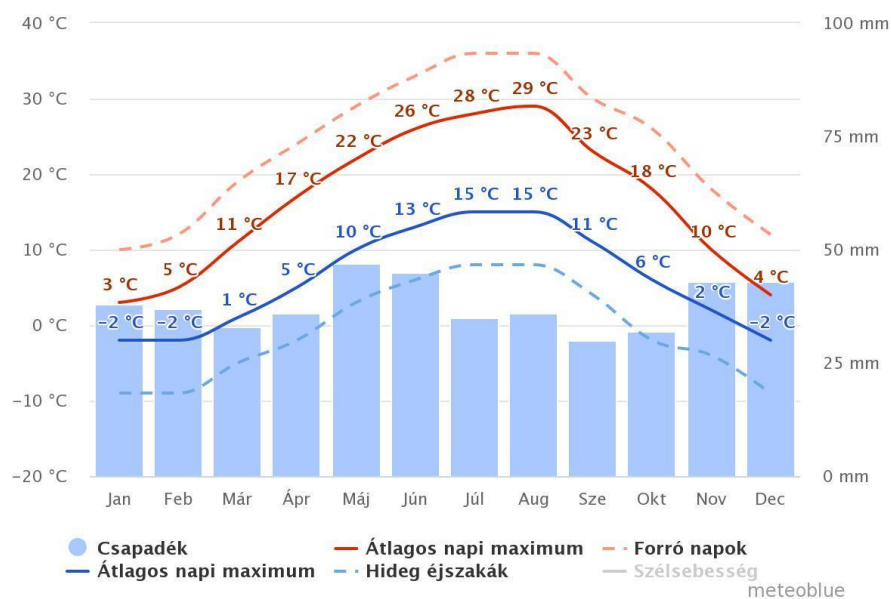


20. ábra: Hegyvidéki Polgármesteri Hivatal épülete

(Forrás: saját készítés)

Domborzati és éghajlati körülmények:

A Budai-hegység kistáj kelet felé a Dunával és az Alföld síkjával érintkezik, a klímája átmeneti a sík vidéki és a középhegységi éghajlat között. Ennek hatására a hegység közepén, a Duna menti hegylábhoz képest évente 7 - 10%-kal, de télen 20%-kal nagyobb mennyiségű csapadék esik. Az épület tengerszint feletti magassága 158 m. A fűtési napok száma egy évben: 150 nap. Hűtési napok száma egy évben 120 nap. Az átlagos éves hőmérsékleti adatok a 3. ábrán láthatók. A fűtési időszakban - 2 és + 10 celsius fok között az átlagos napi maximum érték.



21. ábra: Átlagos hőmérséklet és csapadékmennyiség a Bp. XII. kerületben

(Forrás: Meteoblue archive)

Településszerkezet:

A Dél-Hegyvidék Kerületi Építési Szabályzata¹ alapján a Hivatal épülete a Vi-2/D-5 Intézményi, jellemzően szabadon álló jellegű területen fekszik, azonban környezetében Kisvárosias, jellemzően zárt sorú lakóövezet (Lk-1) és Nagyvárosias, jellemzően zárt sorú, keretes beépítésű lakóövezet (Ln-2) található. A környező épületek magasságukat tekintve 3-5 emelet magasak, jellemzően sátozott kialakításúak.

Épület használat jellege, munkarend:

Az épületben főként irodai tevékenység folyik, különböző rendezvényekkel kiegészülve. 154 fő kolléga dolgozik és tartózkodik állandó jelleggel az épületben. Őket kiegészíti időszakos jelleggel kb. 50 - 100 kolléga, akik az épületen kívüli irodákban dolgoznak.

A Hivatal 2022-ben legalább 12 941 fős (sorszámmal rendelkező) ügyfélforgalmat bonyolított le ügyintézés céljából. Ezen kívül az eseményekre (testületi ülések, állampolgársági eskük, találkozók, egyéb meghívott vendégek száma további 2-3000 fős látogatottságot tesz ki.

¹ 36/2021. (XII. 14.) BP. FŐV. XII. KER. HEGYVIDÉKI ÖNK. KT. RENDELET DÉL-HEGYVIDÉK KERÜLETI ÉPÍTÉSI SZABÁLYZAT

Az épületet használók száma dolgozókkal és látogatókkal együtt: átlagban 360 fő

0:00 – 2:00	0%	12:00 – 14:00	100%
2:00 – 4:00	0%	14:00 – 16:00	85%
4:00 – 6:00	0%	16:00 – 18:00	80-20%
6:00 – 8:00	54%	18:00 – 20:00	10-20%
8:00 – 10:00	80%	20:00 – 22:00	0%
10:00 – 12:00	90%	22:00 – 24:00	0%

A Hivatal látogatottságához közvetetten is hozzájárulhat a 2019-ben a földszint déli részén az irodahelyiségek átalakításával - főként fogyatékkal élőket foglalkoztató – létrejövő, 60 fő ülő befogadására képes Ízlelő étterem, mely átjáróval rendelkezik a földszinten, de közvetlen Bekijáráttal rendelkezik a Kiss János altábornagy utca felől.

Az épület átlagos éves kihasználtsága 260 nap, mely a különböző kötelező feladatellátások (választás, népszámlálás, egyéb rendezvények, stb.) kapcsán 280 napra is emelkedhet.

Az irodai munkaidő:

- Hétfőn 8:00 – 18:00
- Kedden 8:00 – 16:00
- Szerdán 8:00 – 16:30
- Csütörtökön 8:00 – 16:00
- Pénteken 8:00 – 13:30
- Szombat zárva
- Vasárnap zárva

A vezetőség támogatja a munkaidő rugalmas kezdését, azonban az ügyfélfogadást végző kollégák számára a törzsidőként a 9:00 és 15:00 közötti időtartam került meghatározásra.

A vezetőség a spórolás jegyében a téliszünetet megnyújtotta, mely 2022. december 20 és 2023. január 7 között tartott. Ezt követően 2023. január 8-tól hétfőtől péntekig irodai jelenlét és csütörtökre és péntekre otthoni munkavégzés került bevezetésre, mely hivatalosan március 31- el ért véget, azonban március 22-től már választható volt a csütörtök-pénteki napra vonatkozó otthoni vagy irodai munkavégzés.

Az épületben lévő, de nem annak részét képező elektromos berendezések:

- Nagy, központi nyomtató: 21 db
- Kis, asztali nyomtató: 35 db
- Televízió: 17 db
- Számítógép (laptop): 168 db

- Monitor: 60 db
- Elektromos autó: 2 db

5.1 Épület jellemzői

Az épület (20. ábra) 1945-ben épült a kor építészeti és technológiai színvonalának megfelelően és jelenleg fővárosi helyi védettségű építészeti örökség. A szabadon álló épület, 4 emelettel, egy földszint, ill. egy alagsori szinttel. Az összes szintszám tehát 6 emelet. Az épület szerkezete vasbeton pillérváz vázkerámia kitöltő falazattal. Átlagosan 48 cm tömör falvastagságú. A külső falak hőszigetelése nincs megoldva. Az utcai, és az oldalsó udvar felőli homlokzat mindenhol klinker téglaburkolattal rendelkezik. A külső fal rétegtervi hőátbocsátási tényezője $1.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, az eredő hőátbocsátási tényező: $1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A nyílászárók jelentős része 2010-ben cserélt (22. ábra), $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ dupla üvegezésű műanyag ablakok, melyek $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ hőátbocsátási tényezővel rendelkeznek. Az alagsori szinten található tanácsteremben 2016-os gyártású, $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ tripla üvegezésű, fa nyílászárók kerültek beépítésre, melyek $1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ -t hőátbocsátási tényezővel rendelkeznek. A bejárati ajtók, lépcsőházi ablakok üvegezései ezeknél rosszabb hőtechnikai tulajdonságokkal rendelkeznek.

Az épület hátsó alagsori részén összenyitható tárgyalók kialakítása történt meg 2016-ban a teljes falat érintő műanyag nyílászárócserével, $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ tripla üvegezésű műanyag ablakok.



22. ábra: Emeleti és alagsori ablakok

(Forrás: saját készítés)

Az épület 3. és 4. emeleti lapostetőre 2016-ban került sor 290 m^2 -en, összesen $43,2 \text{ KWp}$ névleges teljesítményű napelemes rendszer felszerelésre, 3 db inverterrel. A 176 db IBC

PolySol 245 VM típusú napelem panel tábla mindegyike 1640 * 992 mm méretű, 245 Wp, 30,2 V és 8,12 A.

A hátsó alagsori tárgyalók lapostetőjén 2018-ban mintegy 150 m²-en extenzív zöldtető került telepítésre, mely a téli fűtési időszakban elenyésző szigetelési többletet jelent, azonban a nyári időszakban nagyban hozzá járul az épületrész alacsonyabb hőfokon történő tartásához és a sugárzásos és konvektív hőátadás csökkentéséhez, valamint semlegesíti a napi hőingadozást.

Írásos dokumentumok hiánya miatt, a tapasztalatok szerint a lapostetőkben maradt a régi salakfeltöltés, utólagos szigetelése nem történt meg.

- Épület beépített alapterülete: 3241 m²
- Beépített térfogata: 10 622 m³
- Szintek száma: 6
- Energetikailag releváns (fűtött) alapterület: 3241 m²
- Energetikai minőség szerinti besorolása: FF (2018.)
- Az épület tanúsítványa szerinti fajlagos primer energiafogyasztása: 206,3 kWh/m²
- Fajlagos hőveszteségtényező: 0,416 W/m³K
- Fűtés éves nettó hőenergia igény: 326 MWh/a
- Fajlagos nettó hőenergia igénye: 100,62 kWh/m² (év)

Összességében kijelenthető, hogy az épületszerkezetek energetikai szempontból messze a jelenleg érvényben lévő előírások alatti értékeket képviselnek.

5.2 Kazán rendszer

Az alagsori fűtetlen kazánházban 2 db Viessmann Paromat-Simplex álló gázkazán (23. ábra) szolgáltatja a fűtési vizet a teljes épülethez, valamint a használati melegvizet a mosdókban indirekt tárolás útján. A kazántestek 345 KW-osak, a bennük lévő égőfej 125 - 250 KW között állíthatók.



23. ábra: Viessmann kazánok és a HMV tároló

(Forrás: saját készítés)

A fűtési rendszer 2014-ben lett kis mértékben újítva. A kazánok központi szabályozása a kazánokhoz tartozó (Viessmann Vitotronic 200HK 1B; Viessmann Vitotronic 100 CC1 100G-200G szabályozás Base), ill. egy fali gyári szabályozó (Viessmann Vitotronic 300 CM1 + Base-E. bővítő panel) kommunikációjával történik. A rendszer kiegészül még Viessmann MW2B bővítő készlettel a szabályozóhoz, Viessman LON kommunikációs modullal és a Viessmann Tűztér nyomás-őr készlettel. A vezérlés a külső hőmérséklet érzékelő alapján működik, belső folyosó vagy iroda téri hőmérséklet érzékelő nélkül.

A hőleadók az irodákban és a folyosókon termosztatikus szeleppel ellátott, főként régi tagos öntöttvas radiátorok (24. ábra). A termosztatikus szelepek a központi kíváncságot szerint a kollégák által nem állítható, csak a karbantartó által, külön szerszámmal, elkerülve a különböző hőérzetekből fakadó nézeteltéréseket. Ez gyakorlatilag azt eredményezte, hogy a felhasználók nem tudtak beavatkozni, túlfűtés esetén gyors megoldásként kénytelenek voltak ablaknyitással hűteni, ruházat könnyítéssel alkalmazkodni.



24. ábra: Kazánfűtés hőleadója

(Forrás: saját készítés)

A melegvizet szintén az alagsori fűtetlen kazánházban elhelyezett indirekt HMV tároló szolgáltatja. A melegvíz vezeték cirkulációs keringetéssel is ki van építve. A tartály hőfoka átlagosan 52 °C-os. A kazánházban a régi, legalább 15 évnél régebbi gépészeti elosztóvezetékek és szerelvények lettek meghagyva, melyek meglehetősen elavultak és hőszigetelésük is régi.

Az elosztóvezeték (Grundfos UPS 40-120/2 F 250 és Vilo P 50/125r; P 50/125r; TOP-Z 40) keringető szivattyúi is régi típusok, melyek az 25. ábrán láthatóak, amin a szükséges szigetelések hiánya is jól kivehető.



25. ábra: Kazánfűtés keringető szivattyúi

(Forrás: saját készítés)

A rendszer elavultságát jól mutatja, hogy az 1998-ban gyártott melegvíz tartály (26. ábra) a mindennapi üzemből 2023 márciusában került kiiktatásra és ekkor került új tartály beépítésre a rendszerbe.



26. ábra: A régi melegvítartály és adattáblája

(Forrás: saját készítés)

5.3 Légtechnikai rendszer

DAIKIN VRV (Variable Refrigerant Flow vagyis változtatható hűtőközeg-térfogatáramú) direkt elpárologatós központi rendszer (továbbiakban: VRV rendszer; klíma) van használatban 2015 óta a kazános fűtés kiegészítéseként és a nyári hűtésre, mely 10 darab kültéri (DAIKIN RXYCQ 12A, 14A, 16A és 20A) modulból (27. ábra) és 140 darab beltéri hőleadóegységből áll (28. ábra), melyek teljesítménye 2,2 - 2,8 - 3,6 kW között változik az irodai helyiségek mérettől függően.

A hőleadókból az alagsorban 16 db, a földszinten 20 db, az 1. emelet 25 db, a 2. emelet 27 db, a 3. emelet 28 db és a 4. emeleten 14 db található.

A kültéri egységeken lévő tájékoztató szerint a modulok COP értéke 2,91 és 3,06, mely 2021 márciusa óta érvényben lévő új energiasztályok szerint „D” besorolású.



27. ábra: Tetőn elhelyezett VRV rendszer kültéri modulok

(Forrás: saját készítés)

A szinteket vezérlő kültéri modulok külön le és felkapcsolhatók, így készenlétbe csak azokat az egységeket helyezzük, melyekre rövid távon szükség lehet. Minden irodai SPLIT és folyosói légbefúvós hőleadóhoz (28. ábra) tartozik fali vagy távirányító általi szabályozó egység (29. ábra), amivel az irodák fűtését és hűtését lehetett egyedileg vagy a folyosói főmodul által egy-egy szintet is szabályozni.



28. ábra: VRV rendszer hőleadói

(Forrás: saját készítés)

Azonban a bekapcsolt rendszer gyenge pontja eddig a kollégák általi szabad működtethetőség, a központi szabályozást / korlátozások beállítását lehetővé tevő Daikin Intelligent Touch Manager (29. ábra) szabályozó egység és kisegítő modulok beszerelése 2023 április végén történt meg. A jelenlegi beállítások mellett az épületet használók elvileg korlátozás nélkül, gyakorlatilag azonban a megadott minimum és maximum értékek között állíthatják a belső tér hőmérsékletét. A beállított határon túli érték a kijelzőn elérhető és megjelenik, azonban a rendszer maga csak a megadott határon belül dolgozik és a kijelzőn is pár pillanat elteltével a korlátozott értéket jeleníti meg, ezzel az úgynevezett placebo hatást váltja ki a helyiséget használókból a túlfűtését és az energia pazarlást kivédve.

A 29. ábrán látható központi vezérlő képén kevésbé kivehető, de a hűtés minimális hőmérséklete 24 °C -ban és a hűtés maximálisan beállítható hőmérséklete jelenleg 26 °C -ban van meghatározásra, melyre bővebben a fűtésszabályozás részben térek ki.



29. ábra: Helyi és a központi vezérlő egység, valamint a 2023. májustól beállított értékek
(Forrás: saját készítés)

5.4 Külső-belső hatások bemutatása

Az épület energiafelhasználásával kapcsolatban az elmúlt években több felmérés és projekt is foglalkozott. Kiemelkedő a középületek energiahatékonyságát célzó egyik közép európai projekt (Interreg Central - Together CE154), melynek keretében 2017-ben a Polgármesteri Hivatal épületében, több ponton okosmérők kerültek beszerelésre a fogyasztás monitorozására. A projekt célja és lényege az volt, hogy pusztán szemléletformálással 10%-al csökkenthető az energiafelhasználás, melyet az okosmérő rendszer volt hivatott visszaellenőrizni. A projekt alatt keletkező adatok alapján megállapítható volt, hogy a fűtési rendszer nagy potenciállal rendelkezik a fogyasztáscsökkentés visszaszorítására, azonban a kényelmi kívánalmak alapján

került a vezérlés beállításra és az akkori energiaárak alapján sem volt kényszer a rendszer fejlesztésére és takarékosabb beállítások használatára.

Beszerzések:

A Polgármesteri Hivatal, az Önkormányzat és a nagyobb intézményei együttesen, 1 éves időtartamra szóló közbeszerzés alapján biztosítják maguknak a korábbi lezárt év fogyasztásai alapján a következő szerződéses időszakban szükséges energia mennyiségeket, melyre egyedi árat kapnak.

A fűtőértékre vonatkozó szabvány és a szolgáltatóval kötött szerződés a fogyasztási helyre jellemző átlagos fűtőértéktől $\pm 5\%$ -os eltérést enged meg, ellenkező esetben a földgáz minősége hibásnak tekintendő. Mivel 1 m^3 földgáz energiatartalma változhat, a földgáz árát nem térfogat alapon (Ft/m^3), hanem energia alapon (Ft/MJ) kerül meghatározásra.

A Hivatal által is használt, 2H csoportba tartozó gáz szerződött átlagos fűtőértéke $34,7 \text{ MJ/gnm}^3$. A minősége megfelelő, ha megfelel az MSZ 1648:2016 sz. szabvány előírásának. Ha az átlagos fűtőérték $34,7 \text{ MJ/m}^3$ akkor a tényleges fűtőérték a $32,9 - 36,4 \text{ MJ/m}^3$ közötti sávon belül mozoghat, változhat. A felfelé és lefelé megengedett 5% -os eltérés, (mely éppen 10%) okozhatja az arra vonatkozó következtetéseket, miszerint a fűtőérték manipulálható. (Tigáz, [N. a.]

A Polgármesteri Hivatal épületének vezérelt energia költségei az alábbiak szerint alakult:

- Áram esetében:
 - 2021. januártól decemberig $19,36 \text{ Ft/kWh}$
 - 2022. január 1-től december 31-ig $20,2 \text{ Ft/kWh}$
 - 2023. január 1-től december 31-ig $189,58 \text{ Ft/kWh}$
- Gáz esetében:
 - 2021. október 1-től 2022. szeptember 30-ig $2,73 \text{ Ft/MJ}$
 - 2022. október 1-től 2023. szeptember 30-ig $26,748 \text{ Ft/MJ}$

Külső tényezők:

Az Európai Unió korábban elfogadott energiahatékonyságot célzó direktívái a következők, melyet Dr. Magyar Zoltán által összegyűjtve Az új épületenergetikai és klímavédelmi szabályozási rendszer hatásai a gázfogyasztás alakulására című az <https://www.e-gepesz.hu/> oldalon megjelent cikk alapján az alábbiak:

- Direktíva az épületek energetikai jellemzőiről EPBD 2002/91/EK: „Előírja tanúsítási rendszer bevezetésének kötelezettségét. Az objektív tájékoztatást kell nyújtania és segítenie kell az összehasonlíthatóságot a referenciaértékek megadása mellett az energetikai tanúsítványnak. Ez alapján itthon az alábbi 3 három rendelet jelent meg:
 1. Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet
 2. Az épületek energetikai tanúsításáról szóló 176/2008 (VI.30.) Kormányrendelet
 3. A hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról szóló 264/2008 (XI. 6.) Kormányrendelet
- Energiahatékonysági direktíva - ESD (Energy Services and End-use Efficiency Directive) 2006/32/EK
- Direktíva az energia fogyasztó berendezések környezettudatos tervezéséről - EuP (Ecodesign of Energy Using Product Directive) 2005/32/EK
- Direktíva az energiafogyasztó berendezések címkézéséről 2010/30/EK: Költségoptimalizált szinten kell megadni az energiahatékonyságra vonatkozó minimális követelményeket. 2018.12.31. utáni épülő új középületeknek és minden 2020.12.31 utáni új épületnek teljesítenie kell a közel nulla energiaigény elvárásait. az Ecodesign direktíván kívül eső épületek rendszereire új követelményeket szükséges meghatározni.
- Direktíva az épületek energiahatékonyságáról (Energy Performance of Buildings Directive) 2010/31/EK: A 20kW fölötti fűtési rendszer egészét 2 - 4 évenként felül kell vizsgálni és a felülvizsgálatok központilag kell tárolni. Független ellenőrzési rendszert kell bevezetni, szankciókat kell alkalmazni és be kell vezetni a pénzügyi ösztönzőket.

Az MSZ EN 15251 (2008) szabványban megfogalmazott belső környezeti követelmények, kategóriák (I - IV) kerültek meghatározásra. (Mérnökmédia Kft., 2010)

Az Európai Tanács által 2023. júliusában elfogadott új energiahatékonysági irányelv (elérhető a <https://www.consilium.europa.eu/hu> oldalon) kiemelt célja, hogy az uniós szintű végsőenergia-fogyasztás 2030-ra 11,7%-kal csökkenjen. Az uniós szintű végsőenergia-fogyasztás 2030-ra 11,7%-kal csökkenjen. Az új szabályok közzszférára esetén külön előírást alkalmaznak, miszerint évente 1,9%-kal kell csökkentenie energiafogyasztását (kivéve tömegközlekedés és katonaság), továbbá a közintézmények legalább 3%-át évente fel kell újítani. (Az EU Tanácsa, 2023)

Belső tényezők, elvárások:

2022 szeptemberében Magyarország Kormánya elvárásként fogalmazta meg a 25 százalékkal történő földgázfelhasználás csökkentést a közigazgatás központi hivatalaiban, az ahhoz tartozó intézményekben és gazdasági társaságoknál, melyet Önkormányzatunk maga is célként határozott meg és igyekezett betartani.

2022-ben a korábbi évekhez mérten jelentősen megemelkedett energiaárak és a gázfogyasztáscsökkentésre irányuló elvárás, a felelős gazdálkodás iránti és várható számlaköltségek realizálása utáni igények folyamányaként az Önkormányzat megalapította energetikai munkacsoportját, mely az intézmények, köztük a Polgármesteri hivatal számára is energiafelhasználás csökkentését célzó szabályzatot adott ki a dolgozók és az üzemeltetők részére, emellett meghatározta a szükséges energetikai beruházásokat az egyes intézményeknél. Az ideális munkakörülmények biztosításával kerültek a szabályzatok kidolgozásra, ügyelve a költségvetésben az üzemeltetési előirányzat betartására és csak a szükséges mértékben való megterhelésére.

A hivatal épületének tekintetében az alábbi szigorítások léptek életbe 2022 októberében:

- A 2022 végéig érvényes, még eszkaláció előtti „kedvezményes” villamosenergiaár alapján a fűtésre is használható légtechnikai rendszer előnyben részesítése.
- A gázkazánokkal történő fűtés bekapcsolásának tilalma, mindaddig amíg azt a külső hőmérséklet és belső komfort az ellenkezőjét nem indokolja. Ezt követően hibrid üzemre és/vagy kazánüzemre történő átállás.
- A használati melegvíz kazán által történő előállításának teljes lekapcsolása.
- A hőmérséklet munkaidőben minimum 21 °C -ban került meghatározásra az irodákban, munkaidőn kívüli időszakokban az épület temperálása pedig 17 °C-on történik.
- Megtörtént a radiátorok beállításának ellenőrzése, továbbá közlekedő terekben (folyosók, lépcsőházak) történő szakaszos kizárásuk és leszabályozásuk, az irodai terekben való optimalizálásuk.
- Megtiltásra került a hálózati aljzatba köthető, külső fűtőtestek alkalmazása (olajradiátor, hőlégfűvő)
- Szigorodtak a szellőztetésre vonatkozó előírások. Ajánlás az évszaknak megfelelő öltözet viselésére.

5.5 Fűtésszabályozás

A. Fűtésszabályozás 2022. szeptemberig:

A Polgármesteri Hivatal rendelkezik egy 2008. évi jegyzői utasítással, mely az épület energiahatékonyság illetően fogalmaz meg különböző kívánalmakat a kollégák részére. Ez tartalmazza a munkaidőben szükséges 22 °C és munkaidőn kívül tartandó 17 °C-os hőmérséklet előírásokat is. Ennek folytán a karbantartó működő kazánvezérlés esetén az extrém hideg időjárás alatt éjszaka 17 - 18 °C-ra, hétvégén is 17 °C-ra való temperálásra állítja a kazánokat. Szombaton és vasárnap napközben 2-2 óra felfűtés van beiktatva 22 °C-ra. Az enyhébb időszak beállta után a temperált hőmérsékletet visszaveszi 15 °C-ra, illetve hétvégén csak egyszer 7 °C-on tartással, 1 órára fűt fel a rendszer.

Az épületben dolgozók arányát tekintve a hölgyek vannak többségben, kiknek a hőérzete magasabb hőmérsékletre beállított fűtést kívánt meg a számukra ideális munkahelyi komfort megteremtése érdekében. Utóbbi években engedélyezett lett a „fázós” kollégák számára a kiegészítő fűtés (elektromos hőszugárzó vagy klímás fűtés) alkalmazása. A kezdeti hőmérsékleti előírányzatok az igények és a kedvező energiabeszerezés kapcsán oly mértékben módosultak, hogy több esetben túlfűtés alakult ki az épületben. Ezt jól mutatja, egy 2018-as felmérés, miszerint ugyan a kollégák hőérzete általában megfelelő volt, de a mért hőmérsékletek 22 - 24 °C-osak, ami magasabb volt az indokoltnál.

Az utóbbi években alkalmazott rossz gyakorlat alapján a fűtési szezon kezdetén és végén a kollégák számára engedélyezett volt a központi hőszivattyús fűtés használata. Azonban több esetben a kazánok bekapcsolásával nem került kikapcsolásra a hőszivattyú, mely tovább fokozta a ház túlfűtését. Továbbá az irodákban szükséges hőfok került alkalmazásra a közlekedő terekben is, amivel tovább fokozódott a pazarlás.

Összesítve 2022. szeptember 31-ig:

- Kazán: hétfőtől vasárnapig 06 órától 16 óráig folyamatos fűtés 22 °C-ra, Előremenő víz 55 °C, visszatérő 40 °C. Melegvíz előállítása állandó, 50 °C-os, havonta egy alkalommal 60 °C fölé emeljük.
- VRV rendszer: állandó működés, korlátozás nélkül.

B. Fűtésszabályozás 2022. októbertől:

A 2023 szeptemberében tapasztaltuk, hogy a kazánvezérlés meghibásodott. A vezérlés cseréje az akkoriban kialakult alkatrész beszerzési nehézségek miatt a 2022/23-as fűtési időszaknak egy olyan központi vezérléssel volt szükséges nekivágni, mely a beállított értékeket bármikor

felülírhatja, a kommunikációja nem tökéletes a külső hőmérséklet érzékelővel sem. Ezért a kazán minél későbbi bekapcsolása mellett döntöttünk, amire végül december elején került sor. Ekkortól a karbantartó naponta ellenőrizte a beállított értékeket és csavarkulcsos állítással szabályozta a kazánokat. Az új kazánvezérlő egység beszerelésére végül 2023 márciusában került sor.

A hőtermelők üzeme a várható kinti hőmérsékletek alapján került meghatározásra, mely az alábbiak szerint alakult:

- 2022. október -november kikapcsolt kazán, csak klímás fűtés
- 2022. decembertől minimum temperálás kazánnal, ráfűtés klímával 2023 januárig
- 2023. február csökkentett kazánfűtés, kikapcsolt klímákkal - kivétel alagsori tárgyalók
- 2023. májustól kikapcsolt kazánfűtés, csak HMV előállítás, kikapcsolt klímák - kivéve alagsori tárgyalók
- 2023. októbertől kazán általi HMV előállítás, bekapcsolt klímák.
- 2023. novembertől próba jelleggel az épület releváns helységeiben időzítetten kerül elindításra a VRV rendszer általi fűtés a munkakezdéshez szükséges megfelelő hőkomfort érdekében:

Az 5.3 pontban lévő 29. ábrán látható központi vezérlő képen kevésbé kivehető, de a hűtés minimális hőmérséklete 24 °C -ban és a hűtés maximálisan beállítható hőmérséklete jelenleg 26 °C -ban van meghatározásra. Egyrészt a beltéri egység nyári működése közben keltett hideg huzathatásból eredeztethető megbetegedések, a jobb rendszer hatásfok elérése, valamint - a 15 perces időegység alapján - az órára vonatkoztatott csúcsfogyasztások mérséklése és a lekötési szint túllépésének megakadályozása miatt.

6 További fejlesztési lehetőségek bemutatása

VRV rendszer kapcsán:

- Az úgynevezett retrofit átalakítással a régebbi berendezés egyes elavultabb, vagy a szükségesnél több energiát használó alkatrészeinek, berendezéseinek cseréje megtörténik, ezáltal javítva annak hatékonyságán, energiafelhasználásán. Érdemes a rendszerben lévő ventilátor motorok átvizsgálását elvégezni és szükséges esetén a teljesítmény megtartása mellett kedvezőbb energiafelhasználásúra cserélni.
- A légtechnikai modulok alátámasztását és a födémmel való érintkezési pontjait, annak vízszinteségét ellenőrizni, ugyanis a nem megfelelő helyzetben lévő berendezés egységei károsodhatnak ezáltal, csökken a hatásfokuk és idő előtti lecserélésükre kerülhet sor.
- A rendszer távolról történő szabályozásának helyes és eseményekhez igazodó beállításának elvégzése, valamint a használat során keletkező és a rendszer által mért adatok rögzítése is fontos a minél jobb programozás szempontjából.
- Mivel a hőszivattyú fűtési üzemmódjában a COP értéket a szezonális SCOP érték váltotta fel. Az Eu által elvárt (EPB 2002/91/EK, 2009/125/EK alapján) hatékonyság 2013-tól SEER esetén 3,6 és SCOP-nál 3,4. Ez alapján a hőszivattyú kültéri egységeinek cseréjét is érdemes lehet felülvizsgálni. (MÉGSZ, 2021)
- Kedvezményes H-tarifa igénylése kifejezetten hőszivattyúval történő fűtésre október 15. és április 15. közötti időszakra, mely 24 órás, megszakítás nélküli és a normál díjszabás árának töredéke. A tarifa 2020. január 1-től minimum 3,4 SCOP-értéket teljesítő berendezésekre igényelhető. Elérhető a H árszabás fűtési időnyen kívüli fogyasztásra is. Azonban kazánfűtéshez használt elektromos berendezések, mint pl. a keringtető szivattyú áramellátását is lehet vele kedvezményesen biztosítani. Az elosztói engedélyesnél szükséges kezdeményezni és a mindenkori vezérelt áram áránál kedvezőbb díjon vételezhető.
- A jelenlegi szintenként elkülönítetten működő kültéri egységekre kaszkád vezérlő beiktatása, mely lehetővé teszi a kültéri egységek leolvasztásának váltakozását, vagyis egyszerre csak egy kültéri egység fog leolvasztást végezni, mely tovább javítja az üzembiztonságot.

Kazánfűtés kapcsán:

- Amennyiben több kisebb teljesítményű kazán kerül beépítésre és alkalmazásra egy nagyméretű kazán használata helyett a fűtéshez szükséges hőmennyiség előállítására, akkor azok kaszkád vezérléssel való alkalmazása javasolt, hogy mindig csak a szükséges fűtőt teljesítmény kerüljön használatra a legjobb hatásfokon való üzemelés érdekében. Fontos lesz a megfelelő hidraulikai összekapcsolás és füstgázvezetés megoldása.
- Külső időjáráskövető szabályozás mellett a belső tér, terek hőmérsékletét is figyelő hőmérő alkalmazása. Előfordulhat olyan eset, amikor az északi oldalon lévő külső hőmérő alapján a vezérlés indítja a fűtést, azonban az irodákban a déli benapozás alkalmával megfelelő a belső levegő hőmérséklete, ekkor a helyiségben a komfort tartományon kívül esik a hőmérséklet és a radiátor lekapcsolásával vagy fölösleges szellőztetéssel állítják be a tér hőmérsékletét. Ebben az esetben fölösleges energiafelhasználás történik.
- A kazán(ok)ban lévő égőfej megfelelő tartományban való szabályozhatósága a legjobb hatásfok elérése érdekében.

HMV előállítás kapcsán:

A nyári időszakban történő használati meleg vízelőállításra érdemes lehet több lehetőséget vizsgálni a későbbiekben, úgy, mint a kaszkád vezérlésű rendszer alkalmazása, ezáltal csak a szükséges teljesítményt biztosítani kazán(ok) kapcsol(nak) be, ezáltal az előállítás hatásfoka jobb lehet. Valamint a hőszivattyú alkalmazását és a bivalens-párhuzamos üzemmódban való használata a kazánnal, kazánokkal. Mivel a hőszivattyú által előállított alacsony hőmérséklet elegendő egy kellemes hőmérsékletű HMV előállítására és a kazán által előállított magasabb hőmérsékletű HMV esetén utólagos hidegvíz bekeverésre sem lesz szükség. Az 50 °C-os víz akár hidegvíz bekeverése nélkül is használható kézmosásra, azonban a Legionella baktérium kolonizációjának visszaszorítása érdekében szükséges a rendszert havonta 60 °C fölé melegíteni, ezért a bivalens-párhuzamos működés javasolt a kizárólag hőszivattyús működés helyett.

Belső szigetelés alkalmazása:

Páratechnikai modellezés szükséges, hogy megelőzze, de várhatóan a hőszigetelésben lesz az a hőmérsékleti pont, ahol a pára lecsapódik, ami hosszú távon károkat okoz a falszerkezetben és annak belső felületén. A belső tér páratartalmának szabályozására megfelelő légkezelési rendszer kiépítése aránytalanul nagy költséget tenne ki.

Tetőszigetelés alkalmazása:

Bár a lapostetőn lévő napelemek által a tetőfelületre kifejtett árnyékolóhatás a nyári időszakban minimális mértékben segíti az alatta lévő helyiségek lassabb felmelegedését, azonban a téli időszakban pont ez a hatás tartja távol a napsugárzás felmelegítő hatását. Lényeges lenne a lapostető szigetelésének elvégzése, egy esetleges beázási kár elhárításánál vagy megelőzésére végzett szigetelésnél, hogy a napelemek visszabontását a lehető legkevesebb alkalommal kelljen elvégezni.

Külső szigetelés alkalmazása:

Az épület helyi védettsége miatt nem lehet elvégezni, továbbá a mellette lévő Hegyvidéki Kulturális Szalon (Törpe utca 2.) épülete is hasonló stílusban épült az egységes utcakép kialakítása érdekében.

Nyílászárók cseréje:

A jelenleg alkalmazott nyílászárók és a bennük lévő üvegezés a jelenleg kapható termékek hőátbocsátási tényezőjétől nagyban eltér. Érdemes lenne az északi oldalon, az árnyékosabb irodákban lévő nyílászárók cseréjét elsőként elvégezni, hogy a hőátbocsátási tényezőt $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ alá csökkentsük a jobb komfortkörülmények kialakulásához a hidegsugárzás csökkentésével az azokhoz közel helyet foglaló kollégák részére.

Zöldtető és zöldfal alkalmazása:

Az alagsori lapostetőn lévő zöldtető tapasztalatai azt mutatják, hogy az alatta lévő helyiségek hőmérsékletét csökkenti a nyári időszakban és ezáltal tér komfortkörülményei is jobbak. Azonban a 3. és 4. emeleti lapos tetőn lévő napelemek felfogatási rendszerét szükséges lenne megváltoztatni egy esetleges zöldtető telepítésével. Mivel az igazoltan csak a nyári felmelegedés ellen nyújt védelmet, a napelemek mozgatásánál elsődlegesen a szigetelés javítására lenne szükség.

Zöldfal alkalmazása többféleképpen történhet, azonban jótékony hatását szintén csak a nyári időszakban fejt ki az árnyékoló hatásával, ezért az a fűtési energia csökkentésében nem játszik szerepet.

Energiafogyasztás elemzése:

Érdemes a meglévő mérőhálózat fejlesztése, legalább szintenként lévő az elektromos eszközök fogyasztása, valamint az elektromos autótöltés és a kazánház energiafelhasználása tekintetében, mely 6 új almérési pontot jelentene. Ugyanis a mért adatok szerint az épület nappali és éjszakai áramfogyasztása 55-45% arányt mutat, aminek a 70-30%-ot kellene közelítenie.

Konklúzió összefoglalása:

Egyes szigeteléssel kapcsolatos fejlesztési lehetőségek megvalósítása csak igen nagy költségű szerelési munkálattal végezhető el.

Az energiafelhasználás kapcsán vizsgálandó a VRV rendszer és a kazánfűtés fejlesztése. A dolgozatom folytatásában az elemzem az épület energiafelhasználását az elmúlt két évre visszamenőleg. Azon okból kifolyólag, hogy a kazánfűtés egyes elemei az épületben már több, mint 20-25 év körüliek is lehetnek, így javaslatot dolgozom ki a rendszer fejlesztésére vonatkozóan.

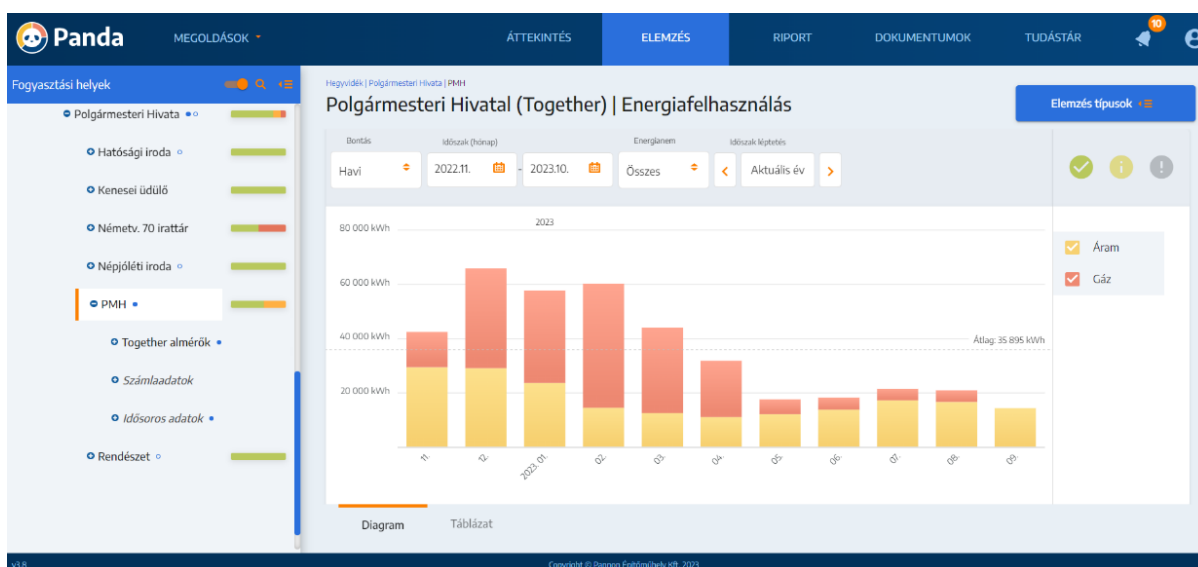
7 Fogyasztási adatok, elemzések

A hivatal épületében az alábbi mérések álnak rendelkezésünkre a fogyasztások elemzéséhez 2017 óta:

- Gáz és villamos energia főmérés – szolgáltatói adatok
- Villamos energia almerések – klímák összes, szerverek, városháza téri termelői piac fogyasztása, napelemek termelése
- Hő- és páratartalom mérés – Fsz. folyosó, 2. emelet folyosó, 4. emelet iroda

2023. szeptembertől további 9 hő- és páratartalom mérő került beépítésre, melyek a negatív hőérzeti panaszokhoz leginkább kapcsolódó irodák helyiségében kerültek elhelyezésre, hogy a kollégák számára biztosítandó belső hőmérséklet és a fűtésbeállítások ellenőrzését segítsék.

A részletes adatrögzítéssel elég pontos képet kapunk az épület működéséről. Ezt megerősítve alkalmazásra került 2022 októberétől egy számla és fogyasztásmenedzsmentet támogató Panda elnevezésű energiamenedzsment szoftver (30. ábra), melyben könnyen összevethetők a különböző helyekről kapott adatok, melyben a fogyasztások mellé beilleszthető az adott időszakban érvényes külső hőmérsékleti adat.



30. ábra: Panda energiamenedzsment szoftver
(Forrás: saját készítés)

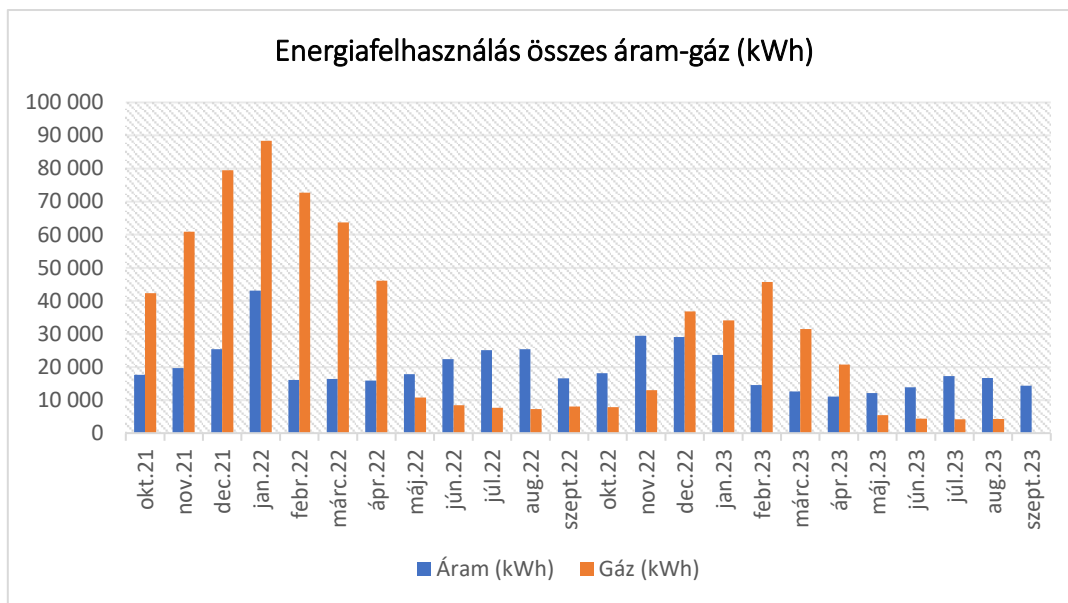
Adatelemzésre a 2021. január 1-től 2023. szeptember 30-ig eltelt időszak került kiválasztásra. Ugyanis ezen időintervallum alatt több változás történt és üzemeltetési menetrend valósult meg, melyek informatív adatokkal szolgálnak a Polgármesteri Hivatal épületének pazarló és „jó

gazda” módjára történő üzemeltetésből fakadó energiafelhasználását illetően. Bázisidőszaknak a 2021. októberre és 2022. szeptembere közötti időszakot tekintetem, mert itt még semmilyen külső vagy belső tényező nem befolyásolta érdemben a ház üzemeltetését, menetrendjét és energiafelhasználását.

A nyári, fűtés nélküli időszaknak a május és szeptember közötti, 5 hónapot, a fűtéssel érintett időszaknak pedig októbertől április közötti 7 hónapot tekintetem.

Az elemzéshez felhasznált adatok idősoros szolgáltatói mérőórákból, házon belüli almérőkből, valamint szolgáltatói számlákból származnak. Ezen három forrásból származó adatok egységesen egy 2022 októbere óta használt Panda energiamenedzsment szoftverben kerülnek beolvasásra. Azonban a házon belül almérőkből származó adatok a korábban már említett uniós pályázati támogatással kiépült adatgyűjtő rendszerben is kiolvashatók. Továbbiakban saját szerkesztés általi ábrák kerültek beillesztésre az Önkormányzat tulajdonában álló adatok alapján.

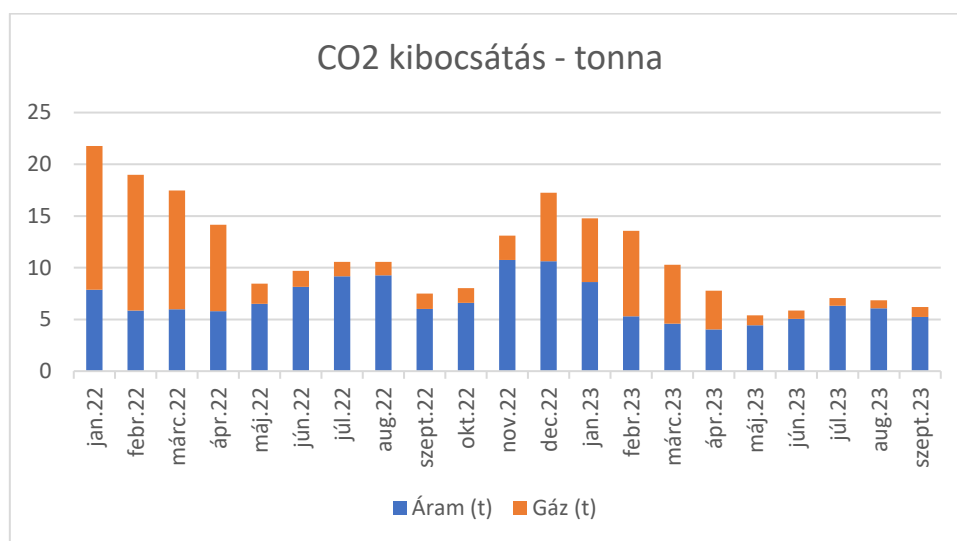
Az energiafelhasználás a VRV rendszer és a kazánfűtés által az 31. ábra szerint alakult az elmúlt 24 hónapban. Jól látható, hogy a téli időszakokban a gáz kWh-ra vetített fogyasztása 2021/22 telén duplája a villamosenergiának, ugyanakkor a visszafogott felhasználású 2022/23-as téli időszakban is indokolja az elavult fűtési rendszer felújítását. Lényeges, hogy az épület fűtési energia előállítás terén elsődlegesen a gázkazánok általi fűtésre támaszkodik és csak a rendszer meghibásodása, szerelése vagy kedvezményes beszerzésű áramár miatt vált át a hőszivattyúval való fűtésre. Továbbá megfigyelhető a 3.5 részben bemutatott fűtésszabályozás és az energiatermelők használatának cseréje. Ahogy 2022 novemberben lekapcsolásra került a gázkazán általi fűtés és előtérbe kerültek a hőszivattyúk a még kedvezményes áramdíjazása miatt csak harmadával nőtt meg az áram felhasználása, mely köszönhető az enyhe időjárásnak is.



31. ábra: Az épület működésével kapcsolatos energiafelhasználás

(Forrás: Idősoros adatok, 2021-23, saját szerkesztés)

A két energiahordozó használatából eredő károsanyag, vagyis a CO₂ kibocsátása az épületnek a következő 32. ábrán látható. Csökkenő tendencia figyelhető meg a téli és a nyári időszakokon, köszönhetően a gondosabb és pazarlásmentesebb üzemeltetésnek.

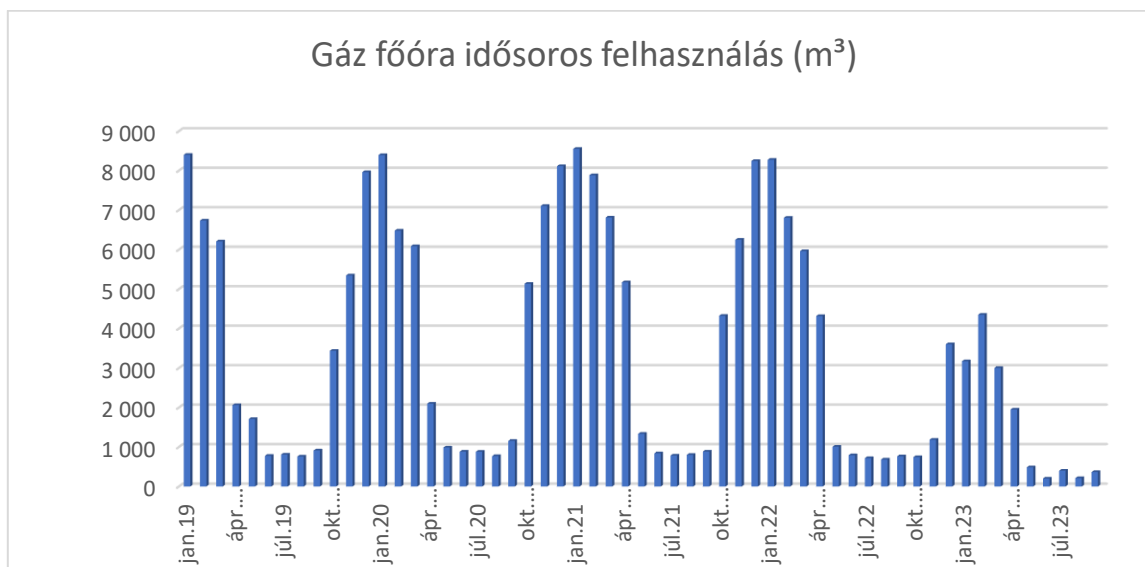


32. ábra: CO₂ kibocsátás energianemek szerinti arányban, tonnában

(Forrás: Panda szoftver, 2022-23, saját szerkesztés)

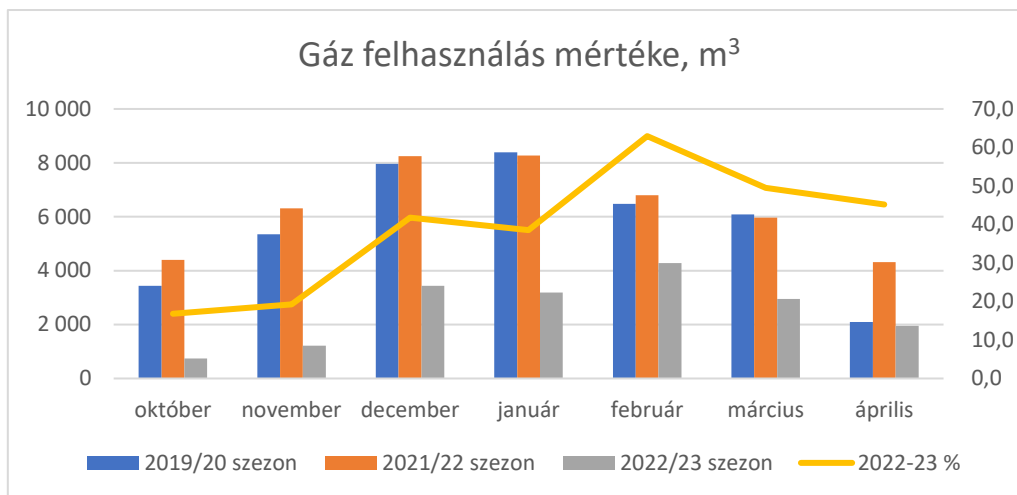
7.1 Gázfogyasztás

Mint az 5.3 részben említettem, hogy a fűtési energia felhasználására 2022. októbertől kezdődően nagyobb figyelem mellett történt, mely az 33. ábrán is látható. A fogyasztás a korábbi felére csökkent. A „majd hozzányúlunk, ha nem jó” hozzá állás a fűtésbeállításban is látható, mivel a korábbi 3 év fogyasztása szinte azonos görbéket ír le. Fűtött alapterületre vetítve a fogyasztás 2022. januárjában $2,43 \text{ m}^3/\text{m}^2$, 2023 januárjában $0,94 \text{ m}^3/\text{m}^2$ volt.



33. ábra: Gázfogyasztás idősoros mérés alapján
(Forrás: Panda szoftver, 2019-23, saját szerkesztés)

Fajlagos összehasonlításban 2019. és 2023. között októbertől áprilisig a következő 34. ábra mutatja az összes gáz felhasználását m^3 -ben, valamint a 2021/22-es szezonhoz képest a 2022/23-as szezonban elhasznált gáz mennyiségének százalékos arányát. A 2. fejezetben már említett, a belső elvárások által támasztott legalább 25%-os megtakarítást az épület teljesítette, ugyanis a legtöbbet fűtött hónapban 38%-al, a legkevésbé fűtött hónapban pedig 85%-al történt kevesebb gáz felhasználás.

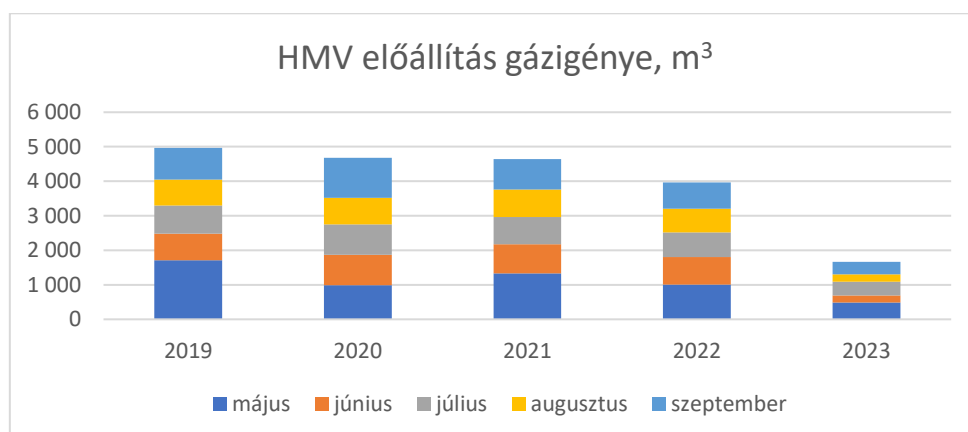


34. ábra: Szezonális gázfogyasztás mértéke
(Forrás: Panda szoftver, 2019-23, saját szerkesztés)

Használati melegvíz:

A fűtésre bekapcsolt gázkazánok egyben használati melegvíz (HMV) előállítását is végezték a téli időszakban. Állandó használati melegvíz előállításának gázfogyasztása a nyári gázfogyasztás adataiból vonatkoztatható, mert akkor a kazánok csak annak az előállítására érdekében működtek. Ezt több tényező is tudja befolyásolni, részletesebb alábontáshoz nincs mért adatunk. A 2021/22-es téli használati melegvíz előállítást is csak becslés alapján közelítő értéket tudnánk meghatározni.

A 35. ábra alapján elmondható, hogy 2019-ben 1000 m³, 2022-ben 800 m³, de 2023-ban már csak 334 m³ volt az átlagos nyári gázfelhasználás ebben a tekintetben.

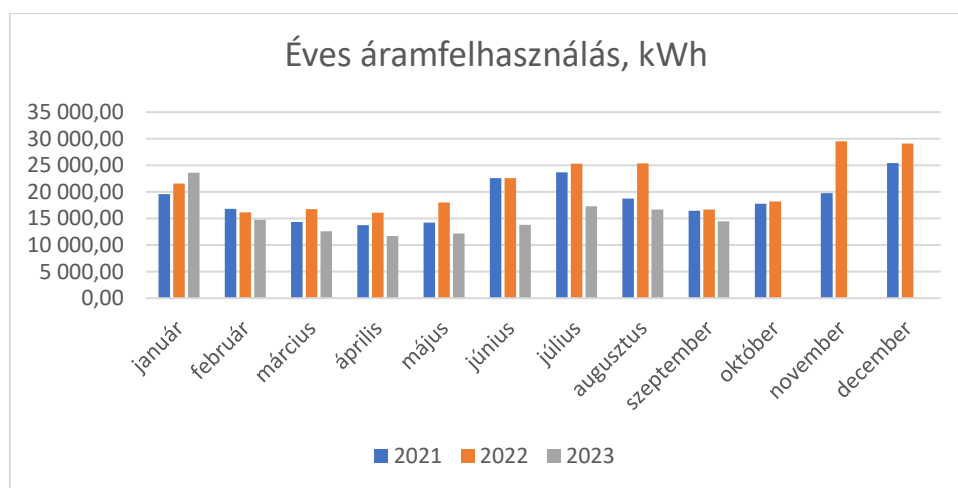


35. ábra: HMV előállítás gázfogyasztása
(Forrás: Panda szoftver, 2019-23, saját szerkesztés)

7.2 Áram felhasználás

Az épület áramfelhasználása több tényezőtől is függ, melyek az irodai működésből származó elektromos eszközök használata, elektromos járművel töltése, valamint a VRV hőszivattyús rendszer hűtésre, illetve fűtésre történő alkalmazása.

A 36. ábrán a szolgáltatói áram főmérő óra idősoros adatai alapján, annak felhasználása látszik, melyről kiolvasható, hogy 2022-ben a felhasznált áram mennyisége minden hónapban elérte és a legtöbb esetben túllépte a 2021. évi felhasznált mennyiséget. Ennek oka az első hónapokban a szabályozatlan klímahasználat, nyáron a rendkívül meleg nyár és az év végén a gázhoz képest még kedvezményes áron fizetett áramdíj. A 2023. januárjában elég nagy kiugrást mutat a januári hibrid (villamos- és gázenergiával történő) fűtés, de a februári már gázzal történő fűtés hatására az áramfelhasználásunk az előző két évhez képest 10 - 15%-os csökkenést mutat. Szerencsére a nyári időszakban is elmarad az előévi csúcsoktól a már használatban lévő központi szabályozó egységen megadott határparaméterek miatt.

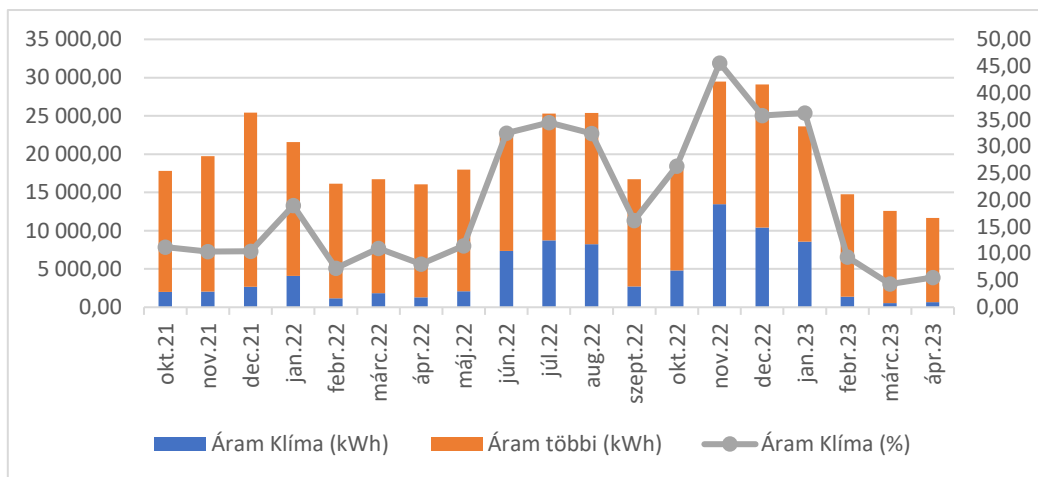


36. ábra: Évenkénti áramfelhasználás

(Forrás: Panda szoftver, 2021-23, saját szerkesztés)

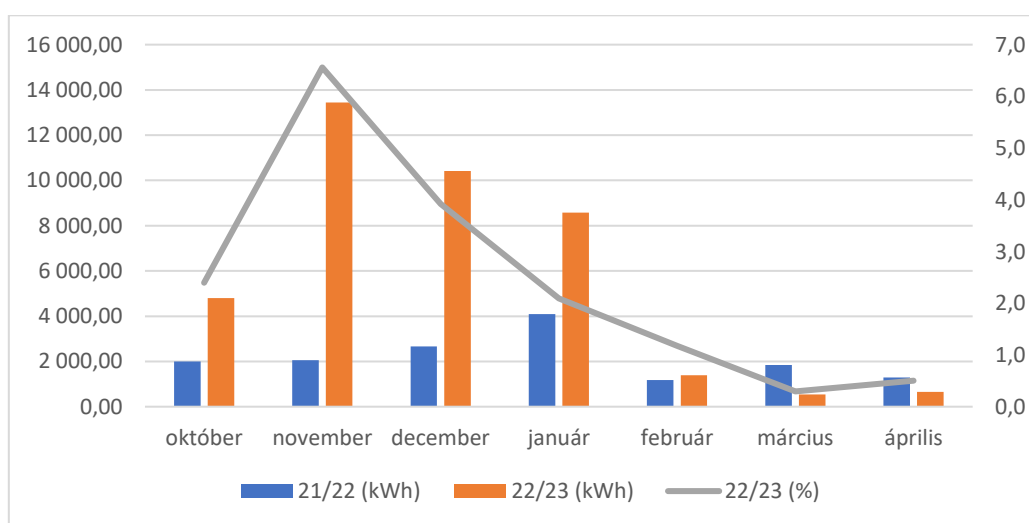
Klímák fogyasztása:

A klímák fogyasztásának a mérése összesítetten történik mind a 6 szintre, így a rendelkezésre álló adatok nem különíthetők és vizsgálhatók szintenként. A következő 37. ábrán is látszik, hogy meglehetősen nagy a klímákkal történő fűtés energiafelhasználása az épület energiafogyasztásához képest, azon időszakokban, ahol a fűtés gázkazánokkal is történt egyidőben.



37. ábra: Áramfogyasztás alakulása a VRV rendszer és az össz. fogyasztás alapján
(Forrás: Panda szoftver, 2021-23, saját szerkesztés)

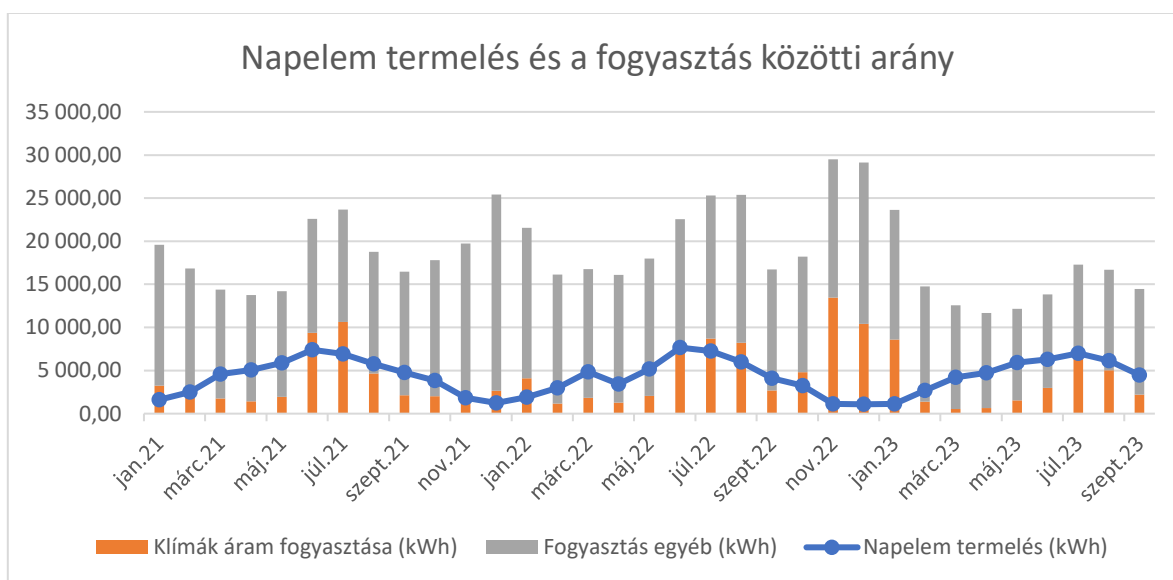
A 38. ábrán látható, hogy 2022 októberében két és félszeresére, novemberben közel hétszeresére, decemberben négyszeresére mivel 2022 év végéig még a régi szerződés szerinti kedvezményes áron történt az áram vételezése. 2023 januárban duplájára emelkedett a klímák fogyasztása, mivel a kollégák saját belátásuk szerint, korlátozások nélkül szinte maximumra állítva járaták a klímával való fűtést. A fogyasztási adatokat figyelve döntött a vezetőség a klímák kikapcsolásáról és csak az alagsorban volt engedélye a használatuk, ezáltal az előző évi időszakhoz képest februárban megegyezett a fogyasztása, márciusban harmadára, áprilisban felére csökkent. Az épület működéséből adódó átlagos áramfogyasztás klímák nélkül átlagosan kb. 15 000 kWh.



38. ábra: A VRV rendszer által történő áramfelhasználás az elmúlt két fűtési szezonban
(Forrás: Panda szoftver, 2021-23, saját szerkesztés)

Napelemtermelés:

A telepített rendszer által termelt energia teljes mértékben az épületen belül kerül felhasználásra, ugyanis nincs olyan időpillanat amikor a termelés meghaladná az aktuális fogyasztást. Azonban jól látható (39. ábra), hogy a VRV rendszer általi energiafelhasználást közel hasonló görbével követi le a napelem termelés, kiugrások akkor figyelhetők meg, amikor a kazánfűtés kikapcsolása miatt szükséges volt a működése 2022 novembertől 2023 januárig. 2021-ben és 2022 elején a korlátozás nélküli használat miatt látható a termelés feletti fogyasztása a rendszernek.

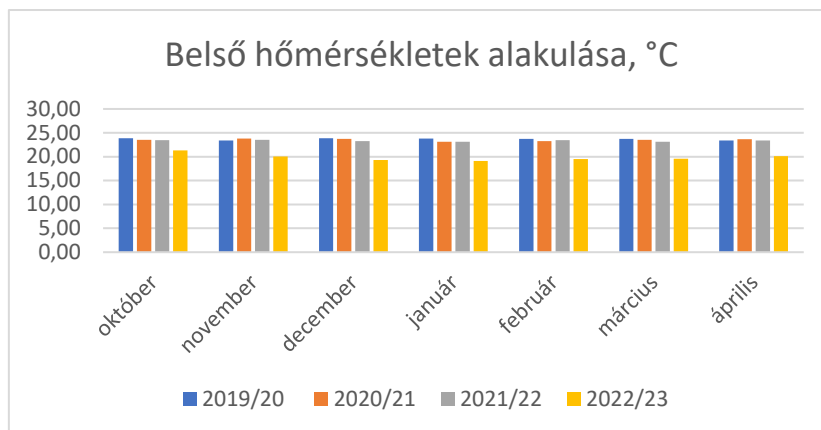


39. ábra: Napelem termelés és a fogyasztás közötti arány

(Forrás: Panda szoftver, 2021-23, saját szerkesztés)

7.3 Hőmérséklet

A következő 40. ábra az épület átlagos belső hőmérsékletét mutatja 2019-től kezdődően a fűtési időszakokra lebontva, melyben jól látszik, hogy az elmúlt téli hónapok alatt jelentősen csökkent a hőmérséklet a korábbi szezonhoz képest, amikor is 24 °C körüli belső téri hőmérsékletátlagok szerint jelentős túlfűtés lépett fel az épületben.

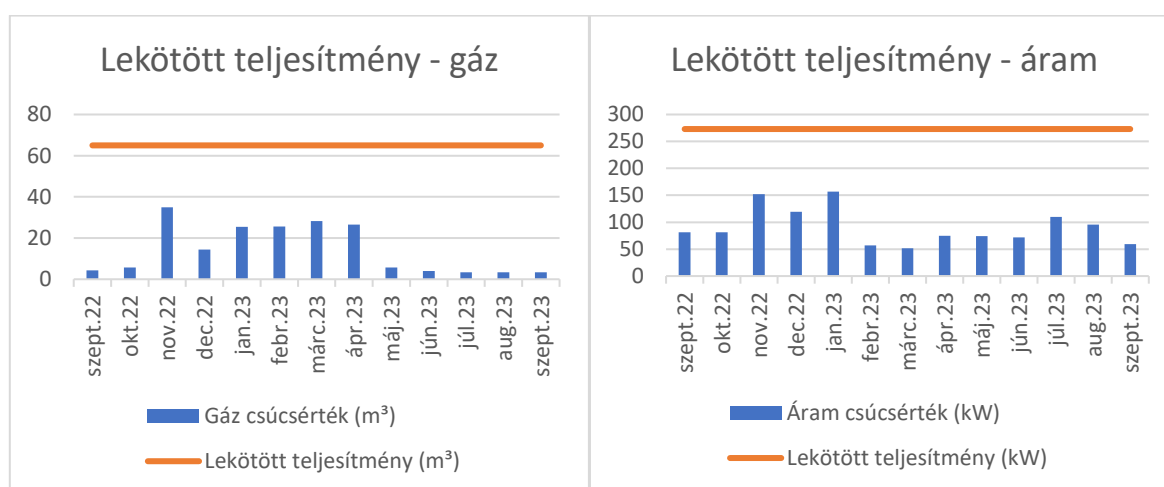


40. ábra: Havi átlagos belső hőmérséklet fűtési szezononként

(Forrás: Panda szoftver, 2019-23, saját szerkesztés)

7.4 Lekötött teljesítmény

Fontos vizsgálendő pont az áram és a gáz felhasználáshoz kapcsolódóan az ún. lekötött teljesítmény. Mely általában a fogyasztási szokásokhoz, a fogyasztási csúcsértékekhez igazítva kerül megállapításra. Az épületünk esetében nem beszélhetünk a lekötött, vagyis a szolgáltató által biztosítandó teljesítmény ellenőrzéséről, mert mind az áram (kW/15p) és mind a gáz (m³/h) tekintetében jóval az elfogyasztott mennyiség fölött található a mértéke, az elmúlt 12 hónap adatait tekintve, mely az 41. ábrán látható. Gáz esetében a fűtési szezonban a duplája, nyári időszakban pedig a tizenkétszerese a csúcsoknak a lekötés mértéke. Az áram esetében fűtési szezonban közel a duplája, a hűtési időszakban pedig közel a háromszorosa a csúcsoknak a lekötés mértéke. Ezen eltérések számottevők és a lekötések mielőbbi csökkentését kívánják.



41. ábra: Lekötött teljesítmények és csúcsértékek viszonya

(Forrás: Panda szoftver, 2022-23, saját szerkesztés)

8 Épület energiaigénye, gázfelhasználása

8.1 Energiaigény, szükséges kazánteljesítmény

A TNM. rendelet 2. melléklet VI., a fűtés primer energia igénye fejezet alapján hőigény számolható, de én ezt az adatot a 2018-ban készült energetikai tanúsítványból kiemelttem:

- fajlagos hővesztésgényező: $0,41 \text{ W/m}^3\text{K}$
- Fűtés éves nettó hőenergia igény: 357 MWh/a
- Fajlagos éves nettó hőenergia igénye: $104,79 \text{ kWh/m}^2\text{/a}$

A kazán teljesítményét [kW] úgy kell meghatározni, hogy a leghidegebb téli időszakban körülbelül 10%-kal haladja meg az épület hővesztését. A megfelelően méretezett kazán -15°C -os külső és 20°C -os belső hőmérséklet mellett még éppen elegendő a fűtési teljesítményt tud leadni.

- a) Tapasztalati alapon, ilyenkor a szükséges csúcsteljesítményt nem számításokkal határozzuk meg, hanem becsléssel, az épület jellegének megfelelően, a fűtött légköbméter szerint.

Régebbi építésű, nagy hőtároló képességű, rosszul hőszigetelt épület esetén: $30 - 50 \text{ W/m}^3$

Fokozott hővédelmű, hőszigetelő téglával, vagy hőszigetelt lehűlő felületek esetén: $20 - 30 \text{ W/m}^3$

Mivel a hivatal a korábbi kategóriába tartozik és fűtött térfogata 10910 m^3 ; a fűtési teljesítményigény $10910 \text{ m}^3 * 35 \text{ W/m}^3 = 381850 \text{ W} = 382 \text{ kW}$. A hőtermelőt legalább 10%-kal érdemes e fölé kalibrálni: $382 \text{ kW} * 1,1 = 420 \text{ kW}$.

- b) Hőszükséglet/ hővesztés számítás alapján, ilyenkor pontosabb adatok alapján megválasztható a legalkalmasabb teljesítményű készülék, mely $299,32 \text{ kW}$. Ennek részletes számítása az *1. mellékletben* található.

A kazán teljesítményjelzője a TNM rendelet alapján adott alapterületre, állandó hőmérsékletű kazánra 1,15. Ami azt jelenti, hogy normál használat mellett is 15% veszteség keletkezik.

8.2 Jelenlegi rendszer gázfelhasználása

A kondenzációs kazán teljesítményjelzője a TNM. rendelet alapján az adott alapterületre, állandó hőmérsékletű kazánra 1,15.

A nettó éves fűtés hőenergia igénye 323437 kWh 20°C -os belső hőmérsékletre történő számításakor, ami alapterületre vetítve $95,7 \text{ kWh/m}^2$.

A 72%-os hatásfok alapján a fűtés primer energiaigénye 449 219 kWh.

A használati meleghív előállítás energiaigénye az irodafunkcióra és az alapterületre számítottan 9kWh/m². A nettó éves melegvíz előállítás energiaigénye 29 179 kWh, a 72%-os hatásfok alapján a primer energiaigénye 41 584 kWh.

Az összes gáz fogyasztása az épületnek a szükséges segédenergiaigényekkel együtt 484 377 kWh, ami 46 131 m³ gáz felhasználással egyenértékű.

Számításhoz felhasznált adatok a 2. *mellékletben* találhatók.

8.3 Alternatív rendszer gázfelhasználása

A kondenzációs kazán teljesítményjelzője a TNM. rendelet alapján az adott alapterületre, állandó hőmérsékletű kazánra 1,01.

A jelenlegi teljesítménnyel megegyező kondenzációs kazán beépítése után a fűtés nettó hőigénye 326 165 kWh 20 °C-os belső hőmérsékletre történő számításkor.

A 92%-os hatásfok alapján a primer energia igény 354 461 kWh. A nyolc százalékos veszteségben az elosztás és a szabályozás keltette hatások értendők.

A használati meleghív előállítás energiaigénye az irodafunkcióra és az alapterületre számítottan 9kWh/m². A nettó éves melegvíz előállítás energiaigénye 29 179 kWh, a 92%-os hatásfok alapján a primer energiaigénye 40 222 kWh.

Az összes gáz fogyasztása az épületnek a szükséges segédenergiaigényekkel együtt 388 626 kWh, ami 37 012 m³ gáz felhasználással egyenértékű.

Számításhoz felhasznált adatok a 2. *mellékletben* találhatók.

Energiafelhasználás csökkenése:

Ugyanazon teljesítményű kondenzációs kazán esetén az épület hőigényének előállításához szükséges tiszta gázfogyasztás 46 36 m³-ről 37 012 m³-re csökken. Ezzel 9124 m³, vagyis a 87 552 kWh gáz spórolható meg.

A gáz esetében alkalmazott CO₂ emissziós faktor 203 g/kWh. A 87 552 kWh energia megtakarítás alapján 17 773 056 g, vagyis 17,7 tonna CO₂ kibocsátás csökkenést eredményez. Ez nem a kazántelesítménytől függő eredmény, mivel a beépítendő kondenzációs kazán tényleges fogyasztását a beállítások és az elvárt hőmérséklet fogja majd meghatározni.

9 Javaslatok

Csökkentett módú, az energiaárakhoz optimalizáltabb, de inkább alul fűtést támogató beállításokkal a vélhetően nagyobbra méretezett 15 évesnél régebbi gázkazánokkal összességében elmondható, hogy az épület gázfelhasználása fűtésre és a nyári használati melegvíz előállítására továbbra is magas. Az enyhe téli időjárási körülmények segítették a spórolást és a takarékoságot, de szükségesnek tartom a gázfogyasztás csökkentését célzó beruházások indítását az elkövetkező javaslatok figyelembevételével.

9.1 Felújítás nélküli takarékos üzemeltetés

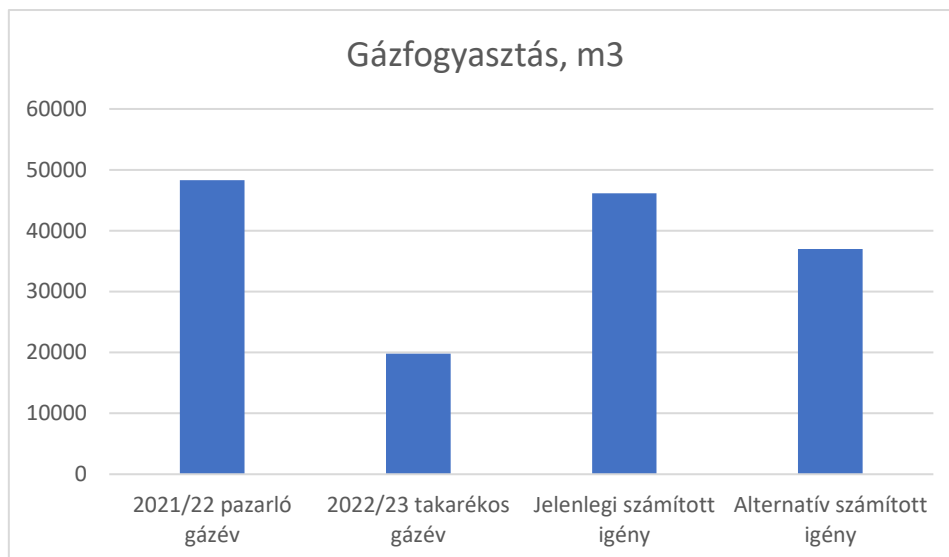
Megállapítható, hogy a számított szükséges primer energia igénynél öt százalékkal fogyasztott többet az épület korábban (2021-ben), a takarékos üzemmel azonban a kedvező időjárási körülmények mellett a jelenlegi gázévben az összes gázfogyasztás 59%-al esett vissza, ezzel 28 500 m³ gáz, vagyis 246 609,06 kWh energia megtakarítás keletkezett. A gáz esetében alkalmazott CO₂ emissziós faktor 203 g/kWh alapján 50 061 627 g, vagyis 50 tonna CO₂ kibocsájtás csökkenést eredményezett.

Ezen mértékű csökkentés az elkövetkező fűtési szezonokban már nem feltétlenül teljesíthető, mert az időjárási körülmények változhatnak kedvezőtlen irányba is.

9.2 Kazáncsere

A 15 évesnél régebbi kazánok fajlagos energiafelhasználása kedvezőtlen, ezért szükséges azok korszerű kondenzációs kazánokra történő cseréje, ami jelentős, akár a szakma tapasztalatai alapján is 30-35%-os megtakarítást eredményezhet önmagában, azonban ez a megfelelő vezérléssel és üzemeltetési beállításokkal elérheti a 45-50%-ot.

A 42. ábrán összevetésre került a pazarló a takarékos gázév, valamint a ház hőigénye alapján a jelenlegi gázkazán teljesítmény elvárt gázfogyasztása és ugyanezen teljesítményű kondenzációs gázkazán várt teljesítménye. A pazarló gázévnek, a 2022. október előtti, a korlátozás és szabályozás nélküli a kollégák minden igényét kielégítő fűtési beállítások mellett történő fogyasztást tekintetem. Takarékos gázévnek a 2022. októbertől utáni, spórolásra optimalizált gázévet tekintetem.



42. ábra: Gázfogyasztások esetei, m³

(Forrás: saját számítás alapján, saját szerkesztés)

A kazáncserénél érdemes a kapcsolódó szerelvények, kazánházi elosztóhálózat és segédberendezések elavultságát (több mint 15 évesek) is figyelembe vevő teljes kazánfelújítást, modernizálást végezni.

Égőfejek felülvizsgálata

Érdemes felülvizsgálni az égőfej és a kazántest viszonyát, ugyanis az égőfej teljesítmény intervallumon kívül esik a kazántest teljesítménye, mely további teljesítményromlást eredményez.

Kaskád vezérlés alkalmazása

Kazáncserénél érdemes több kisebb teljesítményű kondenzációs kazán kaskád vezérléssel való összekapcsolása az éppen szükséges fűtési és/vagy használati melegvíz előállításának minél hatékonyabb és gazdaságosabb előállításához.

Állítható fordulatszámú ventilátorok

Kondenzációs készülékek esetében már alkalmazott eljárás a fordulatszám szabályzott ventilátor, ami alacsonyabb légáram esetén alacsonyabb fordulatszámon működtethető. Egy 10%-os fordulatszámcsökkenés akár 20%-os megtakarítást is elérhet az energiafelhasználásában, ami 40%-os energiaszükséglet csökkenést okozhat.

Állítható fordulatszámú keringtető szivattyúk

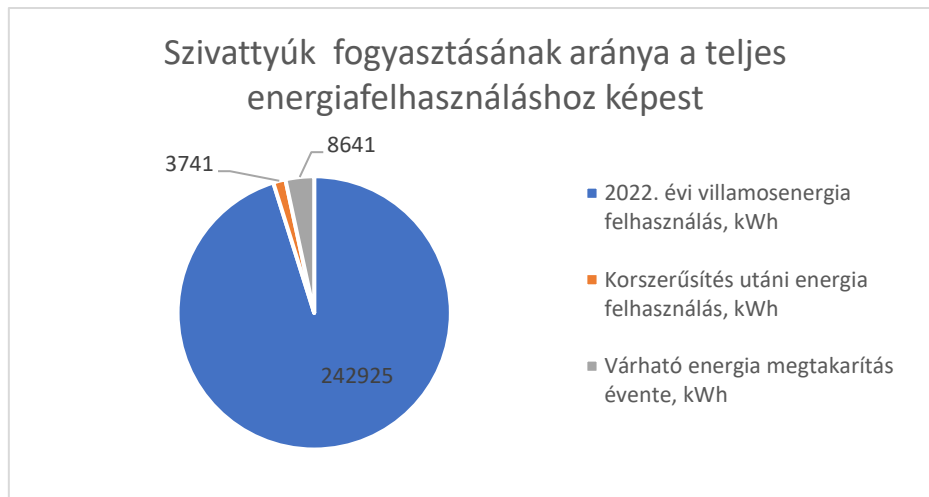
Az IEC 60034-2-1 (2007) szabvány szerint energiahatékonysági indexnek ($EEI \leq 0,23$) való megfeleléshez a jelenleg használatba lévő szivattyúk fogyasztásának katalógusadata alapján a vélt 5500 h/év üzemidőre vonatkoztatva kiválasztottam az azonos teljesítményű szivattyút, mely teljesíti a fenti kritériumot, ezt a javaslatot a következő 6. táblázat mutatja be.

6. táblázat: Keringtető szivattyú cserével elérhető megtakarítások

(Forrás: katalógusadatok alapján, saját számítás és szerkesztés)

Jelenlegi szivattyú	db	1	2	2	2
	gyártó	Grundfos	Vilo	Vilo	Vilo
	típus	UPS 40-120/2 F 250	P 50/125r	P 50/125r	TOP-Z 40
	Frekvencia váltós	nem			
	Energetikai jellemző	EEI 1,2-1,4 (class: F)			
Kiváltó típus	db	1	2	2	2
	gyártó	Grundfos	Grundfos	Grundfos	Grundfos
	típus	MAGNA3 40-120 F	MAGNA3 D 40-80 F	MAGNA3 32-120 F	MAGNA3 40-120 F N
Jelenlegi energiafelhasználás (kWh)		1942	4510	2970	2970
Korszerűsítés utáni energiafelhasználás (kWh)		805	1000	1002	934
Várható energia megtakarítás évente (kWh)		1127	3510	1968	2036
Megtakarítás (%)		59	78	66	69

Jól látható, hogy egy mai korszerű szivattyú alkalmazásával átlagosan 68%-os energiamegtakarítás várható csak a szivattyúk villamosenergia felhasználását illetően. A 43. ábra szemlélteti a 2022. évi összes villamosenergia felhasználáshoz képest a szivattyúk esetén várható megtakarítás mértékét.



43. ábra: Szivattyúk jelenlegi és a várható energiafelhasználásának aránya a teljes épülethez képest

(Forrás: Saját számítás és szerkesztés)

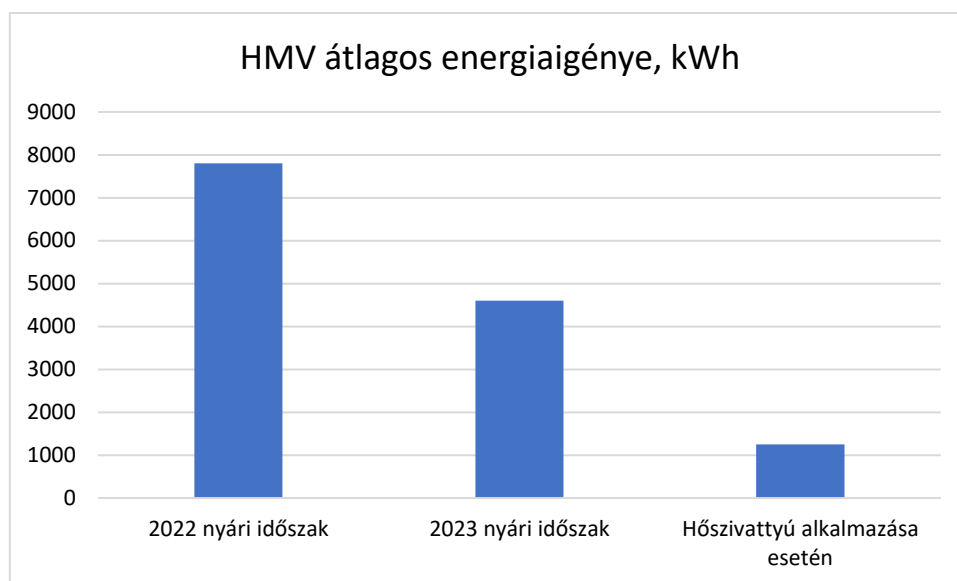
9.3 HMV előállítás hőszivattyúval

A jelenlegi kazánok esetleges megtartása vagy kondenzációs kazán beépítése mellett a használati melegvíz előállítását érdemes a külön erre a célra telepített levegő-víz hőszivattyús rendszerrel megoldani, mely a fűtési időszakon kívüli használati melegvíz előállításának fajlagos költségét nagymértékben csökkentheti.

A 2023 nyári adatok alapján, a havi 5000 kWh HMV igény hőmennyiségre becslés alapján is meg tudjuk mondani a szükséges teljesítményt. Mivel a 12 °C feletti hőmérsékletű napok száma Budapesten évi körülbelül 160 db, így egy levegő-víz hőszivattyú működése maximum 16 kW fűtésiteljesítményt jelentene.

Számítás alapján a $30d * 12h = 360h$ -ban $\rightarrow 5000kWh / 360h = 14 \text{ kW}$ fűtésiteljesítmény szükséges óránként. Legalább 4-es SCOP alapján 3,5kW teljesítményű hőszivattyú elegendő lenne.

A földgáz fűtőértéke kb. 10 kWh/m^3 és mivel átlagban óránként 1 m^3 (max. 3 m^3) gáz kerül felhasználásra a HMV előállításra a hőszivattyúra való váltás esetén 66%-al csökkenhetne a kapcsolódó energiafelhasználás kWh-ban. A X. ábra jól szemlélteti, hogy a pazarlás 2022. évi, a takarékos 2023 évi HMV előállításhoz szükséges átlagfogyasztáshoz képest a szükséges hőmennyiség hőszivattyúval történő előállításának esetét.



44. ábra: HMV előállítás energiaigénye és esetei

(Forrás: saját számítás és szerkesztés)

9.4 VRV rendszer külső egységeinek cseréje

A jelenleg használatban lévő Daikin rendszer hőszivattyúi átlagban 3-as COP-vel rendelkeznek, azonban ezeknek a legalább 4-es SCOP-vel bíró egységekre való cseréjével 33% villamosenergiafelhasználás lenne megtakarítható a nyári időszakban. Azonban ez tovább fokozható jobb hatékonyságú egységek beillesztésével.

Mivel az épület a kazánfűtés mellett a VRV rendszer által előállítható fűtési hőmennyiség felhasználásával is segítette a belső hőmérséklet komfortszinten tartását és várhatóan a jövőben is kívánja használni alkalmazni, úgy mindenképpen indokolt az október 15. és április 15. közötti időszakra kedvezményes, a vezérelt áramnál olcsóbb díjszabással rendelkező a „H” tarifa igénylése. A használata általi megtakarítás mértéke csak a szolgáltató által adott ajánlatot követően számolható ki.

9.5 Radiátorcsere

Az öntöttvas és a lemezzradiátorok hőleadása a magas előremenő vízhőmérsékletéhez (90/70/20°C vagy 75/60/20 °C) van igazítva, így a hőtermelő rendszer korszerűsítésével és a vélhetően kondenzációs üzemű kazánok használatával az előremenő vízhőmérsékletet is csökkenteni érdemes (55/40/20°C), mert a régi radiátorok alacsony hőmérsékleten teljesítményben alulmaradnak a korszerűbb társaik mellett. Vagyis a helyiségek hőigénye

szempontjából szükséges kiválasztani a szükséges hőteljesítményű radiátort, hogy a térben a megfelelő hőkomfort körülmények elegendők legyenek.

Az épületben lévő iroda méret és szerkezet:

- 3,8 m széles, 4,67 m hosszú falak 3,28 m belmagassággal,
- a külső fal felülete $3,8 * 3,28$ m, U hőátbocsátási tényezője $1,76 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- azon lévő két ablak $2 * 0,8 * 1,1$ m, U értéke $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- két belső fűtött tér közötti elválasztó fal felülete $4,67 * 3,28$ m, U értéke $2,41 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- két belső fűtött tér közötti elválasztó belső tartófal felülete $3,8 * 3,28$ m, U értéke $1,76 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- az azon lévő fa ajtó felülete $0,8 * 2,1$ m, U értéke $3 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- egy lefelé hűlő padló U értéke $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- a mennyezeti felület U értéke $1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- a helyiség vonatkozó légcsereszám $0,8 \text{ 1/h}$.

$$dT = T_b - T_k = 22 - (-5^\circ\text{C}) \quad (1)$$

Ahol a T_k a méretezési külső hőmérséklet: -10°C , a T_b a belül szükséges hőmérséklet: 21°C és a dT a hőmérséklet különbség: 37°C .

$$Q = A \times k \times dT \quad (2)$$

A hőszükséglet számítás (Q) képlete alapján, vagyis Felület (A) x Hőátbocsátási tényező (k) x Hőmérséklet különbség (dT) szorzatát minden határoló felületre elvégezve és összesítve megkapjuk a transzmissziós hőszükségletét.

A rétegtervi adatok alapján az átlagos méretű iroda hőszükséglete az WinWatt Épületfizika program segítségével történő számítás útján 1410 W .

$$Q_f = n \cdot V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_e) \quad (3)$$

A filtrációs hővesztességet (Q_f) a képlet alapján a $0,8 \text{ 1/h}$ légcsereszám (n) * $58,58 \text{ m}^3$ légtér (V) * $1,2 \text{ kg/m}^3$ levegő sűrűség (ρ) * 1 J/kgK levegő fajhő (c) * (-10°C külső méretezési hőmérséklet (t_i) - 20°C belső méretezési hőmérséklet (t_e)) = 570 W

Vagyis az iroda összesített hővesztessége 1974 W .

Ebben az átlagos irodában lévő 2 db öntöttvas radiátor egyenként 680 mm magas, 160 mm mély és 15 tagból áll, vagyis 750 mm széles. A 3.2 pontban lévő az öntöttvas radiátor méretek szerinti teljesítményét mutató ábra alapján $75/55/20^\circ\text{C}$ hőfoklépcső alapján egy tag várható teljesítménye 94 W , mely 30 darab tag esetén jelenleg 2820 W hőteljesítményt ad le.

Ebből következtethető, hogy a helyiség hőszükségletét biztosító radiátor a tervezés időpontjában 1 rétegű üveggel ellátott ablakok esetére volt méretezve, ami a jelenleg használt 2 rétegű szigetelt ablakok esetén már túlbiztosított ugyanazzal a hőfoklépcsővel számolva.

Egy lemezzradiátor ugyanezen 75/55/20 °C hőfoklépcsőn legalább 2000 W teljesítményt a https://www.vogelundnoot.com/hu/szolgalattas_es_eszkozok/hoteljesitmeny-kalkulator.htm oldalon lévő méretezési segéd az MSZ EN 442 szabvány esetén (a részletes eredmény a 3. mellékletben látható):

- a 11K/61 típus esetén 600mm magas és 2600 mm széles,
- a 21K-S/80 típus esetén 600mm magas és 1800 mm széles,
- a 22K/105 típus esetén 600mm magas és 1400 mm széles,
- a 33K/166 típus esetén 600mm magas és 1000 mm széles radiátortípus ad le.

A https://www.vogelundnoot.com/hu/szolgalattas_es_eszkozok/hoteljesitmeny-kalkulator.htm oldalon lévő méretezési segéd az MSZ EN 442 szabvány szerint az 55/40/20 °C hőfoklépcsőre és a legalább 2000 W teljesítményleadásra vonatkozóan (a részletes eredmény a 2. mellékletben látható):

- a 11K/61 típus esetén nem,
- a 21K-S/80 típus esetén 600 mm magas és 2800 mm széles,
- a 22K/105 típus esetén 600 mm magas és 2400 mm széles,
- a 33K/166 típus esetén 600 mm magas és 1800 mm széles radiátortípusokat ajánlja.

Jól látható, hogy a kisebb hőfoklépcső esetén a lemezzradiátorokból szinte a kétszeres hosszúságot szükséges beépíteni ugyanazon fűtési teljesítmény elérése érdekében.

Mivel a jelenleg használatban lévő 2 darab öntöttvas radiátor egyenként 680 mm magas és 750 mm széles (tagonként 50 mm), így a fal szélességét és a rendelkezésre álló helyet figyelembe véve a 33K/166 típusból a 1 darab 600 mm magas és 1800 mm széles vagy 2 db 600 mm magas és 920 mm széles radiátor beépítése ajánlott a szükséges belső hőmérséklet és a komfortfokozat fenntartása érdekében.

Amennyiben nem kerül felújításra a hőleadó rendszer és az új kondenzációs kazánok beépítésre kerülnek, akkor a kondenzációs üzemmél nyerhető hatékonyságot fogjuk elveszíteni, így a csere általi megtakarítás 20%-ra tehető.

9.6 További megtakarítási lehetőségek

Lapostető szigetelés:

Jelenleg a szigetelés nélküli lapostető hőátbocsátási tényezője ezen rétegrend alapján:

- vasbeton födém $d = 0,19 \text{ m}, \quad \lambda = 1,55 \text{ W/m}^2\text{K}$
- kőszivacs lap $d = 0,06 \text{ m}, \quad \lambda = 0,174 \text{ W/m}^2\text{K}$
- kazán salak feltöltés $d = 0,1 \text{ m}, \quad \lambda = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$
- kavicsbeton $d = 0,05 \text{ m}, \quad \lambda = 1,28 \text{ W/m}^2\text{K}$
- vízszigetelés $d = 0,008 \text{ m}, \quad \lambda = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{j=n}^{j=ndj} \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_e}} \quad (4)$$

Ahol, a h_i a külső és a h_e a belső oldali hőátadási tényező, d az adott szerkezeti réteg vastagsága, a λ pedig az anyagra jellemző hővezetési tényezője.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{24} + \frac{0,19}{1,55} + \frac{0,06}{0,174} + \frac{0,1}{0,29} + \frac{0,05}{1,28} + \frac{0,008}{0,4} + \frac{1}{8}} = 1,19 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (5)$$

Mekkora szigetelést érdemes feltenni, hogy a jelenleg érvényben lévő $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ követelmény teljesüljön?

pl. az alábbi megközelítő lehetséges, belülről kifelé haladó rétegrend esetén:

- Meglévő tető $d = 0,3 \text{ m}, \quad \lambda = 0,446 \text{ W/m}^2\text{K}$
- PVC fólia $d = 0,001 \text{ m}, \quad \lambda = 0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Alu betétes párazáró lemez $d = 0,004 \text{ m}, \quad \lambda = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Bitumenes lemez $d = 0,01 \text{ m}, \quad \lambda = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ásványi hőszigetelő lemez $d = 0,2 \text{ m}, \quad \lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Faroslemez $d = 0,022 \text{ m}, \quad \lambda = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Bitumenes lemez $d = 0,02 \text{ m}, \quad \lambda = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$

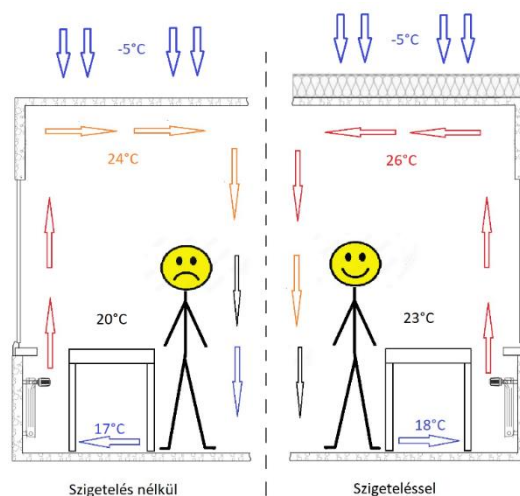
$$U = \frac{1}{\frac{1}{24} + \sum \left(\frac{0,3}{0,445} + \frac{0,001}{0} + \frac{0,004}{0,017} + \frac{0,01}{0,017} + \frac{0,2}{0,04} + \frac{0,022}{0,12} + \frac{0,02}{0,23} \right) + \frac{1}{8}} = 0,164 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (6)$$

Egy $d = 0,2 \text{ m}$ vastag és $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ hővezetési tényezőjű lépésálló bitumenes lemez szigetelés felrakása lenne szükséges, amivel a tető új hőátbocsátási tényezője $0,163 \text{ W/m}^2\text{K}$.

A lapostető hővesztesége $25,61 \text{ kW}$ -ról $13,6 \text{ kW}$ -ra csökkenne, az épület teljes hőigénye pedig $299,32 \text{ kW}$ -ról $287,3 \text{ kW}$ -ra.

A szigetelés elvégzését követően a lapostető alatti irodák hőmérsékleti eloszlása és komfortja javul (43. ábra), ugyanis csökken azon felfelé hűlő felület aránya, ami télen az irodai légtér

felső harmadában lévő meleg levegő mennyezeten keresztüli sugárzásos hőátadás által a külső környezeti levegő részére kerülne átadásra.

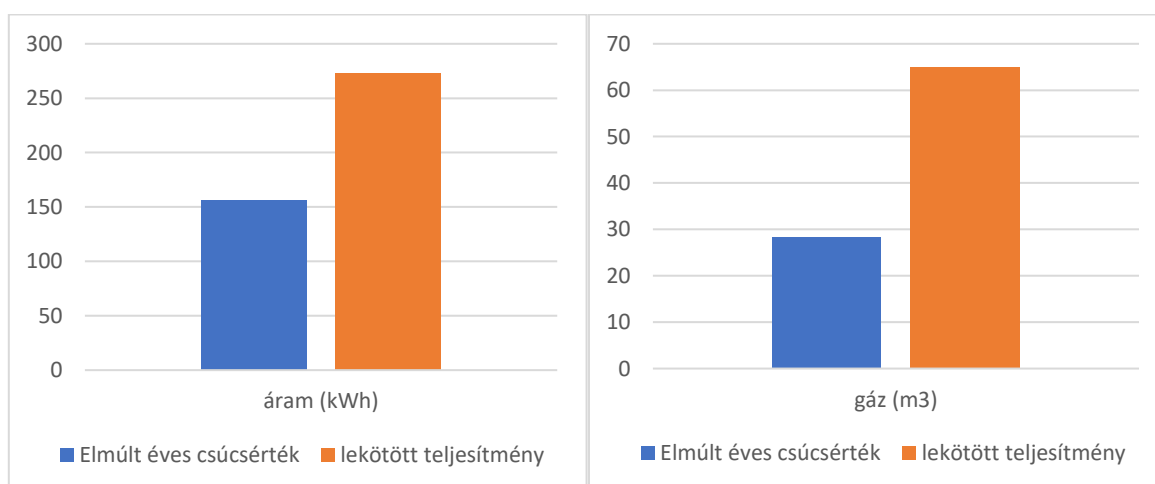


45. ábra: Szigetelés vélt várható hatása a belső hőmérsékletre és komfortérzetre

(Forrás: saját szerkesztés)

Lekötött teljesítmény:

A csúcsfogyasztások fedezéséhez szükséges lekötött teljesítmény értékek a valós fogyasztáshoz kapcsolódó beállítása szükséges. A lekötések és azok kihasználtságát a következő X. ábra mutatja. Ezt azt jelenti, hogy az érték áram esetében 273 kWh-ról legalább 160 kWh-ra való, 58%-os csökkentése, a gáz esetében a 65 m³/h-ról legalább 30 m³/h-ra való, 46%-os csökkentése javasolt, mely hasonló arányú pénzbeli megtakarítást is jelent a díjat illetően.



46. ábra: Lekötött teljesítmény kihasználtsága elmúlt két év csúcsadatai alapján, áram és gáz

(Forrás: Panda adatok 2022-23, saját szerkesztés)

Napelemes rendszer korszerűsítése:

A jelenleg alkalmazott 245 Wp teljesítményű napelemek vélhetően kb. 15% hatásfokkal működnek, azonban a jelenleg már elérhető 400 Wp teljesítményű napelemek 22% hatásfokkal működnek.

Amennyiben az egységnyi felületre beeső sugárzást 1000 W-nak tekintem, akkor:

Jelenlegi napelem panel mérete 1,6 m², hatásfoka 15% → teljesítménye:

$$P = 1000 * 1,6 * 0,153 = 245 \text{ W} \quad (6)$$

Új napelem panel mérete 1,82m², hatásfoka 22% → teljesítménye:

$$P = 1000 * 1,82 * 0,22 = 400 \text{ W} \quad (7)$$

Jelenlegi rendszer 290 m²-en 176 db panellal → 43,2 KWp teljesítményű

Új rendszer 290 m²-en 159 db panellal → 63,6 KWp teljesítményű

Ebből látszik, hogy a panelek korszerűbbre történő cseréjével a rendszer teljesítménye 47,2%-al nőhetne meg.

Karbantartások elvégzése:

A nem megfelelő égési körülmények által beindulhat a koromképződés, mely rontja a hőcserélő hatásfokát és egyben rontja a kazán energiafelhasználását. Egyébként az 1 - 2 mm koromréteg kis mértékben még javítja is a hőátadást.

A vegyszeres vízlágyító használata nagymértékben csökkenti a vízkőlerakódást a hőcserélő felületén, mely a hőleadást nem rontja, de 7%/mm többletenergiát igényel.

10 Konklúzió

A hivatal jelenlegi épületszerkezeteinek tulajdonsága alapján elmondható, hogy az érvényben lévő követelményeknek nem felelnek meg, azok felújítása szükséges. Fontos beruházást gátló tényező az épület helyi védettsége, mely csak a lapostetők szigetelését teszi lehetővé, de a hőszükséglet csökkentésére az oldalfalak szigetelésére is szükség lenne. A fűtésre használt rendszerek körül a gázkazánok és a szerelvények életkora 20 éven túli, így az energiafelhasználásukból eredő hatásosságuk messze elmarad a takarékos üzemeltetés lehetőségeitől. A VRV rendszer 10 éve került telepítésre, aminek hatékonysága mára elavultnak számít, így azok külső egységének felújítása, esetleg cseréje is szükséges.

A kollégák tapasztalatai és a két energianem felhasználásának idősoros adatai is azt mutatják, hogy az épület felfűtése hatékonyabb és jobb komfortérzetet, komfortot biztosít amikor gázkazánokkal történik radiátoros hőleadás mellett. A gondosabb és a pazarlást kerülő üzemeltetés kapcsán elmondható, hogy 2022/23-as fűtési időszakban a fűtésre való gázfelhasználás és a 2023-as nyári időszakban a HMV előállításra használt gázfelhasználás is 40 %-kal esett vissza. Érdemes a későbbiekben is kombinálni a két fűtési rendszert.

A kazánok életkorából és a régi szokásokból arra lehet következtetni, hogy az épület hőigényéhez képest túlméretezett. Ezért kiszámoltam az épület hőigényét, mely 300 kW.

- Kazáncsere javaslat eredményei:

Ezt követően megnéztem, hogy mennyi a jelenlegi és egy kondenzációs kazán gázfelhasználási igénye és ugyanazon teljesítményű kondenzációs kazán esetén az épület hőigényének előállításához szükséges tiszta gázfogyasztás 46 136-ról 37 012m³-re csökkenne. Ezzel a kazáncserével 9124 m³, vagyis a 87 552 kWh gáz spórolható meg, ami éves szinten 17,7 tonna CO₂ kibocsájtás csökkenést eredményez.

Emellett érdemes figyelembe venni a szabályozás adta lehetőségeket és a belső hőmérsékletek minimális csökkentését, mely további jelentős megtakarítást és rövidebb megtérülési időt eredményezhet.

A hőigényekből számított nettó és primer energiafelhasználás, valamint a számított kazánteljesítmények alapján egy kb. 300 kW összteljesítményű kondenzációs gázkazán beszerelése elégséges lehetne, ami a beruházási költséget csökkentheti.

A kazáncsere esetén fontos, hogy olyan égőfej kerüljön kiválasztásra, aminek teljesítmény intervallumán kívül esik a kazántest teljesítménye, további a 300 KW összteljesítmény több kisebb kazán beépítésével és azok kaszkád vezérléssel való összeköttetésével valósuljon meg.

Állítható fordulatszámú ventilátorok esetén 10%-os fordulatszámcsökkenéssel akár 20%-os megtakarítás is elérhető az energiafelhasználásában, ami 40%-os energiaszükséglet csökkenést okozhat.

A keringtető szivattyúk korszerűbbre való cseréjével azok energiafelhasználásban 8641 kWh, vagyis átlagosan 68%-os takarítható meg.

Fontos a radiátoros hőleadás rendszerhez igazítása, mivel a 75/55/20 °C hőfoklépcsőről a kondenzációs kazánok miatt a hatékonyságuk elérése érdekében a 55/40/20 °C lépcsőre való áttéréssel változik az öntöttvas radiátorok teljesítményleadása, így javasolt azokcseréje 33K/166 típusúra (600*1800 mm).

- HMV előállítás javaslata:

Érdemes hőszivattyút alkalmazni a melegvíz előállítására, ugyanis a nyári melegben nagyobb SCOP-val rendelkezik, így váltás esetén 66%-kal csökkenhetne a kapcsolódó gázfelhasználás.

- VRV rendszer korszerűsítés javaslat:

A jelenlegi átlagosan 3-as COP-val rendelkező egységek legalább 4-esre való cseréjével 33%-os villamosenergia megtakarítás lenne érhető. Továbbá a fűtési időszakban történő használata miatt érdemes a H tarifa igénylése és a rendszer rákötése, mert annak további költségcsökkentő hatása van.

- Lapostető szigetelés:

Az épület hőigényének csökkentése és a helyi védettség szem előtt tartása érdekében a lapostető szigeteléssel annak hővesztesége 25,61 kW-ról 13,6 kW-ra csökkenne, az épület teljes hővesztesége pedig 299,32 kW-ról 287,3 kW-ra. Ami a felső szinten jobb körülményeket és a nyári időszakban kevesebb klímahasználatot eredményezne.

- Lekötött teljesítmény:

Értéke bármelyik rendszerrel való fűtés esetén felülvizsgálandó, ugyanis felújításba visszaforgatható összegek takaríthatók meg vele, jelenleg ugyanis az áramnál 58%-os a gáznál 46%-os pufferral rendelkezik, ami fölösleges kifizetést eredményez.

- Napelem felújítás:

A jelenlegi 245 W-os panelek korszerűbb 400 W-osra cserélésével a rendszer teljesítménye 47,2%-kal nőhetne meg, meg nagyobb fedezetet nyújtani a ház működéséhez és kevesebb hálózatról vételezett energiát.

Javaslatok a megtakarítás %-ban kifejezett értéke szerinti csökkenő sorrendben:

- Energiahatékony keringtető szivattyúk, áram – 60-80%
- Nyári HMV előállítás hőszivattyúval, gáz – 66%
- Lekötött teljesítmény, áram – 58%
- Lekötött teljesítmény, gáz – 46%
- Napelem korszerűsítés, áram – 47%
- Kondenzációs kazánok beépítése, gáz - 20%
- Radiátorcsere, gáz – 20%
- Állítható fordulatszámú ventilátorok, gáz – 20%
- Takarékos üzem folytatása, áram, gáz – 10%
- Lapostető szigetelés, áram, gáz – 14%
- Karbantartás, vízkőmentesítés, gáz – 7%/mm
- H tarifa, áram – nincs %-os adat
- Kaszkád vezérlések alkalmazása, áram, gáz – nincs %-os adat
- VRV rendszer kültéri egységeiben ventilátor csere – nincs %-os adat

Rövid távú (3 év alatti), kis költségű megtérülési javaslatok:

- Lekötött teljesítmények igazítása
- H tarifa igénylése
- VRV rendszer kültéri egységeiben ventilátor csere
- Keringtető szivattyúk korszerűsítése
- Takarékos üzemeltetés
- Állítható fordulatszámú ventilátorok
- Kaszkád vezérlés, VRV rendszer

Hosszú távú (3 éven túli) megtérülés, nagy beruházással járó:

- VRV rendszer kültéri egységek cseréje
- Kazáncsere
- Napelem korszerűsítés
- Lapostető szigetelés
- HMV előállítás hőszivattyúval
- radiátorcsere

Javaslatok a fontossági sorrend szerinti csökkenő sorrendben:

- Kondenzációs kazánok beépítése, kaszkád vezérléssel, új keringtető szivattyúkkal
- lapostető szigetelés és radiátorcsere
- További takarékos, gazdaságos üzemeltetés alkalmazása
- Lékötött teljesítmények igazítása
- H tarifa igénylése

Összességében kijelenthető, hogy az épületszerkezetek energetikai szempontból messze az érvényben lévő előírások alatti értékeket képviselnek. Az épület energetikai korszerűsítése szükségszerű, mert energetikai állapota jelentősen javítható, és mivel az intézmény nagy alapterületű, így a fejlesztés hatása jelentős tehercsökkenést eredményezhet.

A fejlesztések eredményeként az elvégzett tevékenységekkel egy energetikailag megújult épület jöhetne létre jelentős primer energia megtakarításokat és csökkentett üvegház hatású gáz kibocsátást eredményezve.

11 Összefoglalás

Választott témám aktualitását a jelen gazdasági helyzet és az elvárások támasztotta követelmények mutatják. Egyre nagyobb szükségét érezzük az elavult épületeink felújításának, mivel az energetikailag elavultak és fenntartásuk, üzemeltetésük is egyre költségesebbé válik. A Budapest Főváros XII. Kerület Hegyvidéki Önkormányzat Polgármesteri Hivatal épülete építése óta eltelt közel 80 éve alatt átesett néhány belső építészeti, gépészeti átalakításon, azonban a jelen kor követelményeit továbbra sem teljesíti teljes mértékben. Ugyanis az épület szerkezete szigetelés nélküli, gázfűtéses rendszerének egyes elemei több, mint 20 évesek. Továbbá az elmúlt 10 évben végzett felújítások és fejlesztések is elavulttá váltak.

Dolgozatomban a szakirodalmi áttekintést és a lehetséges felújítási potenciálok számbavételét követően egyrészt a Polgármesteri Hivatal épületének energiafogyasztását, másrészt a két hőtermelő egység gazdaságosságát vizsgáltam. Megállapítható, hogy 2022. októbere előtt a kényelmet kielégítő, gazdaságos működést mellőző, pazarló energiafogyasztással üzemelt az elavult gázkazánok használatával, és a bármikor fűtésre és hűtésre is használható VRV rendszer az indokoltnál hosszabb ideig történő használatával. A jelenleg gyakorolt „jó gazda” szemlélet megtartása mellett fontos, hogy a nagy megtakarítást eredményező, a korszerűtlen kazánfűtés mielőbbi felújítása bekövetkezzen kaszkád vezérléssel ellátott kondenzációs gázkazánok és energiahatékony keringtető szivattyúk beépítésével, melyek várható fogyasztáscsökkentést eredményező mértékét is számítottam. Javaslatot tettem továbbá a kazáncseréhez elengedhetetlen radiátoros hőleadási rendszer korszerűsítésére egy átlagos iroda hőszükségletét alapul véve, a VRV rendszer felújítási lehetőségeire, valamint az épület üzemeltetéséhez kapcsolódó HMV előállítás energiafelhasználásának csökkentésére, lekötött teljesítmények felülvizsgálatának szükségére, a napelem panelek cseréjének és a lapostető szigetelés elvégzésének hatására.

Véleményem szerint az általam javasolt felújítási lehetőségek elvégzésével a Hivatal épülete tovább haladna a már megkezdett megújulás útján, több ponton alkalmazásra kerülnének a gazdaságos üzemelést segítő technológiák, melyek a támasztott energetikai célok elérése érdekében jelentős primer energia felhasználási megtakarításokat és a CO₂ kibocsájtás csökkentését eredményezné a környezetünk védelmének elősegítése érdekében.

12 Summary

The topicality of my chosen topic is shown by the current economic situation and the requirements imposed by expectations. We feel a growing need to renovate our outdated buildings, as they are energetically outdated and their maintenance and operation are becoming more and more expensive. Budapest Capital XII. In the almost 80 years since its construction, the building of the Mayor's Office of the Hegyvidéki Self-Government has undergone some internal architectural and mechanical transformations, but it still does not fully meet the requirements of the present age. Because some elements of the building's uninsulated, gas-heated system are more than 20 years old. Furthermore, the renovations and improvements made in the last 10 years have also become obsolete.

In my thesis, after reviewing the literature and taking stock of possible renovation potentials, I examined the energy consumption of the Mayor's Office building on the one hand, and the economics of the two heat generating units on the other. It can be concluded that before October 2022, it was operating with wasteful energy consumption that satisfied comfort, avoided economic operation, using outdated gas boilers, and using the VRV system, which can be used for heating and cooling at any time, for longer than justified. In addition to maintaining the currently practiced "good farmer" approach, it is important that the renovation of the outdated boiler heating, which results in large savings, takes place as soon as possible by installing condensing gas boilers with cascade control and energy-efficient circulation pumps, which I also calculated to result in an expected reduction in consumption. I also made a proposal for the modernization of the radiator heat release system, which is essential for replacing the boiler, based on the heat demand of an average office, as a result of the renovation possibilities of the VRV system, as well as the reduction of the energy consumption of the DHW production related to the building's operation, the need to review the fixed outputs, the replacement of the solar panels and the insulation of the flat roof.

In my opinion, by carrying out the renovation options that I have proposed, the Office building would continue on the path of renewal that has already started, technologies supporting economical operation would be applied at several points, which, in order to achieve the stated energy targets, would result in significant savings in primary energy use and a reduction in CO₂ emissions for the protection of our environment in order to facilitate.

13 Köszönetnyilvánítás

Dolgozatom nem készülhetett volna el belső konzulensem Dr. Szabó Márta (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék tanára) és a külső konzulensem Ácsné Benyó Magdolna (Pannon Építőműhely Kft. energetikai tanácsadója) nélkül, akik hasznos tanácsaikkal és ötleteikkel hozzájárultak a munkámhoz.

Az adatalemzéseket a Hegyvidéki Önkormányzat által, az energiatakarékosság és tudatos épületüzemeltetés elősegítéséhez használt Panda energiamentedzsment szoftver nagyban segítette, ugyanis a szolgáltatók által kiállított számlák adatai, az idősoros fogyasztási adatok, valamint további elemzést könnyítő adatok közvetlenül kiolvashatók voltak belőle.

Az épületre vonatkozó adatgyűjtés és tényfeltárás a Hegyvidéki Polgármesteri Hivatal üzemeltetésében dolgozó munkatársak nélkül nem tudott volna megvalósulni, akik készséggel álltak rendelkezésemre. Továbbá köszönettel tartozom közvetlen kollégáimnak, hogy a feszített munkatempó közben is tekintettel voltak tanulmányaimra és nem utolsó sorban családomnak, akik támogattak és bíztattak a képzés megkezdésétől annak befejezéséig, valamint elfogadták távolmaradásomat a közös programoktól.

Ezúton szeretném megköszönni minnyájuk lelkiismeretes munkáját, fáradozását és támogatását, valamint, hogy mindenben segítették munkámat és a szakdolgozatom sikeres megírását.

14 Irodalomjegyzék

- Az EU Tanácsa. (2023). *A Tanács elfogadta az energiahatékonysági irányelvet*. Hely nélkül:
Az EU Tanács. Letöltés dátuma: 2023. 10. 11., forrás:
<https://www.consilium.europa.eu/hu/press/press-releases/2023/07/25/council-adopts-energy-efficiency-directive/>
- Bánhidi L., Kajtár L. (2018). *Válogatott fejezetek a komfortelmélet témaköréből*. Mersz.hu: Akadémiai Kiadó.
- Barótfi, I., & Halász, G. (2012). *Irodaépületek épületgépészeti kialakításának energetikai összefüggései*. Gödöllő: HOF Alapítvány. Forrás: <https://docplayer.hu/1177660-Irodaepuletek-epuletgepeszeti-kialakitasanak-energetikai-osszefuggesei.html>
- Bozsaky, D. (2017). *Építési hőszigetelő anyagok*. Terc Kereskedelmi És Szolg. Kft. doi:9786155445446
- Budapest Főváros Önkormányzata. (2023). *Budapest állapotértékelése 2023, tervezet*. Budapest: Budapest Főváros Önkormányzata. Letöltés dátuma: 2023. 10. 12.
- Budapest Főváros Önkormányzatának Közgyűlése. (2017 (IX.29)). *Településkép védelméről szóló 30/2007. rendelet*. Budapest: Budapest Főváros Önkormányzata. Letöltés dátuma: 2023. 08. 26., forrás: [https://budapest.hu/Documents/20180906_30.2017.%20\(IX.29.\)%20F%C5%91v.%20Kgy.%20rendelet_2018.06.20.pdf](https://budapest.hu/Documents/20180906_30.2017.%20(IX.29.)%20F%C5%91v.%20Kgy.%20rendelet_2018.06.20.pdf)
- Budapest Főváros XII. Kerület Hegyvidéki Önkormányzat Képviselő-testülete. (2021 (IX.28.)). *Településkép védelméről szóló 25/2021 rendelet*. Budapest: Budapest Főváros XII. Kerület Hegyvidéki Önkormányzat. Letöltés dátuma: 2023. 09. 03., forrás: <https://hegyvidek.hu/ugyintezes/varosrendezes/telepuleskepi-rendelet-es-arculati-kezikonyv>
- Bundesarchitektenkammer. (1996). *Energiegerechtes Bauen und Modernisieren*. Berlin: Birkhäuser Verlag GmbH. doi:3764353627
- Domonkos, C. (2022. 11 12). *Mindennapi melegünk – Ötven évvel ezelőtt kezdett elterjedni a gázfűtés Budapesten*. PestBuda, old.: 1. Letöltés dátuma: 2023. 10. 20., forrás: https://pestbuda.hu/cikk/20221112_mindennapi_melegunk_otven_evvel_ezelott_kezdt_elterjedni_a_gazfutes_budapesten
- DUIHK, & Horváth, J. (2022). *Napelemes és napkollektoros rendszerek - Eurem tananyag*. Budapest: Mémeth-Magyar Tudásközpont Kft. Letöltés dátuma: 2022. 11. 25.

- DUIKH, & Horváth, J. (2023. 09. 10.). *Geotermikus energia - Eurem tananyag*. Budapest: Németh-Magyar Tudásközpont Kft. Letöltés dátuma: 2023. 02. 11.
- EON. ([N. a.]). *Tudjon meg mindent a HMKE telepítésről!* Forrás: https://www.eon.hu/hu/hmke/tudnivalok.html#hmke_thinking
- Európai Bizottság. (2011. 05. 04). 626/2011/EU rendelet. Forrás: https://www.energy-community.org/dam/jcr:d2ff43b5-12f1-4aef-bece-e7d71ca5b679/Regulation_626_2011_EE.pdf
- Európai Bizottság. (2023. 09. 26.). *Jogszabályok*. Forrás: Az Európai Unió Hivatalos Lapja: http://epa.oszk.hu/00800/00878/03190/pdf/EPA00878_jogszabalyok_2023_09_26.pdf
- Földváry, G. (2023. 09. 16.). *Hegyvidék történelme*. Budapest - XII. kerület: Kiadó nélkül.
- Gergely, D. Z. (2023). *Mate - Fűtéstechnika egyetemi előadás*. Gödöllő.
- Gyarmati, G., Püski, L., & Barta, R. (1998). *Magyarország a XX. században* (III. Kultúra, művészet, sport és szórakozás. kötet). (I. T. Kollega, I. Bekény, & D. Dányi, szerk.) Szekszárd: Babits. doi:963-9015-70-9
- Hans, B. (1995). *Központifűtés-szerelés*. B+V Lap- és Könyvkiadó Kft. doi:2310003577385
- International Electrotechnical Commission. (2007). *IEC 60034-2-1 hatékonysági szabvány*. Hely nélkül. Forrás: <https://webstore.iec.ch/publication/12325>
- Juhász, G. (2016). *Gáz- és tüzeléstechnikai műszerész mestervizsgára felkészítő jegyzet*. Budapest: Oktáv. Letöltés dátuma: 2023. 09. 28., forrás: <https://mkik.hu/download/125/gaz-es-tuezelestechikai-muszeresz-jegyzet>
- Kalmár, F. (2013). *A belső környezet minősége*. Budapest: Terc. Forrás: <https://docplayer.hu/9555156-A-belso-kornyezet-minosege.html>
- Kormányközi Éghajlatváltozási Testület (IPCC). (2006). *Útmutató az üvegházhatású gázok nemzeti nyilvántartásához*. Hely nélkül: Globális Környezetvédelmi Stratégiák Intézete. Forrás: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- Lenz, Schreiber, & Stark. (2010). *Nachhaltige Gebäudetechnik* (1. kiad.). eBook. doi:978-3-95553-013-6
- M-12/B Kft. (2011. 05.). *Alacsony hőmérsékletű radiátorok II*. Forrás: VGF&HKL online: <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2011/majus/2037-alacsony-homersekletu-radiatorok-ii>
- Magyar Geotermikus Egyesület. (N. a.). *Geotermikus energia Magyarországon*. Forrás: <https://mgte.hu/geotermikus-energia-magyarorszagon/>

- Megatherm Kft. (N. a.). *Biasi tagosítható alumínium radiátor prospektus*. Forrás: https://www.megatherm.hu/Shared/ProductFiles/biasi_tagosithato_aluminium_radiator_600_4_tag_prospektus.pdf
- MÉGSZ. (2021. 06. 03.). *Hőszivattyús rendszerek H és GEO tarifával való üzemeltetési lehetőségei*. Épületgépész, 2023. Letöltés dátuma: 2023. 11. 02., forrás: https://www.megsz.hu/epuletgepesz/ep202106/2021_06.pdf
- Mérnökmédia Kft. (2010. 10. 19.). *Az új épületenergetikai és klímavédelmi szabályozási rendszer hatásai a gázfogyasztás alakulására*. Letöltés dátuma: 2023. 04. 29., forrás: Magyar Mérnöki Kamara épületgépészeti tagozatának lapja: <https://www.e-gepesz.hu/cikkek/5312-az-uj-epuletenergetikai-es-klimavedelmi-szabalyozasi-rendszer-hatasai-a-gazfogyasztas-alakulasara>
- Minden, amit a fan-coil készülékekről tudni érdemes. (2022. 11. 16). Forrás: Klimadepo: <https://www.klimadepo.hu/minden-amit-a-fan-coil-keszulekekről-tudni-erdemes>
- Meteoblue. (N. a.). *Szimulált történelmi éghajlati és időjárási adatok Budapest XII. kerület*. Letöltés dátuma: 2023. 09. 05., forrás: Meteoblue: https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/historyclimate/climatemodelled/budapest-xii.-ker%C3%BClet_magyarorsz%C3%A1g_7284823
- Opus Tigáz. (N. a.). *Mitől függ a gáz melegítő hatása?* Forrás: Mindent a földgázról: <https://mindentafoldgazrol.hu/futoertek/a-vezetokes-foldgaz-minosege/mitol-fugg-a-gaz-melegito-hatasa>
- Pannon Építőműhely Kft. (N. a.). *Mitől függ a komfortérzet?* (M. Ácsné Benyó) Forrás: <https://www.pannonmuhely.hu/kivitelezes.php?energiatakarekos=140>
- Pavkovic, B. (2012). *Alkalmazott hőszivattyús rendszerek új és felújított épületeknél*. Budapest: [K. n.].
- Silver. (2019). *Silver acéllemez radiátorok teljesítménytáblázata*. Forrás: Silver Heating: <http://www.silver-radiator.hu/teljesitmeny-tablázat>
- Sterling, E., & Arundel, A. (1985, 2016). *Kézikönyv - HVAC rendszere és berendezések*. [H. n.]: ASHRAE Transactions. doi:CH85-13 No. 1
- Szalay, Zs. (2023.). *Épületszerkezeti korszerűsítések*. (Zs. Szalay, Előadó) Szalay Zsuzsanna, Budapest-XII. kerület, Pest, Budapest. Letöltés dátuma: 2023. 02. 07
- SzCsM-EüM. (2002). *A munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről szóló 3/2002 évi rendelet*. Magyar Közlöny: Minisztérium. Forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0200003.scm>

- Technosolar Kft. (N. a.). *Tervezés*. Forrás: <https://technosolar.hu/hu/tervezes>
- Tigáz, O. (N. a.). *Milyen a Magyarországon forgalmazott földgáz fűtőértéke?* <https://mindentafoldgazrol.hu/>. Letöltés dátuma: 2023. 10. 01, forrás: <https://mindentafoldgazrol.hu/futoertek/a-vezetekes-foldgaz-minosege/mitol-fugg-a-gaz-melegito-hatasa>
- TNM. (7/2006. (V. 24.)). *Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló rendelet*. Forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2006-7-20-6F>
- Varga, P. (2023). *Napenergia hasznosítás (MATE - egyetemi előadás jegyzet)*. Gödöllő: Naplopó Kft. Letöltés dátuma: 2023. 10. 13.
- Ventil Épületgépészeti Kft. (2023. 09. 11.). *Kondenzációs gázkazán*. Forrás: <https://www.ventil.hu/kondenzacios-gazkazan>
- Ventil Épületgépészeti Kft. (2023. 09. 23.). *Kondenzációs kazán működése*. Forrás: https://www.ventil.hu/routing_seo_article/2014/04/04/kondenzacios-kazan-mukodese.62.ahtml
- Verbai, Z., Kalmár, T., Csáky, I., & Kalmár, F. (2013). *Épülettechnikai rendszerek és rendszerelemek*. Budapest: Terc. doi:978-963-9968-64-6
- Zöld, A., Csoknyai, M., Horváth, M., & Szalay, Z. (2019). *Az épületenergetika alapjai*. MeRSZ.hu: Akadémiai Kiadó.
- Zrt, M. N. (N. a.). <https://www.mvmnext.hu/>, Budapest, Magyarország.

15 Táblázatok és ábrák jegyzéke

Táblázatjegyzék:

1. táblázat: TNM rendelet előírásainak változása és az érvényben lévő követelmények teljesítéséhez szükséges szigetelésvastagságok	8
2. táblázat: Hőszivattyúk hatásfok szerinti besorolása	15
3. táblázat: Napkollektoros rendszerek méretezésénél irányadók adatok.....	23
4. táblázat: Alacsony hőmérsékletre optimalizált radiátorok alkalmazott méretezési és vízhőmérséklete új épület esetén.....	26
5. táblázat: Különböző ruházatokra vonatkozó adatok, részlet	34
6. táblázat: Keringtető szivattyú cserével elérhető megtakarítások	72

Ábrajegyzék:

1. ábra: Földgáz alkotóelemei	10
2. ábra: Hagyományos kazán energetikai folyamata	11
3. ábra: Kondenzációs kazán energetikai folyamata.....	11
4. ábra: Kondenzációs kazán sematikus képe	12
5. ábra: Kazánok összehasonlítása eltérő hőlépcső esetén a bevezetett energia hasznosítási foka alapján	12
6. ábra: Geotermikus rendszerek csoportosítása	17
7. ábra: A földi hőáram értéke a Kárpát-medencében és környékén	18
8. ábra: Hálózatra kapcsolt napelemes rendszer veszteségei	20
9. ábra: Hálózatra kapcsolt napelemes rendszer sematikus rajza.....	22
10. ábra: Acéllemez és öntöttvas tagos radiátor méretei, kivitelek.....	24
11. ábra: Öntöttvas és acéllemez radiátor méretei és teljesítménye.....	24
12. ábra: Silver lemezzradiátor képe, kialakítás szerinti méretei és teljesítménye (90/75/20°C)	25
13. ábra: Alacsony előremenő vízhőmérsékletre igazított radiátor	25
14. ábra: Alacsony hőmérsékletre optimalizált Biasi tagosítható radiátorok műszaki adata és teljesítménye.....	27
15. ábra: A fan-coil különböző kivitelei.....	28
16. ábra: Épület hőmérlegét befolyásoló tényezők	29
17. ábra: A PPD és PMV érték összefüggése	33

18. ábra: Komfortérzet és a légnedvesség összefüggése.....	34
19. ábra: Optimális páratartalom (%) és a károsanyag termelődés összefüggése.....	35
20. ábra: Hegyvidéki Polgármesteri Hivatal épülete	40
21. ábra: Átlagos hőmérséklet és csapadékmennyiség a Bp. XII. kerületben	41
22. ábra: Emeleti és alagsori ablakok	43
23. ábra: Viessmann kazánok és a HMV tároló.....	45
24. ábra: Kazánfűtés hőleadója	46
25. ábra: Kazánfűtés keringtető szivattyúi.....	46
26. ábra: A régi melegvítartály és adattáblája	47
27. ábra: Tetőn elhelyezett VRV rendszer kültéri modulok	47
28. ábra: VRV rendszer hőleadói.....	48
29. ábra: Helyi és a központi vezérlő egység, valamint a 2023. májustól beállított értékek ..	49
30. ábra: Panda energiamenedzsment szoftver	59
31. ábra: Az épület működésével kapcsolatos energiafelhasználás	61
32. ábra: CO ₂ kibocsátás energianemek szerinti arányban, tonnában.....	61
33. ábra: Gázfogyasztás idősoros mérés alapján.....	62
34. ábra: Szezonális gázfogyasztás mértéke	63
35. ábra: HMV előállítás gázfogyasztása.....	63
36. ábra: Évenkénti áramfelhasználás	64
37. ábra: Áramfogyasztás alakulása a VRV rendszer és az össz. fogyasztás alapján.....	65
38. ábra: A VRV rendszer által történő áramfelhasználás az elmúlt két fűtési szezonban.....	65
39. ábra: Napelem termelés és a fogyasztás közötti arány.....	66
40. ábra: Havi átlagos belső hőmérséklet fűtési szezononként.....	67
41. ábra: Lekötött teljesítmények és csúcserőterek viszonya.....	67
42. ábra: Gázfogyasztások esetei, m ³	71
43. ábra: Szivattyúk jelenlegi és a várható energiafelhasználásának aránya a teljes épülethez képest.....	73
44. ábra: HMV előállítás energiaigénye és esetei	74
45. ábra: Szigetelés vélt várható hatása a belső hőmérsékletre és komfortérzetre	78
46. ábra: Lekötött teljesítmény kihasználtsága elmúlt két év csúcsadatai alapján, áram és gáz	78

16 Mellékletek

I. Melléklet: Hőigényszámítás az épület egészére

Felújítás előtt

Fűtött légtérfogat	10 621,89 m ³	óránkénti légcseré:	0,80 1/h
Fűtött alapterület	3 241,54 m ²	átlagos belmagasság:	3,28 m ²

Megnevezés	felület	U	korrekció	U korrigált	tbelső	tkülső	Dt	Q [W]	Q [kW]
Külső fal	1 782 m ²	1,33 W/m ² ,K°	1,4	1,86 W/m ² ,K°	20	-15	35	116 153 W	116,15 kW
Fűtetlen fal	61 m ²	1,35 W/m ² ,K°	1,1	1,42 W/m ² ,K°	20	12	8	695 W	0,70 kW
Ablak	740 m ²	1,80 W/m ² ,K°	1	1,80 W/m ² ,K°	20	-15	35	46 598 W	46,60 kW
Ajtó	24 m ²	3,00 W/m ² ,K°	1	3,00 W/m ² ,K°	20	-15	35	2 558 W	2,56 kW
Ajtó fűtetlen tér felé	0 m ²	3,00 W/m ² ,K°	1	3,00 W/m ² ,K°	20	12	8	0 W	0,00 kW
Lapostető	616 m ²	0,99 W/m ² ,K°	1,2	1,19 W/m ² ,K°	20	-15	35	25 609 W	25,61 kW
Pincefödém	93 m ²	0,86 W/m ² ,K°	1,2	1,03 W/m ² ,K°	20	5	15	1 440 W	1,44 kW
Padlásfödém	0 m ²	1,42 W/m ² ,K°	1,1	1,56 W/m ² ,K°	20	-15	35	0 W	0,00 kW
		0,00 W/m ² ,K°	0						
Magastető	0 m ²	0,57 W/m ² ,K°	1,2	0,68 W/m ² ,K°	20	-8	28	0 W	0,00 kW
Árkádfödém	0 m ²	0,23 W/m ² ,K°	1,1	0,25 W/m ² ,K°	20	-15	35	0 W	0,00 kW
	l (m)	Ψ (W/mK)							
Talajon fekvő padló	95 m	0,65 W/m ² ,K°	1	0,65 W/m ² ,K°	20	-15	35	2 172 W	2,17 kW
Lehülő felületek össz.:								195 225 W	195,23 kW

Filtráció hőigénye:

104,09

kW

299,32

kW

Összesen:

II. Melléklet: Jelenlegi és alternatív rendszer energiaigénye

Jelenlegi rendszer:

Gépészettől függő adatok:		
E(f)	Fűtés fajlagos primer energiaigénye	138,6 kWh/m²/a
$E_F = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t}) * \sum (C_k * \alpha_k * e_f) + (E_{FSZ} + E_{FT} + q_{k,v}) * e_v$		
q(f)	fűtés éves nettó hőenergia igénye / m ²	100,6
	teljesítmény ls hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek	
q(f,h)	(kWh/m ² a)	15
q(f,v)	elosztóvezeték fajlagos vesztesége (kívül-belül megy?)	3,4
q(f,t)	hőtárolás fajlagos vesztesége	0
Kazán:		
C(k)	hőtermelő teljesítménytényezője	1,154
α	lefedési arány (1 készülék van=100%=1)	1
e(f)	fűtésre használt energiahordozó primer energia átalakítási tényezője	1
Segédenergia:		
E(FSz)	hőelosztás vill. segédenergia igénye	0,328
E(FT)	tároló	0
q(k,v)	kazán segédenergia igénye	0,165
	fűtésre használt segédenergiahordozó primer energia	
e(v)	átalakítási tényezője	2,5

HMV		
q(HMV,t)	HMV tárolás vesztesége	0,33
	Használati melegvíz hőenergia igénye lakófunkció esetén	
q(HMV)	HMV tárolás veszteségei	9,00 kWh/m ² /a
		0,04
q(HMV,v)	Melegvíz elosztás veszteségei	1,17 kWh/m ² /a
		0,13
E(HMV)	Melegvízellátás primer energiaigénye:	12,83 kWh/m²/a

$E_{HMV}=(q_{HMV}+q_{HMV,v}+q_{HMV,t})*\sum(C_k*\alpha_k*e_{HMV})+(E_c+E_k)*e_v$		
Használati melegvíz hőenergia igénye lakófunkció esetén		9,00
q(HMV,t) HMV tárolás veszteségei		0,04
q(HMV,v) HMV elosztás veszteségei, cirkuláció?, kívül-belül?		1,17
C(k) Kazán teljesítménytényező		1,15
E(K) Kazán segédenergia igénye		0,17
Egy kazán van=100%=1		1
HMV-re használt primer energiahordozó primer energia átalakítási tényezője		1
e(HMV)		1
E(c) Cirkulációs vezetés segédenergiaigénye		0,13
HMV-re használt segédenergiahordozó primer energia átalakítási tényezője		2,5
e(v)		2,5

	Fajlagos energiaszükséglet, kWh	Összes energia szükséglet, kWh	Gáz felhasználás, m ³	Gáz felhasználás, GJ	Felhasználás, %
Fűtés	137,3	445 224	42 402	1602,807	91,92
Melegvíz	12,1	39 153	3 729	140,950	8,08
Összesen	149,4	484 377	46 131	1743,757	100

Alternatív rendszer kapcsán:

Gépészettől függő adatok:		
E(f)	Fűtés fajlagos primer energiaigénye	109,4 kWh/m²/a
$E_F=(q_f+q_{f,h}+q_{f,v}+q_{f,t})*\sum(C_k*\alpha_k*e_{fj})+(E_{FSZ}+E_{FT}+q_{k,v})*e_v$		
q(f)	fűtés éves nettó hőenergia igénye / m ²	100,6
q(f,h)	teljesítmény és hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteségek (kWh/m ² a)	3,3
q(f,v)	elosztóvezeték fajlagos vesztesége (kívül-belül megy?)	2,5
q(f,t)	hőtárolás fajlagos vesztesége	0
Kazán:		
C(k)	hőtermelő teljesítménytényezője	1,017
α	lefedési arány (1 készülék van=100%=1)	1
e(f)	fűtésre használt energiahordozó primer energia átalakítási tényezője	1

<i>Segédenergia:</i>		
E(FSz)	hőelosztás vill. segédenergia igénye	0,32
E(FT)	tároló	0
q(k,v)	kazán segédenergia igénye	0,165
e(v)	fűtésre használt segédenergiahordozó primer energia átalakítási tényezője	2,5

HMV		
q(HMV,t)	HMV tárolás vesztesége	0,33
q(HMV)	Használati melegvíz hőenergia igénye lakófunkció esetén	9,00 kWh/m2/a
	HMV tárolás veszteségei	0,04
q(HMV,v)	Melegvíz elosztás veszteségei	1,17 kWh/m2/a
		0,13
E(HMV)	Melegvízellátás primer energiaigénye:	12,41 kWh/m2/a
	$E_{HMV} = (q_{HMV} + q_{HMV,v} + q_{HMV,t}) * \sum (C_k * \alpha_k * e_{HMV}) + (E_c + E_k) * e_v$	
	Használati melegvíz hőenergia igénye lakófunkció esetén	9,00
q(HMV,t)	HMV tárolás veszteségei	0,04
q(HMV,v)	HMV elosztás veszteségei, cirkuláció?, kívül-belül?	1,17
C(k)	Kazán teljesítménytényező	1,11
E(K)	Kazán segédenergia igénye	0,17
	Egy kazán van=100%=1	1
e(HMV)	HMV-re használt primer energiahordozó primer energia átalakítási tényezője	1
E(c)	Cirkulációs vezetés segédenergiaigénye	0,13
e(v)	HMV-re használt segédenergiahordozó primer energia átalakítási tényezője	2,5

	Fajlagos energiafelhasználás, kWh	Összes energia szükség, kWh	Gáz felhasználás, m ³	Gáz felhasználás, GJ	Felhasználás, %
Fűtés	108,2	350 830	33 412	1262,990	90,28
Melegvíz	11,7	37 791	3 599	136,047	9,72
Összesen	119,9	388 621	37 012	1399,037	100

III. Radiátorméretező program által adott javaslatok

A https://www.vogelundnoot.com/hu/szolgalatas_es_eszkozok/hoteljesitmeny-kalkulator.htm

oldalon lévő méretezési segédprogram került használatra két eltérő hőfoklécsőre nézve.

- 75/55/20°C hőfoklépcsőn legalább 2000W teljesítményleadásra:



VONOVA kompakt radiátorok

Hőmérséklet párosítások

FELSZ. 75 °C

VISSZ. 55 °C

SZOBAHŐM. 20 °C

75 / 65 / 20 °C

Cél-hőteljesítmény

2000 WATT

Tűrések

15 %

15 %

Nyomtatás

Excel-ként

PDF-ként

Típus / építési mélység...

11 K / 61

Valamennyi teljesítmény

Teljesítmények a tolerancia határon belül

Építési magasság (mm)	300	400	500	600	900
Építési hosszúság (mm)					
400	193	241	288	321	441
520	251	314	374	417	573
600	289	362	432	482	662
720	347	435	518	578	794
800	386	483	576	642	882
920	444	555	662	739	1015
1000	482	604	720	803	1103
1120	540	676	806	899	1235
1200	579	724	864	963	1323
1320	637	797	950	1060	1456
1400	675	845	1008	1124	1544
1600	772	966	1152	1284	1765
1800	868	1087	1296	1445	1985
2000	965	1207	1440	1605	2206
2200	1061	1328	1583	1766	-
2400	1158	1449	1727	1927	-
2600	-	-	1871	2087	-

Típus / építési mélys...

21 K-S / 80

Valamennyi teljesítmény

Teljesítmények a tolerancia határon belül

Építési magasság (mm)	300	400	500	600	900
Építési hosszúság (mm)					
400	286	357	419	465	637
520	372	465	545	604	828
600	429	536	629	697	956
720	515	643	755	836	1147
800	573	715	839	929	1275
920	658	822	965	1068	1466
1000	716	893	1049	1161	1593
1120	802	1001	1174	1301	1784
1200	859	1072	1258	1394	1912
1320	945	1179	1384	1533	2103
1400	1002	1251	1468	1626	2231
1600	1145	1430	1678	1858	2549
1800	1288	1608	1887	2090	2868
2000	1431	1787	2097	2323	3187
2200	1575	1966	2307	2555	-
2400	1718	2144	2517	2787	-
2600	-	-	2726	3019	-

Típus / építési mélys...

22 K / 105

Valamennyi teljesítmény

Teljesítmények a tolerancia határon belül

Építési magasság (mm)	300	400	500	600	900
Építési hosszúság (mm)					
400	374	462	527	584	783
520	486	601	685	759	1018
600	561	693	790	876	1175
720	673	832	948	1051	1410
800	748	924	1053	1168	1566
920	860	1063	1211	1343	1801
1000	935	1155	1317	1460	1958
1120	1047	1294	1475	1636	2193
1200	1122	1387	1580	1752	2350
1320	1234	1525	1738	1928	2585
1400	1309	1618	1844	2044	2741
1600	1496	1849	2107	2336	3133
1800	1683	2080	2370	2629	3524
2000	1870	2311	2634	2921	3916
2200	2057	2542	2897	3213	-
2400	2244	2773	3160	3505	-
2600	2431	3004	3424	3797	-

Tipus / építési mélység... 33 K / 166

Valamennyi teljesítmény

Teljesítmények a tolerancia határon belül

Építési magasság (mm)	300	400	500	600	900
Építési hosszúság (mm)					
400	533	659	759	837	1097
520	693	857	987	1089	1426
600	800	989	1139	1256	1645
720	960	1186	1366	1507	1974
800	1066	1318	1518	1675	2194
920	1226	1516	1746	1926	2523
1000	1333	1648	1898	2094	2742
1120	1493	1845	2125	2345	3071
1200	1599	1977	2277	2512	3291
1320	1759	2175	2505	2764	3620
1400	1866	2307	2657	2931	3839
1600	2132	2636	3036	3350	4387
1800	2399	2966	3416	3769	4936

- 55/45/20 °C hőfoklépcsőn legalább 2000W teljesítményleadásra:



VONOVA kompakt radiátorok

Hőmérséklet párosítások

FELSZ. 55 °C

VISSZ. 45 °C

SZOBAHŐM. 21 °C

75 / 65 / 20 °C

Cél-hőteljesítmény

2000 WATT

Tűrések

15 %

15 %

Nyomtatás

Excel-ként

PDF-ként

Tipus / építési mélység... 21 K-S / 80

Valamennyi teljesítmény

Teljesítmények a tolerancia határon belül

Építési magasság (mm)	300	400	500	600	900
Építési hosszúság (mm)					
400	163	202	239	266	363
520	212	263	310	346	472
600	244	304	358	399	545
720	293	364	430	479	654
800	325	405	478	532	726
920	374	466	549	612	835
1000	407	506	597	665	908
1120	456	567	669	744	1017
1200	488	607	716	798	1089
1320	537	668	788	877	1198
1400	569	709	836	931	1271
1600	651	810	955	1064	1453
1800	732	911	1075	1196	1634
2000	813	1012	1194	1329	1816
2200	895	1114	1313	1462	-
2400	976	1215	1433	1595	-
2600	-	-	1552	1728	-
2800	-	-	1672	1861	-
3000	-	-	1791	1994	-

Tipus / építési mélys...

22 K / 105

Valamennyi teljesítmény		Teljesítmények a tolerancia határon belül			
Építési magasság (mm)	300	400	500	600	900
Építési hosszúság (mm)					
400	212	260	298	330	443
520	276	338	388	429	575
600	319	390	448	495	664
720	382	468	537	593	797
800	425	520	597	659	885
920	488	598	686	758	1018
1000	531	649	746	824	1107
1120	595	727	836	923	1239
1200	637	779	895	989	1328
1320	701	857	985	1088	1461
1400	743	909	1044	1154	1549
1600	850	1039	1194	1319	1771
1800	956	1169	1343	1484	1992
2000	1062	1299	1492	1648	2213
2200	1168	1429	1641	1813	-
2400	1274	1559	1791	1978	-
2600	1380	1689	1940	2143	-
2800	1487	1819	2089	2308	-
3000	1593	1948	2238	2473	-

Tipus / építési mélys...

33 K / 166

Valamennyi teljesítmény		Teljesítmények a tolerancia határon belül			
Építési magasság (mm)	300	400	500	600	900
Építési hosszúság (mm)					
400	302	370	427	475	616
520	393	481	555	617	801
600	454	555	640	712	924
720	544	666	769	855	1109
800	605	740	854	949	1232
920	696	850	982	1092	1417
1000	756	924	1067	1187	1540
1120	847	1035	1195	1329	1725
1200	907	1109	1281	1424	1848
1320	998	1220	1409	1567	2033
1400	1059	1294	1494	1662	2156
1600	1210	1479	1708	1899	2464
1800	1361	1664	1921	2136	2772
2000	1512	1849	2135	2374	3080
2200	1663	2034	2348	2611	-
2400	1815	-	-	-	-
2600	1966	-	-	-	-
2800	2117	-	-	-	-
3000	2268	-	-	-	-

Hőteljesítmény Watt-ban, az MSZ EN 442 szerint.
A hivatalos terméklista az aktuális árúslánkban található.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Bence
A Hallgató Neptun kódja: ZAXIRS
A dolgozat címe: Hegyvidéki Polgármesteri Hivatal épület fűtési rendszerének energetikai korszerűsítése
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest év november hó 6 nap



Hallgató aláírása

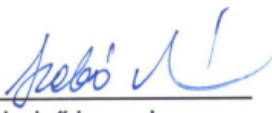
NYILATKOZAT

Kovács Bence (hallgató Neptun azonosítója: ZAXIRS) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023 év november hó 12 nap


belső konzulens