

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Körömi Petra**

**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Műszaki Intézet**

**Gépészmérnök mesterképzési szak**

**Fűtési rendszerek alkalmazhatóságának gazdasági és műszaki  
szempontú elemzése**

**Belső konzulens:** Dr. Kurják Zoltán

Egyetemi docens

**Külső konzulens:** Eberhardt Gábor

Irányítótervező

**Készítette:** Körömi Petra

**Gödöllő**

**2023**

**MŰSZAKI INTÉZET**  
**GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK**  
**Műszaki fejlesztő specializáció**

**DIPLOMADOLGOZAT**  
feladatlap

**Körömi Petra (JHQTVK)**

**részére**

**A diplomadolgozat címe:**

**Fűtési rendszerek alkalmazhatóságának gazdasági és műszaki szempontú elemzése**

**Feladatkiírás:**

Ismertesse a gyakorlatban használt hőtermelő és hőleadó berendezéseket, majd ezek felhasználásával hozzon létre egy valós épület fűtésére több alternatív rendszert! Határozza meg a rendszerek bekerülési költségét és az éves energiaigény felhasználásával az üzemeltetési költséget! Dolgozzon ki egy komplex követelményrendszert, amely alapján hasonlítsa össze az alternatívákat műszaki és gazdasági szempontból, majd tegyen javaslatot a végleges megoldásra!

**Közreműködő tanszék:** Járműtechnika Tanszék

**Külső konzulens:** Eberhardt Gábor, UVATERV Zrt., 1146 Budapest, Hermina út 17.


**Belső konzulens:** Dr. Kurják Zoltán egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

**A dolgozat beadási határideje:** 2023. november 6.

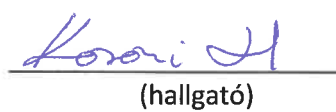
Kelt: Gödöllő, 2023. november 2.

**Jóváhagyom**

  
(tanszékvezető)

  
(szakfelelős)

**Átvettem**

  
(hallgató)

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

Kelt: Gödöllő, 2023. november 2.

  
(külső konzulens)

## Tartalom

1.	Bevezetés.....	3
2.	Alkalmazott berendezések.....	5
2.1.	Primer oldali berendezések .....	5
2.2.	Kazánok.....	6
2.2.1.	Szilárdtüzelésű kazán.....	7
2.2.2.	Gáztüzelésű kazán .....	8
2.2.3.	Veszteségek .....	8
2.3.	Hőszivattyú .....	10
2.3.1.	Föld-víz hőszivattyú .....	12
2.3.2.	Víz-víz hőszivattyú.....	14
2.3.3.	Levegő-víz hőszivattyú.....	15
2.4.	Napelem .....	15
2.5.	Szekunder oldali berendezések .....	18
2.6.	Konvekciós fűtőtestek.....	19
2.6.1.	Csőfűtőtestek .....	20
2.6.2.	Lapfűtőtestek/Táblás fűtőtestek.....	20
2.7.	Sugárzó fűtőtestek.....	21
2.7.1.	Épületszerkezettel kapcsolatos sugárzók.....	22
2.7.2.	Épülettől független sugárzók.....	22
3.	Rendszerek bemutatása .....	24
3.1.	Vizsgált épület.....	24
3.2.	Hőszükséglet .....	26
3.2.1.	Transzmissziós hőveszteség .....	27
3.2.2.	Filtrációs hőveszteség.....	29
3.2.3.	Hőnyereség .....	29

3.2.4.	Éves energiaigény meghatározása .....	30
3.3.	Az összehasonlítás alapját képező rendszerek .....	31
3.3.1.	Gázkazán radiátorral .....	32
3.3.2.	Vegyestüzelésű kazán radiátorral .....	34
3.3.3.	Hőszivattyú padlófűtéssel .....	37
3.3.4.	Napelem elektromos radiátorral és infrapanellel .....	39
3.3.5.	Napelem és hőszivattyú padlófűtéssel .....	41
4.	Összehasonlítás .....	43
4.1.	Komplex összemérés .....	43
4.2.	Költségek szerinti értékelés .....	52
4.3.	Következtetések és javaslatok .....	54
5.	Összegzés .....	55
	Irodalomjegyzék .....	57
	Ábrajegyzék .....	58
	Táblázatjegyzék .....	59
	Mellékletek .....	60

# 1. Bevezetés

Az éghajlati adottságoknak köszönhetően hazánkban igen fontos feladat egy épületen belüli terek megfelelő hőmérsékletének elérése és ezen érték megtartása. Ennek érdekében télen fűteni, nyáron hűteni szükséges a helyiségeket. Az igények kielégítésére számos megoldás létezik, melyek különböző létesítményekben más-más hatásfokkal alkalmazhatók.

Diplomadolgozatom során egy családi ház különböző lehetséges fűtési rendszereinek alkalmazhatóságát fogom vizsgálni gazdasági és műszaki szempontból. A végén szeretnék egy komplett rendszert kiválasztani, ami a legtöbb követelménynek a legjobban megfelel.

Fontosnak tartom kiemelni, hogy a vizsgálat a 2023. május havi műszaki-, gazdasági-, jogi adatai és elérhető információi alapján készült el.

Elsőként a legelterjedtebb fűtési alternatívákat mutatom be, melyekből a dolgozat későbbi fejezeteiben az általam létrehozott rendszerek is felépülnek. Ezt a primer oldalon helyet kapó energiatermelő berendezések bemutatásával kezdem, ezután a szekunder oldalon lévő hőleadó berendezések kerülnek górcső alá. Ezen berendezéseken kívül még számos megoldás létezik, azonban a tapasztalatok alapján ezek a konstrukciók a legelterjedtebbek a mindennapokban a hétköznapi ember számára.

Ezt követően bemutatom a családi ház fűtési rendszerének vizsgálatához szükséges követelményeket és alaptulajdonságokat, majd a hőszükséglet meghatározásának módja kerül leírásra. Ennek eredményéből kiindulva határozom meg a fűtési rendszer primer oldalán elhelyezkedő energiatermelő berendezéseket és a helyiség levegő hőmérsékletének növeléséért felelős berendezéseket, azok energiaszükségletét, valamint a beszerzéshez és az üzemeltetéshez szükséges költségeket.

Ezen alternatívák megalkotása után felállítok egy több pontból álló követelmény rendszert, melyben az általam fontosnak ítélt tulajdonságoknak megfelelően értékelem a változatokat. A követelményjegyzékben igyekezem olyan kritériumokat megfogalmazni, amelyek a mindennapi ember életében is fontos szerepet játszanak a megfelelő fűtési rendszer kiválasztása során.

Úgy gondolom, a legnagyobb hangsúly a választás során a költségekre esik, ami első sorban a bekerülési költségeket érinti, azonban az éves üzemeltetési költség sem elhanyagolható. Ezért ezen költségeket is igyekszem jobban összehasonlíthatóvá tenni és egy rövidebb elemzést végezni.

Végezetül a követelményjegyzék és a gazdasági elemzés eredményei alapján meghatározásra kerül az általam fontosnak tartott szempontok és gazdasági eredmények alapján a legjobbnak ítélt rendszer.

## 2. Alkalmazott berendezések

Ezen fejezetben azokat a fűtési rendszereket alkotó fő berendezéseket szeretném bemutatni, amelyek a legelterjedtebben kerülnek alkalmazásra. Elsőként a fűtési rendszerek alapjául szolgáló hőtermelő berendezések kerülnek ismertetésre, majd ezt követően közvetlenül a helyiségek hőmérsékletének növelésére szolgáló hőleadó berendezések leírása következik.

A fejezetben szereplő primer- és szekunder oldali berendezések felsorolása és bemutatása nem teljeskörű, csupán a dolgozat során később ismertetett alternatívákban szereplő készülékek szerepelnek.

### 2.1. Primer oldali berendezések

A primer oldali rendszerek csoportjába tartoznak azok a berendezések, melyek a helyiség hőmérsékletének növeléséhez szükséges energiát állítják elő. Ez az energia általános esetben a hőenergia, ami vezetékekben keringő fűtőközeggel jut el a felhasználási helyére, de lehet villamos energia is, ami a különböző elektromos berendezések működéséhez szükséges.

Az energiatermelők kiválasztásakor és méretezésénél számos szempontot kell figyelembe venni. Ilyen fő szempontok a következők:

- fűtendő terület hőigénye,
- a hőhordozó közeg fajtája, nyomása és hőmérséklete,
- előállítandó hőmérséklet,
- berendezés helyigénye,
- szabályozhatóság,
- karbantartási igénye,
- élettartam,
- bekerülési-, fenntartási- és üzemeltetési költségek. [1]

A megfelelő hőtermelő berendezés választásakor elsőként hőtechnikai számításokkal kell meghatároznunk a berendezések szükséges teljesítményét, hogy milyen maximális követelményeket kell kielégíteniük. Mivel egy év, vagy akár csak a fűtési időszak alatt a rendszernek eltérő mennyiségű energiát szükséges előállítania, ezért nagyon fontos a



berendezések szabályozhatósága, ezáltal rengeteg energiát tudunk megtakarítani, a környezetvédelmi szempontokról nem is beszélve.

A következőkben azokat a hőtermelő- és a fűtéshez szükséges energiát előállító berendezéseket szeretném részletezni, melyeket a későbbiek során, az összehasonlítandó rendszerekben foglalnak el lényeges szerepet mind műszaki, mind gazdasági szempontból. Ezek a következők:

- vegyestüzelésű kazán,
- gázkazán,
- hőszivattyú,
- napelem.

## 2.2. Kazánok

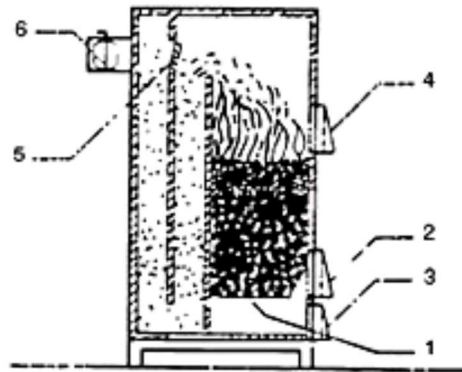
*„Kazánnak nevezzük azt a berendezést, amely tüzelőanyag oxidációjával, vagyis elégetésével felszabadítja a tüzelőanyag kötött kémiai energiáját, és a keletkezett hőt hőhordozó közeg felmelegítésére, vagy halmazállapotának megváltoztatására hasznosítja.” [1]*

Kiválasztásukat az épület nagysága, a hőszigetelés minősége, ezáltal a pótlandó hőveszteség nagysága befolyásolja. Puffertartály alkalmazásával tovább lehet növelni a fűtési rendszer hatásfokát. A minél tökéletesebb égés érdekében biztosítani kell a minél jobb légellátást, ennek következtében a kazán huzatigénye igen jelentős lehet, ezért a megfelelő méretű kazán kiválasztása mellett igen fontos a kémény megfelelő méretezése is. A kéménynek két fő feladata van: elősegíti az égéshez szükséges levegő égéstérbe való jutását a huzathatásnak köszönhetően, valamint az égés során keletkező égéstermékek egy részét vezeti a szabadba. A kéményben létrejövő hatásos nyomás hozza létre az áramlást, melynek köszönhetően a levegő az égéstérbe jut, míg a gáz halmazállapotú égéstermék a kéményen keresztül távozik. A kazán a központi fűtési rendszerhez csatlakozik, nem vesz részt közvetlenül a fűtési folyamatban, ezért az épületen kívül is elhelyezhető, ezáltal sokkal biztonságosabb az üzemeltetése, nem szennyezi a lakóteret és nem áll fenn a szén-monoxid mérgezés veszélye a lakótérben. Használatuk egyszerű és biztonságos. A tüzelőanyag fajtája szerint megkülönböztetünk szilárd-, olaj- és gáztüzelésű kazánokat. [1]–[4]

A következő alfejezetekben a szilárd- és a gáztüzelésű kazánokat fogom bemutatni, majd végezetül egy külön alfejezetben a kazánok üzemelése közben keletkező veszteségeket ismertetem.

### 2.2.1. Szilárdtüzelésű kazán

Szilárdtüzelésű kazánok esetében a tüzelőanyag a legtöbb esetben kokszt, barnaszén vagy tűzifa lehet, illetve napjainkban elterjedtebb a vegyes tüzelésű és a biomassza kazán. Vannak a különböző típusokra kialakított kazánok, melyekben a legjobb hatásfokot a kijelölt tüzelőanyaggal lehet elérni, de kialakításuk és működési elvük igen hasonló. Egy egyknás tüzelőberendezés elvi felépítését szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra Egyknás tüzelőberendezés

1) rostély; 2) ürítőajtó; 3) hamutér; 4) töltőajtó; 5) indító; rövidre záró csappantyú; 6) füstgázsabályzó (forrás: [3])

Az úgy-nevezett vegyestüzelésű kazánokban, mint nevük is mutatja, szinte bármilyen típusú szilárd tüzelőanyagot el lehet égetni. Az előállítható hőmennyiség nagyságát legnagyobb mértékben a tüzelőanyag minősége és a kazán kialakítása befolyásolja. A kialakítás egyik lényeges tulajdonsága a tüztér nagysága. Az eltérő nagyságú eltérő mennyiségű és kialakítású tüzelőanyag befogadására képes. Léteznek olyan kazánok, amelyek akár méteres nagyságú tüzelőanyag befogadására is alkalmasak. A számos befolyásoló tényező függvényében a tüzelőanyag 2 és 6 óra között ég el, melyet manuálisan vagy automatizált módon pótolni kell a szükséges hőmérséklet megtartása érdekében. A vegyestüzelésű kazán alkalmazható önmagában, de gázkazánnal is kombinálható.

Az általános részben leírt számos pozitív tulajdonságuk mellett a vegyestüzelésű kazánok szilárd halmazállapotú biomasszával is képesek üzemelni, akár keletkezett

zöldhulladék elégetésére is alkalmasak, ezáltal megújuló energiahordozók felhasználásával is meg tudjuk teremteni a szükséges hőmérsékletet. Ennek köszönhetően az üzemeltetése környezetkímélőbb és gazdaságosabb lehet.

Azonban rendelkeznek néhány negatív tulajdonsággal is. Egy nagyobb méretű kazán bekerülési költsége igen magas is lehet, az üzemeltetése nem automatizálható, igényli az időszakos figyelmet. A háztartásokban a leggyakrabban alkalmazott kazántípusok szinte mindegyikében a fűtőanyagot manuálisan kell pótolni, ami időszakos ellenőrzést és munkát jelenthet. Szilárd fűtőanyagoknak köszönhetően nagy mennyiségű salakanyag termelődik, melynek az eltávolításáról is gondoskodni szükséges. Végezetül a szükséges tüzelőanyag tárolásáról és a megfelelő formában rendelkezésre állásáról is gondoskodnunk kell. [1]–[3]

### **2.2.2. Gáztüzelésű kazán**

Gáztüzelésű kazánok esetében a tüzelőanyag valamilyen éghető gáz, ami általában földgáz, propán-bután gáz vagy biogáz.

A tüzelőberendezés legfontosabb részei a gázégők a hozzájuk tartozó szabályozó- és biztonsági berendezések. A gázégők felelnek a tüzelőanyag és levegő megfelelő légviszonyú keverékének előállításáért, ami jellemzően 1,05 és 1,15 érték közötti, továbbá az égés során a láng stabilizációjáért. Ennek a folyamatnak köszönhetően megnő a fajlagos felület, melynek köszönhetően jobb hatásfok érhető el. Alapvetően két típusba sorolhatjuk a gázégőket: atmoszférikus- és túlnyomású gázégők.

A fűtőanyag magas fűtőértékének köszönhetően nagy teljesítmény elérése érdekében viszonylag kis tömeg szállítására van szükség, ami akár automatikusan is végbe mehet, ennek köszönhetően az égési folyamat jól szabályozható.

A gázkazán a könnyű kezelhetőség és nagy teljesítmény mellett rendelkezik negatív tulajdonságokkal is. A megfelelő működés és szabályozás érdekében villamos energia szükséges, ami a nem megfelelő kialakítás esetén tűz- és robbanásveszélyes lehet. [2], [3]

### **2.2.3. Veszteségek**

A kazánnal történő hőtermelés veszteségeit két nagy csoportra oszthatjuk: a tüzelési- és a fűtőfelületi veszteségekre. A tüzelési veszteségek során a bevezetett tüzelőanyag nem teljesen és nem tökéletesen ég el, azaz az égési folyamat végén marad szilárd és légnemű

éghető anyag. Ha nem megfelelő az égés, akkor elsőként a korom jelenik meg, ezzel egy időben növekszik az el nem égett gázok mennyisége. Az alábbi tüzelési veszteségekről beszélhetünk:

- el nem égett gázok,
- korom,
- szállókocsz,
- éghető pernye,
- éghető salak.

A valóságos égési folyamatok során nem valósítható meg a tökéletes égés, mely esetén a tüzelőanyag teljesen elég, nem marad hátra további éghető anyag. Szilárdtüzelésű kazánoknál eltérő mértékben minden veszteségforma megjelenik. A megfelelően kialakított és szabályozott berendezések akár 98-99,5%-os tüzelési hatásfokkal is üzemelhetnek.

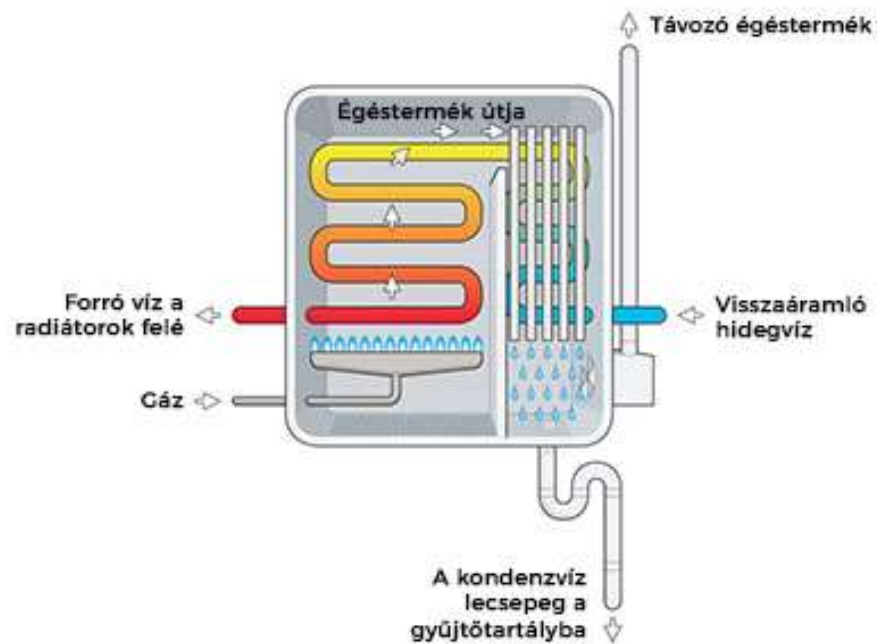
Fűtőfelületi veszteségek során a füstgázzal, salakkal és sugárzás során távozik hő az égéstérből hasznosítás nélkül. Ezek közül a füstgáz hőveszteség a legfontosabb, mert ez esetben a távozó füstgáz hőmérséklete jóval magasabb, mint a környezet hőmérséklete, ezáltal a hőmérséklet-különbségből adódó energia kárba vész. Minden kazán esetében ez a legnagyobb arányban előforduló veszteségfajta. A mai korszerű kazánok ezen vesztesége 5-10% körüli. Azonban kondenzációs kazánüzemmel el lehet érni 5% alatti füstgáz hőveszteséget is.

Sugárzási hőveszteség esetében a kazán külső burkolata által átadott hőről beszélhetünk, mely a korszerű berendezések esetében konvekcióval történik. Ezen hőveszteség értéke 0,5-1% körülire adódik.

Szilárd tüzelőanyag használata esetén az úgynevezett salak hőveszteség is jelentős lehet, mely akkor jön létre, amikor a környezeténél magasabb hőmérsékletű salakot eltávolítjuk.

A jobb hatásfok elérése érdekében kifejlesztették az úgy nevezett kondenzációs kazánokat, melyek a kialakításuknak köszönhetően a füstgázok magas hőmérséklete és a keletkezett vízgőz általi veszteségeket csökkentik. Egy gázkazán működési elvét a 2. ábra szemlélteti. Célja, hogy az égéstermékek hőmérséklete a kazán belsejében, a távozás előtt 45-50 °C-ra hűljön le, melyet egy tagolt hőcserélővel érnek el. A hőmérséklet csökkenésének következtében a füstgáz víztartalmának egy része lecsapódik még a készülékben, ezáltal a

rejtett hőenergia, a víz kondenzációs hője is hasznosításra kerül. Ezt a kialakítást leggyakrabban a gáztüzelésű kazánoknál alkalmazzák. [1]



2. ábra Kondenzációs gázkazán működési elve (forrás: [5])

### 2.3. Hőszivattyú

*„A hőszivattyú olyan gép, készülék vagy berendezés, amely a természetes közegekből - különösen a levegőből, a vízből vagy a talajból - hőt vezet át az épületbe vagy az ipari alkalmazásba azáltal, hogy megfordítja a hő természetes áramlásának irányát, és így az az alacsonyabb hőmérséklettől a magasabb hőmérséklet felé áramlik, továbbá amely képes a hőt az épületből kivonni és a környezetnek átadni.” [6]*

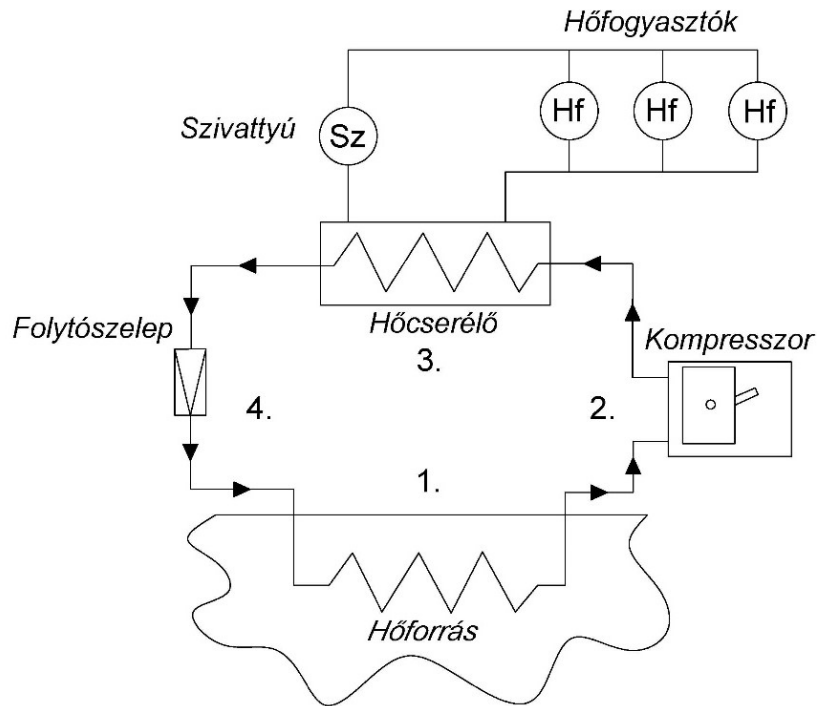
Ma már egyre jobban elterjedő fűtési megoldás a különböző típusú hőszivattyúk alkalmazása, melyet télen fűtésre, nyáron hűtésre is lehet alkalmazni. Működése a közönséges hűtőszekrényekkel nagyon hasonló, csak ellentétesen lejátszódó folyamat: a hőszivattyú a környezetéből veszi fel az energiát, összegyűjti annak hőjét, majd hasznosíthatóvá alakítja a kiépített fűtési rendszer számára, ezért az alsó és felső hőfokszint a magasabb hőmérséklet-tartományba tolódik át. Különböző közegekből tudja felvenni a

hőenergiát: talajból, levegőből és vízből. Működését tekintve egy hőszivattyús rendszer alapvetően négy folyamatból áll:

1. Környezeti hő begyűjtése.
2. Hőmérséklet emelése.
3. A kinyert hőmennyiség felhasználása.
4. A hűtőközeg hőmérsékletének csökkentése.

Az első folyamat során a környezeti hőt egy csővezeték rendszer veszi fel, amelyben egy fagyálló közeg kering. Ennek a hőmérséklete mindig alacsonyabb, mint a környezetének hőmérséklete, ezáltal bármilyen alacsony, fagypont alatt lévő hőmérsékletű helyről képes hőt felvenni. Ebben a rendszerben egy olyan hőhordozó közeg található, melynek nagyon alacsony a forráspontja, ezért alacsony hőmérsékleten is képes elpárologni, ezáltal felveszi az összegyűjtött hőt. Ezen körfolyamat során kinyert hő a második folyamatnak adódik át, ahol a hűtőközeg hőmérsékletének növelése történik. Az így keletkezett gőz nyomását egy kompresszor segítségével megemeli, melynek köszönhetően megemelkedik a gőz hőmérséklete is. Ezt a hőt átadja a következő folyamatnak, mely során az felhasználásra kerül és a hűtőközeg ismét folyékony halmazállapotúvá válik. A kiépített fűtési rendszer eljuttatja a szükséges hőmennyiséget a felhasználási területre, majd lehűlve érkezik vissza.

A most már folyékony halmazállapotú alacsony forráspontú hűtőközeg nyomása és hőmérséklete még magas az újbóli hőfelvételre. A negyedik folyamat során a nyomás egy expanziós szelep segítségével csökken, ezáltal a közeg lehül olyan mértékben, hogy ismételen képes legyen a hőenergia felvételére. A hőszivattyú működésének vázlatát szemlélteti a 3. ábra. [7]



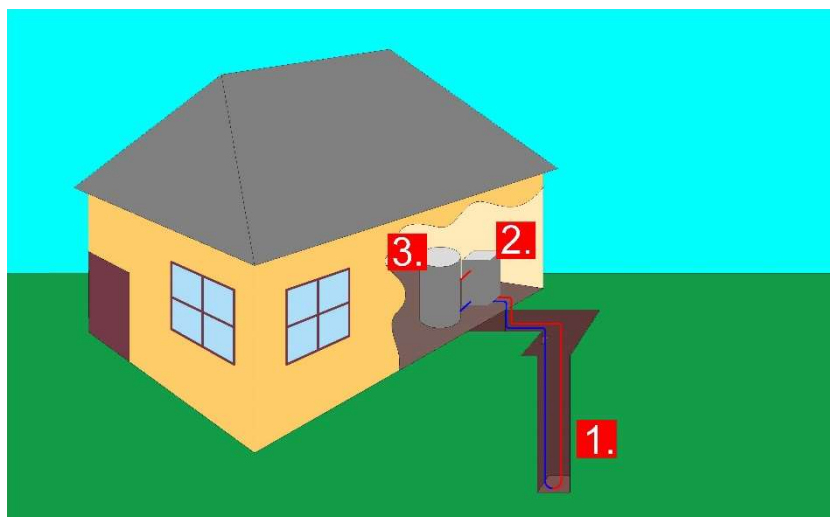
3. ábra A hőszivattyú működési elve (forrás: [7])

A legelterjedtebb típusai a talajkollektoros-, talajszondás-, talajvíz- és levegő hőszivattyúk, melyeket a következőkben fogok bemutatni.

### 2.3.1. Föld-víz hőszivattyú

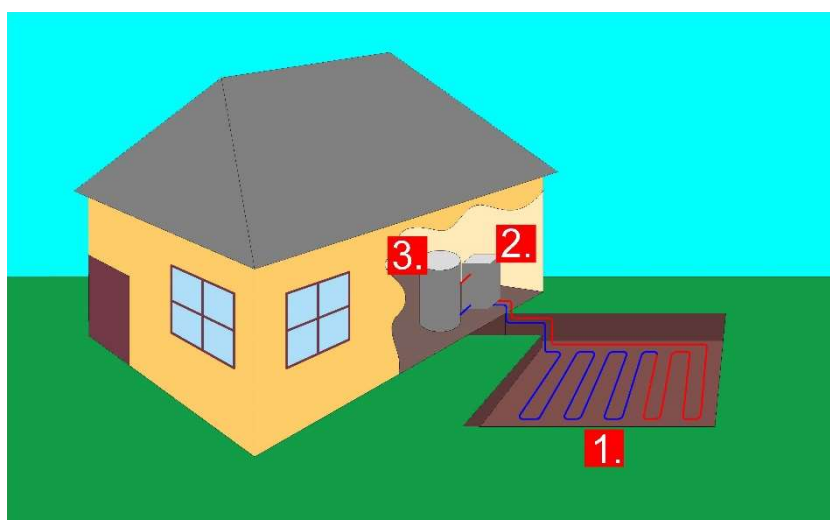
A föld-víz hőszivattyú a felső talajrétegbe besugárzott napenergiát és a föld belsejéből érkező geotermikus energiát használja fel. Legelterjedtebb a horizontális, talajkollektoros és a vertikális, talajszondás kialakítás. Mind a két rendszer méretezését nagyban befolyásolják a talaj jellemzői.

Talajszondás rendszer esetén 30-100 m mélyen kell lefúrni a földfelszín alá, ami igen költséges, továbbá az egyes szondák között minimum 5-7 m távolságot szükséges hagyni a maximális teljesítmény elérése érdekében. A talajszondás föld-víz hőszivattyú rendszer felépítését mutatja be a 4. ábra.



4. ábra Talajszondás hőszivattyú  
1) talajszonda; 2) hőszivattyú; 3) puffertartály

Talajkollektoros rendszer esetén a földfelszín alá körülbelül 1-2 m mélyen, egymástól 30 cm távolságra kerülnek a csövek lefektetésre. Ebben az esetben a kollektor szükséges felülete 2-4 szerese a fűtendő területnek, ami igen nagy kiterjedést jelent, azonban alacsonyabb költségű, mint a talajszondás változat. A talajkollektoros föld-víz hőszivattyú rendszer felépítését mutatja be az 5. ábra. [7]



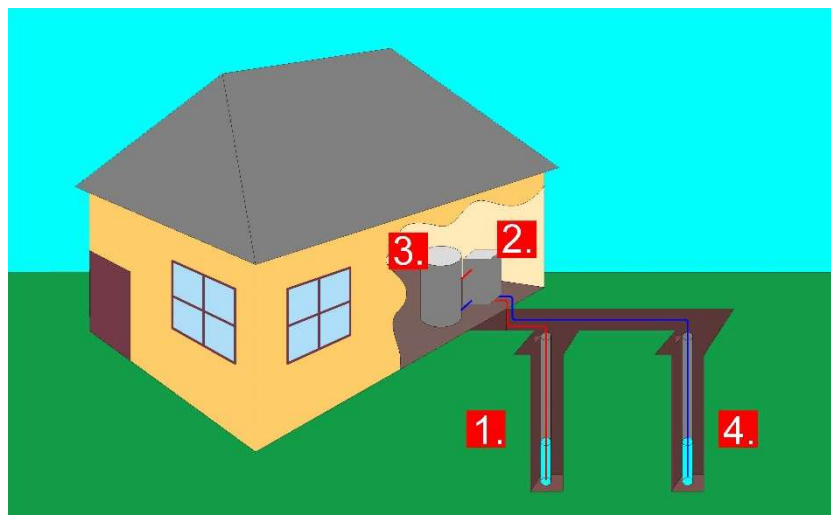
5. ábra Talajkollektoros hőszivattyú  
1) talajszonda; 2) hőszivattyú; 3) puffertartály



### 2.3.2. Víz-víz hőszivattyú

A víz-víz hőszivattyú a vízben tárolt energiát hasznosítja. Itt a leggyakrabban fűtőkúton keresztül érkezik a felhasznált talajvíz, azonban egyes helyeken a környezeti adottságoknak köszönhetően akár felszíni víz hőenergiáját is felhasználhatjuk. Fűtőkúti rendszer esetén szükséges egy forrás kút, ahol kinyerésre kerül a felhasznált víz, továbbá egy, vagy több nyelő kút, amin keresztül visszakerül a felhasznált víz. Két kút közötti távolság minimum 15 m kell, hogy legyen az optimális működéshez. Fűtőkutas víz-víz hőszivattyú rendszer felépítését mutatja be a 6. ábra.

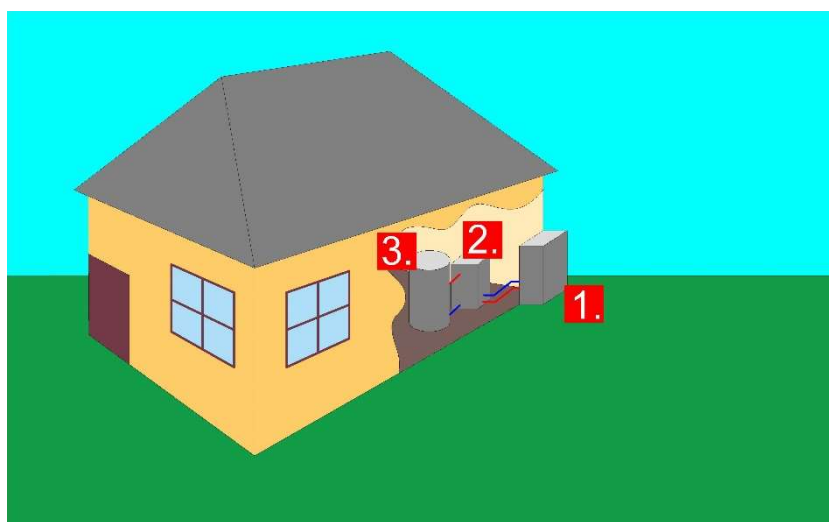
A víz-víz hőszivattyús rendszerek állítják elő a leg gazdaságosabban a hőenergiát az említett rendszerek közül, azonban nem mindenhol alkalmazhatóak, mert folyamatos, nagy mennyiségű vizet igényelnek, ami egyes területeken a környezeti adottságok miatt nem biztosítható. [7]



6. ábra Víz-víz fűtőkutas hőszivattyú  
1) forrás kút; 2) hőszivattyú; 3) puffertartály; 4) nyelő kút

### 2.3.3. Levegő-víz hőszivattyú

A levegő-víz hőszivattyú az energiát közvetlenül a környezeti levegőből veszi el. Hatásfoka a legkisebb az említett rendszerek közül, azonban a hazai hőmérsékletviszonyokat tekintve a legköltséghatékonyabb és legelterjedtebb családi házak esetén, továbbá a helyigénye is a legkisebb. A levegő-víz hőszivattyú rendszer felépítését mutatja be a 7. ábra.



7. ábra Levegő-víz hőszivattyú  
1) kültéregység; 2) beltéregység; 3) puffertartály

Összességében a hőszivattyús berendezések kisebb energia befektetéssel nagyobb mennyiségű és magasabb hőmérsékletű tömeget képesek előállítani. Azonban jelenleg alacsonyabb hőmérsékletű hőleadó rendszerrel érdemes üzemeltetni, mert hatékonyan csak alacsonyabb hőmérséklet, 40-45°C előállítására alkalmasak, de a folyamatos fejlesztésnek köszönhetően a későbbiekben akár magasabb hőmérsékletű előre menő vízhőmérséklet előállítására is alkalmasak lesznek. [7]

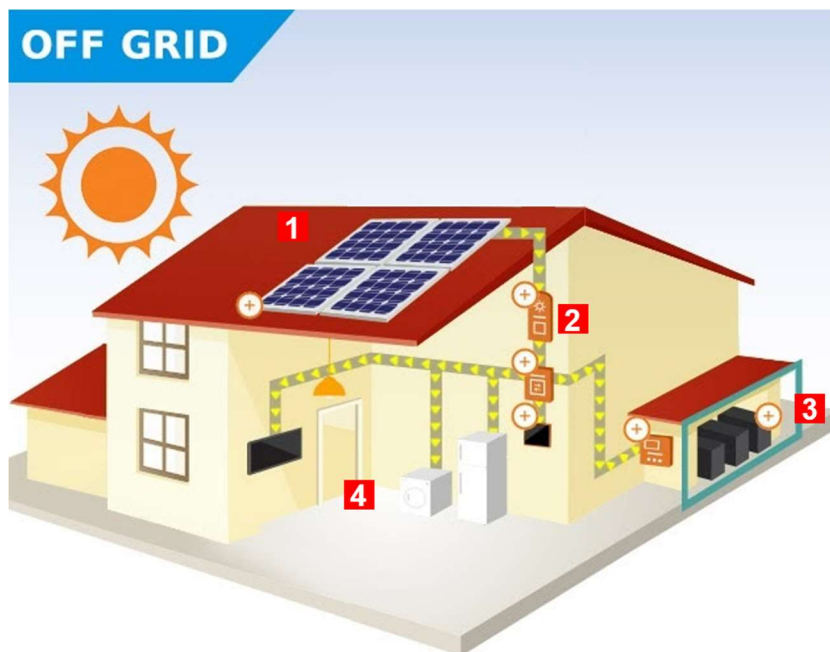
## 2.4. Napelem

A napelemes fotovillamos rendszerek a Naptól érkező fény energiáját villamos energiává alakítják át. Ezeket a rendszereket két fő csoportra tudjuk osztani: az energiatárolós, úgynevezett szigetüzemű- (off grid) és az akkumulátor nélküli rendszerek (on grid).

A szigetüzemű napelemes rendszerek nagy előnye, hogy szinte bárhol ki lehet alakítani, nincs kapcsolatban a központi áramellátó hálózattal. Azonban hátránya az igen

magas kiépítési költsége, melyet a folyamatos áramellátáshoz szükséges akkumulátorok beszerzési árának köszönheti. A szigetüzemű napelemes rendszerek felépítését a 8. ábra mutatja be, melynek fő részei:

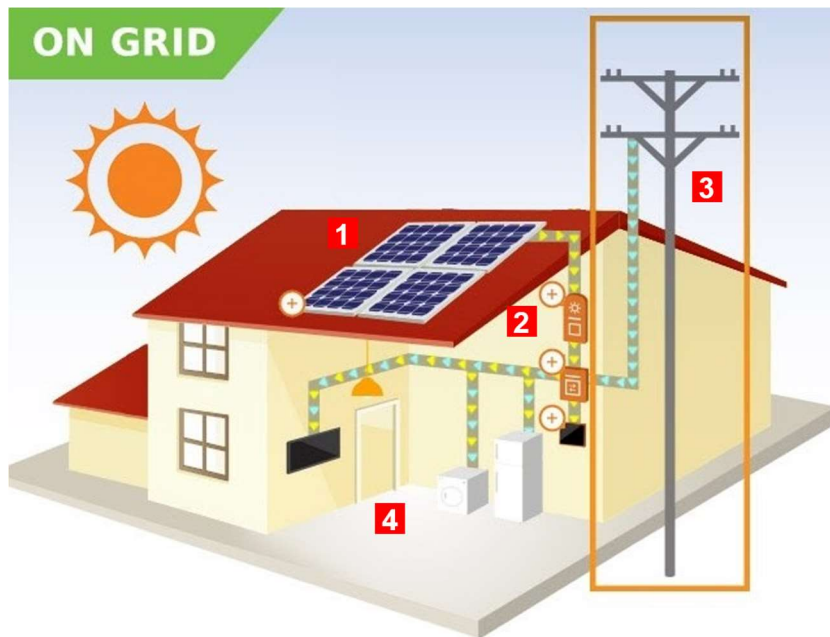
- napelem panelek,
- DC/AC konverter (inverter),
- töltésszabályozó,
- akkumulátor.



8. ábra Szigetüzemű napelemes rendszer (forrás: [8])  
1) napelempanel; 2) inverter; 3) akkumulátor; 4) fogyasztók

Az akkumulátor nélküli napelemes rendszer esetén a megtermelt energiát azonnal elhasználjuk, vagy a hálózatba tápláljuk vissza egy ad/vesz óra segítségével, ami által a betáplált energiát vissza is tudjuk vételezni a hálózathoz. Ez a rendszer nem képes szigetüzemű működésre és áramszünet esetén nem lesz napelem energia sem, mert az inverterek leállnak. Az akkumulátor nélküli rendszerek felépítését a 9. ábra mutatja be, melynek fő részei:

- napelem panelek,
- DC/AC konverter (inverter),
- ad-vesz mérőóra.



9. ábra Akkumulátor nélküli napelemes rendszer (forrás: [8])  
 1) napelempanel; 2) inverter; 3) külső elektromos hálózat; 4) fogyasztók

A napelem panelek a Nap sugárzási energiáját alakítják át felhasználható villamos energiává. Típusukat tekintve két fő csoportra tudjuk osztani, ezáltal beszélhetünk monokristályos- és polikristályos panelről. A monokristályos napelemek előnyei közé tartozik a magasabb hatásfok, azaz a közvetlen napsugárzást jobban hasznosítják. Az újabb típusok már a szórt fényt is egyre nagyobb mértékben hasznosítják, valamint kisebb felületen több elektromos energiát termelnek és élettartamuk is hosszabb. A polikristályos napelemek előnye, hogy előállításuk olcsóbb. Hatásfokuk a monokristályos napelem panelhez képest valamelyest alacsonyabb, de azoknál jobban hasznosítják a szórt fényt.

A napelemek félvezető cellákból épülnek fel, legfőbb összetevőjük a szilícium, melyek általános esetben 15x15 cm nagyságú, 0,25 mm vastagságú cellákból állnak. Ezek a napelem cellák között két eltérő szennyezettséggel rendelkező, de egymással szorosan összekapcsolt, vékony rétegben félvezető anyagot tartalmaznak. Az egyik réteg pozitív (p-típusú), a másik réteg negatív (n-típusú) szennyezettséggel rendelkezik. A két réteg találkozásánál egy határréteg keletkezik, ahol az ellentétes szennyezettséggel rendelkező félvezetők semlegesítődnek, „rekombinálnak” a napfény által, így létrehozva a feszültséget. Amikor a napfény energiával rendelkező részecskéi ún. fotonok a megfelelő hullámhosszával a napelemre esnek a pozitív és a negatív réteg között nyelődnek el. A fotonok a töltésüket ekkor átadják az elektronoknak melyek ezáltal szabadon mozoghatnak, így elektromos teret, és feszültséget létrehozva.

A napelemes rendszerek másik szerves része az inverter. Ez végzi a napelemek által termelt egyenáram átalakítását váltóárammá, hogy a háztartásban található fogyasztók hasznosítani tudják. Ez az áramátalakító eszköz kulcsfontosságú szerepet tölt be a teljes rendszer által megtermelt energiában. Az inverter bemenetére érkező egyenáramot az inverter elektronikus kapcsolói (általában tranzisztorok) szabályozott módon kapcsolgatják, így létrehozva a váltakozó áramot. A berendezés kimenetén lévő váltakozó áram frekvenciája és amplitúdója is szabályozható. Az DC-AC átalakításon felül az inverter kezeli a napelem panelek soros kapcsolása miatt keletkező magas egyenfeszültségeket is. Az invertereket többféleképpen csoportosíthatjuk. Ennek egyik módja az általa kibocsátott jel szerinti csoportosítás, mely szerint beszélhetünk: tisztán szinuszos-, módosított szinuszos-, trapéz- és négyszög jelalakról. A hálózatra csatlakozás egyik fő feltétele, hogy a szolgáltatói hálózat jel alakjával – ami tisztán szinuszos – megegyező legyen az inverter jelalakja is.

## **2.5. Szekunder oldali berendezések**

A hőleadók csoportjába tartoznak azok a szerkezetek, amelyek a központilag termelt hőt adják át közvetlenül a fűtendő helyiségeknek.

Alapvetően két csoportba tudjuk őket sorolni, a hőátadás módja alapján léteznek konvekció- és sugárzó elven működő berendezések. Azonban nem beszélhetünk tisztán konvekciós és tisztán sugárzós fűtőtestekről, mind a két típusba tartozó berendezéseknek van a másik csoportra jellemző fűtőhatása is. A fűtőtestek kialakításánál elsődleges cél, hogy a tartózkodási zónát a kívánt hőmérsékleten tartsák, valamint minél kisebb teret foglaljanak el, ne akadályozzák a helyiségben folytatott tevékenységeket, továbbá esztétikailag is a legkellemebb látványt nyújtsák.

A hőleadókat számos szempont figyelembevételével kell méretezni, majd a legalkalmasabbat kiválasztani. Ilyen fő szempontok a következők:

- fűtendő terület hőigénye,
- a hőhordozó közeg fajtája, nyomása és hőmérséklete,
- a fűtőtestek hőtéljesítmény-lépcsőzése fűtőfelület-kiosztás szempontjából,
- szabályozhatóság,
- felhasználható terület,
- esztétikai megjelenítés,
- hőleadó súlya, felszerelhetősége,
- mechanikai hatásokkal szembeni ellenállóképessége,
- karbantartási igénye,
- élettartam,
- bekerülési és üzemeltetési költségek. [4]

## **2.6. Konvekciós fűtőtestek**

Konvekciós fűtésnek nevezzük azt a fűtési folyamatot, melynél a fűtőtest először felmelegíti a helyiség levegőjét, majd ennek hatására a határoló szerkezeteket is. A legtöbb esetben a helyiség levegőjének hőmérsékletének növelése a természetes légáramlás útján megy végbe. Ezért fontos, hogy a fűtőtest közelében a levegő légáramlását különböző tárgyakkal ne akadályozzuk. Működése során a berendezés belsejében lévő levegő felmelegszik. A meleg levegő mindig felfelé áramlik, ezáltal a felszálló meleg levegő helyére a fűtőtest alatti hidegebb levegő kerül, ami felmelegszik és a korábbi folyamat ismétlődik, ezáltal külső mechanikus hatás nélkül megy végbe a légcseré. A leggyakrabban alkalmazott hagyományos konvekciós fűtőtestek a csőfűtőtestek, a konvektorok, a lapfűtőtestek és az elemes fűtőtestek.

Napjainkban nagyon elterjedt fűtési eszköz az úgy nevezett fan coil, mely nem csak fűteni, de hűteni is tud. Ennél az eszköznél a levegő mozgása nem magától megy végbe, hanem egy ventilátor segítségével. [4]

A következőkben azokat a konvekció elven működő hőleadó berendezéseket szeretném részletezni, melyek a későbbiek során, az összehasonlítandó rendszerekben felelnek a helyiségekben a megfelelő hőmérsékletért. Ezek a következők:

- csőfűtőtestek,
- lapfűtőtestek/táblás fűtőtestek.

### 2.6.1. Csőfűtőtestek

A csőfűtőtesteket két nagy csoportba tudjuk osztani: sima- és bordás csőfűtőtestek. Sima csőfűtőtestek esetén az elosztóhálózathoz használt csőanyag felhasználásával alakítják ki a hőátadó felületet oly módon, hogy vagy egy folytonos simacsőből hajtogatással vagy elágazásokon keresztül párhuzamos áramlási ágakkal szerelik. A folytonos elrendezést csőkígyónak, a párhuzamos kialakítást csőregiszternek nevezik. Ma már csak a kisebb fűtendő mellék helyiségekben használják, erre láthatunk egy példát egy, a fürdőszobákban gyakran alkalmazott törölközőszárító radiátorról az alábbi ábrán (10. ábra). [4]



10. ábra Törölközőszárítós radiátor (forrás: [9])

### 2.6.2. Lapfűtőtestek/Táblás fűtőtestek

A lapfűtőtestek keskeny, nagy felülettel rendelkező hőleadók. Felületük lehet sima, vagy valamilyen bordázattal ellátott. Készülhet többsoros, esetleg konvektorlemez kivitelben, mely során a fűtőfelület nagyságának növelését érhetik el. Esztétikailag jó

megjelenésűek, könnyen szerelhetők. Jelentős a sugárzó elven működő hőátadása, ezáltal a hőérzetet javítja. [4] A következő, 11. ábra egy ma igen elterjed típusú lapradiátort mutat be.



11. ábra Lapradiátor (forrás: [9])

## 2.7. Sugárzó fűtőtestek

Azt a fűtési folyamatot, melynél a fűtőtest nem közvetlenül a körülötte lévő levegőt melegíti fel, hanem a fűtendő helyiség határoló felületeit és az itt elhelyezkedő tárgyakat, majd ezek segítségével növeli a levegő hőmérsékletét, sugárzó fűtésnek nevezzük. Mivel nem közvetlenül a levegő hőmérsékletét növeljük, ezért alacsonyabb hőmérséklet érhető el, azonban a magasabb hőmérsékletű határoló felületeknek köszönhetően kellemesebb hőérzetet biztosít. A hővesztés a levegő hőmérséklet-különbségéből adódik, ezért a kevésbé hőszigetelt helyiségekben energiamegtakarítást lehet elérni.

A helyiségben nem foglal el plusz helyet, nem látható, ezáltal nem kell külön gondot fordítani az esztétikai kialakításra, felületi takarításra. A működés során a konvekciós elven működő berendezésekhez képest nagyon kicsi a légmozgás, ezáltal a lerakódott porréteget nem keringteti a levegőben, továbbá megakadályozza a felületi páralecsapódást. Azonban a rendszer kialakítása sokkal költségesebb, zavarérzékenyebb, az esetleges hibák felderítése és javítása körülményesebb.

A leggyakrabban alkalmazott sugárzó fűtőtesteket alapvetően két csoportba oszthatjuk: az épülettől független és az épületszerkezettel kapcsolatos sugárzók, melyek a következő alfejezetekben bemutatásra kerülnek. [4]



### 2.7.1. Épületszerkezettel kapcsolatos sugárzók

Az épületszerkezettel kapcsolatos sugárzókat a legtöbb esetben az épület építése közben kerülnek kialakításra, valamilyen felületfűtő rendszer formájában: mennyezet-, padló- és falfűtés.

Kivitelezéskor a mennyezet és a padlófűtés esetén a födémszerkezetbe csőkígyó kerül beépítésre, melyen keresztül valósul meg a fűtőközeg áramlása. Ha csak az adott helyiséget szeretnénk fűteni, akkor a csőhálózat fölé, illetve alá valamilyen hőszigetelő réteget és hővisszatükröző fóliát célszerű beépíteni. A padlóban kialakított rendszer (12. ábra) esetén sokkal kisebb hőlépcső kerül alkalmazásra a kellemetlen érzet kialakulása miatt, ami nem mellesleg egészségkárosító hatással is rendelkezne.



12. ábra Padlófűtés (forrás: [10])

Falfűtés esetén általában a külső falak belső vakolatába építik be a fűtőcsöveket. A csövek átmérője jellemzően pár milliméter, ezzel légtelenítési problémák a kapilláris jelenségnek köszönhetően ritkán jelentkeznek. [11]

### 2.7.2. Épülettől független sugárzók

Az épülettől független sugárzókat utólagosan szerelik be a megépült helyiségekbe, valamilyen sugárzóernyő formában, melyben magas hőmérsékletű fűtőközeg kering.

Leggyakrabban magas belmagasságú csarnokokban alkalmazzák. [11] Egy melegvizes sugárzóernyőt láthatunk a következő ábrán (13. ábra).



13. ábra Sugárzóernyő (forrás: [12])

Sugárzó elven működő berendezés az úgy-nevezett infrapanel, azonban ehhez a berendezéshez nem szükséges semmilyen fűtőközeget alkalmazni, mert az elektromos áramból állítja elő a szükséges hőmennyiséget. Az infravörös sugárzást használja fel ez a berendezés. A panelek jellemzően téglalap alakú, pár centiméter vastagságú villamos fűtőtestek, melyek több rétegből állnak. Fő részük az úgy-nevezett ellenállásos fűtőlappal, melynek köszönhetően éri el a működésükhöz szükséges 80-95 °C körüli hőmérsékletet. Hatásfokuk akár a 99%-ot is elérheti, mert a villamosenergia szinte veszteségmentesen alakul át hővé. [13]

### **3. Rendszerek bemutatása**

Az alábbi fejezetben elsőként a családi ház vizsgálat szempontjából lényeges tulajdonságait mutatom be, majd az épület éves hőfokhíd értéke kerül meghatározásra.

Ezt követően összeállítottam lehetséges alternatívákat a ház fűtési rendszerére a hőigény ismeretében, melyeknek meghatároztam a bekerülési költségét, majd az éves hőfokhíd felhasználásával az üzemeltetési költségét.

#### **3.1. Vizsgált épület**

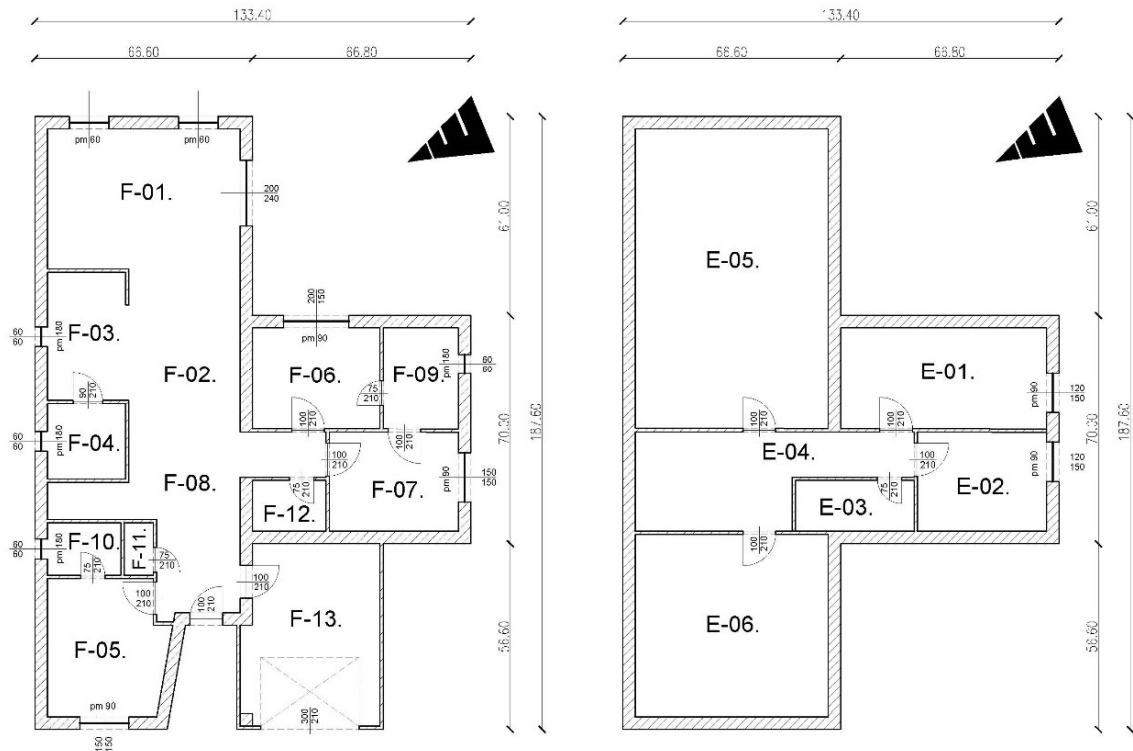
Az általam vizsgált épület egy Közép-Magyarországon található családi ház, ahol 2 szinten került lakótér kialakításra, a földszint és a tetőtér lett részlegesen beépítve. A földszinten található a nappali, a konyha, az étkező, 3 szoba és a kiszolgáló helyiségek, míg az emeleten 1 szoba, 1 félszoba és egy fürdőszoba. A hasznos, fűtendő alapterület összesen  $178,67 \text{ m}^2$ , melynek belmagassága a legtöbb helyen  $2,7 \text{ m}$ , ami körülbelül  $480 \text{ m}^3$  légtérfogatot jelent.

A dolgozatom megírásakor az épület hőveszteségének értéke már rendelkezésre állt. Ezen értéket és a helyiségek alapterületét felhasználva határoztam meg az egyes terek fajlagos hőszükségletét és éves hőigényét.

Következő, 14. ábrán látható az épület alaprajza, majd az ezt követő, 1. táblázat foglalja össze a rajzon sorszámmal megjelölt helyiségek megnevezését, alapterületét és az elérni kívánt hőmérsékletet.

1. táblázat Helyiségek és jellemzőik

Ssz.	Megnevezés	Alapterület [m <sup>2</sup> ]	Kívánt hőmérséklet [°C]
Földszint			
F-1.	Nappali	25,37	20
F-2.	Étkező	12,00	20
F-3.	Konyha	8,64	20
F-4.	Kamra	2,88	16
F-5.	Szoba 1	14,22	20
F-6.	Szoba 2	12,40	20
F-7.	Szoba 3	12,00	20
F-8.	Közlekedő	23,35	20
F-9.	Fürdőszoba 1	6,30	24
F-10.	Fürdőszoba 2	1,53	24
F-11.	WC	3,49	20
F-12.	Háztartási helyiség	3,05	12
F-13.	Garázs	20,92	-
Tetőtér			
E-1.	Szoba 4	13,23	20
E-2.	Szoba 5	8,00	20
E-3.	Fürdőszoba 3	2,73	24
E-4.	Közlekedő	7,99	18
E-5.	Padlástér 1	54,31	-
E-6.	Padlástár 2	32,80	-
<b>Σ</b>	<b>Összesen:</b>	<b>265,21</b>	<b>-</b>



14. ábra Az épület alaprajza

A következő alfejezetben elsőként a szükséges hőmennyiség meghatározásának módja kerül leírásra, majd ezt követően a vizsgált rendszereket mutatom be, melyek az előző fejezetben részletezett berendezések felhasználásával kerültek kialakításra.

### 3.2. Hőszükséglet

A dolgozatom során az épület hőszükségletének értéke a rendelkezésemre állt, mely a következő:

$$\dot{Q} = 9,39 \text{ kW}$$

A következő alfejezetekben azt szeretném bemutatni, hogy a hőszükséglet meghatározásának melyek a lényeges részei, azoknak milyen egyszerűsített számítási módjai vannak. Továbbá a vizsgálat tárgyát képező családi házra vonatkozó szerkezeti adatok is leírásra kerülnek.

A hőszükséglet alapvetően három részből tevődik össze:

- transzmissziós hővesztés-,
- filtráció-,
- hőnyereség számítása.

### 3.2.1. Transzmissziós hőveszteség

A transzmissziós hőveszteség magán az épületszerkezeten keresztül távozó hőt jelenti. Ezt minden épületszerkezetre meg kell határozni, külön a falakra, nyílászárókra és födémekre. Ezek összege adja meg az első számítási lépés eredményét. Az épület hőigényének számításához szükséges szerkezeteinek rétegrendje:

- Külső fal:
  - 2 cm homlokzatvakolat
  - 37,5 cm Ytong falazat
  - 1,5 cm belső vakolat
  - 2 réteg fehér diszperzit festés
- Hőszigetelt tető:
  - egyenes vágású téglavörös cserépfedés
  - 3/5 cm tetőléc
  - 5/6 cm ellenléc
  - 1 réteg tetőfólia (páraáteresztő)
  - 15 cm szálal hőszigetelés szarufa között
  - 1 réteg párazáró fólia
  - 5/5 cm burkolattartó főváz között 5 cm szálal hőszigetelés
  - 2 réteg tűzálló gipszkarton burkolat lécvázon

Első fontos lépése a hőátbocsátási tényező meghatározása, amely azt mutatja meg, hogy ha egy fal külső és belső oldala közötti légtér hőmérsékletkülönbsége 1 fok, akkor mennyi hő áramlik át 1 m<sup>2</sup> felületen a melegebb oldalról a hidegebb oldalra egy másodperc alatt. A hőátbocsátási tényező meghatározása többrétegű falon az alábbi képlet segítségével történik:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k}} * (1 + x)$$

ahol

- $U$  - hőátbocsátási tényező  $\left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$ ,
- $\alpha_b$  - belső hőátadási tényező  $\left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$ ,

- $\alpha_k$  - külső hőátadási tényező  $\left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$ ,
- $\delta_i$  - réteg vastagsága [m],
- $\lambda_i$  - hővezetési tényező  $\left[ \frac{\text{kW}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$
- $x$  - korrekciós tényező: [-].

Falak, nyílászárók és mennyezet általi transzmissziós hőveszteség meghatározható az alábbi összefüggéssel:

$$\dot{Q}_f = \sum A_i * U_i * (T_{b,i} - T_{k,i})$$

ahol

- $\dot{Q}_f$  - felület általi transzmissziós hőveszteség [kW],
- $A_i$  - határoló szerkezetek felülete (fal, mennyezet, nyílászáró) [m<sup>2</sup>],
- $U_i$  - hőátbocsátási tényező  $\left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$ ,
- $T_{b,i}$  - belső hőmérséklet [°C vagy K] (1. táblázat adatai alapján),
- $T_{k,i}$  - mértékadó külső hőmérséklet [°C vagy K] (Közép-Magyarország esetében -13 °C [6]).

Nagyobb kiterjedésű épületeknél, melyek közvetlenül a talajon fekszenek, a padlón keresztül eltávozó hőmennyiséget lehetőség van vonal menti hőátbocsátással számolni, mely során a padlót 2 m széles sávokra kell osztani, majd ezen sávok területével és a következő képlettel tudjuk meghatározni a veszteséget:

$$\dot{Q}_v = \sum A_{sáv} * U_{sáv} * (T_{b,i} - T_{k,i})$$

- $\dot{Q}_v$  - vonal menti transzmissziós hőveszteség [kW],
- $A_{sáv}$  - csatlakozási él hossz [m],
- $U_{sáv}$  - sáv hőátbocsátási tényezője, melynek értékei:

Sáv száma	$U_{sáv} \left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$
1.	0,47
2.	0,23
3.	0,12
Padló többi része	0,07

- $T_{b,i}$  - belső hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$  vagy  $\text{K}$ ] (1. táblázat adatai alapján),
- $T_{k,i}$  - mértékadó külső hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$  vagy  $\text{K}$ ] (Közép-Magyarország esetében  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  [6]).

Ezeket összegezve megkapjuk az épület teljes transzmissziós hőveszteségét:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_f + \dot{Q}_v$$

### 3.2.2. Filtrációs hőveszteség

A filtrációs hőveszteség a szándékos szellőztetés során és az épületszerkezet részein keresztül beszivárgó légcseré esetén jelentkezik, amikor a felmelegedett légtömeg helyet cserél a kinti, alacsonyabb hőmérsékletű levegővel, amit újra fel kell fűteni. Ennek számítási módja:

$$\dot{Q} = \frac{V * \rho_{lev} * c_{lev} * (T_b - T_k) * n}{3600}$$

ahol

- $V$  - helyiség térfogata [ $\text{m}^3$ ],
- $\rho_{lev}$  - Levegő sűrűsége [ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ],
- $c_{lev}$  - levegő fajhője [ $\frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}}$ ],
- $T_{b,i}$  - belső hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$  vagy  $\text{K}$ ] (1. táblázat adatai alapján),
- $T_{k,i}$  - mértékadó külső hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$  vagy  $\text{K}$ ] (Közép-Magyarország esetében  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  [6]),
- $n$  - légcsereszám [ $\frac{1}{\text{h}}$ ].

### 3.2.3. Hőnyereség

A számos veszteség mellett számolhatunk egy épület esetében hőnyereséggel is. Ez a legegyszerűbb esetben az épületben található elektromos gépek által előállított hő, például egy háztartásban a hűtőszekrény, mosógép vagy mosogatógép, vagy a konyhában



használatos tűzhelyek, melyek lehetnek elektromos vagy gáz üzeműek is. Emellett az ablakokon keresztül beszűrődő napfény besugárzása által nyert hőenergia és a helyiségben tartózkodó emberek és állatok által leadott hőmennyiség is számításba vehető.

### 3.2.4. Éves energiaigény meghatározása

Az éves energiaigény meghatározása az egyik legfontosabb lépés az éves üzemeltetési költség meghatározásához. Ezen érték, továbbá a tüzelőanyag fűtőértékének ismeretében meg tudjuk mondani, hogy a fűtési időszakra mekkora mennyiségű fűtőanyagot szükséges beszerezni.

Az éves energiaigényt az alábbi képlettel tudjuk meghatározni:

$$E_{\text{éves}} = \frac{24 \cdot 0,73 \cdot \dot{Q} \cdot G_{\text{évi}}}{t_b - t_k} \quad [2], \text{ ahol:}$$

- éves hőfokhíd:  $G_{\text{évi}} = 3061 \frac{C^\circ \cdot \text{nap}}{\text{év}} \quad [2]$
- az épületben tartandó átlagos belső hőmérséklet:  $t_b = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- a méretezési külső hőmérséklet:  $t_k = -13 \text{ }^\circ\text{C}$
- hőszükséglet:  $\dot{Q} = 9,39 \text{ kW}$

A számítás eredménye:

$$\begin{aligned} E_{\text{éves}} &= \frac{24 \cdot 0,73 \cdot \dot{Q} \cdot G_{\text{évi}}}{t_b - t_k} = \frac{24 \cdot 0,73 \cdot 9,39 \cdot 3061}{20 - (-13)} \\ &= 15\,262,14 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{év}} = 54\,943,704 \frac{\text{MJ}}{\text{év}} \end{aligned}$$

A következő pontokban fogom meghatározni közelítőlegesen a szükséges tüzelőanyag, felhasznált energia mennyiségét, ezután az üzemeltetés éves költségét, melyhez a 2023. májusi árakat veszem figyelembe.

### 3.3. Az összehasonlítás alapját képező rendszerek

A tervezés során a legelterjedtebb berendezéseket igyekeztem felhasználni, melyeket az előző fejezetben mutattam be. Ezek a következők:

- Primer oldalon:
  - gázkazán,
  - szilárdtüzelésű kazán,
  - hőszivattyú,
  - napelem.
- Szekunder oldalon:
  - radiátor,
  - padlófűtés,
  - elektromos radiátor,
  - infrapanel.

A bekerülési költségnél számításba vettem a szükséges berendezések piaci árát, melyet árajánlatok bekérésével határoztam meg. Az összehasonlítandó rendszerek szekunder oldalán lévő berendezéseket és a kialakításhoz felhasznált alapanyagok mennyiségét és árát gyakorlati tapasztalatok alapján határoztam meg. Ezen kívül az egyes rendszerek kialakításához szükséges szerelési költségek nem kerültek számbavételre, mert előzetes tapasztalatok alapján ezen értékek közelítőlegesen megegyeznek.

Az üzemeltetési költségnél azokat a felmerülő költségeket összegeztem, melyek a tüzelőanyag felhasználásáig keletkeznek. Ez magába foglalja magának a tüzelőanyagnak az árát és a rendelkezésre bocsátását, például alapidj, rendszerhasználati díj.

A bekerülési- és fenntartási költségek meghatározása érdekében árajánlatokat kértem be az egyes rendszerekre 2023. májusában. Az üzemeltetési költségek esetében a tüzelőanyagok bekerülési költségeinek meghatározásához szintén 2023. májusi adatok szolgáltak alapul.

### 3.3.1. Gázkazán radiátorral

A kazánokkal 75/55 °C-os fűtési melegvíz állítható elő. Ennek köszönhetően különböző szabályozott fűtési áramkörök kialakításával a helyiségek rendeltetésétől függően szekunder oldalon szinte bármilyen hőleadót alkalmazhatunk, de a legtöbb esetben a radiátoros és/vagy felületfűtéses megoldással szoktak élni a tervezők.

#### *Bekerülési költség*

A bekerülési költséget igen sok tényező befolyásolja. A legjelentősebb az épület környezetében lévő gázhálózat megléte. Ha az épület egy kiépített gázhálózat területén belül kerül elhelyezésre, akkor jelentősen kisebb kiépítési költséggel kell számolnunk, mint abban az esetben, ha a legközelebbi vételezésre alkalmas gázvezeték több kilométer távolságra található. A mi esetünk szerencsésnek tekinthető, mert a családi ház számára kijelölt telek már rendelkezik csatlakozással a gázhálózatra, ezért ezen költséggel nem kell számolnunk.

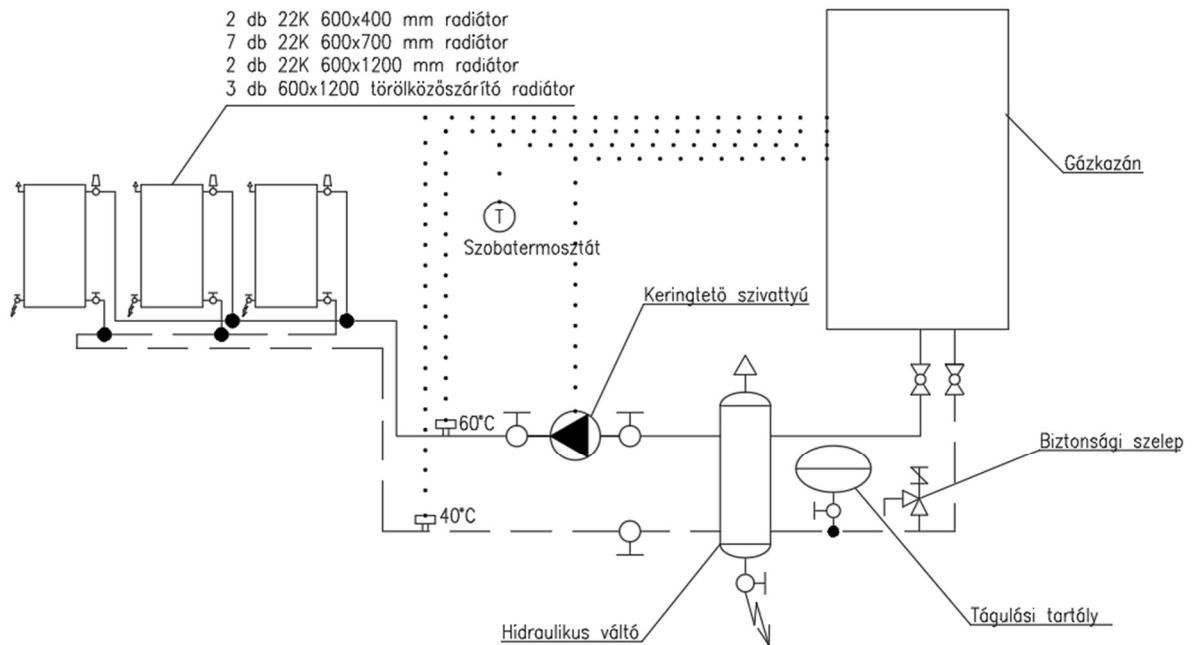
Gázkazán, vagy más típusú kazán alkalmazása esetén számos plusz berendezést szükséges beszerezni és rendszert kiépíteni. Az egyik legfontosabb az égéstermék elvezetésére szolgáló kémény kialakítása, mely a folyamatosan keletkező káros anyag, a füstgáz megfelelő eltávolítását és az égéshez szükséges levegő égéstérbe való bejutását segíti elő a huzathatásnak köszönhetően. A kémény bekerülési költségét a tervrajz ismeretében és az előzetes tapasztalatok alapján határoztam meg.

Ezen felül az egész fűtési rendszer megfelelő és gazdaságos működéséhez számos más berendezést szükséges beszerezni, ilyen például a szekunder rendszerhez tartozó tágulási tartály, hidraulikus váltó és keringtetőszivattyú, melyeknek árát árajánlat segítségével kaptam meg, míg a felhasznált csővezetékek, mérőórák és csapok értéke előzetes tapasztalatok alapján került becslésre.

Primer oldali berendezésként egy kondenzációs fal, fűtő gázkazánt választottam, melynek névleges teljesítménye 6,8-24 kW közötti.

Szekunder oldali rendszer esetén minden helyiségben radiátor került elhelyezésre. A radiátorok kiválasztásánál arra törekedtem, hogy a helyiségek hőszükségletét is figyelembe véve, megközelítőleg azonos típusú és méretű radiátorok kerüljenek tervezésre. Ezért a fürdő és mosdóhelyiségekben törölközőszárító radiátorral, míg a többi helyiségben 22K típusú acéllemez radiátorokkal számoltam.

A rendszer kapcsolási vázlatát a főbb egységek megnevezésével a 15. ábra szemlélteti.



15. ábra Gázkazánnal és radiátorokkal rendelkező rendszer kapcsolási vázlatja

A bekerülési költséget meghatározó fő elemek árát a következő, 2. táblázat foglalja össze. Ezen rendszerhez tartozó bekért árajánlat az 1. számú mellékletben található.

2. táblázat Bekerülési költség – Gázkazán radiátorral

Típus	Költség [Ft]
Gázkazán	289 995
Kémény	60 000
Egyéb primer oldalhoz tartozó berendezések	89 244
Szekunder oldal kiépítése	374 406
Egyéb	500 000
<b>Összesen:</b>	<b>1 313 645</b>

A 2. táblázat összegzett sorában látható, hogy a bekerülési költség gázkazán és radiátorral rendelkező rendszer esetén hozzávetőlegesen 1,3 millió Ft.

### **Üzemeltetési költség**

Üzemeltetési költség alatt azon költségeket összegzem, melyek a szükséges hőenergia előállításakor keletkeznek. Jellemzően ez az egy évben összesen felhasznált tüzelőanyag értékét jelenti. Ehhez hozzáadódik a gázhálózat használatául szolgáló alapidj.

A fűtési időszakban elhasznált gáz mennyiségét és értékét a következő módon határoztam meg:

1 m<sup>3</sup> gáz fűtőértéke 34,87 MJ és ára 104,7 Ft. [14]

$$V_{\text{gáz}} = \frac{15\,262,14}{34,87} = 1\,575,67 \text{ m}^3$$

Az egy évben felhasznált gáz költsége:  $1\,575,67 * 104,7 = 164\,973 \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$

3. táblázat Üzemeltetési költség – Gázkazán radiátorral

Típus	Költség [Ft]
Felhasznált tüzelőanyag	164 973
Alapidj	11 674
<b>Összesen:</b>	<b>176 647</b>

Az üzemeltetési költség ezen számítások alapján megközelítőleg egy évben összesen 177 000 Ft (3. táblázat).

### **3.3.2. Vegyestüzelésű kazán radiátorral**

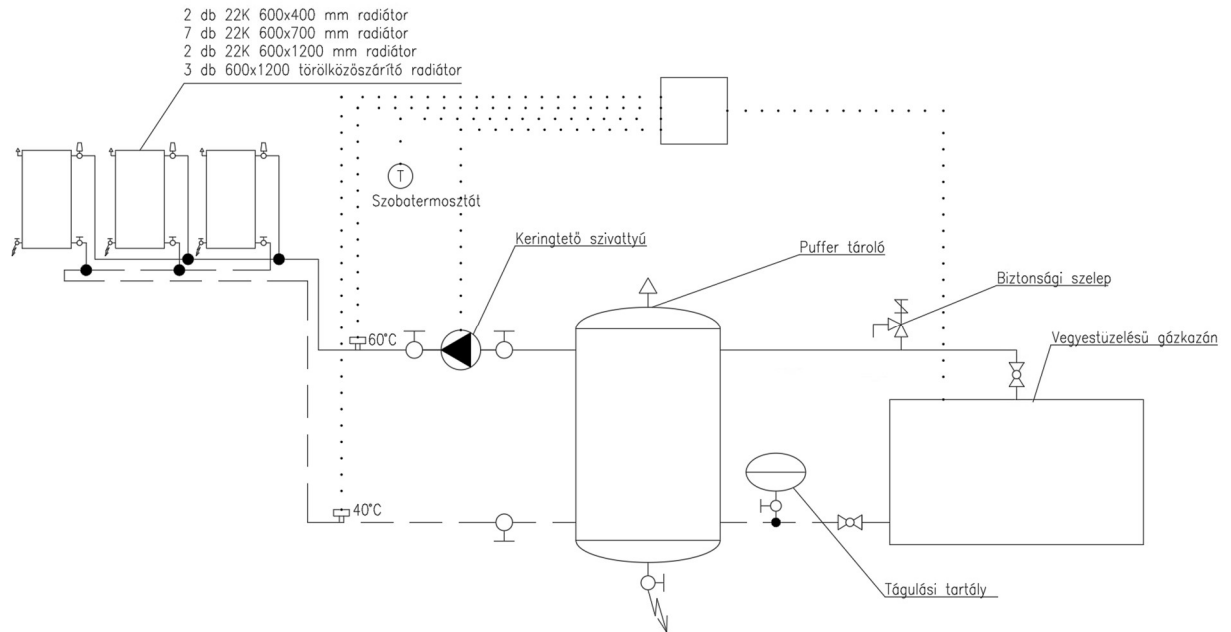
A vegyestüzelésű kazánokkal 75/55 °C-os fűtési melegvíz állítható elő, a gázkazánal azonos szekunder rendszer építhető ki. Jelen vizsgálat során a vegyestüzelésű kazánhoz a szekunder oldalon szintén radiátoros hőleadó berendezéseket alkalmaztam.

### **Bekerülési költség**

A primer oldal esetén kazánként egy 18 kW névleges teljesítménnyel rendelkező vegyestüzelésű kazánt választottam, továbbá a primer oldalhoz tartozó berendezések között szerepel a keringtető szivattyún és a tágulási tartályon kívül egy 100 l térfogatú puffertároló. A kémény bekerülési költségét az előző rendszerhez hasonlóan, a tervrajz ismeretében és az előzetes tapasztalatok alapján határoztam meg.

A bekerülési költség számításánál az előző, 3.3.1 fejezetben leírtakkal megegyező tételeket vettem figyelembe a szekunder oldal kiépítésénél.

A rendszer kapcsolási vázlatát a főbb egységek megnevezésével a 16. ábra szemlélteti.



16. ábra Vegyesztüzelésű kazánnal és radiátorral rendelkező rendszer kapcsolási vázlata

A bekerülési költséget meghatározó fő elemek ára a következő, 4. táblázat foglalja össze. Ezen rendszerhez tartozó bekért árajánlat a 2. számú mellékletben található.

4. táblázat Bekerülési költség – Vegyesztüzelésű kazán radiátorral

Típus	Költség [millió Ft]
Vegyesztüzelésű kazán	329 990
Kémény	200 000
Egyéb primer oldalhoz tartozó berendezések	270 119
Szekunder oldal kiépítése	374 406
Egyéb	500 000
<b>Összesen:</b>	<b>1 674 515</b>

A 4. táblázat összegzett sorában látható, hogy a bekerülési költség vegyesztüzelésű kazán és radiátorral rendelkező rendszer esetén körülbelül 1,7 millió Ft.

## ***Üzemeltetési költség***

Üzemeltetési költség alatt azon költségeket összegzem, melyek a szükséges hőenergia előállításakor keletkeznek. Jellemzően ez az egy évben összesen felhasznált tüzelőanyag értékét jelenti. A vegyestüzelésű kazánokban szinte bármilyen szilárd anyagot el lehet égetni. Ez a legtöbb esetben zöldhulladék, tűzifa vagy szén. A tüzelőanyagok legfontosabb jellemzői a következők:

- összetétel,
- fűtőérték,
- egységnyi tüzelőanyag elégetésekor elméletileg keletkező füstgáz mennyisége,
- elégetéshez szükséges elméleti levegőmennyiség,
- a keletkező füstgázok maximális CO<sub>2</sub> tartalma.

A tűzifa minőségét nagyon sok tényező befolyásolja. Nem minden fafajta alkalmas a hatékony tüzelésre, a keményfafajtákban a legnagyobb az egységnyi térfogatra eső a tiszta faanyag mennyisége. Keményfának számít az a fa, amelynek sűrűsége meghaladja az 500 kg/m<sup>3</sup>-t, melynek köszönhetően magasabb fűtőértékük van, mint a puhafáknak. Továbbá a nagyobb sűrűség miatt hosszabb ideig égnek és a parázstartásuk is jobb.

A legmagasabb fűtőértéke a cser tűzifának van, melynek értéke légszáraz állapotban 16,8 MJ/kg. Ezt követi a kőris, bükk és gyertyán.

Az egyik legfontosabb tulajdonsága a tüzelőanyagoknak a fűtőérték mellett a nedvességtartalom. Minél nagyobb a tűzifa nedvességtartalma, annál rosszabb a fűtőértéke, mert a legtöbb energia ekkor a víz elpárologtatására fordítódik. Az ideális tűzifa nedvességtartalma 20% alatt van. [2]

Vegyestüzelésű kazán alkalmazása esetén a tüzelőanyagot minden esetben a felhasználás helyére kell szállítani, azt tárolni, továbbá a felhasználáshoz szükséges méretűre és minőségűre szükséges hozni, amely során jelentős költség keletkezhet.

A fűtési időszakban elhasznált tüzelőanyag mennyiségét és értékét a következő módon határoztam meg:

Fa átlagos fűtőértéke: 2000 kWh/m<sup>3</sup>, konyhakész tűzifa ára 30 000 Ft/m<sup>3</sup>.

Szükséges tüzelőanyag mennyisége:

$$m_{fa} = \frac{15262,14}{2000} = 7,6311 \text{ m}^3$$

Az éves üzemeltetési költség:

$$7,6311 * 30\,000 = 228\,932 \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

### 3.3.3. Hőszivattyú padlófűtéssel

Hőszivattyú alkalmazása a környezetkímélő megoldások közé tartozik, mert nincs füstgáz kibocsátása, ezért a hőszivattyúk jelentős mértékben hozzájárulnak az épületek karbon-semlegességéhez.

Hőszivattyú alkalmazásával egy rendszerrel megoldható a fűtő- és a hűtőenergia ellátás, nem szükséges külön fűtési és hűtési rendszert kiépíteni. A jelen dolgozatban, csupán a hőenergia előállítását szolgáló berendezéseket veszem számításba a jobb összehasonlíthatóság érdekében.

A háztartásokban a leggyakrabban alkalmazott hőszivattyú típus a levegős hőszivattyú a viszonylag alacsony bekerülési költségének köszönhetően. Ez esetben a hőforrás a környezeti levegő, télen a kültéri levegő tovább hűtésével nyert hővel állítja elő a szükséges hőmennyiséget. Mivel a kültéri egység tovább hűti a környezet levegőjét, ezért előfordul, hogy a berendezésen lecsapódott víz megfagy, amit időszakonként le kell olvasztani a hőcserélőről. A leolvasztási idő eltérő lehet, mely függ a levegő páratartalmától és a külső hőmérséklettől. Ez idő alatt a berendezés a hőenergiát a keletkezett jég leolvasztására fordítja, nem az épület fűtésére, azaz ez idő alatt a hőszivattyú nem ad át hőt a fűtési rendszernek. Ezen rövid üzemszünet alatt a levegő-víz hőszivattyús rendszereknél a hidraulikai hálózatba beépített puffertartály biztosítja a szükséges fűtési melegvizet, ezáltal nem érzékelhető a leállás.

A hőszivattyúval -15 °C külső hőmérséklet mellett maximum 45 °C előre menő fűtővíz hőmérséklettel tudunk tervezni, ezért a legalkalmasabb szekunder oldali berendezés



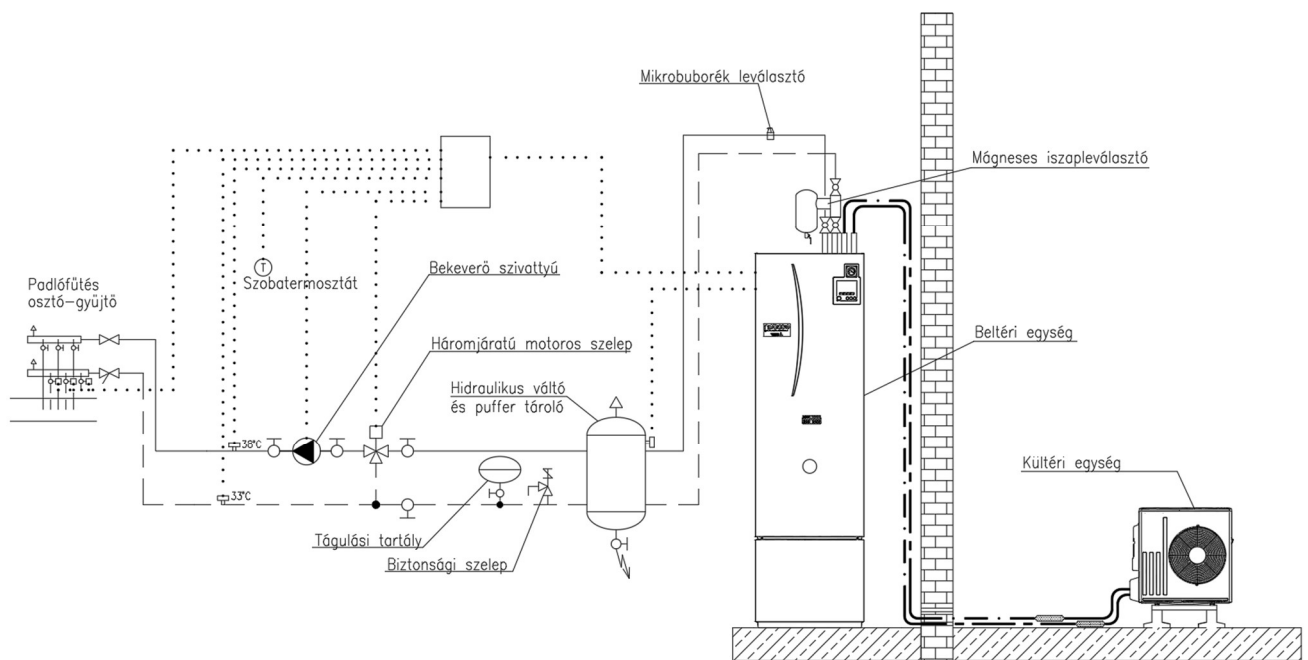
valamilyen felületfűtő megoldás lehet. Leggyakrabban a háztartásokban padlófűtést és fan coilt alkalmaznak a helyiségek hőmérsékletének emelésére és fenntartására.

### ***Bekerülési költség***

A bekerülési költség meghatározásánál a fő költség a hőszivattyú beszerzése, mely esetünkben egy 13,5 kW névleges teljesítményű osztott levegő-víz hőszivattyú. Ezen kívül szükséges még a primer oldalhoz tartozóan egy keringtető szivattyú, egy tágulási tartály és egy puffertartó.

Szekunder oldali rendszerként az egész épületben padlófűtést alkalmaztam a fűtendő helyiségekben, melynek bekerülési költségét előzetes tapasztalatok alapján határoztam meg.

A rendszer kapcsolási vázlatát a főbb egységek megnevezésével a 17. ábra szemlélteti.



17. ábra Hőszivattyúval és padlófűtéssel rendelkező rendszer kapcsolási vázlat

A bekerülési költséget meghatározó fő elemek árát a következő, 5. táblázat foglalja össze. Ezen rendszerhez tartozó bekért árajánlat a 3. számú mellékletben található.

5. táblázat Bekerülési költség – Hőszivattyú padlófűtéssel

Típus	Költség [millió Ft]
Hőszivattyú	3 546 000
Egyéb primer oldalhoz tartozó berendezések	488 152
Padlófűtés és tartozékai	650 000
<b>Összesen:</b>	<b>4 684 152</b>

A bekerülési költség hőszivattyúval és padlófűtéssel rendelkező rendszer esetén nagyságrendileg 4,7 millió Ft.

**Üzemeltetési költség**

Üzemeltetési költség alatt azon költségeket összegzem, melyek a szükséges hőenergia előállításakor keletkeznek. Jelen esetben a felhasznált villamos energia mennyiségét jelenti, melyet a következőképpen határoztam meg:

Választott hőszivattyú szezonális COP értéke: 3,13

Szükséges elektromos áram:

$$\frac{15262,14}{3,13} = 4876,08 \text{ kWh}$$

1kWh elektromos áram ára: 36,9 Ft

Az éves üzemeltetési költség:

$$4876,08 * 36,9 = 179\,927 \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

**3.3.4. Napelem elektromos radiátorral és infrapanellel**

A napelemek elektromos áramot állítanak elő Napból érkező fény energiájából, mellyel megoldható egy épület elektromos energia ellátása. A megtermelt villamos energia felhasználható minden olyan berendezés működtetésére, ami hálózati feszültségről üzemeltethető.

1 m<sup>2</sup> napelem felülettel hozzávetőlegesen 150 W energia nyerhető, ill. 1 kW energia kb. 7 m<sup>2</sup> napelem felülettel biztosítható. Egy családi házon maximum 50kW teljesítményű

napelemrendszer telepíthető, ennél nagyobb már erőműnek minősül és különböző engedélyek beszerzése szükséges.

### ***Bekerülési költség***

Jelen dokumentum vizsgálatát képező rendszer során csupán a fűtésre fordítandó energiát állítjuk elő, az elektromos berendezések energiaigénye nem kerül számításba a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében. Ezen energia előállítását a napelemes rendszer teljes egészében biztosítja, mely során 14 kWp teljesítményű rendszer telepítése szükséges, melynek várható éves termelése 16 800 kWh lesz. A rendszer 35 db 400 Wp teljesítményű monokristályos panelből áll, melyek úgynevezett „half-cut” technológiával készülnek, aminek köszönhetően átlagosan 5-10 Wp kimeneti teljesítménynövelés érhető el. A mai trendeknek megfelelően a napelempanel kinézetét tekintve fekete kerettel és hátlappal rendelkező panelek kerültek tervezésre. A rendszer hatékony működéséhez szükség van a panelek alatt elhelyezett teljesítményoptimalizálókra, melyek a rendszer teljesítményének jobb kihasználását és felügyeletét teszik lehetővé, valamint a rendszer kikapcsolt állapotában érintésvédelmi szempontjából sem elhanyagolható a teljesítményoptimalizáló. A tervezett rendszer működéséhez egy SolarEdge márkájú 10 kW teljesítményű inverter került elhelyezésre, amely a téli termelésre is optimalizálva túlpanelezésre került. Az inverter funkciói között megtaláljuk jelen esetben a napelem panelenkénti termelés monitorozását éves, havi, napi vagy akár órás lebontásban, az inverterhez tartozó telefonos applikáción keresztül. Ezen applikációnak köszönhetően a telepítők távoli eléréssel is tudják ellenőrizni a rendszer működését és kisebb beavatkozásokkal javítani a termelést. Az inverter egyik nagy előnye, hogy a más SolarEdge márkájú termékekkel, amelyek a lakóházon belül helyezkednek el saját zárt Zibee hálózaton képesek egymással kommunikálni.

Szekunder oldali rendszerként, mely a hőenergia előállításáért és a hő leadásáért is felel, nappali tartózkodási terekben és a fürdőszobában infrapanel, míg a hálósobákban elektromos radiátor került tervezésre.

A bekerülési költséget meghatározó fő elemek ára a következő, 6. táblázat foglalja össze. Ezen rendszerhez tartozó bekért árajánlat a 4. és az 5. számú mellékletben található.

6. táblázat Bekerülési költség – Napelem elektromos radiátorral és infrapanellel

Típus	Költség [Ft]
Napelemes rendszer	6 150 031
Infrapanel	949 000
Elektromos radiátor	199 945
<b>Összesen:</b>	<b>7 298 976</b>

A bekerülési költség napelemmel és elektromos fűtéssel rendelkező rendszer esetén nagyságrendileg 7,3 millió Ft.

### ***Üzemeltetési költség***

Napelemes rendszer alkalmazása esetén a fűtésre fordítandó elektromos energia igényt teljes egészében kielégíti a tervezett rendszer, csupán az éves rendszerhasználati díjat szükséges kifizetnünk. Ennek összegét a betermelt és felhasznált elektromos energia függvényében számítják ki, ezért pontos értékét nem lehet megadni, ezért ebből adódóan ezt a hasonló nagyságú, már működő rendszerek tapasztalatai alapján határoztam meg.

Az éves üzemeltetési költség:  $50\,000 \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$

### **3.3.5. Napelem és hőszivattyú padlófűtéssel**

#### ***Bekerülési költség***

A hőszivattyú és a napelemes rendszer jellemzői a 3.3.3 és a 3.3.4 fejezetben bemutatásra kerültek, ezért ebben az alfejezetben ezek nem kerülnek ismertetésre. A különbség az, hogy hőszivattyú alkalmazása esetén kisebb napelemes rendszer telepítése szükséges, jelen esetben 5,6 kWp teljesítményű került tervezésre, melynek éves termelése 6 720 kWh. A napelempanelek tulajdonságai megegyeznek a 3.3.4. fejezetben leírtakkal, melyből a kívánt energia előállításához 14 db napelempanelre van szükség. A tervezett rendszer működéséhez egy SolarEdge márkájú 7 kW teljesítményű inverter került elhelyezésre.

A bekerülési költséget meghatározó fő elemek árát a következő, 7. táblázat foglalja össze. Ezen rendszerhez tartozó bekért árajánlat a 3. és az 6. számú mellékletben található.

7. táblázat Bekerülési költség – Napelem és hőszivattyú padlófűtéssel

Típus	Költség [Ft]
Napelemes rendszer	2 562 638
Hőszivattyú	3 546 000
Egyéb primer oldalhoz tartozó berendezések	488 152
Padlófűtés és tartozékai	650 000
<b>Összesen:</b>	<b>7 176 000</b>

A bekerülési költség napelemmel, hőszivattyúval és padlófűtéssel rendelkező rendszer esetén nagyságrendileg 7,1 millió Ft.

### ***Üzemeltetési költség***

Jelen esetben az üzemeltetési költséget a 3.3.4 fejezetben ismertetett, napelemes rendszerhez köthető villamoshálózati rendszerhasználati díj kerül számításra, mely a rendszer nagyságának köszönhetően kevesebb lesz ebben az esetben, mint az elektromos fűtéshez köthető napelemes rendszerénél.

A napelemes rendszer méretével arányosítva az éves üzemeltetési költség:

$$\frac{6\,720 \cdot 50\,000}{16\,800} = 20\,000 \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

## 4. Összehasonlítás

A rendszerek összehasonlítását elsőként egy komplex összeméréssel szeretném kezdeni, mely során az általam fontosnak tartott kritériumok alapján versenyeztetem meg az alternatívákat. Ezt követően a bekerülési- és az üzemeltetési költségek szempontjából szeretném folytatni a rendszerek összehasonlítását és levonni a végső következtetést.

A következőkben az egyes alternatívaként létrehozott rendszereket a könnyebb azonosíthatóság érdekében a következő betűjelekkel fogom szerepeltetni:

- A. Gázkazán radiátorral
- B. Vegyestüzelésű kazán radiátorral
- C. Hőszivattyú padlófűtéssel
- D. Napelem elektromos radiátorral és infrapanellel
- E. Napelem és hőszivattyú padlófűtéssel

### 4.1. Komplex összemérés

A komplex összemérés során elsőként megfogalmaztam az általam fontosnak tartott kritériumokat, melyeket fontossági sorrend szerint a 8. táblázat foglalja össze. A táblázatban szerepel még az általam megítélt fontosságuk 1-től 10-ig terjedő skálán, továbbá a vizsgálat során használt súlyszámok is feltüntetésre kerültek. A súlyszámok kialakításánál az adott kritérium fontosságának értékét osztottam el az összegzett fontossággal, melyeket összeadva 1 értéket kapunk.

8. táblázat Követelményjegyzék

Sorrend	Követelmény	Fontosság	Súlyszám
1.	Megbízhatóság	10	0,17544
2.	Bekerülési költség	9	0,15789
3.	Üzemeltetési költség	9	0,15789
4.	Élettartam	8	0,14035
5.	Környezeti terhelés	6	0,10526
6.	Üzemeltetés egyszerűsége	5	0,08772
7.	Fűtés gyorsasága	4	0,07018
8.	Karbantartási igény	3	0,05263
9.	Komplexitás	2	0,03509
10.	Hanghatás	1	0,01754
<b>Összesen:</b>		<b>57</b>	<b>1</b>

A megbízhatóság jelentősége és szerepe kiemelt fontosságú az ilyen rendszereknél. Jelen esetben a megbízhatóság azon részére gondoltam elsősorban, amely a zavartalan működést biztosítja. Minél kevésbé zavarérzékeny az adott rendszer, minél kisebb a meghibásodásra alkalmas alkatrészeinek száma és a tönkremenetelnek a lehetősége, annál jobb értékelést kap.

A bekerülési- és üzemeltetési költségeket az előző fejezetben részleteztem az egyes rendszerek bemutatásánál, melyekre egy-egy meghatározott összeget kaptam, amelyek szám szerint szerepelnek az összehasonlítás során.

A környezeti terhelés értékelésénél azt vettem számításba, hogy az adott energiatermelő rendszer működése során mennyire károsítja a természetet. A hulladék kezelését nem vettem számításba.

Az üzemeltetés egyszerűsége pontnál a működtetéshez szükséges általános, minden üzemeltetés során végrehajtandó emberi munka szükségességét és az elvégzendő feladat bonyolultságát vettem figyelembe. Minél nagyobb mértékben szükséges az üzemeltetés során beavatkozni, annál rosszabb értékelést kapott az adott rendszer.

A fűtés gyorsaságánál azt vettem figyelembe, hogy az adott rendszer milyen gyorsasággal képes felfűteni egy adott helyiséget a kívánt hőfokra. Minél gyorsabban végbe megy ez a folyamat, annál jobbnak tekinthető a rendszer.

A karbantartási igénynél azt vizsgáltam, hogy mennyire szükséges és milyen mértékben kell a rendszer adott részén időszakosan karbantartásokat, javításokat végezni, hogy a folyamatos, megbízható működés biztosítva legyen. Ilyen karbantartási igény lehet az éves felülvizsgálat során elvégzendő javítások és a legjobb hatásfokú működés eléréséhez szükséges tisztítások. Minél ritkábban, minél kisebb beavatkozást kell elvégezni, annál jobbnak számít jelen esetben.

A komplexitás során azt vizsgáltam, hogy az adott rendszer milyen fő- és alrendszerekből áll, azok szerelhetősége mennyire bonyolult. Egy esetleges meghibásodás során mennyire nehéz feltárni a hiba okát és arra mennyire nehéz a legjobb megoldást találni. Minél egyszerűbb a rendszer felépítése, minél könnyebben fényt lehet deríteni a meghibásodás okára és azt minél egyszerűbb javítani, annál jobbnak ítéltém.

Végezetül a hanghatást azért tartottam fontosnak szerepeltetni a választást befolyásoló kritériumok között, mert ez jelentősen érinti az ott élőket. A hőszivattyú működése közben a kompresszor és a kültéri egységben található ventilátor forgása közben keletkező hangtás igen jelentős. Azaz minél hangosabb egy berendezés, annál rosszabb értékelést kapott.

A következő, 9. táblázat foglalja össze az egyes rendszerek értékelését és meglévő adatait. A kvalitatív értékelés során az öt alternatívát egymáshoz viszonyítva minősítettem.



9. táblázat A rendszerek összehasonlítása – követelményjegyzék szerinti értékelés

Sorrend	Követelmény	Rendszerek				
		A	B	C	D	E
1.	Megbízhatóság	Jó	Nagyon jó	Átlagos	Átlagos	Kevésbé jó
2.	Bekerülési költség [millió Ft]	1,314	1,675	4,684	7,299	7,176
3.	Üzemeltetési költség [Ft]	176 647	228 932	179 927	50 000	20 000
4.	Élettartam [év]	15	20	10	10	10
5.	Környezeti terhelés	Átlagos	Kevésbé jó	Jó	Kevésbé jó	Nagyon jó
6.	Üzemeltetés egyszerűsége	Nagyon jó	Kevésbé jó	Nagyon jó	Nagyon jó	Nagyon jó
7.	Fűtés gyorsasága	Jó	Jó	Kevésbé jó	Nagyon jó	Kevésbé jó
8.	Karbantartási igény	Átlagos	Magas	Alacsony	Nagyon alacsony	Alacsony
9.	Komplexitás	Átlagos	Alacsony	Magas	Nagyon magas	Nagyon magas
10.	Hanghatás	Jó	Jó	Nem jó	Nagyon jó	Nem jó

Úgy gondolom a felsorolt rendszerek közül a legmegbízhatóbb a vegyestüzelésű kazánal felszerelt rendszer, mert a felépítéséből adódóan a legegyszerűbb és a lehetséges tüzelőanyag fajtája is széles skálán mozog, ezáltal egyszerűbb is beszerezni azt. A gázkazán került a második helyre, mert hasonló az előzőekben említett rendszerhez a felépítése, de a mai gázkazánok bonyolult elektronikai vezérléssel vannak ellátva, amiből fakadóan megbízhatósága kissé csökken a vegyestüzelésű rendszerhez képest. A hőszivattyú a gázkazánhoz hasonlóan nagyon sok elektronikai alkatrészből áll, ezen felül még sok mozgó alkatrészt is tartalmaz, így a mozgásból eredő kopások is csökkentik a megbízhatóságát, ezért kapott alacsonyabb minősítést. Maga a napelem panel megbízhatósága a vizsgált berendezések közül a legjobbnak mondható, azonban rendszerszinten tekintve az inverter felépítését és összetettségét tekintve a legbonyolultabb eszközök közé tartozik, de ennek ellenére a többi szempontot is figyelembe véve a megbízhatóságát a hőszivattyúéhoz hasonlóan ítélem. Az utolsó rendszerem, amely hőszivattyúból és napelemes rendszerből

is áll, a két rendszer összetettségéből adódóan végzett az utolsó helyen, azonban mégsem sorolható a „nem jó” kategóriába.

Károsanyag kibocsátás szempontjából a vegyestüzelésű kazánt soroltam a legrosszabb helyre, mert a működése során füstgáz keletkezik, amit a környezeti levegőbe juttat. Ehhez hasonlóan a gázkazán is főként széndioxidot bocsát ki, azonban a füstgáz koromtartalma alacsonyabb, mint a vegyestüzelésű kazánnak. A hőszivattyú működése során a közvetlen károsanyag-kibocsátása szinte nulla, azonban az elfogyasztott villamos energia előállítása többnyire valamilyen szénhidrogén alapú erőműhöz köthető. Emellett valamilyen esetleges szivárgás esetén a környezetbe kikerülő klímagáz nagymértékben károsítja a felsőbb légköröket. A napelemes rendszer működése során a környezeti terhelése nulla. Azonban itt megemlíteném a gyártási folyamatot. A napelem panelek előállítása során nagy mennyiségű bányászott ércre van szükség, aminek már csak a bányászata nagy környezeti terhelést okoz. Ezek után a napelem panel elkészítéséhez nagy mennyiségű víz felhasználása szükséges, ami megint csak nagy környezeti terhelést jelent.

Az üzemeltetés során egyedül a vegyestüzelésű rendszernél szükséges nagyobb mértékű külső beavatkozás, mert a háztartásokban alkalmazott kazánoknál az esetek nagy részében manuálisan kell a tüzelőanyagot a tüztérbe juttatni és a működését folyamatosan figyelemmel kísérni. A többi rendszer esetében csupán a kívánt hőmérsékletet szükséges beállítani és a rendszerek automatikusan szabályozzák a működésüket.

A fűtés gyorsaságát tekintve radiátorok és padlófűtés alkalmazása esetén a fűtőközeget minden esetben fel kell melegíteni, ami jelentősen lelassítja a folyamatot. A radiátorok esetében az előremenő víz hőmérséklete és a hőfoklépcső is jóval magasabb a padlófűtéshez képest, továbbá a padlófűtés tehetetlensége is nagyobb, mert elsőként a padló burkolatát kell felmelegítenie. Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően az adott helyiséget a két berendezés közül a leggyorsabban a radiátoros rendszerek képesek a kívánt hőmérsékletre hozni. Az infrapanel és az elektromos radiátor fűtési gyorsaságát tekintve a legjobbnak mondható, mivel nem szükséges a többi fűtési rendszerben szereplő fűtőközeg felmelegedését megvárni, közvetlenül a szoba hőmérsékletét igyekeznek emelni.

Karbantartási igényt tekintve a vegyestüzelésű kazán tekinthető a legrosszabbnak, mivel az időszakos kéménytisztításon kívül folyamatosan gondoskodni kell a keletkezett szilárd égéstermék eltávolításáról. A gázkazán és a hőszivattyú esetében minden fűtési szezon előtt szükséges egy ellenőrzést és tisztítást végezni a berendezéseken. A napelemes

rendszerek karbantartási igénye elenyészőnek mondható, mert karbantartást szinte egyáltalán nem igényelnek, csupán időközönként kell ellenőrizni a túlfeszültség levezetőik állapotát, ami csekély időt vesz igénybe.

Komplexitást tekintve a vegyestüzelésű kazánal ellátott rendszer mondható a legkevésbé bonyolultnak a felépítését és működését tekintve. Ezután következik a gázkazán radiátorral, mert rendelkezik az előzőekben említett elektronikus rendszerrel. Mind primer, mind szekunder oldalon bonyolultságát tekintve a több keringtetőszivattyúból, termofejekből, termosztátokból álló hőszivattyúval rendelkező rendszer összetettsége igen magas. A napelemes rendszer önmagát tekintve a legkomplexebb rendszer, ehhez társul az elektromos radiátor és infrapanel összetettsége, így ez a rendszer több meghibásodási lehetőséggel rendelkezik, mint az előzőekben felsorolt rendszerek bármelyike.

A napelemes rendszer szinte semmilyen hangot nem bocsát ki, az inverter hűtő ventilátorának zúgása és a magasfrekvenciás halk sípolásán kívül, ami nagyon kevés esetben hallható. A kazánok az égéshez szükséges hangatást bocsátják ki, amihez a keringtetőszivattyú minimális hanghatása is hozzáadódik. A hőszivattyú működése közben a kültéri egységben található ventilátor forgása közben keletkező hangatás igen jelentős.

A 9. táblázatban szereplő összehasonlítandó adatok eltérőek, szerepelnek számok és szöveges értékelések is. Ezeket az értékeket egységesíteni szükséges a megfelelő összehasonlítás érdekében, ezért a szövegesen szereplő adatokat az 10. táblázat alapján pontosítottam, azaz minél kedvezőbben teljesíti az adott kritériumpontot, annál magasabb értéket kap a minősítés során. A kvalitatív szempontok számszerűsített értékeit a 11. táblázat foglalja össze.

10. táblázat Kvalitatív szempontok számértékei

Megnevezés	Pontérték
Nem jó/Nagyon magas	1
Kevésbé jó/Magas	3
Átlagos	5
Jó/Alacsony	7
Nagyon jó/Nagyon alacsony	9

11. táblázat A rendszerek összehasonlítása – kvalitatív szempontok számszerűsítése

Sorrend	Követelmény	Rendszerek				
		A	B	C	D	E
1.	Megbízhatóság	7	9	5	5	3
2.	Bekerülési költség [millió Ft]	1,314	1,675	4,684	7,299	7,176
3.	Üzemeltetési költség [Ft]	176 647	228 932	179 927	50 000	20 000
4.	Élettartam [év]	15	20	10	10	10
5.	Környezeti terhelés	5	3	7	3	9
6.	Üzemeltetés egyszerűsége	9	3	9	9	9
7.	Fűtés gyorsasága	7	7	3	9	3
8.	Karbantartási igény	5	3	7	9	7
9.	Komplexitás	5	7	3	1	1
10.	Hanghatás	7	7	1	9	1

A nagyságrend egységesítése érdekében az előzőleg pontszámmá alakított kvalitatív szempontok értékeit megfelelő nagyságúra kell transzformálnunk. Ebben az esetben minél magasabb a pontszám, annál kedvezőbb az adott alternatíva, ezért az adott tulajdonság szerinti legmagasabb ponttal rendelkező rendszert kiválasztva az összes rendszer pontszámát elosztjuk ezen értékkel. Ennek köszönhetően a legkedvezőbb megoldás értéke 1 lett, míg a többi a jóság szerint 1-nél kisebb értéket vett fel.

Az egységesítés következő lépéseként a számértékek átalakításával foglalkoztam. Az élettartam esetében az előző bekezdésben alkalmazott transzformációt alkalmaztam, azaz a legnagyobb értékkel osztottam el az alternatíváknál szereplő évszámokat. A két költséget tartalmazó követelmény esetében a minél alacsonyabb érték a kedvező, ezért ahhoz, hogy az összemérés során nagyobb értékkel szerepeljenek a kedvezőbb alternatívák pont fordítva kell elvégeznünk a transzformálást. Ezt oly módon valósítottam meg, hogy a kiválasztott legkisebb értéket osztottam el minden lehetséges rendszerhez tartozó értékkel. Ennek következtében a legkedvezőbb megoldás értéke szintén 1 lett, míg a többi a jóság szerint 1-nél alacsonyabb.

Az előbbi átalakítási módokat felhasználva az összes kritériumot egy számszerű, egyforma nagyságrenddel rendelkező értékre hoztam, melynek köszönhetően már könnyen el tudom végezni az összehasonlítást. Az eredményt a 12. táblázat foglalja össze.

12. táblázat A rendszerek összehasonlítása – transzformált adatok

Sorrend	Követelmény	Rendszerek				
		A	B	C	D	E
1.	Megbízhatóság	0,7778	1,0000	0,5556	0,5556	0,3333
2.	Bekerülési költség	1,0000	0,7845	0,2804	0,1800	0,1831
3.	Üzemeltetési költség	0,1132	0,0874	0,1112	0,4000	1,0000
4.	Élettartam	0,7500	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000
5.	Környezeti terhelés	0,5556	0,3333	0,7778	0,3333	1,0000
6.	Üzemeltetés egyszerűsége	1,0000	0,3333	1,0000	1,0000	1,0000
7.	Fűtés gyorsasága	0,7778	0,7778	0,3333	1,0000	0,3333
8.	Karbantartási igény	0,5556	0,3333	0,7778	1,0000	0,7778
9.	Komplexitás	0,7143	1,0000	0,4286	0,1429	0,1429
10.	Hanghatás	0,7778	0,7778	0,1111	1,0000	0,1111

A 12. táblázatban szereplő értékek már egyforma nagyságrenddel szerepelnek, ennek köszönhetően a súlyozást már el lehet végezni. Ezt oly módon tettem, hogy a 12. táblázat soraiban szereplő értékeket beszoroztam az adott kritériumhoz tartozó súlyszámmal, melyet a 8. táblázat szemléltet. A szorzások elvégzése utáni eredményeket a 13. táblázat foglalja össze.

13. táblázat A rendszerek összehasonlítása – súlyozott eredmény

Sorrend	Követelmény	Rendszerek				
		A	B	C	D	E
1.	Megbízhatóság	0,1365	0,1754	0,0975	0,0975	0,0585
2.	Bekerülési költség	0,1579	0,1239	0,0443	0,0284	0,0289
3.	Üzemeltetési költség	0,0179	0,0138	0,0176	0,0632	0,1579
4.	Élettartam	0,1053	0,1404	0,0702	0,0702	0,0702
5.	Környezeti terhelés	0,0585	0,0351	0,0819	0,0351	0,1053
6.	Üzemeltetés egyszerűsége	0,0877	0,0292	0,0877	0,0877	0,0877
7.	Fűtés gyorsasága	0,0546	0,0546	0,0234	0,0702	0,0234
8.	Karbantartási igény	0,0292	0,0175	0,0409	0,0526	0,0409
9.	Komplexitás	0,0251	0,0351	0,0150	0,0050	0,0050
10.	Hanghatás	0,0136	0,0136	0,0019	0,0175	0,0019
<b>Összesen:</b>		<b>0,6862</b>	<b>0,6386</b>	<b>0,4804</b>	<b>0,5274</b>	<b>0,5797</b>

A 13. táblázat utolsó sorában összegeztem az adott alternatívához tartozó pontszámokat, melynek köszönhetően megszületett az eredmény, hogy az általam felállított követelményjegyzék alapján melyik rendszer a legalkalmasabb az adott családi ház fűtési rendszerének. A gázkazánnal radiátorral rendelkező rendszer érte el a legjobb eredményt.

## 4.2. Költségek szerinti értékelés

Egy beruházás során az egyik legfontosabb szempont a bekerülési- és az üzemeltetési költség. Úgy gondolom ez nincs másként egy család esetében sem, amikor az otthonuk megtervezése során a fűtési rendszer kialakításán gondolkodnak. Talán a legjobb mérőszám az összehasonlítás tekintetében a relatív megtérülési idő, ami egy viszonyszám, amely számítása során két megoldást és annak anyagi vonzatait hasonlítjuk össze. Ehhez kell választanunk egy viszonyítási alapot, amire én a gázkazánnal rendelkező rendszert választottam, mert ennek a legalacsonyabb a bekerülési költsége.

A könnyebb érthetőség érdekében a 14. táblázat összefoglalja az egyes rendszerek bekerülési- és az üzemeltetési költségeit.

14. táblázat Rendszerek költségei

Jel	Rendszer	Bekerülési költség – $K_B$ [millió Ft]	Üzemeltetési költség – $K_U$ [Ft/év]
A	Gázkazán radiátorral	1,313	176 647
B	Vegyestüzelésű kazán radiátorral	1,675	228 932
C	Hőszivattyú padlófűtéssel	4,684	179 927
D	Napelem elektromos radiátorral és infrapanellel	7,299	50 000
E	Napelem és hőszivattyú padlófűtéssel	7,176	20 000

Az összehasonlítást oly módon végeztem el, hogy az adott rendszer bekerülési költségéből minden esetben a gázkazánnal rendelkező rendszer bekerülési költségét vontam ki, majd ezen értéket elosztottam a gázkazánnal rendelkező rendszer üzemeltetési költségének és az adott rendszer ezen értékének különbségével. Ennek eredményeként megkaptam, hogy az adott rendszer a viszonyítási alapomhoz képest hány évre térül meg.

A következő képlet a számítást, míg a számítás eredményeit a 15. táblázat foglalja össze, megjelenítve az adott rendszer várható élettartamát.

$$T_{\text{megtérülés},i} = \frac{K_{B,i} - K_{B,A}}{K_{\text{Ü},A} - K_{\text{Ü},i}}$$

ahol

- $T_{\text{megtérülés},i}$  - i-dik rendszer megtérülési ideje
- $K_{B,i}$  - adott rendszer bekerülési költsége,
- $K_{B,A}$  - viszonyítás alapját jelentő rendszer bekerülési költsége, jelen esetben a gázkazán bekerülési költsége,
- $K_{\text{Ü},A}$  - viszonyítás alapját jelentő rendszer üzemeltetési költsége, jelen esetben a gázkazán üzemeltetési költsége,
- $K_{\text{Ü},i}$  - adott rendszer bekerülési költsége.

15. táblázat Rendszerek relatív megtérülési ideje a gázkazánnal rendelkező rendszerhez viszonyítva és a várható élettartam

Jel	Rendszer	Bekerülési költségek különbsége [Ft]	Üzemeltetési költségek különbsége [Ft/év]	Relatív megtérülési idő [év]	Várható élettartam [év]
B	Vegyestüzelésű kazán radiátorral	160 000	-52 285	-6,902	20
C	Hőszivattyú padlófűtéssel	3 012 000	-3 280	-1027,594	10
D	Napelem elektromos radiátorral és infrapanellel	5 732 000	126 647	47,260	10
E	Napelem és hőszivattyú padlófűtéssel	5 662 000	156 647	37,424	10

A 15. táblázat *Relatív megtérülési idő* oszlopában találhatunk negatív értékeket is, melyek azt jelentik, hogy a gázkazánhoz viszonyítva ezen rendszerek sosem térülnek meg, mert a bekerülési költségük és az üzemeltetési költségük magasabb a gázkazánhoz képest. A másik két esetben az üzemeltetési költség alacsonyabb, a bázisrendszer ezen értékéhez képest. Azonban a táblázat utolsó oszlopában feltüntettem az egyes rendszerek várható élettartamát. Jól látható, hogy a megtérülési idő minden esetben magasabb, mint a rendszer legkisebb várható élettartamával rendelkező részegysége, aminek tönkremenetelekor további költségek merülnek fel akár a javítás, akár új berendezés beruházása során.



### 4.3. Következtetések és javaslatok

Mind a 4.1. fejezetben elvégzett vizsgálat alapján, mind a 4.2. fejezetben végzett számítás alapján a gázkazánból és radiátorból felépült rendszer a legalkalmasabb a jelenlegi családi ház fűtési rendszeréül.

Az épületek hőenergia ellátása elképzelhető bivalens rendszerben, mely során a primer oldalon több fajta hő előállító berendezést alkalmazunk, például kondenzációs kazán és levegős hőszivattyús rendszer együttes alkalmazásával. Kazán alkalmazásával magasabb hőmérsékletű fűtővizet nyerünk, mely alkalmas radiátoros fűtésre és lehetőség van alacsony hőmérsékletű padlófűtő víz előállítására is, ha a hőszivattyús rendszerünk a külső körülmények miatt már nem tud hatékonyan működni. A bivalens rendszer hőközponti kapcsolása, vezérlése és szabályozása bonyolultabb, nagyobb odafigyelést igényel. Jelen dolgozatban a különböző típusú fűtési rendszerek használhatóságának jobb összehasonlíthatósága érdekében csupán egy hőtermelővel rendelkező rendszereket hoztam létre. Ez lehetőségeket ad további vizsgálatok elvégzésére.

A dolgozatban csak a fűtési rendszer kialakítását vizsgáltam, a nyári hűtési igényt nem vettem figyelembe. Úgy gondolom a téli időszak fűtésének megtervezése mindenki számára fontos, míg nyáron a helyiségek levegőjének hűtését nem minden család szeretné, vagy esetleg nem engedheti meg magának. Nyáron a levegő alacsony hőmérsékleten tartása egyszerűbb módon megvalósítható plusz berendezések nélkül. Ilyen például napközben az épület ablakainak eltakarása (sötétítés biztosítása redőnyök, függönyök által), melyből adódóan a Nap besugárzásának következtében létrejövő hőmennyiség épületbe való bejutását tudjuk megakadályozni.

Azonban ha egy család szeretne nyáron valamilyen hűtő berendezést alkalmazni, akkor számos lehetőség közül választhat. A leggyakrabban elterjedt megoldás valamilyen hűtő klímakészülék felszerelése, mely további költségeket jelent a fűtési rendszer kialakításán felül. Ha egy épület olyan hőszivattyús berendezéssel rendelkezik, amelyben a fűtésre alkalmazott folyamat megfordítható, akkor a nyári időszakban egy berendezéssel megoldható a hűtés is, amely nem eredményez többletköltséget a tulajdonosok számára. Ilyen esetben a leggyakrabban hőleadóként fan coil-okat szoktak telepíteni, melyek télen a fűtést, míg nyáron a hűtést valósítják meg.

## 5. Összegzés

Diplomadolgozatom megírása során számos körülményt figyelembe vettem. Igyekeztem a legelterjedtebb megoldásokat számításba venni, és a pozitív tulajdonságaik alapján értékelni őket, nem mellőzve az egyes lényeges hátrányos jellemzőket.

A szakirodalomkutatás során sikerült részletesen megismerkednem a különböző fűtési rendszerek sajátosságaival mind a primer, mind a szekunder oldalon. A vizsgálat elvégzéséhez megfelelő képet kaptam az egyes rendszerek előnyeiről és hátrányairól, ezáltal egy részletes, sok tényezőre kiterjedő vizsgálatot tudtam elvégezni.

Elsőként a hőigény számítási módját ismertettem, melynek eredményének felhasználásával kiszámoltam a családi ház éves hőfokhídját, mely az egy évben előállítani szükséges energia mennyiségét jelenti.

Megalkottam öt lehetséges megoldást a családi ház fűtési rendszerére (gázkazán radiátorral, vegyestüzelésű kazán radiátorral, hőszivattyú padlófűtéssel, napelem elektromos fűtéssel, napelem és hőszivattyú padlófűtéssel), meghatároztam közelítőlegesen a rendszer bekerülési költségét a begyűjtött árajánlatok alapján. Továbbá az éves energiaigény felhasználásával és a tüzelőanyagok fűtőértékének segítségével kiszámítottam az egy évben elhasznált tüzelőanyag mennyiségét, valamint a 2023. májusi árakra vonatkozólag az éves üzemeltetési költséget az egyes rendszerekre.

Ezt követően felállítottam egy 10 kritériumból álló követelményjegyzéket, melynek segítségével elvégeztem egy a komplex vizsgálatot. Ezen vizsgálat, majd egy rövid gazdasági összehasonlítás során is a gázkazánnal és radiátoros hőleadórendszerrel rendelkező alternatíva felelt meg legjobban az általam fontosnak tartott és vizsgált kritériumoknak.

Dolgozatom elején is kiemeltem, de most is fontosnak tartom megemlíteni, hogy a diplomadolgozat egy 2023. májusi állapotot tükröz. Azonban az elvégzett vizsgálatok kisebb korrigálás után bármikor használhatóak lehetnek, ha valaki egy családi ház fűtési rendszerének tervezésén, kialakításán gondolkodik.

## Summary

Due to the climatic conditions in our country, it is very important to achieve and maintain the right temperature inside a building. To achieve this, it is necessary to heat the rooms in winter and cool them in summer. There are a number of solutions to meet these needs, which can be applied in different installations with varying degrees of efficiency.

In my dissertation I investigated the applicability of different possible heating systems for a family size house from an economic and technical point of view. I have taken a number of factors into account when writing the documentation. I have tried to take into account the most common solutions and to evaluate them on the basis of their positive characteristics, without ignoring some of the important disadvantages.

During the literature search I was able to learn in detail about the characteristics of the different heating systems, both on the primary and the secondary side. In order to carry out the study, I was able to gain a good understanding of the advantages and disadvantages of each system, thus enabling me to carry out a detailed multi-factor study.

Firstly, I explained the method of calculating the heat demand, and then used the results to calculate the annual thermal bridge of a family size house, which indicates the amount of energy required to produce energy in a year.

I have created five possible solutions for the heating system of the family house (gas boiler with radiator, mixed fuel boiler with radiator, heat pump with underfloor heating, solar panel with electric heating, solar panel and heat pump with underfloor heating), I have estimated the approximate cost of the system based on the quotations collected. I also used the annual energy demand and the calorific value of the fuels to calculate the amount of fuel used per year and the annual running costs for each system at May 2023 prices.

I then drew up a list of requirements consisting of 10 criteria, which I used to carry out a complex test. In this study, and also in a short economic comparison, the alternative with gas boiler and radiator heat exchanger system best met the criteria I considered important and examined.

## Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Lezsovits Ferenc, „Kazánok és tüzelőberendezések, Oktatási segédanyag”. 2016.
- [2] Homonnay Györgyné dr., *Fűtéstechnika I.* Budapest: Tankönyvkiadó, 1988.
- [3] Tóth László, „Energetika alapjai, Jegyzet”. 2011.
- [4] Dr. Menyhárt József, *Az épületgépészet kézikönyve.* Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1997.
- [5] „Ventil Épületgépészeti Kft.” Elérés: 2023. június 18. [Online]. Elérhető: <https://www.ventil.hu/cikkek/2014/04/04/kondenzacios-kazan-mukodese.62.ahtml>
- [6] W. K. H. Kft, „7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. Elérés: 2023. július 30. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600007.tnm>
- [7] Dr. Ursula Schreier, Karl-Heinz Stawiarski, Wilhelm Kirchensteiner, Falk Antony, *A hőszivattyú.* Budapest: Cser, 2009.
- [8] R. Potência, „Energia solar: sistemas on-grid e off-grid”, Portal Potência. Elérés: 2023. június 19. [Online]. Elérhető: <https://revistapotencia.com.br/eletricista-consciente/instalacao-fotovoltaica/energia-solar-sistemas-on-grid-e-off-grid/>
- [9] „KAZÁN ÉS GÁZKAZÁN WEBÁRUHÁZ”, Netkazan. Elérés: 2023. június 19. [Online]. Elérhető: <https://netkazan.hu/>
- [10] „Felületfűtés, padlófűtés”, Ezermester. Elérés: 2023. június 19. [Online]. Elérhető: [https://ezermester.hu/cikk-7893/Feluletfutes\\_\\_padlofutes](https://ezermester.hu/cikk-7893/Feluletfutes__padlofutes)
- [11] Dr. Hant László, *Épületgépészeti alapismeretek.* 2002.
- [12] „Zehnder ZIP és ZFP sugárzóernyők”, Zehnder. Elérés: 2023. június 19. [Online]. Elérhető: <https://zehnder.hu/termek/zehnder-zip-es-zfp-sugarzoernyok/>
- [13] Czinege Károly, *Az elektromos fűtés a jövő megoldása.* Jászberény: Hu-Rotte Bt.
- [14] „MVM - földgáz”. Elérés: 2023. augusztus 2. [Online]. Elérhető: <https://www.mvmnext.hu/foldgaz/Egyetemes-Szolgaltatas/Ugyintezes/Arak-dijszabasok/Aktualis-arak>

## Ábrajegyzék

1. ábra Egyaknás tüzelőberendezés .....	7
2. ábra Kondenzációs gázkazán működési elve (forrás: [5]).....	10
3. ábra A hőszivattyú működési elve (forrás: [7]) .....	12
4. ábra Talajszondás hőszivattyú .....	13
5. ábra Talajkollektoros hőszivattyú.....	13
6. ábra Víz-víz fűt kutas hőszivattyú.....	14
7. ábra Levegő-víz hőszivattyú.....	15
8. ábra Szigetüzemű napelemes rendszer (forrás: [8]).....	16
9. ábra Akkumulátor nélküli napelemes rendszer (forrás: [8]).....	17
10. ábra Törölközőszárítós radiátor (forrás: [9]) .....	20
11. ábra Lapradiátor (forrás: [9]) .....	21
12. ábra Padlófűtés (forrás: [10]).....	22
13. ábra Sugárzóernyő (forrás: [12]) .....	23
14. ábra Az épület alaprajza.....	26
15. ábra Gázkazánnal és radiátorokkal rendelkező rendszer kapcsolási vázlata.....	33
16. ábra Vegyestüzelésű kazánnal és radiátorral rendelkező rendszer kapcsolási vázlata ...	35
17. ábra Hőszivattyúval és padlófűtéssel rendelkező rendszer kapcsolási vázlata.....	38

## Táblázatjegyzék

1. táblázat Helyiségek és jellemzőik.....	25
2. táblázat Bekerülési költség – Gázkazán radiátorral.....	33
3. táblázat Üzemeltetési költség – Gázkazán radiátorral.....	34
4. táblázat Bekerülési költség – Vegyestüzelésű kazán radiátorral.....	35
5. táblázat Bekerülési költség – Hőszivattyú padlófűtéssel.....	39
6. táblázat Bekerülési költség – Napelem elektromos radiátorral és infrapanellel.....	41
7. táblázat Bekerülési költség – Napelem és hőszivattyú padlófűtéssel.....	42
8. táblázat Követelményjegyzék.....	44
9. táblázat A rendszerek összehasonlítása – követelményjegyzék szerinti értékelés.....	46
10. táblázat Kvalitatív szempontok számértékei.....	48
11. táblázat A rendszerek összehasonlítása – kvalitatív szempontok számszerűsítése.....	49
12. táblázat A rendszerek összehasonlítása – transzformált adatok.....	50
13. táblázat A rendszerek összehasonlítása – súlyozott eredmény.....	51
14. táblázat Rendszerek költségei.....	52
15. táblázat Rendszerek relatív megtérülési ideje a gázkazánnal rendelkező rendszerhez viszonyítva és a várható élettartam.....	53

## **Mellékletek**

1. számú melléklet: Árajánlat – Gázkazánnal és radiátorral rendelkező rendszer
2. számú melléklet: Árajánlat – Vegyestüzelésű kazánnal és radiátorral rendelkező rendszer
3. számú melléklet: Árajánlat – Hőszivattyú
4. számú melléklet: Árajánlat – Elektromos fűtőberendezések
5. számú melléklet: Árajánlat – Napelemes rendszer – 14 kWp
6. számú melléklet: Árajánlat – Napelemes rendszer – 5,6 kWp

# Árajánlat



## ÁRAJÁNLAT ADÓ

**BÉKA-VILL Kft**

Bugyi  
Csenkesz utca 8.  
2347  
Magyarország

ADÓSZÁM: 32076747-2-13

CÉGJEGYZÉKSZÁM: 13-09-222553

KÖZÖSSÉGI ADÓSZÁM: HU32076747.

BANKSZÁMLASZÁM: 1040 3105 5052 7071 8971 1007

IBAN: HU93 1040 3105 5052 7071 8971 1007

BANK NEVE: K&amp;H

## ÁRAJÁNLAT KÉRŐ

**Körömi Petra**

Tatárszentgyörgy  
Kossuth utca 125  
2375  
Magyarország

ÁRAJÁNLAT ADÁS DÁTUMA: 2023. 05. 10.

ÁRAJÁNLAT ÉRVÉNYESSÉGÉNEK DÁTUMA: 2023. 05. 17.

**FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 753 645 Ft**

MEGNEVEZÉS	MENNYISÉG	NETTÓ EGYSÉGÁR	NETTÓ ÁR	ÁFA	BRUTTÓ ÁR
1 Baxi PRIME HT 1.240 gázkazán	1 db	228 342,5197 Ft	228 342,52 Ft	27%	289 995 Ft
2 Wilo Yonos PICO 25/1-6 Fűtési keringető szivattyú	1 db	40 937,0079 Ft	40 937,01 Ft	27%	51 990 Ft
3 Flamco Baseflex 8/1,5 bar Fűtési tágulási tartály	1 db	6 401,5748 Ft	6 401,57 Ft	27%	8 130 Ft
4 BRH hidraulikus váltó rozsdamentes + szigetelés	1 db	22 932,2835 Ft	22 932,28 Ft	27%	29 124 Ft
5 Silver 22K 600x700 mm radiátor	7 db	23 618,1102 Ft	165 326,77 Ft	27%	209 965 Ft
6 Silver 22K 600x1200 mm radiátor	2 db	25 976,378 Ft	51 952,76 Ft	27%	65 980 Ft
7 Silver 22K 600x400 mm radiátor	2 db	12 589,7638 Ft	25 179,53 Ft	27%	31 978 Ft
8 Palermo 600x1200 Törölközőszárítós radiátor	3 db	17 449,6063 Ft	52 348,82 Ft	27%	66 483 Ft

NETTÓ ÖSSZEG: 593 421 Ft

27% ÁFA: 160 224 Ft

FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 753 645 Ft

## ÁRAJÁNLAT ADÓ ALÁÍRÁSA



# Árajánlat



## ÁRAJÁNLAT ADÓ

**BÉKA-VILL Kft**

Bugyi  
Csenkesz utca 8.  
2347  
Magyarország

ADÓSZÁM: 32076747-2-13

CÉGJEGYZÉKSZÁM: 13-09-222553

KÖZÖSSÉGI ADÓSZÁM: HU32076747.

BANKSZÁMLASZÁM: 1040 3105 5052 7071 8971 1007

IBAN: HU93 1040 3105 5052 7071 8971 1007

BANK NEVE: K&amp;H

## ÁRAJÁNLAT KÉRŐ

**Körömi Petra**

Tatárszentgyörgy  
Kossuth utca 125  
2375  
Magyarország

ÁRAJÁNLAT ADÁS DÁTUMA: 2023. 05. 10.

ÁRAJÁNLAT ÉRVÉNYESSÉGÉNEK DÁTUMA: 2023. 05. 17.

**FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 974 515 Ft**

MEGNEVEZÉS	MENNYISÉG	NETTÓ EGYSÉGÁR	NETTÓ ÁR	ÁFA	BRUTTÓ ÁR
1 Totyá S 18 B Lemez vegyestüzelésű kazán 18 kW, hőszigetelt burkolattal (huzatszabályzóval, hőmérővel)	1 db	259 834,6457 Ft	259 834,65 Ft	27%	329 990 Ft
2 HEIZER PUFFERTÁROLÓ 100L	1 db	165 353,5433 Ft	165 353,54 Ft	27%	209 999 Ft
3 Wilo Yonos PICO 25/1-6 Fűtési keringető szivattyú	1 db	40 937,0079 Ft	40 937,01 Ft	27%	51 990 Ft
4 Flamco Baseflex 8/1,5 bar Fűtési tágulási tartály	1 db	6 401,5748 Ft	6 401,57 Ft	27%	8 130 Ft
5 Silver 22K 600x700 mm radiátor	7 db	23 618,1102 Ft	165 326,77 Ft	27%	209 965 Ft
6 Silver 22K 600x1200 mm radiátor	2 db	25 976,378 Ft	51 952,76 Ft	27%	65 980 Ft
7 Silver 22K 600x400 mm radiátor	2 db	12 589,7638 Ft	25 179,53 Ft	27%	31 978 Ft
8 Palermo 600x1200 Törölközőszárítós radiátor	3 db	17 449,6063 Ft	52 348,82 Ft	27%	66 483 Ft

NETTÓ ÖSSZEG: 767 335 Ft

27% ÁFA: 207 180 Ft

FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 974 515 Ft

# Árajánlat



## ÁRAJÁNLAT ADÓ

**BÉKA-VILL Kft**

Bugyi  
Csenkesz utca 8.  
2347  
Magyarország

ADÓSZÁM: 32076747-2-13

CÉGJEGYZÉKSZÁM: 13-09-222553

KÖZÖSSÉGI ADÓSZÁM: HU32076747.

BANKSZÁMLASZÁM: 1040 3105 5052 7071 8971 1007

IBAN: HU93 1040 3105 5052 7071 8971 1007

BANK NEVE: K&amp;H

## ÁRAJÁNLAT KÉRŐ

**Körömi Petra**

Tatárszentgyörgy  
Kossuth utca 125  
2375  
Magyarország

ÁRAJÁNLAT ADÁS DÁTUMA: 2023. 05. 10.

ÁRAJÁNLAT ÉRVÉNYSÉGÉNEK DÁTUMA: 2023. 05. 17.

**FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 4 034 152 Ft**

MEGNEVEZÉS	MENNYISÉG	NETTÓ EGYSÉGÁR	NETTÓ ÁR	ÁFA	BRUTTÓ ÁR
1 FUJITSU WATERSTAGE HP 14/3F WSYK160DG9/WOYK140LCTA SPLIT HŐSZIVATTYÚ 13.5 KW	1 db	2 792 125,9843 Ft	2 792 125,98 Ft	27%	3 546 000 Ft
2 Wilo Yonos PICO 25/1-6 Fűtési keringető szivattyú	1 db	40 937,0079 Ft	40 937,01 Ft	27%	51 990 Ft
3 Flamco Baseflex 8/1,5 bar Fűtési tágulási tartály	1 db	6 401,5748 Ft	6 401,57 Ft	27%	8 130 Ft
4 HEIZER PUFFERTÁROLÓ 300L	1 db	337 033,0709 Ft	337 033,07 Ft	27%	428 032 Ft

NETTÓ ÖSSZEG: 3 176 498 Ft

27% ÁFA: 857 654 Ft

FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 4 034 152 Ft

## ÁRAJÁNLAT ADÓ ALÁÍRÁSA

# Árajánlat



## ÁRAJÁNLAT ADÓ

**BÉKA-VILL Kft**

Bugyi  
Csenkesz utca 8.  
2347  
Magyarország

ADÓSZÁM: 32076747-2-13

CÉGJEGYZÉKSZÁM: 13-09-222553

KÖZÖSSÉGI ADÓSZÁM: HU32076747.

BANKSZÁMLASZÁM: 1040 3105 5052 7071 8971 1007

IBAN: HU93 1040 3105 5052 7071 8971 1007

BANK NEVE: K&amp;H

## ÁRAJÁNLAT KÉRŐ

**Körömi Petra**

Tatárszentgyörgy  
Kossuth utca 125  
2375  
Magyarország

ÁRAJÁNLAT ADÁS DÁTUMA: 2023. 05. 10.

ÁRAJÁNLAT ÉRVÉNYESSÉGÉNEK DÁTUMA: 2023. 05. 17.

**FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 1 148 945 Ft**

MEGNEVEZÉS	MENNYISÉG	NETTÓ EGYSÉGÁR	NETTÓ ÁR	ÁFA	BRUTTÓ ÁR
1 Fenix Ecosun E 300 W infrapanel (IP44)	5 db	46 456,6929 Ft	232 283,46 Ft	27%	295 000 Ft
2 Fenix Ecosun 850 W basic infrapanel	6 db	85 826,7717 Ft	514 960,63 Ft	27%	654 000 Ft
3 Bosch HC 4000-15 elektromos konvektor 1500 watt	4 db	32 274,8032 Ft	129 099,21 Ft	27%	163 956 Ft
4 Bosch HC 4000-10 elektromos konvektor 1000 watt	1 db	28 337,7953 Ft	28 337,8 Ft	27%	35 989 Ft

NETTÓ ÖSSZEG: 904 681 Ft

27% ÁFA: 244 264 Ft

FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 1 148 945 Ft

## ÁRAJÁNLAT ADÓ ALÁÍRÁSA

# Árajánlat



## ÁRAJÁNLAT ADÓ

**BÉKA-VILL Kft**

Bugyi  
Csenkesz utca 8.  
2347  
Magyarország

ADÓSZÁM: 32076747-2-13

CÉGJEGYZÉKSZÁM: 13-09-222553

KÖZÖSSÉGI ADÓSZÁM: HU32076747.

BANKSZÁMLASZÁM: 1040 3105 5052 7071 8971 1007

IBAN: HU93 1040 3105 5052 7071 8971 1007

BANK NEVE: K&amp;H

## ÁRAJÁNLAT KÉRŐ

**Körömi Petra**

Tatárszentgyörgy  
Kossuth utca 125  
2375  
Magyarország

ÁRAJÁNLAT ADÁS DÁTUMA: 2023. 05. 10.

ÁRAJÁNLAT ÉRVÉNYSÉGÉNEK DÁTUMA: 2023. 05. 17.

**FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 6 150 031 Ft**

MEGNEVEZÉS	MENNYISÉG	NETTÓ EGYSÉGÁR	NETTÓ ÁR	ÁFA	BRUTTÓ ÁR
1 Jinko - JKM400M-6RL3-V napelem	35 db	48 673,2283 Ft	1 703 562,99 Ft	27%	2 163 525 Ft
2 SolarEdge - SE10K-RW0TEBEN4 inverter	1 db	1 003 300 Ft	1 003 300 Ft	27%	1 274 191 Ft
3 Profiness napelemes tartószerkezet álló napelemhez cserépre	35 db	23 500 Ft	822 500 Ft	27%	1 044 575 Ft
4 Komplettszerelt napelem védelmi csatlakozó doboz AC	1 db	158 750,3937 Ft	158 750,39 Ft	27%	201 613 Ft
5 Komplettszerelt napelem védelmi csatlakozó doboz DC	1 db	158 750,3937 Ft	158 750,39 Ft	27%	201 613 Ft
6 Solar Edge wifi SE-ANT-ZBWIFI-1	1 db	29 210,2362 Ft	29 210,24 Ft	27%	37 097 Ft
7 Napelemes rendszer felszerelése, beüzemelése	1 db	871 219,685 Ft	871 219,69 Ft	27%	1 106 449 Ft
8 Napelemes rendszer ügyintézés	1 db	95 250,3937 Ft	95 250,39 Ft	27%	120 968 Ft

NETTÓ ÖSSZEG: 4 842 544 Ft

27% ÁFA: 1 307 487 Ft

FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 6 150 031 Ft

# Árajánlat



## ÁRAJÁNLAT ADÓ

**BÉKA-VILL Kft**

Bugyi  
Csenkesz utca 8.  
2347  
Magyarország

ADÓSZÁM: 32076747-2-13

CÉGJEGYZÉKSZÁM: 13-09-222553

KÖZÖSSÉGI ADÓSZÁM: HU32076747.

BANKSZÁMLASZÁM: 1040 3105 5052 7071 8971 1007

IBAN: HU93 1040 3105 5052 7071 8971 1007

BANK NEVE: K&amp;H

## ÁRAJÁNLAT KÉRŐ

**Körömi Petra**

Tatárszentgyörgy  
Kossuth utca 125  
2375  
Magyarország

ÁRAJÁNLAT ADÁS DÁTUMA: 2023. 05. 10.

ÁRAJÁNLAT ÉRVÉNYESSÉGÉNEK DÁTUMA: 2023. 05. 17.

**FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 2 562 638 Ft**

MEGNEVEZÉS	MENNYISÉG	NETTÓ EGYSÉGÁR	NETTÓ ÁR	ÁFA	BRUTTÓ ÁR
1 Jinko - JKM400M-6RL3-V napelem	14 db	48 673,2283 Ft	681 425,2 Ft	27%	865 410 Ft
2 SolarEdge - SE7K-RW0TEBEN4	1 db	500 000 Ft	500 000 Ft	27%	635 000 Ft
3 Profiness napeleemes tartószerkezet álló napelemhez cserépre	14 db	23 500 Ft	329 000 Ft	27%	417 830 Ft
4 Komplet szerelt napelem védelmi csatlakozó doboz AC	1 db	70 000 Ft	70 000 Ft	27%	88 900 Ft
5 Komplet szerelt napelem védelmi csatlakozó doboz DC	1 db	70 000 Ft	70 000 Ft	27%	88 900 Ft
6 Solar Edge wifi SE-ANT-ZBWIFI-1	1 db	23 000 Ft	23 000 Ft	27%	29 210 Ft
7 Napeleemes rendszer felszerelése, beüzemelése	1 db	274 400 Ft	274 400 Ft	27%	348 488 Ft
8 Napeleemes rendszer ügyintézés	1 db	70 000 Ft	70 000 Ft	27%	88 900 Ft

NETTÓ ÖSSZEG: 2 017 825 Ft

27% ÁFA: 544 813 Ft

FIZETENDŐ BRUTTÓ VÉGÖSSZEG: 2 562 638 Ft

## NYILATKOZAT

### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Körömi Petra  
A Hallgató Neptun kódja: JHQTVK  
A dolgozat címe: Fűtési rendszerek alkalmazhatóságának gazdasági és műszaki szempontú elemzése  
A megjelenés éve: 2023.  
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Járműtechnika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat 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 mindenkori 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 védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023. november 2.



Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

**Körömi Petra** (hallgató Neptun azonosítója: **JHQTVK** ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: Gödöllő, 2023. november 2.

  
belső konzulens