

Családi ház energetikai vizsgálata dinamikus szimulációval

Dr. Kassai Miklós PhD¹

Abstract

In the first part of this research work the different heat dissipation and heat extraction methods of the most frequently used heating systems applied in a single family house were presented. The calculated results are presented in this part of this article. The annual primary energy consumption of the heating system with the air-source heat pump was 87.9% of the energy consumption calculated according to the Hungarian regulation. In the case of the heating system with condensing gas boiler, this number is 86.55%. The difference could be caused by the more precise calculations procedure provided by TRNSYS software, however, there was some difference also in the weather data used by the two softwares that could be one of the most important effect on the results according to these investigations. The number of heating degree days used by TRNSYS (calculated based on the weather data of the recent 20 years) is 10% less, than the number of heating degree days that appear in the Hungarian decree.

According to this calculation, based on the current electricity and natural gas prizes, the heating system with an air-source heat pump usually does not pay itself off, compared to the heating system with a condensing gas boiler, however, the heat pump can provide better comfort for the occupants. The aim of the future research can be the implementation of a more accurate control strategy of the heating systems and the examination of cooling and ventilation systems as well.

1. Bevezetés

A témában végzett kutatás korábbi szakaszában a TRNSYS által nyújtott számítási eljárásokat mutattam be és összehasonlítottam a WinWatt program használatával egy családi ház termikus modellezése során. A kutatási eredményeket a Magyar Épületgépészet folyóirat LXVII. évfolyam, 2018/12. számában publikáltam [1]. A kutatómunka folytatása gyanánt, a gyakorlatban már elterjedt kondenzációs gázkazános és egyre szélesebb körökben terjedő levegő-víz hőszivattyús fűtéstechnikai rendszer között készült energetikai összehasonlító vizsgálat. A kutatómunkában asszisztált *Kopányi Attila* Bsc. hallgató, munkájából egy kiváló minőségű szakdolgozat született [2].



¹ egyetemi docens,
BME Épületgépészeti és Gépészeti
Eljárástechnika Tanszék

A jelen cikkben az általam elvégzett számítások eredményeit mutatom be. A TRNSYS szoftver felhasználásával összehasonlítom a dinamikus szimuláció segítségével meghatározott, illetve a magyar rendelet (7/2006. (V. 24.) TNM) és a vonatkozó szabványok (MSZ-04-140/3:1987) szerinti számítási metódusaival dolgozó WinWatt program használatával kapott értékeket [3-4].

2. A kutatás során alkalmazott számítási eljárásokkal meghatározott eredmények bemutatása

A következő alfejezetekben az általam elvégzett számítások eredményeit mutatom be. Összehasonlítom a dinamikus szimuláció segítségével számító TRNSYS szoftver, illetve a magyar rendelet szerinti számítási metódussal dolgozó WinWatt program használatával kapott értékeket.

2.1. A vizsgált fűtéstechnikai rendszerek energiafelhasználásának összehasonlítása

A Magyar Épületgépészet folyóirat LXVII. évfolyam 2018/12. számában megjelent cikkben [1] bemutattam, hogyan építettem fel az általam vizsgált épületgépészeti rendszerek modelljeit. Miután megtörtént a rendszerek modellezése, kiszámíthatóvá váltak az azokat jellemző épületenergetikai értékek. A 7/2006. számú TNM rendeletben [3] a fűtési rendszereket azok éves fajlagos primerenergia-fogyasztása jellemzi elsősorban – a WinWatt szoftver ezt az értéket automatikusan kiszámította, miután megtörtént a megfelelő fűtési rendszer kiválasztása.

A TRNSYS használata során azonban néhány további számítási lépés elvégzése is szükséges volt ezen érték meghatározásához. A kazános rendszer TRNSYS szoftverben történő vizsgálata esetén a szimuláció lefutása során a szoftver egy külön – táblázatkezelő programmal megnyitható – fájlba írta ki a kazán energiafogyasztási adatait 15 perces bontásban, illetve az egész évre vonatkozó energiafogyasztást kJ-ban [5-8]. Ezt először kWh mértékegységre számítottam át, az így kapott éves energiafogyasztást pedig fajlagosítottam, osztva az épület fűtött alapterületével, ami 156 m². Az így kapott értékeket és a WinWatt szoftver használatával kiszámított eredményeimet mutatom be az **1. táblázatban** látható módon.

1. táblázat. A gázkazánt tartalmazó fűtéstechnikai rendszer éves fajlagos primerenergia-felhasználása, különböző számítási módszerek esetén

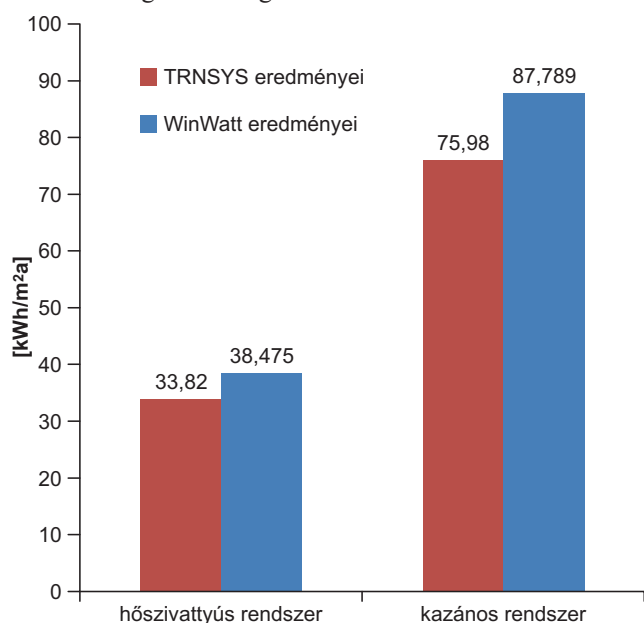
	E_{prim} [kWh/m ² év]
Gázkazános rendszer – TRNSYS	75,980
Gázkazános rendszer – WinWatt	87,789

A fűtési rendszerben levegő-víz hőszivattyút tartalmazó TRNSYS modellek energiafelhasználásának meghatározása hasonlóan történt, azzal a kivétellel, hogy ebben az esetben szükséges volt a primerenergia-átalakítási tényező hatásának figyelembevétele is, hiszen a hőszivattyú villamos energiát használ fel a működéséhez és nem földgázt. A szoftver a kazános rendszer számításához hasonlóan itt is egy külön fájlba írja ki a hőszivattyú által felvett villamosenergia-teljesítményt, illetve az éves energiafelhasználást, szintén kJ mértékegységben. A kWh-ba történő átszámítás után ennek értékét megszoroztam a primerenergia-átalakítási tényezővel, amit a WinWatt szoftverben alkalmazottakhoz hasonlóan ebben az esetben is 1,8-nak vettem fel. Ezek után fajlagosítottam az éves primerenergia-felhasználást az alapterülettel. A két szoftver használatával számított eredményeim a **2. táblázatban** láthatók.

2. táblázat. A hőszivattyús fűtéstechnikai rendszer éves fajlagos primerenergia-felhasználása, különböző számítási módszerek esetén

	E_{prim} [kWh/m ² év]
Levegő-víz hőszivattyús rendszer – TRNSYS	33,82
Levegő-víz hőszivattyús rendszer – WinWatt	38,46

Egyaránt érvényes a két fűtési rendszerre, hogy a magyar rendelet előírásai szerint számító WinWatt szoftver nagyobb értékeket határozott meg azok éves fajlagos energiafelhasználására: a kazánt tartalmazó rendszer esetében a WinWatt szoftver számításának eredménye 87,789 kWh/m²év, míg a TRNSYS alkalmazásával csupán 75,980 kWh/m²év. A hőszivattyús rendszer esetében a két érték közötti különbség kisebb: a magyar rendelet szerinti számítási módszerrel 38,475 kWh/m²év, míg a dinamikus szimulációt végrehajtó szoftver használatakor 33,82 kWh/m²év éves fajlagos fűtési energiafelhasználást kaptam eredményül. A hőszivattyús rendszerek esetében a különbség ugyan kisebb, de az **1. ábrán** jól láthatóan maguk az energiafelhasználási értékek is kisebbek.



1. ábra. A gázkazánt és a hőszivattyút tartalmazó rendszer energiafelhasználásának összehasonlítása

Ennek következtében a kWh/m²év-ben számított különbségek ugyan nagyobbak a kazános rendszer esetén, de az egyes (kazánt, illetve hőszivattyút tartalmazó) rendszerek esetében a különböző számítási módok hasonló arányú eredményeket adnak. A hőszivattyús rendszer esetében a 7/2006. TNM rendelet szerint meghatározott éves fajlagos primerenergia-felhasználásnak a TRNSYS által számított érték 87,9%-a, míg a kazános rendszer esetén ez az arány 86,55%. A magyar rendelet számítási módszerével meghatározott, illetve az általam is használt TRNSYS szoftver segítségével számított eredményeket hasonlították össze kutatási tanulmányukban *Magyar* és munkatársai [9]. Egy kollégium épületének különböző felújítások hatására változó éves nettó fűtési energiaigényét vizsgálva összehasonlították többek között a WinWatt, illetve a TRNSYS segítségével számított értékeket. A felújítási módoktól függően a részletes benapozást és részletes hőfok-híd számítást tartalmazó magyar rendelet szerinti számítási módszer eredményei 20-50%-kal haladták meg a TRNSYS segítségével számított értékeket. Fontos különbség a munkákkal kapcsolatban, hogy nem az épületgépészeti rendszerek energiafogyasztását vizsgálták, hanem csupán a fűtési energiaigény változását.

Az 1. ábrán szemléletesen jelenik meg a kazános, illetve a hőszivattyús rendszerek energiafelhasználásának a különbsége is. A magyar rendelet szerinti számítási módszer alkalmazása esetén a kazános rendszer éves fajlagos primerenergia-felhasználása 49,314 kWh/m²év-vel nagyobb, mint a hőszivattyús rendszernél. Arányaikban vizsgálva ezeket az értékeket, a hőszivattyús fűtési rendszer energiafelhasználása csupán 43,83%-a a kazános rendszer energiafelhasználásának, azaz a különbség 56,17% a hőszivattyú javára. A gyakorlatban a két rendszer fajlagos primerenergia-felhasználása között ennél kisebb, 30-40 %-os különbség a megszokott. A WinWatt által meghatározott értékeket azonban a TRNSYS segítségével végzett számítások is megerősítik, hiszen a két különböző fűtési rendszer energiafelhasználása hasonló arányokat mutat: a kazános rendszer e számítási mód esetén 55,49%-kal haladja meg a hőszivattyús rendszer éves fajlagos primerenergia-felhasználását, vagyis az utóbbi energiafelhasználása a kazános fűtési rendszer 44,51%-a.

Az energiafelhasználásban jelentkező különbség több tényező együttes következménye. Ezek közül a talán legnagyobb hatással bíró különbség a hőtermelők teljesítménytényezőjének az értéke. A korszerű kondenzációs gázkazánok teljesítménytényezője akár 1,02 – 1,01 is lehet, azonban a mai modern inverteres hőszivattyúk SCOP értéke már meghaladja a 4-et, azaz míg a kazán számára egységnyi hőenergia előállításához 1,02 egységnyi energiabevitelre van szüksége, addig a hőszivattyúnak csupán 0,25 egységre, vagy még kevesebbre.

Miért használja fel tehát a hőszivattyú a kazán energiafogyasztásának 45%-át? A válasz a primerenergia-átalakításban rejlik: amennyiben a jobb teljesítménytényező miatt a hőszivattyú csak 25%-át használná fel a kazán energiafogyasztásának, úgy primerenergiára vetítve már 45%-ról beszélhetünk, 1,8 értékű primerenergia-átalakítási tényezőt figyelembe véve. Ez a 45%-os arány jól közelíti a számításaim során meghatározott eredményeket.

A magyar rendelet szerinti számítási módszer alkalmazásával és a TRNSYS használatával kapott adatok közti különbség szintén több okra vezethető vissza. A dinamikus szimulációkat végrehajtó szoftverek használatával pontosabb eredményekre számíthatunk – ez pedig az energiafelhasználást jellemző mutatók csökkenését jelenti a rendelet szerint számítottakhoz képest, amennyiben a rendelet a kiindulási adatainak meghatározásánál a biztonság (vagyis ebben az esetben a nagyobb energiafelhasználás) felé igyekezett eltérni. Véleményem szerint azonban a különbség az éves fajlagos primerenergia-felhasználásban leginkább annak köszönhető, hogy a két számítási módszer által felhasznált időjárási adatok eltérőek. A TRNSYS többzónás épület komponense kizárólag TMY-2 kiterjesztésű meteorológiai adatokat képes használni [4-7]. Munkám során én a Meteororm által közreadott TMY-2 időjárási adatokat tartalmazó fájlt használtam, amely a Budapest-Pestszentlőrinc meteorológiai állomás méréseiből készült. A Meteororm által készített TMY, azaz tipikus meteorológiai év adatsorok évtizedes mérések eredményeiből készülnek, kiindulópontként az 1991 és 2010 közti GEBA (Global Energy Balance Archive) adatait használva [10].

Az általam használt időjárási fájl külső léghőmérsékleteinek, illetve a fűtési rendszerek éves működési idejének felhasználásával kiszámítható a fűtési idény hossza, illetve a fűtési hőfokhíd. A TRNSYS szoftverrel történő szimuláció során a fűtési rendszerek először október 26-án kapcsoltak be, utoljára március 20-án működtek – a fűtési idény hossza ezek alapján 3485 h/év.

A szoftverrel lehetőség van a felhasznált időjárási adatok külső fájlba történő kiírására is, így vizsgálhatók voltak a külső hőmérséklet értékei a fűtési idényben. Ezek alapján meghatároztam a fűtési hőfokhidat, amelynek értéke 62 683 hK/év. A magyar rendelet szerinti számítással mind a fűtési idény hossza, mind a fűtési hőfokhíd értéke nagyobb: 4105 h/év, illetve 69 940 hK/év. Véleményem szerint ennek oka egyrészt a sugárzási nyereségek mérsékeltebb figyelembe vételében keresendő, illetve abban, hogy a 7/2006. számú TNM rendelet régebbi külső hőmérséklet adatokból indul ki, és így azok értékei alacsonyabbak a fűtési idény során.

A TNM rendeletben közölt hőfokhíd számításokról és a rendeletben alkalmazott időjárási adatokról kimerítően értekezik négyrészes cikksorozatában *Csomor Rita*, akinek munkám szempontjából talán legfontosabb megállapítása, hogy a rendeletben közölt hőfokhíd táblázat alapját az 1901 és 1930 között mért meteorológiai adatok jelentik. *Csomor* vizsgálata alapján ez önmagában legalább 11%-os eltérést jelent az elmúlt évtizedek adatainak felhasználásával számított hőfokhídhoz képest, ezt azonban 8%-ra mérsékli a rendelet számítási metódusa [11-12].

A 2. ábrán szemléletesen megjelenik a TRNSYS által használt Meteororm adatokból meghatározott, illetve a TNM rendelet időjárási adataiból számított hőfokgyakorisági diagramjainak különbsége.

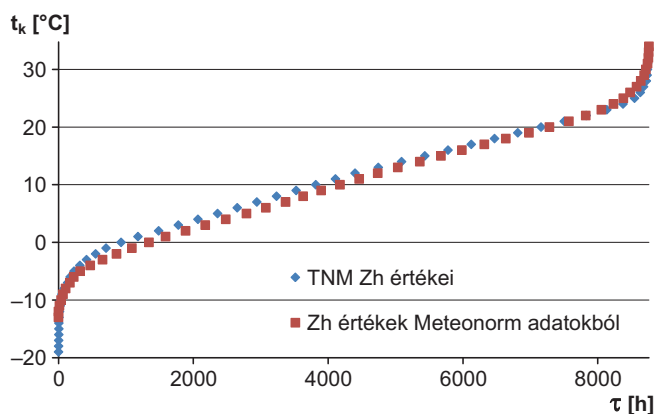
A 2. ábrán az egy évben előforduló, adott külső hőmérsékletnél alacsonyabb átlaghőmérsékletű órák számát ábrázoltam. A Meteororm adatokból számolt hőfokgyakorisági diagram jól láthatóan egy melegebb referencia évet mutat: az értékei 24 °C alatt a TNM értékei alatt futnak, azaz az ennél a hőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékletű órák száma kisebb, mint

a magyar rendelet hőfokgyakorisági diagramja esetében. A 24 °C feletti órák száma ezzel ellentétben a frissebb adatok esetén nagyobb. A TNM rendelet olyannyira hidegebb referencia adatokkal számol, hogy egy évben egy óra átlaghőmérséklete még a -19 °C értéket sem éri el, a -11 °C-nál alacsonyabb átlaghőmérsékletű órák száma pedig 26. Ezzel szemben a TRNSYS által használt külső léghőmérséklet adatoknál egy érték sem fordul elő -11 °C alatt.

2.2. A fűtési hőszükséglet számításának eredménye

A 2. ábrán bemutatott időjárási adatok felhasználása nem csupán a fűtési energiafelhasználás mértékét csökkentette, hanem az épület hőszükségletére is hatása volt. A továbbiakban az egyes termikus zónák TRNSYS, illetve WinWatt segítségével számolt hőszükségleteit mutatom be. A WinWatt szoftverben egyszerűen lehetőség nyílik a hőszükségletek vizsgálatára, értéküket a program az egyes helyiségek definiálása után automatikusan számítja. Az ehhez kapcsolódó talán legfontosabb beállítás a méretezési külső hőmérséklet, amelyre a hőszükséglet számítását végezzük. Ez a hőmérsékletérték egymás követő több napon keresztül előforduló napi átlaghőmérsékletet jelöl, hiszen így teljesül a hőszükséglet számítás követendő formáját leíró MSZ-04-140/3 szabvány előírása: a második rész 2.5. pontja szerint, a méretezési külső hőmérséklet a külső levegő hőmérsékletének azon értéke, amellyel a helyiség és a környezet közötti hőmérsékletfüggő energiaáramok méretezési értéke állandósult viszonyok feltételezésével számítandó [11]. Az idézett szabvány a méretezési külső hőmérséklet meghatározásához hazánkat három zónára osztja: a vizsgált épület budapesti elhelyezkedéséből kiindulva én a szabvány előírásainak megfelelően a méretezési külső hőmérséklet értékét -13 °C-ra vettem fel.

A TRNSYS használatával a hőszükséglet kiszámításához újfent a TRNBuild szoftvert kell alkalmazni. Itt minden termikus zónában beállítható, hogy az adott zóna fűtött legyen, a fűtés által tartott belső hőmérséklet inputként, az ehhez szükséges teljesítmény a többzónás épület komponens kimenetként definiálható. A Simulation Studioban ezen beállítások után nem szükséges fűtési rendszert illeszteni az épület komponenséhez, elegendő a szimuláció futtatása az adott belső hőmérséklet tartásához szükséges teljesítmények kiírásával.



2. ábra. A 7/2006 TNM rendelet és a TRNSYS által használt hőfokgyakorisági diagramok

3. táblázat. A hőszükséglet számítás eredménye a magyar szabvány szerint és a TRNSYS használatával

Hőszükséglet [W]	K és nappali	Keleti szobák	Keleti fürdő	Nyugati fürdő	Nyugati gardrób	Nyugati háló	Vendégszoba	Összesen
TRNSYS használatával	4 604	1 566	356	358	256	980	423	8 544
WinWatt használatával	5 001	2 179	392	516	217	1 226	524	10 055

A TRNBuild-ben történt beállításoknak köszönhetően a zónák hőmérséklete mindenképpen a beállított (jelen esetben 20 °C) értékű marad. Az egyes termikus zónák szükséges fűtési teljesítmény igényei a beállított (például 15 perces) bontásban történnek kiírásra: ezek összegének maximumát megkeresve meghatározható az épület hőszükséglete.

A TRNSYS és a WinWatt használatával számított eredmények összehasonlításával megállapítható, hogy a dinamikus szimulációval dolgozó program szinte minden esetben kisebb hőszükségleteket állapított meg az egyes zónákban. Egy zóna kivételével nagyobb hőszükséglet-értékeket kaptam a WinWatt szoftver használatával. Az épület hővesztesége a TRNSYS használatával 8 544 W, míg a magyar rendelet szerinti számítás esetén 10 055 W.

A fentebb látható 3. táblázatban összegeztem a számított eredményeimet. A termikus zónák fontos tulajdonsága, hogy ezek nem feltétlenül esnek egybe az épület helyiségeivel. Az általam vizsgált családi ház méretű épületeket elegendő lehet csupán két-három termikus zónára osztani, a pontosság megtartása mellett. Számításaim során én az épületet nyolc zónára osztottam, ugyanis figyelembe kellett vennem azt is, hogy a TRNSYS többzónás épület komponense kizárólag konvex termikus zónákat képes kezelni. E megkötés mellett is lehetőség volt azonban több helyiség egy zónában történő vizsgálatára: a K jelű termikus zónába a WC, az előtér, a keleti szárny gardróbja és a konyha került, illetve keleti szárny két hálószobája is egy termikus zónát alkot.

Az előzőekben említett zóna-konvexitási megkötés miatt azonban a nappali termikus zónája kisebb alapterületű, mint a WinWatt programban definiált nappali helyiség, ugyanis egyes részei a K jelű termikus zónába kerültek. Ezen okok miatt nem választotta szét a nappali és a K termikus zóna hőszükségeit, és ezeket a WinWatt minden, az e két zónába tartozó helyiség hőszükségletének összegével hasonlítottam össze. Hasonlóképpen jártam el a keleti szárny két hálószobájával is.

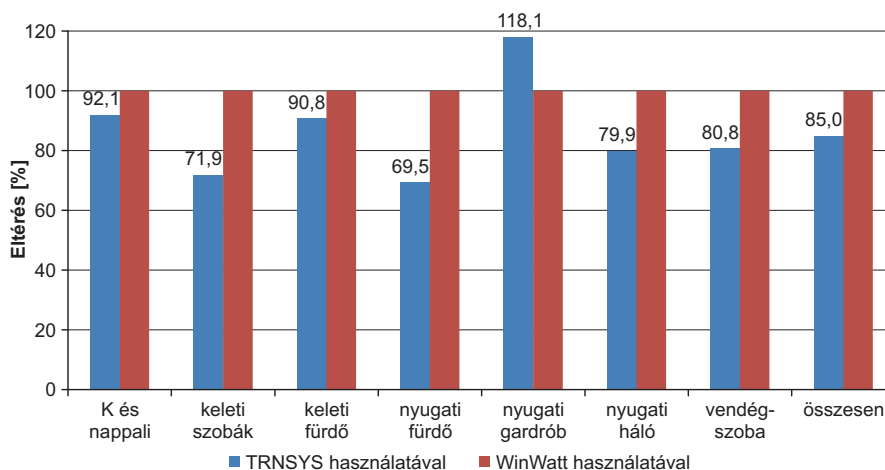
A 3. táblázatnál szemléletesebben jelenik a helyiségenkénti hőszükségletek értékeinek összehasonlítása a 3. ábrán. A különböző módon meghatározott hőszükségletek egymáshoz viszonyított arányának ábrázolása céljából a magyar rendelet szerinti módon számított hőszükséglet értékeket minden esetben 100%-nak tekintettem, a TRNSYS segítségével számolt értékeket pedig az előbbiekhöz viszonyított arányukban ábrázoltam (3. ábra).

A 3. ábrán is látható módon a teljes épület TRNSYS segítségével számított hővesztesége a magyar rendelet szerinti számítás eredményének 85%-a. Az egyetlen zóna, amelynek dinamikus szimulációval meghatározott hővesztesége meghaladta a WinWatt segítségével számított értéket, a nyugati szárny gardróbja volt.

2.3. A vizsgált fűtési rendszerek gazdasági összehasonlítása

A következő fejezetben az általam vizsgált levegő-víz hőszivattyús, illetve a kazános fűtési rendszer gazdasági összehasonlítását mutatom be. A ma épülő családi házak nagy részében e két rendszer közül az egyik kerül beépítésre, e két rendszer összehasonlítása valóban indokolt. A hőszivattyús rendszerek éves fajlagos fűtési energiafelhasználása lényegesen kisebb, mint a kazán hőtermelővel működő fűtési rendszereké, beruházási költségük azonban jelentősen meghaladja az utóbbi rendszerekét. Az általam elvégzett egyszerű megtérülés számítás alapján a hőszivattyús rendszer a kazános rendszerrel szemben a mai gáz és villamosenergia-árak, továbbá a jelenlegi beruházási költségek mellett a vizsgált húsz éves időszak alatt nem térül meg.

A beruházási költségek számításánál figyelembe vettem az egyes rendszerrelemekre, illetve a rendszerek kiépítésére kapott árajánlatokat. A kazános rendszer esetén a beruházási költség a kazán árának, a kazán beüzemelésének (ebbe a berendezések felszerelése, az áram-, a víz-, a gáz és az égéstermék-elvezetés bekötése és az üzembe helyezés költségei tartoznak bele) költségei, a gázellátás biztosításának költségei, az égéstermék-elvezető rendszer ára, illetve beépítésének költsége számít bele. Az üzemeltetési költség a felhasznált



3. ábra. A különböző módon számított hőszükséglet értékek viszonya

gáz költségének, illetve az évenkénti karbantartás és ellenőrzés költségének az összege.

Hőszivattyú választása esetén nem szükséges sem a gázellátás, sem az égéstermék-elvezetés biztosítása, így ekkor csak a rendszerelemek és a beüzemelés költsége adja a beruházási költségeket. Az üzemeltetési költségek hőszivattyú esetén a felhasznált villamos energia, illetve az éves karbantartás költségei.

A kazános rendszer beruházási költségei:

- Viessmann Vitodens 200 W 26 gázkazán: 953 662 Ft,
 - a beüzemelés költsége: 70 000 Ft,
 - a gázellátás kiépítése: 310 000 Ft,
 - az égéstermék-elvezetés kiépítése: 150 000 Ft.
- Összesen, bruttó árban: 1 884 250 Ft.

A hőszivattyús rendszer beruházási költségei:

- Daikin Altherma EHBX16CB3V beltéri egység: 835 822 Ft,
 - Daikin Altherma ERLQ014CW1 LT 14 kW kültéri egység: 1 019 218 Ft,
 - Daikin EKRUCBL6 szabályozó egység: 32 147 Ft,
 - gyári érzékelő HMV szonda: 25 500 Ft,
 - szerelési díj: 300 000 Ft,
 - kiegészítő hidraulikai berendezések: 1 330 260 Ft.
- Összesen, bruttó árban: 4 499 543 Ft.

A hőszivattyú esetén a kazános rendszerénél összetettebb hidraulika szükséges: ennek többletköltségét a kiegészítő berendezések pont alatt lévő elemek (például a fűtési puffertartály, illetve a kiegészítő szerelvények) költsége adja.

Az üzemeltetési költségek meghatározásához az E.ON szolgáltató H tarifás áram árából, illetve a Nemzeti Közművek A1 árszabású gázárából indultam ki. A H tarifás villamos energia ára bruttó 27,97 Ft/kWh, míg az alap gázdíj nettó 2 364 Ft/MJ (TIGÁZ-DSO elosztó esetén). Ezen kívül figyelembe kell venni az egyéb éves költségeket is: az áramszolgáltató elosztói alapdíja 474 Ft/év csatlakozásonként, a gázszolgáltatás alapdíja 9 192 Ft/év. A gáz alapdíjához további járulékos költségek is tartoznak: a jövedéki adó 0,3038 Ft/kWh, a földgáz biztonsági készletezési tagi hozzájárulás pedig 0,32824 Ft/kWh. Az alap gázdíj Ft/kWh dimenzióra történő átszámítása, illetve a járulékos költségek figyelembe vétele után a gázár 11,44 Ft/kWh-ra adódott. Az előző fejezetekben meghatározott éves fajlagos primerenergia felhasználás kWh/m²év dimenziójú értékét az energiaforrások árával, illetve a fűtött alapterülettel szorozva kaptam meg az éves energia költséget – ehhez az éves karbantartási költségek és alapdíjak hozzáadásával számítottam az éves üzemeltetési költségeket. A hőszivattyús rendszer esetén a számításnál ügyelni kell primerenergia-felhasználás visszaalakítására a primerenergia-átalakítási tényezővel. Az általam számított beruházási és üzemeltetési költségeket a **4. táblázatban** foglalom össze.

A fent értékek felhasználásával húsz éves időtartamban vizsgáltam a két rendszer beruházási és üzemeltetési költségeinek alakulását, amit a **4. ábrán** mutatok be. Az ábrán szemléletesen jelenik meg a hőszivattyús és a kazános rendszer beruházási költségeiben mutatkozó jelentős különbség. A magas

kiépítési költségek miatt a hőszivattyú az alacsonyabb üzemeltetési költségek ellenére nem térül meg a vizsgált időszakban. Az általam figyelembe vett kiindulási adatokkal a megtérülés csupán a 20. év végére következne be – ez az időintervallum azonban már meghaladhatja a fűtésttechnikai rendszerek, a hőtermelő berendezés élettartamát. Számításaim során a villamos energia és a gáz egységárának aránya 2,445. Az arány csökkentésével javul a hőszivattyú megtérülése: 1,63-as arány esetében térül meg az általam vizsgált hőszivattyús rendszer a húsz éves periódus alatt.

3. Összefoglalás

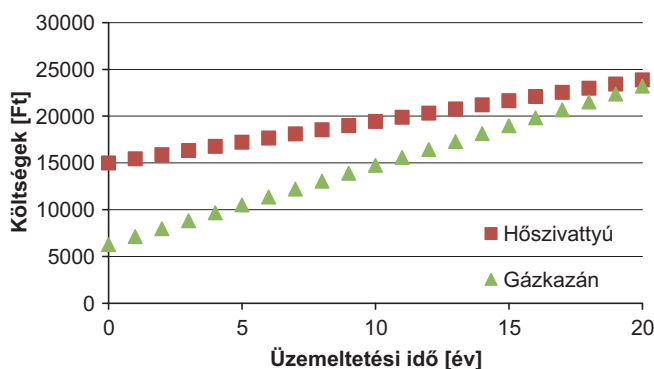
Munkám első részében bemutattam a családi házakban széles körben alkalmazott fűtési rendszerek hőtermelőit és hőleadóit, különös tekintettel a legelterjedtebb típusokra: a kondenzációs gázkazánra, a levegő-víz hőszivattyúkra, a radiátorokra és a különböző padlófűtési megoldásokra.

Vizsgálatom legfontosabb részét a levegő-víz hőszivattyúval és a kondenzációs gázkazánal működő fűtési rendszer éves fajlagos primerenergia-felhasználásának különböző számítási módszerek szerint történő vizsgálata jelentette. A dinamikus szimulációt segítségével dolgozó TRNSYS 18 és a 7/2006. számú TNM rendelet előírásai szerint számító WinWatt szoftver használatával meghatározott energiafelhasználásokat összehasonlítva megállapítható, hogy azok a TRNSYS szoftverrel számított esetben kisebbek. A hőszivattyús fűtési rendszer esetén 87,9%-kal, a kazános rendszert tekintve 86,55%-kal kisebb éves fajlagos primerenergia-felhasználást kaptam eredményül a dinamikus szimuláció segítségével.

Az eltérésben szerepet játszhatott a dinamikus szimuláció segítségével megvalósítható pontosabb számítás, a kisebb energiafelhasználás legfontosabb oka vizsgálatom szerint azonban a két számítási módszer által figyelembe időjárás

4. táblázat. A gázkazánt és a hőszivattyút tartalmazó fűtési rendszer beruházási és éves üzemeltetési költségei

	Beruházási költség [Ft]	Éves üzemeltetési költség [Ft]
Kondenzációs gázkazán	1 884 250	199 906
Levegő-víz hőszivattyú	4 499 543	133 122



4. ábra. A gázkazánt és a hőszivattyút tartalmazó fűtésttechnikai rendszer beruházási és üzemeltetési költségeinek összehasonlítása

adatok eltérésében rejlik. A TRNSYS az utóbbi évtizedek külső hőmérséklet adataiból mintegy 10%-kal kisebb értékű hőfokhidat vett figyelembe a számításai során.

A levegő-víz hőszivattyús fűtési rendszer a számításaim alapján a mai villamosenergia- és földgázárakat figyelembe véve a legtöbb esetben nem térül meg a kazánt tartalmazó fűtési rendszerhez viszonyítva, ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy az előbbi nagyobb komfortot biztosít.

A dinamikus szimulációs modellezés és eljárás előnyeit a cikkben hangsúlyoztam. A hátrányról is érdemes szót ejteni, ez pedig a vele járó többletmunka és többlet idő ráfordítás, szemben a hazai rendelet és szabványok által közölt egyszerűbb, analitikai módszerek alkalmazásával.

A témával kapcsolatos további kutatások célja lehet egyrészt a fűtési rendszerek modelljeinek pontosítása, különös tekintettel a szabályozásukra, illetve a vizsgálat kiterjesztése a hűtési és klimatechnikai rendszerekre is.

Támogatók

Ez a kutatási munka a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával az NKFI Alapból [azonosítószám: NKFIH PD_18 127907] valósult meg, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja és az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült, Budapest, Magyarország.



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA

Fontosak-e a tervezőmérnökök?

A Magyar Mérnöki Kamara állásfoglalása az építőipari KKV-kat célzó támogatásról

Az építőipar hatékonysága növelése érdekében tett kormányzati erőfeszítéseket támogatja a Kamara, de a megjelent fejlesztési, működési pályázatok elsősorban a gyártói, kivitelezői vállalkozásokat támogatják, megfelelően a fejlett technológiák alkalmazhatóságában meghatározó szerepet játszó tervező-szakértő mérnökirodák fejlődési lehetőségének biztosításáról. E vonatkozásban kulcskérdés, hogy a tervezőirodákat a pályázat önálló kategóriának tekintse. A tervezőirodák szervezeti nagyságrendje nem kezelhető egy kategóriában az építési-kivitelezési cégekkel.

A nagy állami tervezőirodák a rendszerváltás folyamatában zajló gazdasági szerkezetátalakulás során néhány fős, szakterületekre specializálódott szervezetekké váltak. A kamara nyilvántartásában szereplő mintegy 6508 mérnökiroda alig 2%-a rendelkezik legalább 10 tervezőmérnökkel, tehát alapvetően a mikro-vállalkozások a jellemzők.

A versenyképesség megerősítését szolgáló támogatásnak ehhez az adottsághoz kell igazodnia, ezért kezdeményeztük,

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Biotechnológia (BME FIKP-BIO) tématerületi programja keretében.

Felhasznált irodalom

- [1] Kassai Miklós: Családi ház termikus modellezése dinamikus szimulációval, Magyar Épületgépészet, LXVII évfolyam, 2018/12. szám, pp. 3-10. HU ISSN 1215-9913
- [2] Kopányi Attila: Családi ház energetikai vizsgálata. BSc szakdolgozat (2017)
- [3] 7/2006 (V. 24.) TNM Rendelet. Elérhetőség: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0600007.TNM. (2016)
- [4] MSZ-04-140/3:1987, Épületek és épülethatároló szerkezetek hőtechnikai számításai. Fűtési hőszükséglet számítás. Az érvényesség kezdete: 1988.-06.-15. A visszavonás napja: 2012.-01-15.
- [5] TRNSYS Tutorial, TESS Component Libraries, (2018)
- [6] TRNSYS Tutorial, Volume 1, Getting Started, (2018)
- [7] TRNSYS Tutorial, Volume 4, Mathematical Reference, (2018)
- [8] TRNSYS Tutorial, Multizone Building modelling, (2018)
- [9] Magyar Zoltán; Baráth Géza: Közel nulla energiafelhasználású épületek felújításának számítási módszerei. Magyar Épületgépészet, LXV. évf., 2016/3. szám, pp. 3-6.
- [10] Department of Environmental Systems Science Institute for Atmospheric and Climate Science, Global Energy Balance Archive, (2019), online elérhetőség: <http://www.geba.ethz.ch/>
- [11] Csomor Rita: Hőfokhid és a fűtési idény hossza. Elmélet és gyakorlat – 1. rész: A túlordali eltérő hőmérséklet miatti korrekció és az egyensúlyi hőmérséklet problémái a TNM rendeletben, Magyar Épületgépészet, LXVI. évfolyam, 2017/1-2. szám, pp. 14-20.
- [12] Csomor Rita, Hőfokhid és fűtési idény hossza. Elmélet és gyakorlat. 4. rész: A TNM rendelet hőfokhid táblázata, Magyar Épületgépészet, LXVI. évf., 2017/9. szám, pp. 28-36.



MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

hogy a pályázat benyújtásának alsó határa az 5 fő tervezőmérnök legyen, a digitalizációt segítő eszközök beszerzésére megpályázható összeg pedig 10 millió forint. Az e körbe tartozó tervezőirodák száma is az összes nyilvántartott 10%-a alatt marad!

Az április 17-én megjelent pályázati kiírás nem változott a korábban kiírthoz képest, így a vállalkozások közel 98%-a, ez 6000 vállalkozást jelent, ki van zárva a pályázási lehetőségéből.

Bízunk abban, hogy ez az építésgazdasági stratégiának nem célja. Elvárjuk, hogy a pályázati kiírás általunk kezdeményezett módosítására mielőbb sor kerüljön.

Magyar Mérnöki Kamara

Budapest, 2019. április 18.

MMK sajtóközlemény alapján