

Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék



Fűtési rendszerek energetikai vizsgálata a hőtermelés szempontjából

Készítette: Barnóczki Dorottya épületgépész mérnök hallgató

Belső konzulens: Dr. Kalmár Ferenc főiskolai tanár

Tanszékvezető: Dr. Kalmár Ferenc főiskolai tanár

Debrecen

2012.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Fűtési rendszerek hőtermelőinek bemutatása	6
2.1. Gázkazánok	6
2.1.1. Kondenzációs kazán.....	6
2.1.2. Alacsony hőmérsékletű kazán	7
2.2. Kandallók.....	7
2.3. Pellet-, faapríték-, és faelgázosító- kazánok.....	9
2.3.1. Faelgázosító kazán	9
2.3.2. Pelletkazán és faapríték-kazán	10
2.4. Kombinált rendszerek	11
3. Az épület energetikai jellemzőinek meghatározása	13
3.1. Adatok	13
3.2. Egyensúlyi hőmérséklet meghatározása.....	14
3.3. Az épülethez tartozó fűtési határhőmérséklet számítása.....	15
4. Hőfokhíd számítása.....	16
4.1. Az épülethez tartozó hőveszteség tényező számítása	17
4.2. Hőszükséglet alakulása a különböző külső hőmérsékletek függvényében.....	18
4.3. Éves fűtési energiaigény számítása	18
5. Fűtési energiafogyasztás változása a különböző fűtőberendezések esetében:	19
5.1. Kondenzációs kazán használata esetén	19
5.2. Alacsony hőmérsékletű kazán használata esetén	19
5.3. Kandallók.....	19
5.3.1. Nyílt égésterű kandalló esetén.....	19
5.3.2. Zárt égésterű kandallók esetén	20
5.4. Pelletkazán használata esetén	20
5.5. Faapríték-tüzelésű kazán használata esetén.....	20
5.6. Faelgázosító kazán használata esetén.....	21
5.7. Hőtermelők energiafogyasztása	21
6. Tüzelőanyag mennyiségének és költségének számítása a különböző hőtermelőknél..	22
6.1. Felhasznált gáz mennyisége kondenzációs kazánnál	22
6.1.1. Gáz éves költsége:.....	22
6.2. Felhasznált gáz mennyisége alacsony hőmérsékletű gázkazánnál:	22
6.2.1. Gáz éves költsége:.....	22

6.3.	Felhasznált fa mennyisége nyílt égésterű kandallónál:.....	22
6.3.1.	Száraz fa esetén:	22
6.3.1.1.	Száraz fa éves költsége:.....	22
6.3.2.	Frissen vágott fa esetében:.....	23
6.3.2.1.	Frissen vágott fa éves költségének meghatározása:	23
6.4.	Felhasznált fa mennyisége zárt égésterű kandallónál:.....	23
6.4.1.	Száraz fa esetén:	23
6.4.1.1.	Száraz fa éves költsége:.....	23
6.4.2.	Frissen vágott fa esetében:.....	24
6.4.2.1.	Fa tüzelőanyag éves költsége:.....	24
6.5.	Pelletkazán esetében:	24
6.5.1.	Pellet éves költségének meghatározása:	24
6.6.	Faapríték szükséges mennyisége faapríték-kazán használatánál:.....	24
6.6.1.	Faapríték éves költségének számítása:	25
6.7.	Felhasznált fa mennyisége faelgázosító kazán használatánál:	25
6.7.1.	Fa éves költségének számítása:	25
6.8.	Fűtési tüzelőanyag költségek a különböző megoldásokhoz	25
6.9.	Fűtési tüzelőanyag költségek alakulásának diagramja.....	26
7.	Kazánok teljesítményei a hőfokgyakoriság alapján:	27
7.1.	Teljesítmény-függvény alatti területek számítása:	30
7.2.	A kazánok éves átlag hatásfokai a terhelések alapján:.....	33
7.2.1.	Hagyományos kazán esetén:.....	33
7.2.2.	Alacsony hőmérsékletű kazán esetén:	33
7.2.3.	Kondenzációs kazán esetén (40/30°C-os hőfoklépcsővel):	34
8.	Gázüzemű hőtermelő berendezések energia költségeinek átszámítása.....	35
8.1.	Tényleges fogyasztás alakulása gázüzemű berendezések esetén	35
8.1.1.	Kondenzációs kazánnál	35
8.1.2.	Alacsony hőmérsékletű kazánnál.....	35
8.2.	Tényleges energiaköltségek gázüzemű berendezéseknél	35
8.2.1.	Kondenzációs kazán.....	35
8.2.2.	Alacsony hőmérsékletű kazán	35
8.3.	Költségek grafikonos alakulása gázberendezések esetén.....	35
8.4.	A két számítási menet eredményeinek összehasonlítása.....	36

8.5. Tüzelőanyag költségek összevetése a különböző berendezések esetében az új adatokkal.....	37
9. Kombinált rendszer megtérülési idejének kiszámítása	38
9.1. Befektetési költség, a kombinált rendszer árának és a gázkazán árának különbsége.....	38
9.2. Gázkazánnal fűtött rendszer költségei	38
9.3. Megtérülési idők számítása	38
10. Kiértékelés	39
Idézett forrásmunkák.....	40

1. Bevezetés

Az emberi civilizációk és maga az emberi lét is energiafelhasználáson alapszik. Ma már nem igen lehet találni olyan emberi tevékenységet, ami energia felhasználás, átalakítás, vagy mindkettő nélkül megy végbe. Az emberi anyagcsere is energiafelhasználáson alapszik, csak ezt táplálkozással vesszük magunkhoz. Naponta felfedeznek egy újabb találmányt, amely ismét csak energiát igényel, és a már meglévő technológiák fejlesztései is egyre energiaigényesebbek, a luxus és a komfort ma már mindenki számára ismert és elvárt. Mindezek mellett a lélekszám is növekvő tendenciát mutat a fejlődő országokban, aminek köszönhetően évről évre egyre több ember fogja igényelni ezt a luxust. Ezen okok vezetnek oda, hogy az emberiség két problémával találja szembe magát. Az első - Hogyan lesz képes a növekvő energiaigények kielégítésére? - a második – Hogyan akadályozza meg a növekvő energiafelhasználás következtében fenyegető környezeti katasztrófákat? A problémák máig megoldatlanok. A megoldásra két lehetőség van, az energiafelhasználás hatékonyságának növelése, és új, a világ számára eddig ismeretlen energiaforrások felfedezése és alkalmazása. Megelőzőként elmondható, hogy egyre többen, és többször fordulnak a megújuló energiaforrások irányába, valamint az egyik legfontosabb követelmény a mai világban olyan technológiák használata, amelyek a lehető legkisebb kárt okozzák a környezetünknek. Magyarországon az energiafelhasználás igen nagy részét a lakó jellegű épületek energiafelhasználása teszi ki, éppen ezért minden épületgépésznek törekednie kell arra, hogy a felhasznált energia a leghatékonyabban legyen felhasználva, de a vevők igényei és pénztárcája megköveteli a legolcsóbb tüzelőanyagokkal, illetve berendezésekkel történő üzemeltetését a fűtési hálózatnak. Természetesen ennek nem szabad a minőség rovására mennie.

Számításaimból ki fog derülni, melyek azok a tüzelőanyagok, melyek a legkevesebb költséggel járnak együtt, és pár év/évtized megtérülési idő figyelembe vételével olyan rendszert tudok tervezni szakdolgozatomban, amely a modern kori elvárásoknak eleget téve, mégis a hagyományos hőtermelők gázfelhasználásához képest energiatakarékosan működik. Feladatom megvalósítása során készítettem egy olyan diagramot, mely használható a kazánok éves átlaghatásfokának megállapítására. Magyarországi külső hőmérsékleti értékeket vettem figyelembe a készítésénél, ezért ezzel való számítása pontosabb értéket fog mutatni, mint a német, mindenki által használt diagram, melynek mintájára készítettem.

2. Fűtési rendszerek hőtermelőinek bemutatása

2.1. Gázkazánok

2.1.1. Kondenzációs kazán

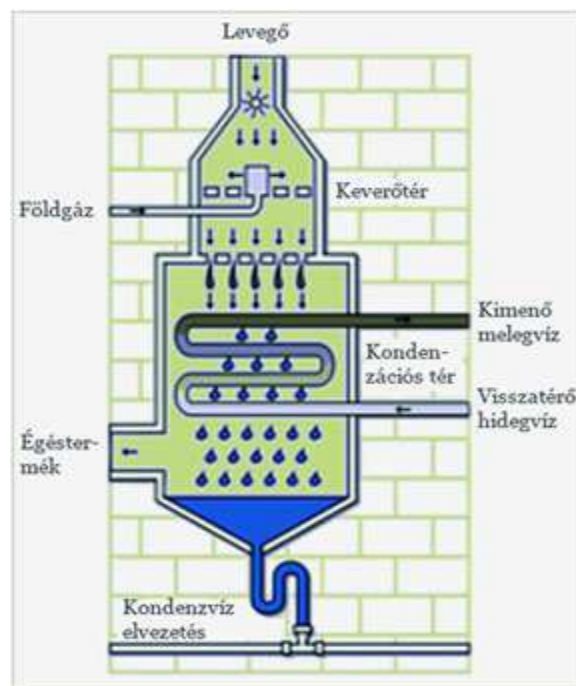
Annyiban különbözik a hagyományos égéssel működő berendezésektől, hogy az égés során keletkező vízgőz, vagyis a rejtett hő nem távozik a füstgázzal együtt a kéményen. Található benne egy megnövelt felületű kompakt hőcserélő, melynek segítségével az égéstermékben, illetve annak vízgőz-tartamában rejtett hő formájában megtalálható hőenergia nagy részét vissza lehet nyerni. A visszatérő oldali hideg hőcserélő felületen lehül az égéstermék, a benne lévő vízgőz kondenzálódik (gőz halmazállapotból folyékony halmazállapotot vesz fel). Az átalakulás közben hőátadás megy végbe, ez több, mint 11%-a annak a hőenergiának, amit a rendszerbe viszünk a tüzelőanyag elégetésekor. (tényleges alakulását a következő ábra szemlélteti¹¹⁾)



1. ábra: Kondenzációs kazán gazdaságosságának elve

I <http://hazepitoklapja.hu/epites/futes/fonix-rendszer-a-takarekos-jovo/>

Mivel a visszanyert hőmennyiség nagysága, illetve a keletkezett kondenzvíz mennyisége fordítottan arányos az üzemi hőmérsékletével, ezért olyan esetekben szokták leginkább alkalmazni, amikor a visszatérő fűtővíz hőmérséklete igen alacsony. Ezen tulajdonságainak köszönhetően hatásfoka 96-108°-os is lehet, azonban ezek csak fűtőértékre vonatkoztatott adatok.^{II} A leírt folyamatot a következő kép jól szemlélteti.^{III}



2. ábra: Kondenzációs kazán működése

2.1.2. Alacsony hőmérsékletű kazán

Csökkentett vagy igény szerinti hőmérsékleten üzemelnek. A kazán visszatérő hőmérsékletek igen alacsony, akár pl.: 42[°C]-os értéket is felvehetnek. Az alacsonyabb kazánvíz hőmérséklettel a füstgázhőmérséklet is csökken, ezért kisebb füstgázcsökkenés érhető el, valamint a készenléti veszteség is csökken, így a kazán kihasználási foka magasabb lesz.^{IV}

2.2. Kandallók

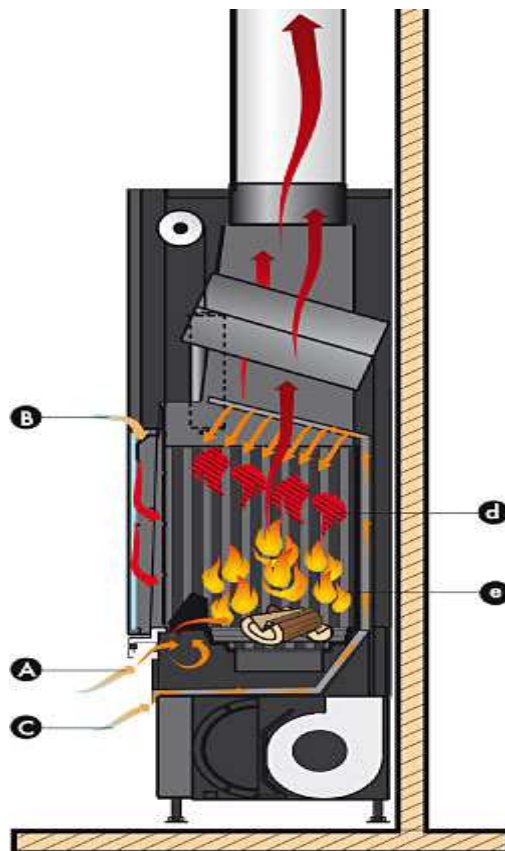
A kandalló egy nagyon régi, megbízhatóan működő fűtőberendezés. A tűztér kiemelkedően magas hőjével felmelegíti a környező levegőt, amitől fizikailag el van

II Forrás: <http://www.drgaz.hu/os/index.php?stilus=lap&hiv=41&forr=4>

III http://www.alternativ-energia.eu/kondenzacios_gazkazan.php

IV <http://www.buderus.hu/letoltesek/szakmaicikkek/kazankivalasztas.html>

zárva. Ennek a felmelegített levegőnek a természetes cirkulációja biztosítja a fűtést. A kandalló nagy tűztere miatt kiemelten fontos a megfelelő kémény használata. Általánosságban elmondható, hogy a kandalló nagy belső átmérőjű kéményt igényel. 150mm alatti átmérőjűnél kisebb kéménybe semmiképpen sem köthető kandalló. Megkülönböztetünk nyitott és zárt tűztérű kandallókat. A zárt tűztér esetén van lehetőség az égéshez szükséges levegő külső táplálására és ilyen esetben legtöbbször nagy üvegfelület választja el a tüzet a fűtendő helyiségtől. Nyitott tűztér esetén ilyen elválasztó nincs, de ebben az esetben a kéményben kell elhelyezni egy, a kémény lezárását lehetővé tevő csappantyút.^V A hagyományos, nyílt égésterű kandallókat manapság már ritkán alkalmazzák. Ezek régebben téglából és samottból készültek, hőtároló képességük igen magas, ellenben hatásfokuk alacsony: 20-30%. Zárt égésterű kandallóknak kicsi a hőtároló képességük a vékony lemezfal miatt, ellenben a hatásfokuk magasabb 70-80% közé eshet.^{VI}



3. ábra: Zárt égésterű kandalló felépítése

V <http://www.kalyhaepitok.hu/kandallo/kandallo-tudnivalok.html>

VI Dr. Kalmár Ferenc főiskolai tanár előadása alapján

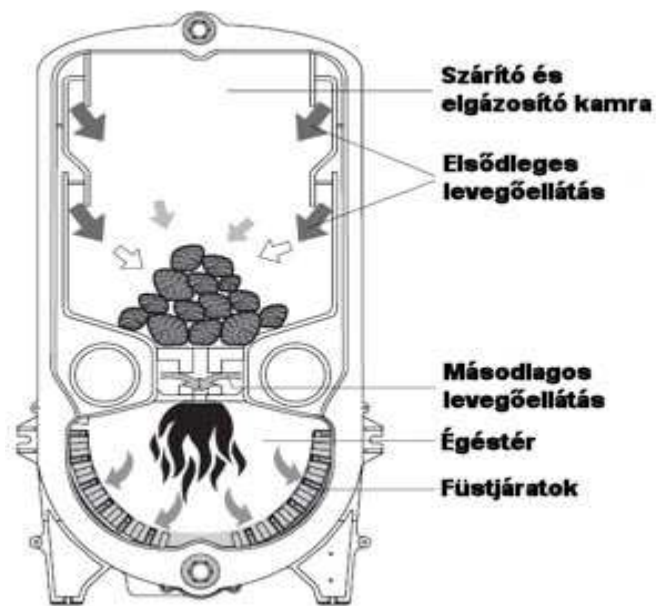
- (A) Elsődleges égési levegő a tűztér alsó részén kerül be, szabályozottan az égéstérbe.
- (B) Másodlagos levegő az ajtó felső része felől közvetlenül jut be, tisztán tartva a kandallóüveget
- (C) Másodlagos égési levegő a talpazat felől egy külön csatornán jut el az égéstér felső tartományába.
- A külső levegő bevezetésén keresztül beáramló levegő a tűztér alján szabályozottan keveredik a belső tér levegőjével és elősegíti a hatékony működést
- (d) Másodlagos égés
- (e) Elsődleges égés^{VII}

2.3. Pellet-, faapríték-, és faelgázosító- kazánok

2.3.1. Faelgázosító kazán

A faelgázosító kazánok működésének lényege, hogy ellentétben a hagyományos kazánokkal, itt teljesen szabályozott körülmények közötti égésről beszélünk, mely a hagyományos kazánokkal szemben fordított, úgynevezett lefelé égés. A tüzelőanyag a rostély helyett egy különleges nyílás felett fekszik. Ezen a nyíláson keresztül levegő hozzáadásával ég lefelé az égés során keletkező gáz. Ez a főégés, aminek a hőmérséklete elérheti az 1100°C-ot. Az égéstér kerámiából készül a magas hőmérséklet elviselése céljából. A levegő adagolását mechanikus huzatszabályozó vezérli az előre menő vízhőmérséklet függvényében. Az égéstér kerámiából készül a magas hőmérséklet elviselése céljából. Az égés minősége annyira jó, hogy csak csekély hamu keletkezik, szennyező anyag is csak igen kis mértékben, tehát kijelenthetjük, hogy a faelgázosító kazán működése környezetbarát. A keletkező hamu is természetes eredetű, ezért nem szennyezi a környezetet.

VII Forrás: http://www.edilkamin.com/hu/focolari_chiusi_tecnologia.aspx



4. ábra: Faelgázosító kazán

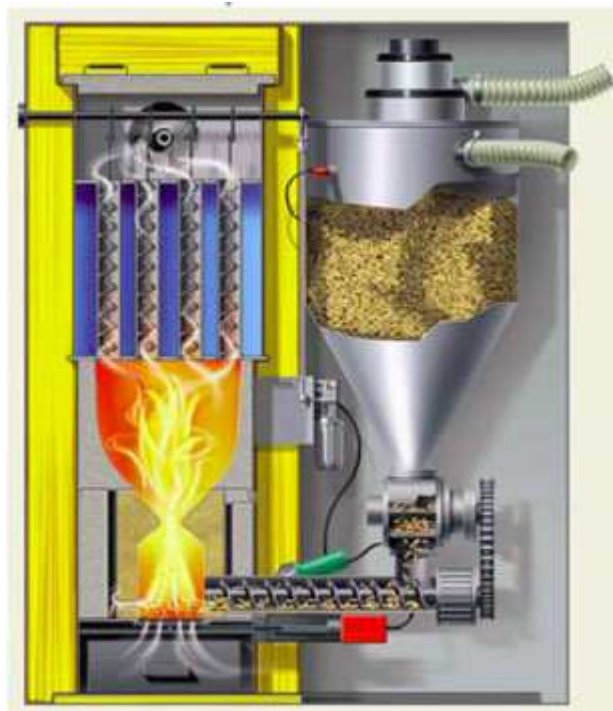
2.3.2. Pelletkazán és faapríték-kazán

A pellet fűtés ma a legolcsóbb üzemeltetést teszi lehetővé, ugyanakkor a komfortot tekintve a legközelebb áll a gázfűtéshez.



5. ábra: Pelletkazán

A pelletkazán égőjét a legkönnyebb úgy elképzelni, mint egy hagyományos gázégőt, azzal a különbséggel, hogy a fűtőanyag "folyékony fa" azaz pellet. A vezérlés legfontosabb érzékelője a hőmérséklet szenzor, mellyel egy merülő hüvelyen keresztül érzékeljük a láng nagyságát. Ha a felhasználó által beállított értékhez közelít a kazánban lévő meleg víz hőmérséklete, a vezérlés automatikusan, több lépcsőben csökkenti az adagot, így zárva ki a túlmelegedést. Ha túlmelegedne a rendszer, akkor az azt jelentené, hogy több hő képződik, mint amennyit felhasználunk, tehát elpazaroljuk a hőt.^{VIII} Hatásfoka 85 %.^{IX}



6. ábra: Pelletkazán működése

2.4. Kombinált rendszerek

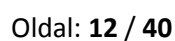
Nagy teljesítményű napelemes, szélturbinás, illetve kombinált elektromos áramot előállító rendszerek. A megfelelő teljesítményű napelem táblák, kiegészítve akár függőleges, akár vízszintes tengelyű szélgenerátorokkal, folyamatos energia termelést tesznek lehetővé. Ilyen rendszerek esetén már elérhető, hogy egy háztartás összes energia igényét (áram, fűtés, meleg víz) fedezni tudjuk.^X

VIII Forrás: <http://ocean-l.hu/tkr/index.php?cat=9>

IX Dr. Kalmár Ferenc főiskolai tanárórai jegyzete alapján

X Forrás: <http://www.cleanfuture.hu/termekek/kombinalt-rendszerek>

XI Forrás: <http://www.edilkamin.com/ita/doc/menu.swf>



3. Az épület energetikai jellemzőinek meghatározása

Számításom túlnyomó részét a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szerint végeztem, figyelembe véve a 40/2012 (VIII. 13) BM rendeletben leírt változásokat is.

3.1. Adatok

Az épület kétszintes, alápincézetlen, lapos tetős, szabadon álló családi ház Debrecenben. Számításaim kiinduló adatainál a szakdolgozatomban már kiszámolt értékekre hagytam. Adott a ház hőszükségletének számítása, valamint az energetikai vizsgálatának az első hat követelményszintje, melyből a munkám során szükséges értékek a következők:

a) $Q_{\text{lakás, tot}}$ [W]	12418
b) M [kg/m ²]	482
c) A_N [m ²]	229,8
d) Q_{sd} [W]	109,9
e) Q_{sid} [W]	0
f) $\Sigma A \cdot U$ [W/K]	131,53
g) $\Sigma \Psi \cdot l$ [W/K]	35,93
h) $0,35 \cdot n \cdot V$ [W/K]	108,5875

ahol:

- a) A lakás teljes hőigénye
- b) Az épület fajlagos hőtároló tömege
- c) Nettó fűtött terület
- d) Direkt sugárzási nyereség novemberben

$$Q_{sd} = \varepsilon \Sigma A_{\tilde{v}} I_b g_{(a)}$$

I_b : Átlagintenzitás egyensúlyi hőmérsékletkülönbség számításához.⁽¹⁾

g : Összesített sugárzásátbocsátó képesség. Értéke kettős üvegezésekre, xenon töltettel: 0,57⁽²⁾

(a) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (III.4.a) alapján.

(1) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet 3. mellékletben C I.2. november hónapra előírt tervezési adatok alapján.

(2) Baumann Mihály, Dr. Csoknyai Tamás, Dr. Kalmár Ferenc, Dr. Magyar Zoltán, Dr. Majoros

ε : Hasznosítási tényező: 0,75 ⁽³⁾ Mivel $m \geq 400 \text{ kg/m}^2$, ezért a családi ház nehéz szerekezetű.

- e) Indirekt sugárzási nyereség novemberben (A családi ház szerkezetei között nem szerepel csatlakozó üvegház és energiagyűjtő fal⁽⁴⁾, ezért ezzel az értékkel nem számolok.)
- f) A lakás elemen belüli hőhidakkal értelmezett transzmissziós veszteségei
- g) Hőhídveszteségek és a talajjal érintkező szerkezet veszteségei
- h) A filtrációból származó veszteségek

3.2. Egyensúlyi hőmérséklet meghatározása

$$\Delta t_b = \frac{Q_{sd} + Q_{sid} + A_N q_b}{\Sigma AU + \Sigma \Psi l + 0,35nV} + 2^{(b)}$$

q_b : A belső hőterhelés fajlagos szorzatának értéke: $5 \text{ [W/m}^2\text{]}^{(5)}$ lakóházakra.

$$A_N * q_b = 229,8 * 5 = 1149 [\text{W}]$$

$$\Delta t_b = \frac{229,8 + 0 + 1149}{131,53 + 35,93 + 108,5875} + 2 = 6,56 [^\circ\text{C}]$$

András, Dr. Osztróucky Miklós, Szalay Zsuzsa, Prof. Zöld András: Épületenergetikai segédlet – 2009. április – ISBN 978-963-7298-31-8, 49. oldal, 3.17. táblázat

(3) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (III.3.a) szerint.

(4) Dr.Tóth Elek DLA, 2009, 47. oldal

(b) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (IV.2)

(5) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (IV. 1. táblázat) szerint

3.3. Az épülethez tartozó fűtési határhőmérséklet számítása

Az épület átlaghőmérsékletét az egyes helyiségek hőmérsékletének a helyiségterfogattal súlyozott átlagaként határoztam meg.^(c):

Helyiségek:	ti (°C)	V (m3)	ti*V	V (m3)	ti*V
0.0.1	16	21,924	350,784	620,514	13484,988
0.0.2	20	7,722	154,44		
0.0.3	22	8,208	180,576		
0.0.4	20	15,876	317,52		
0.0.5	20	32,508	650,16		
0.0.6	22	154,332	3395,304		
0.0.7	24	20,79	498,96		
0.0.8	24	10,368	248,832		
0.0.9	24	10,206	244,944		
0.0.10	20	39,69	793,8		
0.0.11	20	5,346	106,92		
1.0.1	24	14,04	336,96		
1.0.2	22	110,916	2440,152		
1.0.3	22	39,96	879,12		
1.0.4	22	39,96	879,12		
1.0.5	24	28,35	680,4		
1.0.6	22	22,032	484,704		
1.0.7	22	38,286	842,292		

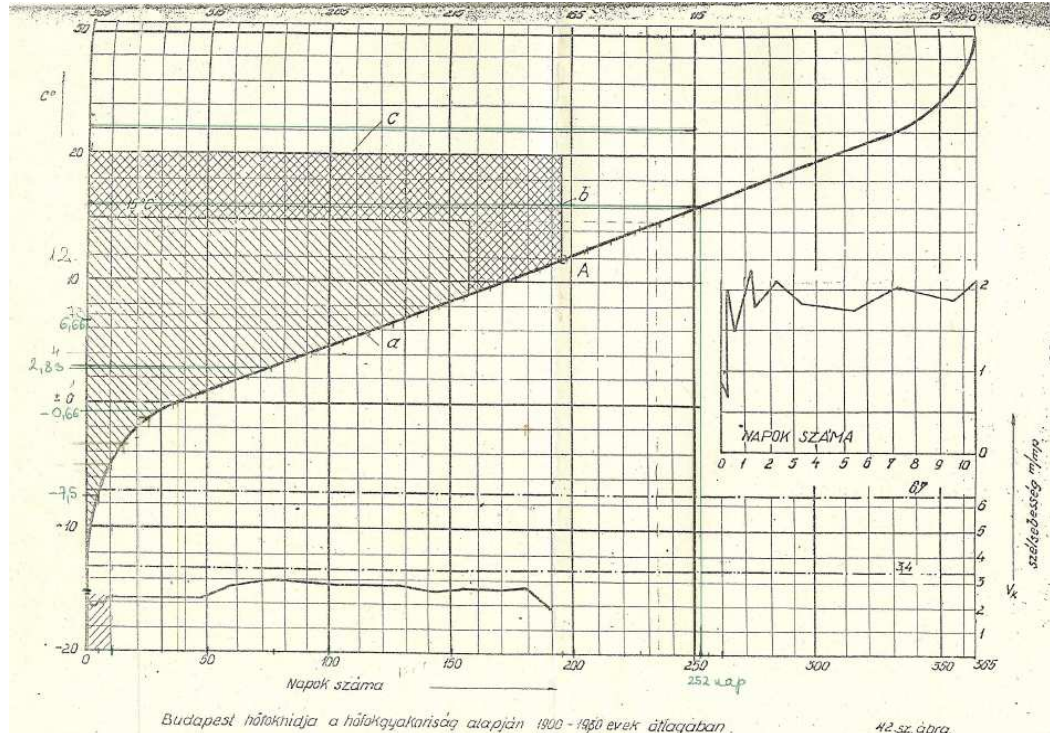
$$t_{i, \text{átl}} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{i,j} * V_j}{\sum_{j=1}^n V_j} = \frac{13484,988}{620,514} = 21,73[^\circ\text{C}]$$

$$t_{ph} = t_{i, \text{átl}} - \Delta t_b = 21,73 - 6,56 = 15,17[^\circ\text{C}]$$

(c) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet számításokkal összefüggő javaslatok, 5. oldal

4. Hőfokhíd számítása

Rendelkezésemre áll Budapest hőfokhídjának meghatározásához egy diagram, amely a hőfokgyakoriságot is tartalmazza 1900-1930 évek átlagában.



8. ábra: Bp. hőfokhídja a hőfokgyakoriság alapján

A határhőmérséklet értékét az y tengelyre felvéve, majd az x tengellyel párhuzamos egyenest húzva ebből a pontból, az egyenes el metszi a függvény képét egy pontban. Ezt a pontot levetítve az x tengelyre megkaptam a fűtési határhőmérsékletemhez tartozó fűtési napok számát.

$$N = 237 \text{ nap} = 5688 \text{ h}$$

A fűtési idény hőfokhídja egyenlő a fűtési napok hőfokhídjainak összegével:

$$H = \sum_{j=1}^N H_{dj} \sum_{j=1}^N (t_{i, \text{átl}} - t_{ej}) = N * (t_{i, \text{átl}} - t_{e \text{ átl}})$$

ahol:

N: A fűtési napok száma.

t_{ej} : A „j”-edik fűtési nap átlagos külső hőmérséklete

t_{ea} : a fűtési idény átlagos hőmérséklete

A határhőmérsékletet által kijelölt területet 6 részre osztottam, aztán külön-külön leolvasással meghatároztam a felosztott területekhez tartozó külső hőmérsékleti átlagértéket.

1. terület: 0.-10. napig. A hozzá tartozó külső átlag hőmérsékleti érték:
- 7,5 [°C]
2. terület: 10.-50. napig. A hozzá tartozó külső átlag hőmérsékleti érték:
-0,66 [°C]
3. terület: 50.-100. napig. A hozzá tartozó külső átlag hőmérsékleti érték:
2,83 [°C]
4. terület: 100.-150. napig. A hozzá tartozó külső átlag hőmérsékleti érték:
6,66 [°C]
5. terület: 150.-200. napig. A hozzá tartozó külső átlag hőmérsékleti érték:
10,33 [°C]
6. terület: 200.-237. napig. A hozzá tartozó külső átlag hőmérsékleti érték:
13,43[°C]

$$H=(10*(22,216-(-7,5)))+(50*(22,216-(-0,66)))+(50*(22,216-2,83))+(50*(22,216-6,66))+(50*(22,216-10,33))+(37*(22,216-13,43))=3763,966 \text{ [°nap]} = 3763,966*24 = 90335,172 \text{ [hK]}$$

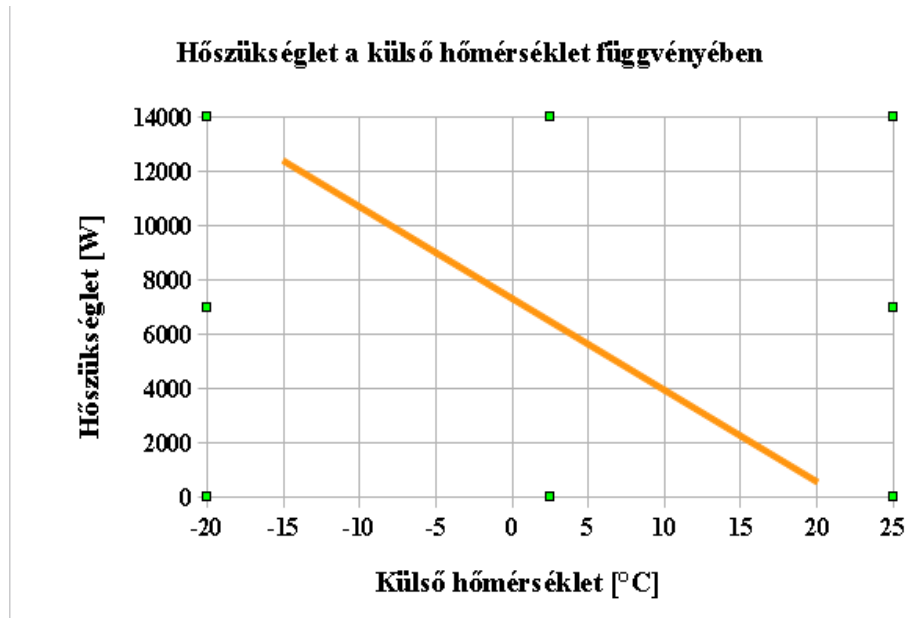
4.1. Az épülethez tartozó hőveszteség tényező számítása

$$K_v = \frac{Q_{lakástot.}}{t_{i,átl} - t_e} = \frac{12418}{21,73 - (-15)} = 338,071 \text{ [W / K]}$$

4.2. Hőszükséglet alakulása a különböző külső hőmérsékletek függvényében

$$Q_{lakás} = K_v * (t_{i,átl} - t_e)$$

Ezen összefüggés alapján megkapott pontokat diagramban ábrázoltam.



4.3. Éves fűtési energiaigény számítása

$$Q_f = H * K_v = 90335,172 * 338,071 = 30539672,8[Wh] = 30539,67[kWh / év]$$

5. Fűtési energiafogyasztás változása a különböző fűtőberendezések esetében:

5.1. Kondenzációs kazán használata esetén

A szakaszos üzem miatti korrekciót 0,9-es szorzóval vettem figyelembe.

Kondenzációs kazán hatásfoka: 108%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,9 * 30539,67}{\frac{108}{100}} = 25449,7273[kWh / év]$$

5.2. Alacsony hőmérsékletű kazán használata esetén

A szakaszos üzem miatti korrekciót 0,9-es szorzóval vettem figyelembe.

Alacsony hőmérsékletű kazán hatásfoka: 90%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,9 * 30539,67}{\frac{90}{100}} = 30539,673[kWh / év]$$

5.3. Kandallók

5.3.1. Nyílt égésterű kandalló esetén

Szakaszos üzem miatti korrekciónál ebben az esetben nem célszerű az energetikai számításokról szóló rendeletben szereplő, családi házakra vonatkozó értéket használni, mivel ennél a megoldásnál az üzemidő teljes egészében a felhasználótól függő tényező, figyelembe véve azt, hogy az átlagos munkaidő 8 óra és azt, hogy legalább szintén nyolc órát alvással töltenek az emberek, a kandalló üzemideje semmiképpen sem haladja meg a 12 h-t naponta, ezért 0,5-ös szorzóval vettem figyelembe.

Nyílt égésterű kandalló hatásfoka: 20-30% A számítását középértékével vettem figyelembe: 25%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,5 * 30539,67}{\frac{25}{100}} = 61079,346[kWh / év]$$

5.3.2. Zárt égésterű kandallók esetén

A nyílt égésterű kandallóknál leírt okokból itt is 0,5-ös szorzóval vettem figyelembe a fűtés szakaszosságát.

Zárt égésterű kandalló hatásfoka: 70-80%. A számítását középértékével vettem figyelembe: 75%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,5 * 30539,67}{\frac{75}{100}} = 20359,782[kWh / év]$$

5.4. Pelletkazán használata esetén

Nagy tároló tartályának köszönhetően ez a megoldás 8-12 órás leégési időt tesz lehetővé egy töltéssel, ezért, és az előző megfontolások miatt 10 h-s üzemidőt vettem figyelembe, így a korrekciós szorzó értéke: $10/24=0,4166$

Pelletkazán hatásfoka: 85%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,4166 * 30539,67}{\frac{85}{100}} = 14970,428[kWh / év]$$

5.5. Faapríték-tüzelésű kazán használata esetén

A pelletkazánhoz hasonlóan és ugyanazon megfontolásokból ennél is 0,4166-os szorzóval vettem figyelembe a korrekciót.

Faapríték-tüzelésű kazán hatásfoka: 82,4-88,7%. A számítását középértékével vettem figyelembe: 85,55%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,4166 * 30539,67}{\frac{85,55}{100}} = 14,874,183[kWh / év]$$

5.6. Faelgázosító kazán használata esetén

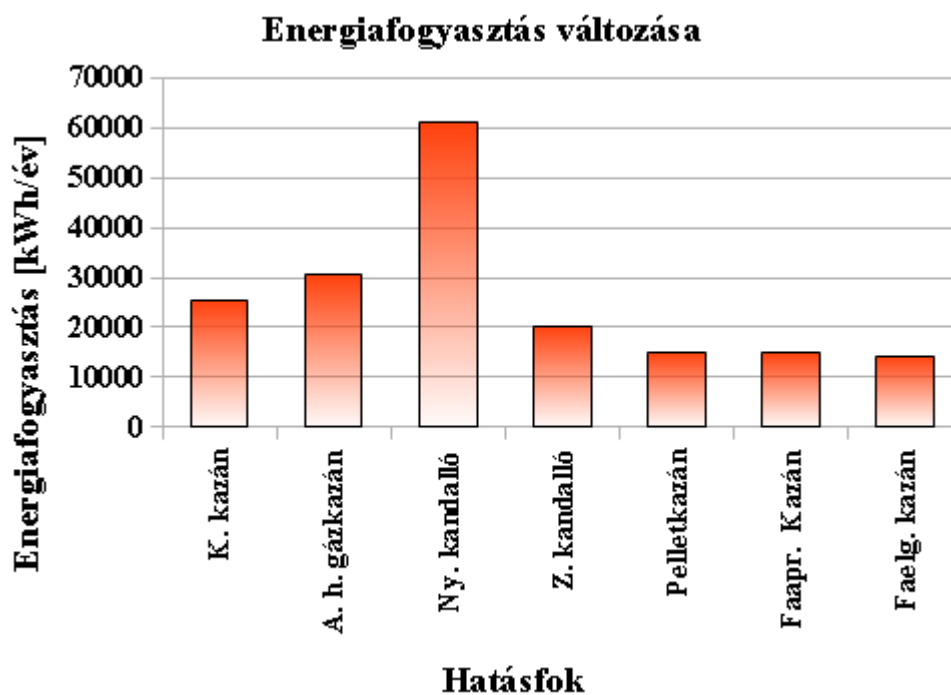
Szakaszos fűtés miatti korrekciós szorzó: 0,4166

Faelgázosító kazán hatásfoka: 89%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,4166 * 30539,67}{\frac{89}{100}} = 14297,5996 [kWh / év]$$

5.7. Hőtermelők energiafogyasztása

Hőtermelő típusa:	η (%)	Qff (kWh)
K. kazán	108	25449,7273411699
A. h. gázkazán	90	30539,6728094039
Ny. kandalló	25	61079,3456188079
Z. kandalló	75	20359,781872936
Pelletkazán	85	14970,427847747
Faapr. Kazán	85,55	14874,1831333547
Faelg. kazán	89	14297,5996298708



6. Tüzelőanyag mennyiségének és költségének számítása a különböző hőtermelőknél

6.1. Felhasznált gáz mennyisége kondenzációs kazánnál

$$V = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{25499,73}{9,5369} = 2668,561 [m^3 / év]$$

6.1.1. Gáz éves költsége:

$$K_f = V * Gázára = 299065,6 [Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/m3)	Qff (kWh)	V (m3)	Kf (Ft)
9,5369	25449,7273411699	2668,5607	299065,5998
Gáz ára (Ft/m3)	112,07		

6.2. Felhasznált gáz mennyisége alacsony hőmérsékletű gázkazánnál:

$$V = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{30539,673}{9,5369} = 3202,273 [m^3 / év]$$

6.2.1. Gáz éves költsége:

$$K_f = V * Gázára = 358878,72 [Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/m3)	Qff (kWh)	V (m3)	Kf (Ft)
9,5369	30539,6728094039	3202,2729	358878,7198
Gáz ára (Ft/m3)	112,07		

6.3. Felhasznált fa mennyisége nyílt égésterű kandallónál:

6.3.1. Száraz fa esetén:

$$M = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{61079,3456}{4,2} = 14542,701 [kg / év]$$

6.3.1.1. Száraz fa éves költsége:

$$K_f = M * Faára = 415339,55 [Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/kg)	Qff (kWh)	M (kg)	Kf (Ft)
4,2000	61079,3456188079	14542,7013	415339,5502
Fa ára (Ft/kg)	28,5600		

6.3.2. Frissen vágott fa esetében:

$$M = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{61079,346}{1,9} = 32147,024[kg / év]$$

6.3.2.1. Frissen vágott fa éves költségének meghatározása:

$$K_f = M * Faára = 918119,0057[Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/kg)	Qff (kWh)	M (kg)	Kf (Ft)
1,9000	61079,3456188079	32147,0240	918119,0057
Fa ára (Ft/kg)	28,5600		

6.4. Felhasznált fa mennyisége zárt égésterű kandallónál:

6.4.1. Száraz fa esetén:

$$M = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{20359,782}{4,2} = 4847,567[kg / év]$$

6.4.1.1. Száraz fa éves költsége:

$$K_f = M * Faára = 138446,517[Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/kg)	Qff (kWh)	M (kg)	Kf (Ft)
4,2000	20359,781872936	4847,5671	138446,5167
Fa ára (Ft/kg)	28,5600		

6.4.2. Frissen vágott fa esetében:

$$M = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{20359,782}{1,9} = 10715,675[kg / év]$$

6.4.2.1.Fa tüzelőanyag éves költsége:

$$K_f = M * Faára = 306039,669[Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/kg)	Qff (kWh)	M (kg)	Kf (Ft)
1,9000	20359,781872936	10715,6747	306039,6686
Fa ára (Ft/kg)	28,5600		

6.5. Pelletkazán esetében:

$$M = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{14970,428}{5} = 2994,086[kg / év]$$

6.5.1.Pellet éves költségének meghatározása:

$$K_f = M * Pelletára = 161680,621[Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/kg)	Qff (kWh)	M (kg)	Kf (Ft)
5,0000	14970,427847747	2994,0856	161680,6208
Pellet ára (Ft/kg)	54,0000		

6.6. Faapríték szükséges mennyisége faapríték-kazán használatánál:

$$M = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{14874,183}{3,06078} = 4859,605[kg / év]$$

6.6.1. Faapríték éves költségének számítása:

$$K_f = M * Faaprítékára = 77753,687[Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/kg)	Qff (kWh)	M (kg)	Kf (Ft)
3,0608	14874,1831333547	4859,6054	77753,6870
Faapríték ára (Ft/kg)	16,0000		

6.7. Felhasznált fa mennyisége faelgázosító kazán használatánál:

$$M = \frac{Q_{ff}}{F.érték} = \frac{14297,6}{5,15} = 2776,233[kg / év]$$

6.7.1. Fa éves költségének számítása:

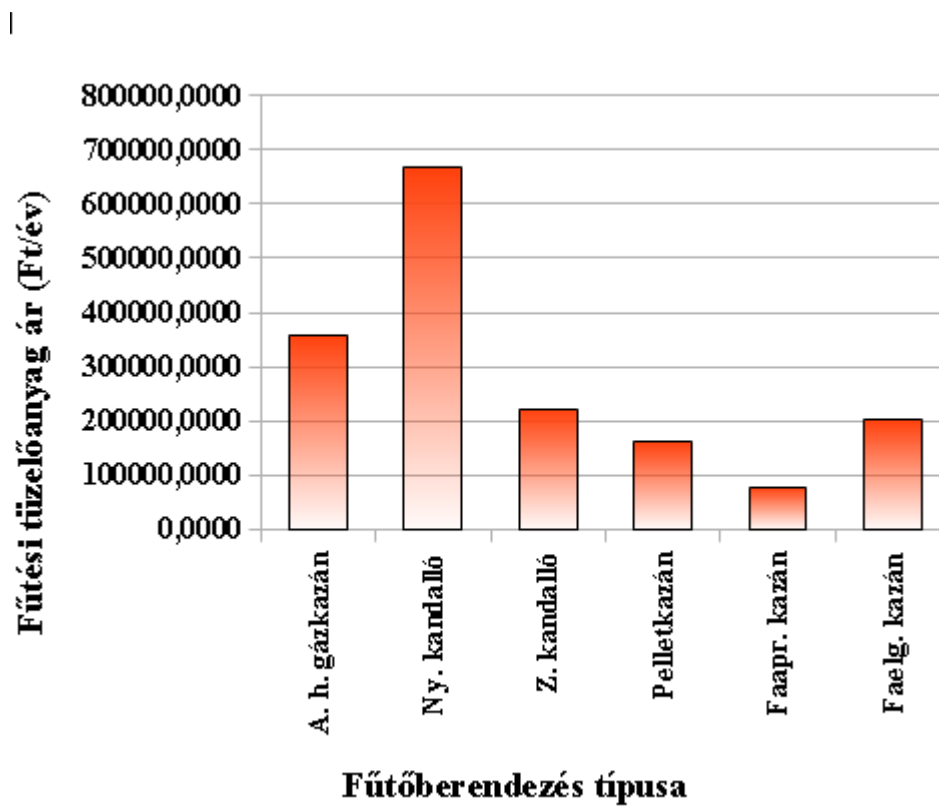
$$K_f = M * Fabrikettára = 201276,888[Ft / év]$$

Fűtőérték (kWh/kg)	Qff (kWh)	M (kg)	Kf (Ft)
5,1500	14297,5996298708	2776,2329	201276,8880
Fa ára (Ft/kg)	72,5000		

6.8. Fűtési tüzelőanyag költségek a különböző megoldásokhoz

Hőtermelő típusa:	Kf (Ft)
K. kazán	299065,5998
A. h. gázkazán	358878,7198
Ny. kandalló	666729,2780
Z. kandalló	222243,0927
Pelletkazán	161680,6208
Faapr. kazán	77753,6870
Faelg. kazán	201276,8880

6.9. Fűtési tüzelőanyag költségek alakulásának diagramja



7. Kazánok teljesítményei a hőfokgyakoriság alapján:

A hőfok-gyakorisági diagramról leolvastam 5 naponként a külső átlaghőmérsékletek értékét, melyekből a határhőmérséklet felhasználásával számítottam a fűtési határhőmérséklet és a külső átlaghőmérsékletek különbségét. Ezt a hőmérséklet különbséget felosztva százalékos arányban kaptam meg a kazán százalékosan kifejezett teljesítményértékét.

$$\Delta t_j = t_{fh} - t_{eá}$$

Figyelembe véve azt, hogy a kazán legnagyobb terhelése a méretezési külső hőmérséklet értékénél nem lesz nagyobb, a $\Delta t = (t_{fh} - (-15))$ hőmérséklet különbséget vettem 100%-nak.

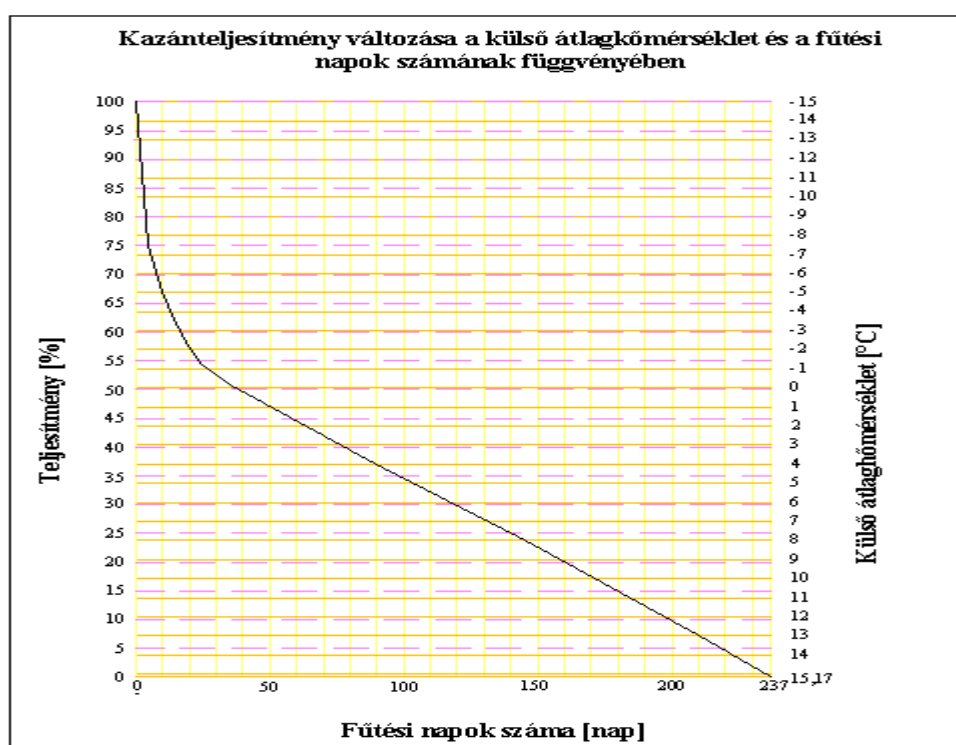
$$Terhelés = \frac{100 * \Delta t_j}{\Delta t_{100}}$$

Napok száma:	te átl (°C)	Δt (°C)	Terhelés (%)
0,0000	-15,0000	30,1715	100,0000
5,0000	-7,5000	22,6715	75,1421
10,0000	-5,0000	20,1715	66,8562
15,0000	-3,4160	18,5875	61,6062
20,0000	-2,0000	17,1715	56,9130
25,0000	-1,2500	16,4215	54,4272
30,0000	-0,6600	15,8315	52,4717
35,0000	-0,1660	15,3375	50,8344
40,0000	0,3330	14,8385	49,1805
45,0000	0,5833	14,5882	48,3510
50,0000	0,9100	14,2615	47,2681
55,0000	1,3300	13,8415	45,8761
60,0000	1,8300	13,3415	44,2189
65,0000	2,1600	13,0115	43,1252
70,0000	2,5000	12,6715	41,9983

75,0000	2,9000	12,2715	40,6725
80,0000	3,2500	11,9215	39,5125
85,0000	3,5830	11,5885	38,4088
90,0000	4,0000	11,1715	37,0267
95,0000	4,3333	10,8382	35,9220
100,0000	4,6666	10,5049	34,8173
105,0000	5,0833	10,0882	33,4362
110,0000	5,4166	9,7549	32,3315
115,0000	5,8333	9,3382	30,9504
120,0000	6,1250	9,0465	29,9836
125,0000	6,6666	8,5049	28,1886
130,0000	6,9166	8,2549	27,3600
135,0000	7,3333	7,8382	25,9789
140,0000	7,6666	7,5049	24,8742
145,0000	8,0000	7,1715	23,7692
150,0000	8,3333	6,8382	22,6645
155,0000	8,7500	6,4215	21,2834
160,0000	9,1666	6,0049	19,9026
165,0000	9,5833	5,5882	18,5215
170,0000	9,8333	5,3382	17,6929
175,0000	10,3333	4,8382	16,0357
180,0000	10,6666	4,5049	14,9310
185,0000	11,0000	4,1715	13,8260
190,0000	11,3333	3,8382	12,7213
195,0000	11,6666	3,5049	11,6166
200,0000	12,1666	3,0049	9,9594
205,0000	12,5833	2,5882	8,5783
210,0000	13,0000	2,1715	7,1972
215,0000	13,4166	1,7549	5,8165

220,0000	13,8333	1,3382	4,4354
225,0000	14,0000	1,1715	3,8829
230,0000	14,3333	0,8382	2,7782
235,0000	14,6666	0,5049	1,6735
237,0000	15,1715	0,0000	0,0000

Mindezek után ezeket az értékeket egy 3 oldalú diagramban foglaltam össze, ahol a vízszintes tengelyen beskalázva a fűtési napok számát (0-252-ig), a jobb függőleges tengelyen pedig a külső hőmérsékleti értékeket (16,263[°C]-tól -15[°C]-ig) úgy, hogy a diagram maximum értéke a -15 [°C] legyen. A diagram 3. skálája a bal oldalra került. A skálázást egyszerűen 20 egyenlő részre bontással oldottam meg, mellyel máris felosztottam 5[%]-ként a külső hőmérsékleti átlagértékeket, így megkaptam a kazán terhelését százalékosan.



9. ábra: Kazánteljesítmény változása

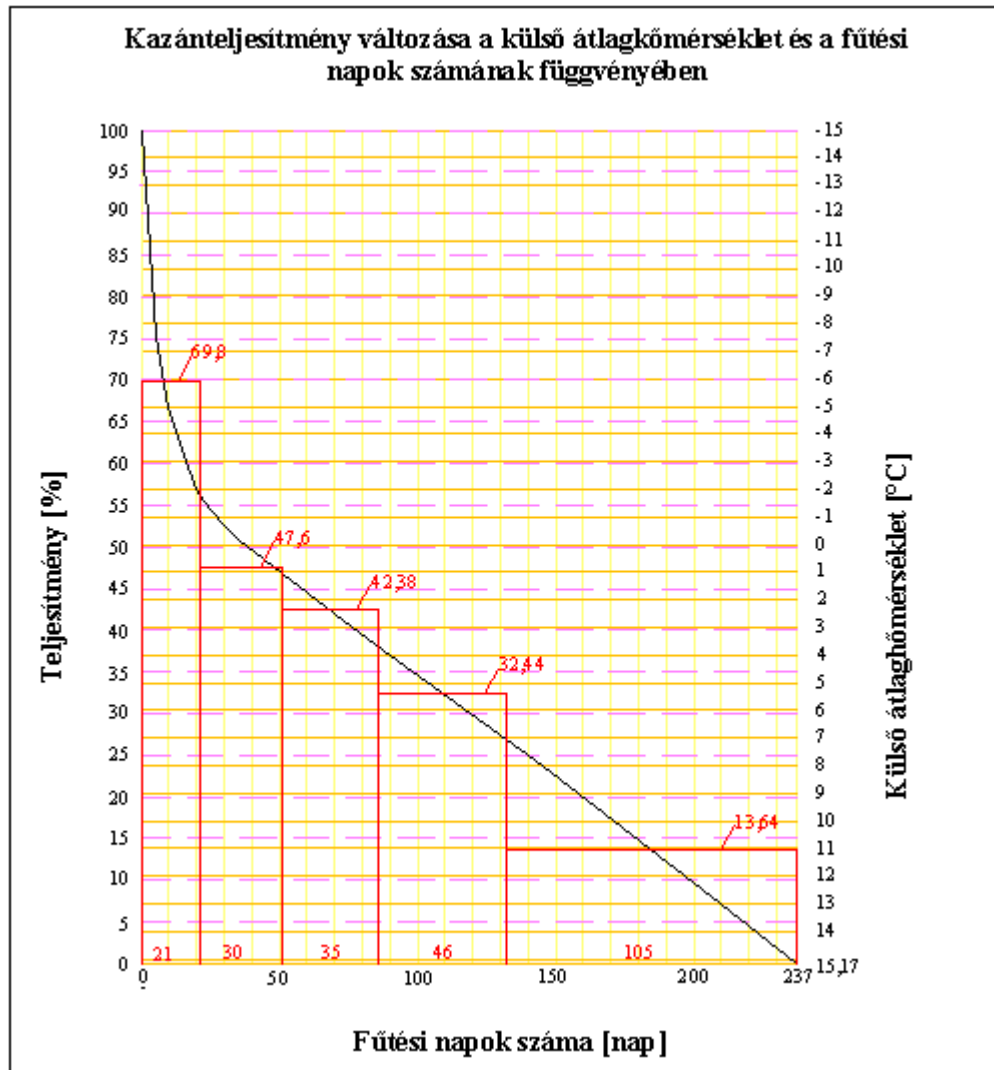
Az előzőekben számolt pontokat meghatároztam rajtuk, melyekből így a függvény képét kaptam.

7.1. Teljesítmény-függvény alatti területek számítása:

A grafikon képe az első 35 nap után lineáris csökkenést mutat, addig viszont nem, ezért az első 35 napot felosztottam 5 naponként, 35-237-ig pedig még további 5 tetszőleges részre. A függvény görbét innentől ezekben a kicsi szakaszokban egyeneseknek tekintettem az első 35 nap alatt is, így elég jó közelítéssel tudtam számolni a függvény alatti területeket. A felosztási vonalaimhoz tartozó teljesítményértékeket megszoroztam a felosztás mértékével, tehát a felosztott terület hosszával így kiszámoltam a részek területét addig a pontig, amikor elérik a függvény grafikonját, mivel ez téglalapokat határoz meg a vizsgált diagramban. A maradék részek háromszögeket alkotnak a téglalapok felett, melyeknek ugyancsak számoltam a területét. Összeadtam a kiadódó téglalap és háromszög területének értékeit, ezzel kiszámoltam az első 35 napra a függvény alatti területet. Az ez után következő szakaszokkal ugyanilyen területszámítással jártam el, azzal az egyszerűsítéssel élve, hogy a függvény képe itt már lineárisnak tekinthető, ezért ezeket nem kellett sűrű bontásban számítanom.

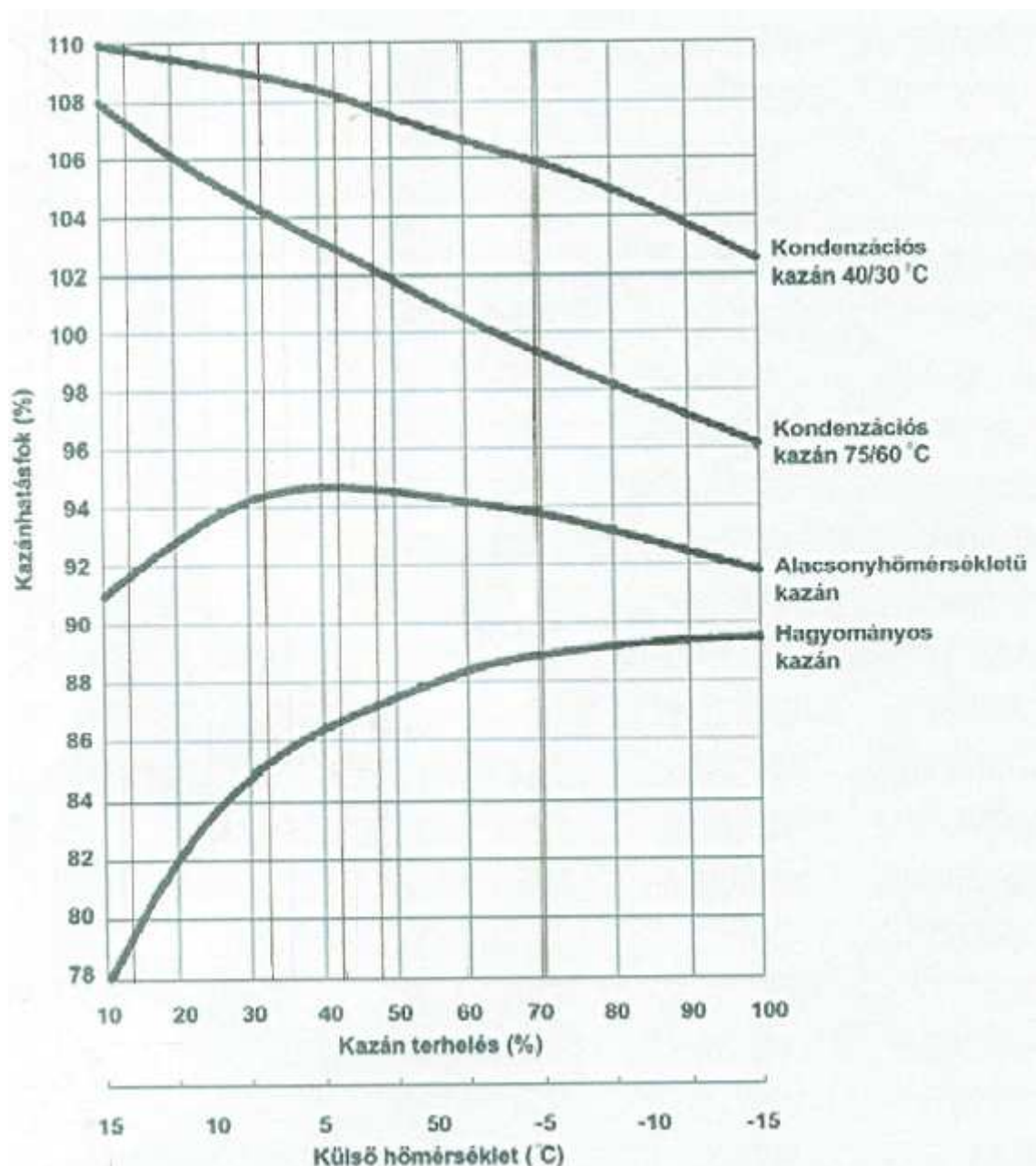
Napok száma:	Teljesítmény (%)	Terület 1	Terület 2	Terület összes
5.napig	75,1259278897	375,6296	62,1852	437,8148
10.nap	66,8411983033	334,2060	20,7118	354,9178
15.nap	61,5919936373	307,9600	13,1230	321,0830
20.nap	56,8995227996	284,4976	11,7312	296,2288
25.nap	54,4141039236	272,0705	6,2135	278,2841
30.nap	52,4589077413	262,2945	4,8880	267,1825
35.nap	50,821845175	254,1092	4,0927	258,2019
70.nap	41,987009544	1469,5453	154,6096	1624,1550
90.nap	37,0161717922	740,3234	49,7084	790,0318
145.nap	23,7606044539	1306,8332	364,5281	1671,3613
210.nap	7,191145281	467,4244	538,5074	1005,9319
237.nap	0	0,0000	97,0805	97,0805
				7402,2733297985

A függvény alatti terület meghatározása után 5 egyenlő részre bontottam ezt a területet, így az energiafelhasználás az egyes területeken egyenlő mértékű. Ezzel meghatároztam az öt jellemző kazánterhelést.



8. ábra: Kazánteljesítmény változása

Végezetül a terhelések figyelembe vételével leolvastam egy másik diagramról a terhelésekhez tartozó hatásfok értékeket.



9. ábra: Kazánhatásfok változása a teljesítmény függvényében

Jellemző kazánterhelések:

Napszakaszok	Teljesítmény (%)
0-21 napig	69,8000
21-51 napig	47,6000
51-86 napig	42,3800
86-132 napig	32,4400
132-237 napig	13,6400

8.1.A kazánok éves átlag hatásfokai a terhelések alapján:

8.1.1. Hagyományos kazán esetén:

Teljesítmény (%)	Hatásfok (%)
69,8000	88,8750
47,6000	87,1250
42,3800	86,6250
32,4400	85,2500
13,6400	79,2500

$$\eta_{\text{éves}} = \frac{5}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\eta_{\text{kazán},i}}} = \frac{5}{\frac{1}{0,889} + \frac{1}{0,871} + \frac{1}{0,866} + \frac{1}{0,853} + \frac{1}{0,793}} = 0,853 = 85,3\%$$

8.1.2. Alacsony hőmérsékletű kazán esetén:

Teljesítmény (%)	Hatásfok (%)
69,8000	93,8750
47,6000	94,6250
42,3800	94,7500
32,4400	94,3750
13,6400	91,6250

$$\eta_{\text{éves}} = \frac{5}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\eta_{\text{kazán},i}}} = \frac{5}{\frac{1}{0,939} + \frac{1}{0,946} + \frac{1}{0,948} + \frac{1}{0,944} + \frac{1}{0,9163}} = 0,938 = 93,8\%$$

8.1.3. Kondenzációs kazán esetén (40/30°C-os hőfoklépcsővel):

Teljesítmény (%)	Hatásfok (%)
69,8000	105,8750
47,6000	107,7500
42,3800	108,2500
32,4400	108,8750
13,6400	109,8750

$$\eta_{\text{éves}} = \frac{5}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\eta_{\text{kazán},i}}} = \frac{5}{\frac{1}{1,059} + \frac{1}{1,078} + \frac{1}{1,083} + \frac{1}{1,089} + \frac{1}{1,099}} = 1,081 = 108,1\%$$

9. Gázüzemű hőtermelő berendezések energia költségeinek átszámítása

9.1. Tényleges fogyasztás alakulása gázüzemű berendezések esetén

9.1.1. Kondenzációs kazánál

A szakaszos üzem miatti korrekciót 0,9-es szorzóval vettem figyelembe.

Kondenzációs kazán hatásfoka: 108,1%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,9 * 30539,67}{\frac{108,1}{100}} = 25424,1757 [kWh / év]$$

9.1.2. Alacsony hőmérsékletű kazánál

A szakaszos üzem miatti korrekciót 0,9-es szorzóval vettem figyelembe.

Kondenzációs kazán hatásfoka: 93,8%

$$Q_{ff} = \frac{Q_f}{\frac{\eta}{100}} = \frac{0,9 * 30539,67}{\frac{93,8}{100}} = 29291,3312 [kWh / év]$$

9.2. Tényleges energiaköltségek gázüzemű berendezéseknél

9.2.1. Kondenzációs kazán

$$V = \frac{Q_{ff}}{Fűtőérték} = \frac{25424,1757}{9,5369} = 2665,8815 [m^3 / év]$$

$$K_f = V * Gázára = 298765,3361 [Ft / év]$$

9.2.2. Alacsony hőmérsékletű kazán

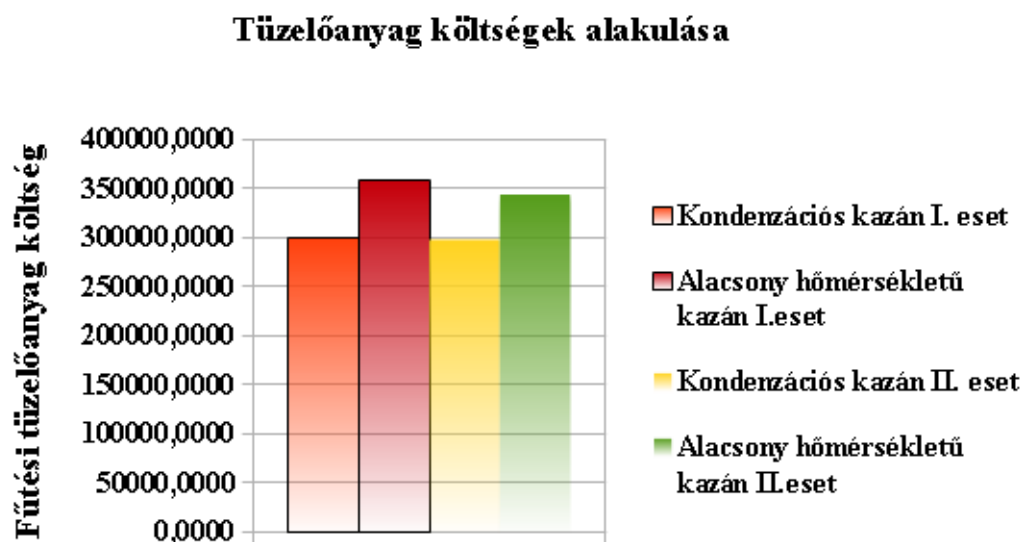
$$V = \frac{Q_{ff}}{Fűtőérték} = \frac{29291,3312}{9,5369} = 3071,3766 [m^3 / év]$$

$$K_f = V * Gázára = 344209,1704 [Ft / év]$$

9.3. Költségek grafikonos alakulása gázberendezések esetén

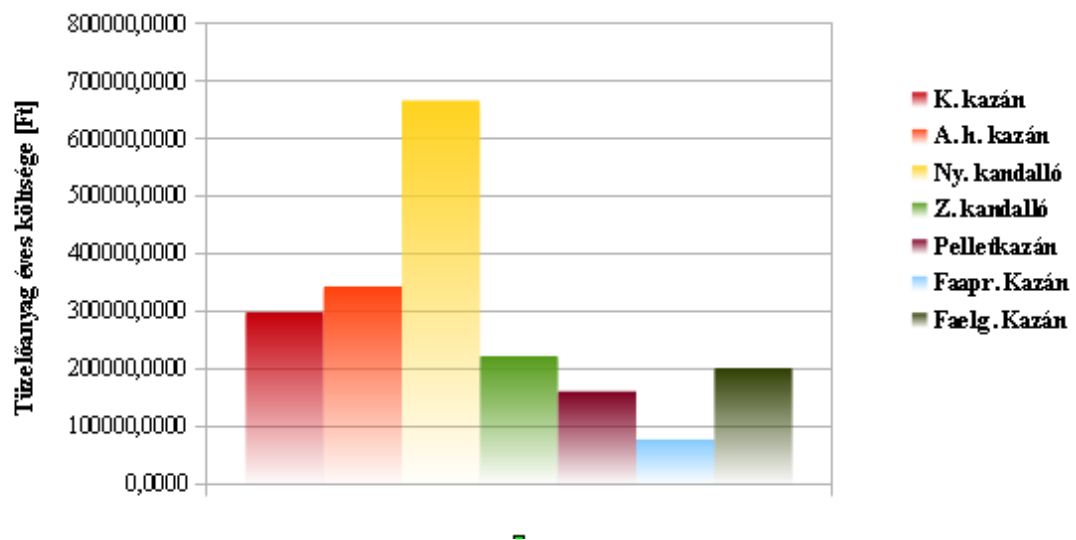


9.4. A két számítási menet eredményeinek összehasonlítása



9.5. Tüzelőanyag költségek összevetése a különböző berendezések esetében az új adatokkal

Fűtési tüzelőanyag költségek



10. Kombinált rendszer megtérülési idejének kiszámítása

10.1. Befektetési költség, a kombinált rendszer árának és a gázkazán árának különbsége

Befektetések:			Különbség:	
Napkollektoros rendszer:	760000	Ft	560010	Ft
Faelg. kazán tárolókkal	1416082	Ft	1216092	Ft
Al. hőm. Gázkazán	199990	Ft		Ft

10.2. Gázkazánal fűtött rendszer költségei

Teljes hőszükséglet: 26786 W

Qf (kWh)	65874,9940306566
Qff (kWh)	63182,283578481
V (m3)	6625,0517285309
Kf (Ft)	742469,547216454

10.3. Megtérülési idők számítása

Az alacsony hőmérsékletű gázkazán csak akkor üzemel, amikor a faelgázosító kazán a tárolót fűti, ilyenkor egy váltószelep átkapcsol, és csak az alacsony hőmérsékletű kazán fűtővize fedezi a hőszükségletet.

A faelgázosító kazánban a tüzelőanyag leégési ideje 4,5 óra, ennyi idő alatt fűti fel a puffer tárolókat a kazán, ezután pedig a tárolók fogják biztosítani a ház fűtését.

Napkollektor részarányának megtérülése:		1,4061403859	1 év négy hónap
Kombinált rendszer megtérülése:		4,4557992112	4 év 5 hónap

11. Kiértékelés

Az éves átlaghatásfok számításának módszerével nagyobb hatásfok eredmények jöttek ki, ezért az energiaigényük is jobb lett a kazánoknak és a tüzelőanyag felhasználásuk is jóval kedvezőbb. Energetikai szempontból a leggazdaságosabb a faapríték és a pellet tüzelőanyaggal való fűtés, azonban ezek nagy tüzelőanyag tároló méretet igényelnek, drágább az előállításuk, mint a sima fa tüzelőanyagoknak és nagyon sok esetben lehetetlen a beszerzésük, ezért is választottam a faelgázosító kazánt a rendszerbe, mert a többi kazánhoz képest igen jó értékeket kaptam a tüzelőanyag felhasználására, és költségére, ellenben nem annyira komplikált az üzemeltetése, mint az előbb említett kazánoknak.

Bár a kombinált rendszer egész rendszerárát tekintve sokkal nagyobb befektetés, mint, ha csak az alacsony hőmérsékletű gázkazánt fizetné ki a befektető, azért a megtérülési ideje igen pozitívnak mondható, hiszen kevesebb, mint 5 év alatt visszahozza az árát, és a későbbiekben ez a gazdaságossága már a családi kasszát gyarapíthatja. Azért is találom jónak ezt a rendszert, mert mind a kettő kazántípus megtalálható benne, ha valamelyik tüzelőanyagnak feljebb viszik az árát, dönthet a felhasználó úgy, hogy azt a kazánt nem használja.

Idézett forrásmunkák

- I <http://hazepitoklapja.hu/epites/futes/fonix-rendszer-a-takarekos-jovo/>
- II Forrás: <http://www.drgaz.hu/os/index.php?stilus=lap&hiv=41&forr=4>
- III http://www.alternativ-energia.eu/kondenzacios_gazkazan.php
- IV <http://www.buderus.hu/letoltesek/szakmaicikkek/kazankivalasztas.html>
- V <http://www.kalyhaepitok.hu/kandallo/kandallo-tudnivalok.html>
- VI Dr. Kalmár Ferenc főiskolai tanár előadása alapján
- VII Forrás: http://www.edilkamin.com/hu/focolari_chiusi_tecnologia.aspx
- VIII Forrás: <http://ocean-l.hu/tkr/index.php?cat=9>
- IX Dr. Kalmár Ferenc főiskolai tanárárai jegyzete alapján
- X Forrás: <http://www.cleanfuture.hu/termekek/kombinalt-rendszerek>
- XI Forrás: <http://www.edilkamin.com/ita/doc/menu.swf>
- (a) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (III.4.a) alapján.
- (1) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet 3. mellékletben C I.2. november hónapra előírt tervezési adatok alapján.
- (2) Baumann Mihály, Dr. Csoknyai Tamás, Dr. Kalmár Ferenc, Dr. Magyar Zoltán, Dr. Majoros András, Dr. Osztrócsy Miklós, Szalay Zsuzsa, Prof. Zöld András: Épületenergetikai segédlet – 2009. április – ISBN 978-963-7298-31-8, 49. oldal, 3.17. táblázat
- (3) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (III.3.a) szerint.
- (4) Dr. Tóth Elek DLA, 2009, 47. oldal
- (b) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (IV.2)
- (5) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet (IV. 1. táblázat) szerint
- (c) 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet számításokkal összefüggő javaslatok, 5. oldal