# Turányi Tamás: Családi ház gázfogyasztása[[1]](#footnote-1)

A képen szöveg, diagram, sor, Diagram látható

Automatikusan generált leírás

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| fűtési évad | állapot | gázfogyasztás (m3) mint a napi átlaghőmérséklet (°C) függvénye | gázfogyasztás 0 °C napi átlaghőmérsékletnél | csökkentés |
| 2004/2005 | eredeti állapot | V=17,49-1,045 T | 17,49 | 100 % |
| 2005/2006 | ablakok és ajtók hőszigetelése | V= 14,11-0,839 T | 14,11 | 81 % |
| 2006/2007 | + Drywit hőszigetelés (8 cm) | V= 9,20-0,592 T | 9,20 | 53 % |
| 2007/2008 | + C-24 cirko helyett INKA 24V kondenzációs cirko + villanybojler helyett gázbojler | V= 9,84-0,661 T | 9,84 | 56 % |
| 2008/2009 | javított cirko hőmérséklet-programozás: | V= 9,36-0,637 T | 9,36 | 54% |

A képen szöveg, diagram, Diagram, sor látható

Automatikusan generált leírás

Az egyes napi átlaghőmérsékletek gyakorisága a 2005/06, 2006/07 és 2007/08 fűtési idényekben együtt. Látható, hogy a -5 oC-nál alacsonyabb napi átlaghőmérséklet nagyon ritka Budapesten.

A képen szöveg, diagram, Betűtípus, sor látható

Automatikusan generált leírás

A 2007/2008 fűtési idényben az egyes napokon az átlaghőmérséklet és a napi átlagos kazánteljesítmény. A napi átlagos kazánteljesítményt a földgáz-fogyasztásból számítottuk. Ha folyamatosan üzemelt volna a cirkó, három nap kivételével soha nem lett volna szükség 6 kW-nál nagyobb fűtési teljesítményre. A cirkó 24 kW teljesítményű.

## Miért energiatakarékosabb a kondenzációs cirkó, mint a hagyományos?

A képen szöveg, diagram, sor, Diagram látható

Automatikusan generált leírásA földgáz égésekor keletkező víz kondenzációjának mértéke erősen függ a kondenzációs cirkó hőcserélőjének hőmérsékletétől, amely azonosnak vehető a visszatérő melegvíz hőmérsékletével. Radiátoros fűtés esetén a visszatérő víz hőmérséklete 40 °C is lehet. 40  C-on az égés során keletkező víznek közel 66%-a kondenzál. Ha a hőcserélő 50 °C-os, akkor a víznek már csak 40%-a kondenzál, míg 60 °C felett egyáltalán nincs kondenzáció. Alacsony hőmérsékletű padló- vagy falfűtés esetén a kondenzáció mindig 80% felett van.

Az alábbi ábra megmutatja egy kondenzációs kazán számított hatásfokának változását a visszatérő melegvíz hőmérsékletének függvényében, összehasonlítva azt egy olyan hagyományos cirkó hatásfokával (ezt vesszük 100%-nak), amelynél a füstgáz 150 °C hőmérsékleten távozik a kéményen keresztül.

A képen szöveg, diagram, sor, Diagram látható

Automatikusan generált leírásA hagyományos cirkóval szemben elsősorban azért magasabb egy kondenzációs kazán hatásfoka, mert hasznosítja a víz kondenzációs hőjét, illetve mert a füstgáz alacsonyabb hőfokon távozik. Ennek megfelelően a hőcserélő hőmérsékletét növelve a kondenzáció arányának csökkenésével erősen romlik a hatásfok, majd a kondenzáció megszűnte után a hatásfok kissé tovább csökken, mert a kiáramló füstgáz hőmérséklete növekszik.

A fenti ábrákat kizárólag középiskolai kémia és fizika ismeretek alapján meg lehetett szerkeszteni. Akinek van türelme, olvassa el az alábbi középiskolai kémiapéldát. (Megjelent a Középiskolai Kémiai Lapok 2008/4. számában, H95 példa.)

## Feladat

1. A háztartási gázórán leolvasott gázfogyasztás úgynevezett gáztechnikai normálállapotra vonatkozik (1 atm nyomás és 15 °C hőmérséklet). Mennyi hő szabadul fel 1 m3 térfogatú, gáztechnikai normálállapotú metán égésekor, ha a keletkező víz légnemű és mennyi, ha a keletkező víz folyékony? Csak ezt a hatást tekintve, mennyivel lehet nagyobb egy kondenzációs kazán hatásfoka?
2. Egy hagyományos cirkó fali gázkazánnál a 150 °C hőmérsékletű füstgáz a kéményen át távozott. A kondenzációs cirkónkból az 50 °C hőmérsékletű füstgázt egy ventilátor hajtja ki. Mi a füstgáz összetétele (mol%) a kétféle cirkó esetén? Mennyi hő fűti a házat a kétféle cirkó esetén, ha a gázóra szerint 1,000 m3 földgáz fogyott?

Tételezzük fel, hogy a földgáz csak metánból áll, a levegő összetétele 21 mol% O2 és 79 mol% N2, valamint hogy az égés mindkét esetben sztöchiometrikus, tehát a füstgázban nem marad sem metán, sem oxigén. A cirkó gázégőjében az égés előtt a földgáz és a levegő is 25 °C hőmérsékletű és 1 bar nyomású.

A szükséges adatok, mind 25 °C hőmérsékleten és 1 bar nyomáson: a képződési entalpiák:

A résztvevő anyagok állandó nyomáson vett moláris hőkapacitása:

Cp(CO2)= 37,11 J K-1 mol-1, Cp(H2O(g))= 33,58 J K-1 mol-1, Cp(H2O(l))= 75,291 J K-1 mol-1, Cp(N2)= 29,125 J K-1 mol-1.  A víz egyensúlyi gőznyomása 12332 Pa 50 ?C hőmérsékleten.

Megoldás:

a)

A reakcióegyenlet:                    CH4 + 2 O2 = CO2 + 2 H2O

A standard moláris reakcióentalpia 25 ?C hőmérsékleten, ha vízgőz keletkezik:

?rH? = –1  × ?Hf?(CH4) – 2 × ?Hf?(O2) +1 × ?Hf?(CO2) + 2 × ?Hf?(H2O(g))

?rH? = (–1 × –74,81 –2 × 0 + 1 × –393,51 + 2 × –241,82) kJ mol-1= –802,34 kJ mol-1

A standard moláris reakcióentalpia 25 ?C hőmérsékleten, ha folyékony víz keletkezik:

?rH? = –1 × ?Hf?(CH4) – 2 × ?Hf?(O2) +1 × ?Hf?(CO2) + 2 × ?Hf?(H2O(l))

?rH? = (–1 × –74,81 –2 × 0 + 1 × –393,51 + 2 × –285,83) kJ mol-1 = –890,36 kJ mol-1

pV=nRT

n=pV/RT = (101325 Pa × 1 m3)/ (8,314 J K-1 mol-1 × 288,15 K) = 42,295 mol

Ha a metánt tökéletes gáznak tekintjük, a fenti körülmények között 1 m3 tehát

 42,295 mol metánt tartalmaz.

Ha H2O(g) keletkezik, akkor 1 m3 metán elégésekor  q= 42,295 mol  × –802,34 kJ mol-1 = –33935 kJ = –33,935 MJ a hőváltozás. (A gázművek 34 MJ/m3 fűtőértékkel számol.)

Ha H2O(l) keletkezik, akkor 1 m3 metán elégésekor  q= 42,295 mol  × –890,36 kJ mol-1 = –37658 kJ = –37,658 MJ a hőváltozás.

Ez utóbbi 10,97 %-al több, tehát ennyivel lenne nagyobb egy kondenzációs kazán hatásfoka, ha minden vízgőz kondenzál és a reakciótermékek 25 ?C hőmérsékletűek.

b.)

Hagyományos cirkó: A levegőben 0,21 mol O2-re 0,79 mol N2 jut, tehát 1 mol O2-re 0,79/0,21=3,7619 mol N2, illetve 2 mol O2-re 2 × 3,7619= 7,5238 mol N2 jut. Az égés egyenlete CH4 + 2 O2 = CO2 + 2 H2O, tehát sztöchiometrikus égés esetén 1 mol CH4 elégésekor a hagyományos cirkó füstgáza 1,0000 mol CO2-t, 2,0000 mol H2O-t és 7,5238 mol N2-t tartalmaz (összesen 10,5238 mol).

A füstgáz összetétele tehát

x(CO2)=1/10,5238 × 100= 9,502%,

x(H2O)=2/10,5238 × 100= 19,005%,

x(N2)= 7,5238/10,5238 × 100= 71,493%

A füstgázelegy moláris hőkapacitása:

Cp = x(CO2) × Cpm(CO2) + x(H2O) × Cpm(H2O) + x(N2) × Cpm(N2)=

(0,09502 × 37,11 + 0,19005 × 33,58 + 0,71493 × 29,125) J K-1 mol-1 = 30,7304 J K-1 mol-1

1 mol ilyen gázelegy felmelegítéséhez szükséges hő 25 ?C-ról 150 ?C-ra:

?H = 1 mol × +30,7304 J K-1 mol-1 × 125 K =  +3841,30 J

1 mol CH4 elégésekor 10,5238 mol füstgáz keletkezik, ekkor 10,5238 × 3841,30 J =

 +40425 J = +40,425 kJ kell a füstgáz felmelegítésére, tehát 1 mol földgáz elégetésekor hasznosul –802,34 kJ  × + 40,41 kJ mol-1 = –761,93 kJ hő. A tökéletes gázok törvénye alapján 1 m3 térfogatú, 1 atm nyomású és 15 ?C hőmérsékletű metán  42,295 mol, tehát 1 m3 földgáz égéséből  42,295 mol  × –761,93 kJ = –32226  kJ = –32,226 MJ hő hasznosítható. A hatásfok a gáz fűtőértékéhez képest –761,93/–802,34 = 95,0 %.

Kondenzációs cirkó esetén az alacsony füstgáz-hőmérséklet miatt a keletkező víz egy része lecsapódik és a füstgáz telített lesz vízgőzre. A víz egyensúlyi gőznyomása ezen a hőmérsékleten 12332 Pa, tehát a víz aránya a füstgázban

x(H2O)=12332 Pa / 100000 Pa = 12,332 mol%.

A maradék (100,000 – 12,332) mol% = 87,668 mol% a CO2 és az N2 között 1 : 7,5238 arányban oszlik meg, tehát

x(CO2)= 1/8,5238 × 87,668 mol%= 10,285 mol%,

x(N2)= 7,5238/8,5238 × 87,668 mol%= 77,383 mol%.

Ez azt is jelenti, hogy minden 1 mol keletkező CO2 mellett 12,332/10,285=1,1990 mol víz lesz légnemű és 2,000–1,199=0,801 mol vízből lesz folyadék. Elhanyagoltuk, hogy a CO2 egy része a lecsapódó vízben feloldódik. A CO2 oldódása nem változtatja meg a lecsapódó víz arányát, de csökkenti a füstgázban a CO2 koncentrációját.

A kondenzációs cirkó esetén az adott körülményeknél a termokémiai egyenlet, figyelembe véve, hogy a fenti arányban keletkezik légnemű és folyékony víz:

CH4(g) + 2 O2(g) = CO2(g) + 1,199 H2O(g) + 0,801 H2O(l)

A megfelelő moláris entalpiaváltozás:

?rH?= –1 × ?Hf?(CH4) – 2 × ?Hf?(O2) +1 × ?Hf?(CO2) + 1,199 × ?Hf?(H2O(g)) + 0,801 × ?Hf?(H2O(l))

?rH? = –1 × –74,81 –2 × 0 +1 × –393,51 +1,199 × –241,82+0,801 × –285,83= –837,5920 kJ mol-1

Ilyenkor a füstgáz-elegy moláris hőkapacitása:

Cp = (37,11 × 0,10285 + 33,58 × 0,12332 + 29,125 × 0,77383) J mol-1 = 30,496 J mol-1

1 mol CH4 elégésekor (1,0000+7,5238+1,1990) mol = 9,7228 mol füstgáz keletkezik, és ennek a 25 ?C-ról 50 ?C-ra felmelegítéséhez szükséges entalpia:

?H =  9,7228 mol  × +30,49 J K-1 mol-1  × 25 K =  +7411,2 J =  +7,4112 kJ

A folyékony víz moláris hőkapacitása 75,291 J K-1 mol-1, tehát a keletkező 0,801 mol folyékony víz felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség:

?H = 0,801 mol × +75,291 J K-1 mol-1 × 25 K =  +1507,7 J =  +1,5077 kJ.

Egy mol földgáz elégetésekor hasznosul –837,5920 kJ + 7,4112 kJ +1,5077 kJ = –828,6731 kJ. A tökéletes gázok törvénye alapján 1 m3 térfogatú, 1 atm nyomású és 15 ?C hőmérsékletű metán  42,295 mol, tehát 1 m3 földgáz égéséből  42,295 mol  × –828,6731 kJ = –35049  kJ = –35,049 MJ hasznosítható. A hatásfok a gáz fűtőértékéhez képest –828,67/–802,34 = 103,3 %.

Egy m3földgáz égésekor tehát 32,226 MJ hőt hasznosítunk a hagyományos és 35,049 MJ hőt a kondenzációs cirkóban. A kondenzációs cirkó tehát a példában megadott körülmények között 8,8 %-al jobban hasznosítja a földgáz égéséből származó hőt.

Végezzük el a fenti számítást minden egész füstgáz hőmérsékletértékre 25 °C és 80 °C között! A számításokhoz ismernünk kell a víz egyensúlyi gőznyomásának hőmérsékletfüggését, aminek táblázatát könyvtárban (Handbook of Chemistry and Physics: 73rd Edition (1992-93)) vagy az Internetről (<http://www.wiredchemist.com/chemistry/data/vapor-pressure>) szerezhetjük be. A számításokat táblázatkezelővel (Excel) elvégezve azt láthatjuk, hogy az égés során keletkező víznek közel 80%-a kondenzál 30 °C-on és 60 °C felett egyáltalán nincs kondenzáció. A fenti leírásból látható, hogy a kondenzáció mértéke a légnyomástól is függ! Az Excellel számított függvényeket ábrázolva megkapjuk az oldal tetején látható ábrákat

1. <http://garfield.chem.elte.hu/Turanyi/energia.html> [↑](#footnote-ref-1)