



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
3515 MISKOLC Egyetemváros



Szilárd tüzelésű kazán felügyeleti rendszerének alapjai

Készítette:

Csordás Bernadett

Konzulensek:

Woperáné dr.Serédi Ágnes
c. egyetemi tanár
Dr. Szemmelveisz Tamásné
egyetemi docens

Energia- és Minőségügyi Intézet
Tüzeléstani és Hőenergiái Intézeti Tanszék
2014.

Tartalomjegyzék

1.Bevezetés	2
2.Irodalomkutatás.....	3
2.1. Biomassza	3
2.1.1.Földgáz és a fa tüzelőanyag helyzete	3
2.1.2.Fa tüzelése.....	3
2.2.Szabályozási rendszerek	4
2.2.1. Fűtési rendszer szabályozása.....	4
2.2.2. Gázkazánok szabályozása és égőszabályozás	6
2.2.3. Kisteljesítményű fa tüzelésű kazánok szabályozása	7
3. Mérések és eredmények	9
3.1. Kazán bemutatása	9
3.2. A mért paraméterek	10
3.3. A tüzelési kísérlet és mérési eredmények	11
3.4. Mérési eredmények kiértékeléséhez használt modell bemutatása.....	14
3.4.1. A füstgáz (mért) O_2 tartama alapján a levegőtényező meghatározása	14
3.4.2. A nedves füstgáz fajlagos mennyiségének számítása	15
3.4.3. A fajlagos füstgázvesztesség számítása.....	16
3.4.4. A hatásfok számítása	16
3.4.5. A hőmérséklet minimum meghatározása.....	16
3.5. Számolt eredmények	17
3.5.1. Levegőtényező.....	17
3.5.2. A nedves füstgáz fajlagos mennyisége	19
3.5.3. A fajlagos füstgáz veszteség.....	20
3.5.4. A hatásfok.....	20
3.5.5. A hőmérséklet minimum meghatározása.....	21
4. A felügyeleti rendszer	23
4.1. A felügyeleti rendszert megalapozó következtetések.....	23
4.2. A felügyeleti rendszer alapjának felépítése	24
4.2.1. Kategorizálás	25
4.2.2. A mért értékpárok	26
4.2.3. Algoritmus leírása.....	26
4.2.4. Utasítások kifejtése	30
5. Összefoglalás	32
6. Irodalomjegyzék	34

1.Bevezetés

A dolgozat célja egy számítógépes modell kidolgozása, amely szilárd tüzelőanyaggal üzemelő, háztartásokban használt kazánok optimális működését biztosító felügyeleti rendszer alapjául szolgálhat.

A lakossági szféra által kibocsátott fűtési égéstermékek ellenőrzése nem megoldott. Azonban a fűtési rendszerhez használt hőtermelő oldalon lévő szabályozás optimalizálása elengedhetetlen a lehető legjobb hatásfok eléréséhez, és a környezetet károsító anyagok kibocsátásának minimalizálására. Magyarországon döntő többségben használt földgáz tüzelőanyag felhasználású kazánok szabályozása már automatikusan működtethető, távfelügyelete és égőszabályozása kontrollált, de a lakosság növekvő része cseréli a földgáztüzelésű kazánokat szilárd tüzelőanyag felhasználású kazánokra. A szilárd tüzelőanyaggal üzemelő kazánok szabályozása, optimalizálása, továbbá a minél jobb hatásfok elérése elengedhetetlen környezetvédelmi és energiagazdálkodási szempontból.

Épületegységek energetikai modernizációjához a piac széleskörű lehetőséget kínál a lakos számára. A fűtési rendszer lehető leggazdaságosabb üzemeltetésének fejtegetése után bemutatom, hogy a szilárd tüzelőanyag felhasználású kazán hőtermelő egységként való alkalmazása mennyivel bonyolultabb, mint a földgáz tüzelésű kazáné. A szilárd energiahordozók között is vannak olyanok, amelyek hőenergetikai hasznosítása könnyebben automatizálható a célnak megfelelő hőtermelőben (ilyen energiahordozó például a faapríték és a faellet), mint a lakosság nagyobb része által használt hasított fa esetében.

Egy lakossági kazánon végzett mérést követően (hasított bükkfa égetése), a mért értékekből egy megalkotott tudományos számítási modell alkalmazásával számolt értékeket adathalmazba rendezve, gyakorlati összefüggéseket lehet kapni a tüzelés minőségéről. Az adathalmazokat alapul véve elkészíthető egy számítógépes modell, amely segítségével távfelügyeleti rendszer megalkotása lehetséges a háztartásokban üzemeltetett hasított fa égetésére szolgáló kazánokra.

2.Irodalomkutatás

2.1. Biomassza

2.1.1.Földgáz és a fa tüzelőanyag helyzete

Az energiatermelésben a megújuló energia potenciál emelése elsődleges feladat. Kiemelkedő megújuló energiaforrás a biomassza, amiből az előállított energia a világ energiafelhasználásának 14 %-a, melyet hőenergiára, villamos energiára hasznosítunk. Az összes felhasználás 25%-a az iparosodó országokban, 75 %-a fejlődő országokban történik [1].

Magyarország 3,3 millió háztartásában földgáz alapú fűtési rendszer van kiépítve, ennek száma évi 20-30 ezerrel növekedik. Ezzel szemben, 660 ezer háztartás fűt fával, és számuk gyorsabban nő, mint a földgáz felhasználásúaké. A fával tüzelő háztartások közül is legalább 200 ezer háztartásban van kiépítve a földgáztüzelési rendszer is [2].

A két energiahordozó használata mellett számos érv és ellenérv áll. A földgáz ára folyamatosan növekszik, ezzel együtt, mint fosszilis energiahordozó, a mennyisége csökken. Az elégetésekor környezetet terhelő anyagok kerülnek a légkörbe. Ezzel szemben a fa tüzelőanyag megújuló energiahordozónak tekinthető, így az elégetése során keletkezett széndioxidot más növekedő fa visszaépíti szerkezetében. A földgáz használata kényelmi szempontból előnyösebb, hiszen a fa tüzelésekor a hamu és por keletkezésével is számolni kell. Ahhoz, hogy a fatüzelési rendszer gazdaságos legyen, a fát már nyáron érdemes tárolóba helyezni a száradáshoz, hogy a felhasználásának időpontjára már a lehető legkisebb nedvességtartalma legyen. Minél kisebb a nedvességtartalma, annál jobb fűtőértéke lesz [2].

Manapság a kazánok piacán egyre elterjedtebb a fa tüzelőanyagra specializálódott kondenzációs kazán, ami a legjobb hatásfokkal üzemelő hőtermelő része lehet a fűtési rendszernek [3].

2.1.2.Fa tüzelése

A fatüzelés erre specializált kazánokban valósul meg. Kazánokban szilárd energiahordozókból történő hő felszabadítás optimumát több tényező befolyásolja. Ezek a tüzelőberendezés, a tüzelőanyag, és az alkalmazott tüzelési technológia.

A fa meggyulladása annál hamarabb következik be, minél nagyobb a térfogatához viszonyított felülete. A gyulladás után lejátszódó elégésnek több fázisa van: a száradási, illó kiválási és gyulladási, illetve a kiegészi folyamatok. A fa begyújtásához energiát kell vele közölni, közel 250 °C-ig még nem ég magától. Az alacsony hőmérsékleten bekerülő anyag először csak melegedik; távozik a nedvesség; és endoterm reakciók mennek végbe [4].

A száradási folyamat során a fa 100° C felett elveszíti az összes nedvességét, ami jelentheti tömegének akár 20 % -t is. A fa 100-200°C közötti hőmérsékleten magától még nem ég, viszont a molekulái elkezdnek hasadni és párologni, megindul a fa elgázosodása. Különböző összetételű szén-hidrogének szabadulnak fel, és tömegének több mint 80 % -a fagázként ég el. Az égéshez mindig biztosítani kell a megfelelő mennyiségű oxigént. Az égési reakció 260 °C felett már exoterm reakció. A tökéletes elégéshez szükséges hőmérséklet közel 1000°C, hiszen ekkor bomlanak fel az összetevők karbonra és hidrogénre maradéktalanul. A tökéletes elégés során CO₂ és H₂O keletkezik [5].

2.2.Szabályozási rendszerek

2.2.1. Fűtési rendszer szabályozása

A mai technológia segítségével a fűtési rendszer szabályozása több módon történhet, ezeket a lehetőségeket mutatja be a 2.2.1. fejezet.

Legelterjedtebb a külső időjárás-követő rendszer, ami a külső hőmérséklethez igazítja a referencia melegvíz értékét. Azaz a rendszer az égőt szabályozza az aktuális hőigényhez automatikusan vagy fokozatmentesen. A régi típusú gázkazánok égői még részterhelés mellett működnek, hol ki-, hol bekapcsolgat, ami energiaigényes folyamat. A folyamatosan működő égőknek több előnyük van a régi típusú égőkkel szemben: az energiafelhasználása, a környezeti terhelése, a hővesztesége és a költsége is kisebb. Az automatikus kazánszabályozással jobb hatásfok érhető el, így a kutatás és fejlesztés nagy hangsúlyt fektet a különböző fűtés szabályozások kialakítására és tökéletesítésére [3].

A fűtés szabályozása több módon történhet. Mindegyik alapja az, hogy bizonyos helyeknek mennyi a változó hőigénye, amit ki kell elégítenie a hőtermelőnek. A szabályozás lehet mennyiségi vagy minőségi szabályozás. A mennyiségi szabályozás során a fűtővíz tömegárama változik, de a fűtővíz hőmérséklete nem. Ilyen szabályozás a termosztatikus radiátorszelep. A minőségi szabályozás esetében a fűtővíz hőmérséklete változik, és a

tömegáram állandó. Ilyen szabályozás az előre és visszatérő fűtővíz rendszerbe épített keverőág, vagy másik eset, amikor ezt közvetlenül a kazán is elő tudja állítani a fűtővízzel. A szabályozás történhet a belső vagy a külső hőmérsékletre vonatkoztatva és a beavatkozás megvalósulhat a hőtermelőnél, vagy a hőleadónál is [6].

A hőtermelő oldal felőli szabályozás során több lehetőség van attól függően, hogy milyen kazán állítja elő a fűtővizet. Legelterjedtebb és legegyszerűbb, de ezzel együtt nagyon elavult a hagyományos gázkazán. A gázkazán állandó hőmérsékletű fűtővizet állít elő, úgy, hogy összeköttetésben van egy fali termosztáttal, ami a lakóépület valamelyik szobájában van felszerelve. A termosztát helyét gondosan kell kiválasztani. Mindig abba a helyiségbe célszerű szerelni a fali termosztátot, ahol az átlaghőmérséklet a legalacsonyabb. A fali termosztát érzékenysége változtatható, így, ha a megadott hőmérséklet érték alá csökken a belső hőmérséklet, akkor a kazán automatikusan bekapcsol, és elkezdi a fűtővíz melegítését. Ha a belső hőmérséklet elérte a kívánt hőmérsékletet, a kazán fűtése leáll. Beszerelhető öntanuló termosztát is, ami a mentett adatokból folyamatosan állítja elő a felfűtési diagramját és aszerint működteti a kazánt. A kazánban a gázégő folyamatos ki és bekapcsolásával a fűtővíz előállítása energiapazarló, hiszen, ha a belső hőmérséklete elérte a termosztátban beállított hőmérsékleti értéket, azután is a magas hőmérsékletű fűtővíz még fűti a radiátorokat. Illetve, ha a termosztátban megadott hőmérsékleti érték alá csökken a hőmérséklet, sok idő telik el, amíg a kazán a fűtővizet előállítja, és a radiátorokon keresztül a hőt leadja. Ez azt okozza, hogy a hőingadozás nagy lesz, és a lakók komfortérzete csökken [7].

Az elterjedt időjárás- követő szabályozásnak két fajtája van. Az első esetében a kazán állandó hőmérsékletű fűtővizet állít elő, és egy keverő rendszer a szabályozó által megadott hőmérsékleti értékre állítja be az előremenő víz hőmérsékletet. A másik esetében a kazán már tartalmazza a szabályozót, és egy fali termosztáttal van összeköttetésben. Ekkor a fali termosztátnál megadott értékek alapján állítja elő a kellő hőmérsékletű fűtővizet [8].

A gázkazánnal rendelkező fűtési rendszerek esetében is előnyös a puffer tartályok beépítése, hiszen növeli az égők élettartamát, a fűtési rendszer fűtésének stabilitását. Ugyan akkor a puffer tartályok nélkülözhetetlenek a fa tüzelésű fűtőrendszerek esetében. A fafűtési rendszerek nem tudnak olyan gyorsan reagálni az esetleges hőmérséklet értékek változására, mint a gázkazánok, hiszen a fa égését nem lehet egyszerűen szabályozni. A fatüzelésű fűtőrendszerek esetében két módon történhet a puffer tartályok hasznosítása. Egyik lehetőség,

amikor direkt módon a fűtővíz hőmérséklete megegyezik a puffer tartályban lévő víz hőmérsékletével. Ha a fűtés szükséges, akkor a puffer tartályból kerül a fűtési rendszer radiátorába a fűtővíz. A másik eset, amikor kevert kört alakítanak ki. Azaz a puffer tartályban lévő magasabb hőmérsékletű vizet és a visszatérő ágba érkező vizet összekötik, és a szabályozó segítségével, ha a radiátorokhoz melegebb víz szolgáltatását igénylik, akkor egy motoros keverő a puffer tartályból bekeveri a melegebb vizet az adott hőmérsékletre, ami az előremenő víz lesz [9].

A fűtőtesteknél közvetlenül is lehet szabályozni a hőmérsékletet. Manuális esetekben a radiátorszelepeket lehet csavarni. Az automatikus esetekben mennyiségi szabályozás történik, a fűtőtestekre szerelt termosztátok a megadott referencia értéktől függően a szelep mozgatásával változtatják az átfolyt tömegáramot a keresztmetszeten. Fontos, hogy ha ilyen a fűtési rendszer szabályozása, akkor a fűtési szivattyúnak a szabályozásáról (fordulatszám-szabályozás) is gondoskodni kell, hiszen a folyamatos nyitás és zárás során bekövetkező nyomásváltozások kárt okozhatnak a szivattyúban. Az automatikus szabályozást távfelügyeleti vagy távérzékelős rendszerre is lehet csatolni [10].

A komfortérzet javításának céljából a mai technikai megoldásokkal lehetőség van a fűtési rendszerhez zónaszabályozást kialakítani. Ebben az esetben, az épület különböző részeihez külön termosztátok szerelhetők fel időszabályozással. Ezen kívül, különböző épületautomatikai rendszerek adnak lehetőséget arra, hogy távfelügyeletről, távvezérléssel egy kihelyezett PC segítségével és kezelőfelülettel irányítani lehessen a fűtési rendszert [11].

A 2.2.2. és 2.2.3. fejezet a gázkazánok-, és a kisteljesítményű fa tüzelésű kazánok szabályozásáról szól. Célja annak bemutatása, hogy a gázkazánok működésének szabályozása mennyivel egyszerűbb, mint a fa tüzelésű kazánoké.

2.2.2. Gázkazánok szabályozása és égőszabályozás

A gázkazánok szabályozásának alapja a gázégők szabályozása. Az égőgyártók nagy hangsúlyt fektetnek arra, hogy a tüzelőberendezés minél magasabb hatásfokkal üzemeljen úgy, hogy környezetkímélő és biztonságos legyen annak felhasználása. A gázégők szabályozása során elsődleges szempont a helyes beállítás, azaz az égéstermékben ne legyen szén-monoxid, elégetlen termék, és ne legyen nagy mennyiségű nitrogén-oxid sem. Általánosságban elmondható, hogy a gázégők szabályozási rendszerét 3 funkció befolyásolja.

- A hőtermelő rendszer szabályozója
- A tüzelésvezérlő automatika
- A teljesítmény- és arányszabályzó

Az égőszabályozás feladata a biztonságos irányítás, a teljesítmény-változtatás, leállítás és újraindítás vezérlése. A digitális tüzelésvezérlő rendszerek lehetővé teszik a szabályozás teljes automatikus vezérlését. Pontosan adagolja a kellő mennyiségű tüzelőanyagot az égési levegő mennyiségével, valamint az áramlási sebességeket is megfelelően állítja. A digitális tüzelésvezérlő rendszerek másik előnye, hogy távfelügyelet és távvezérlés is megvalósítható vele [12].

A korszerű földgáz tüzelésű kazánok szabályozása egyszerűbb, mint bármilyen szilárd tüzelésű kazáné, és több módon történhet. Azért egyszerűbb a tüzelése és a távfelügyeleti rendszerrel való nyomon követése, mert a földgáz eltüzelése során az égő különböző paramétereinek beállításával ideális égési értékek érhetőek el. Ha a földgáztüzelésű kazán a fűtővizet a megfelelő hőmérsékletre előállította, akkor az égők egyszerű szabályozással kisebb teljesítményen, vagy csak őr lángon működnek, és ha a fűtővíz hőmérsékletét újból emelni kell, akkor az égők újra bekapcsolnak. A gázégők az ideális égési értékek eléréséhez több szabályozást is végrehajtanak. Egyik szabályozás a fordulatszám szabályozása, amivel elektromos energia takarítható meg, gondoskodik az égési levegő ventilátor láng irányításáról, és csökken a zajkibocsátás is. Másik az O_2 szabályozás, amivel az égési levegő optimalizálása érhető el. Harmadik a kombinált CO/O_2 szabályozás, ami biztonságot eredményez, mert folyamatosan méri a szén- monoxid – kibocsátást (ha a referencia értéket meghaladja, akkor növeli a levegőfelesleget, míg az érték nem lesz megfelelő tartományban) [13].

2.2.3. Kisteljesítményű fa tüzelésű kazánok szabályozása

Megemlítendő a bekezdés elején, hogy a 2.2.3. fejezet olyan fa tüzelőanyag égetését veszi alapul, aminek adagolása egyszerűbb feltételek mellett nyomon követhető, mint a hasított fa esetében. Ilyen a faapríték, a fapellet, és a fabrikett.

A fa tüzelésre készített kazánok és fűtőművek optimális üzemeltetésének beállítása kihívást jelent a készítők számára. A fejlesztések során a szabályozásuk automatikussá vált, így egy komplett ipari részleget egyetlen PC –n sikeresen lehet vezérelni. Az automatikus vezérlést a tulajdonos már távfelügyeleti rendszer segítségével is ellenőrizheti, és esetleges probléma

vagy szükséges paraméterek változtatásakor már távoli számítógépről is beavatkozhat a folyamatokba [14].

Már lakossági és kisebb épületegységek fűtési rendszeréhez tartozó hőtermelői rész szabályozása is megoldható távfelügyelettel. Ezekben az esetekben a távfelügyelet nyomon tudja követni a folyamatokhoz tartozó aktuális értékek megjelenítésével ellátott kezelőfelületen a rendszer állapotát.

Az alábbi felsorolás szemlélteti, hogy egy kisteljesítményű faapríték tüzelésű kazán szabályozásában mennyi paramétert lehet egyetlen PLC- segítségével vezérelni és ellenőrizni [15].

- A felügyeleti rendszer a kéménybe távozó égéstermékeket lambda-szondával folyamatosan méri, ami a tökéletes égésnek és gazdaságos működésnek ellenőrzésére szolgál.
- A tűzterekbe különböző helyekre hőelemek szerelhetők (a megfelelő anyagból készített hőelemek), így a tűzterek hőmérsékletét folyamatosan lehet mérni.
- A rendszer az esetleges tűz kialakulása után az adagolást meg is szünteti.
- Állítható a primer és szekunder égéslevegő ventilátor a tüzelőanyag nedvesség tartalmához, és minőségére, ami levegőarány szabályozáson alapszik.
- Füstgáz elszívó kéményventilátor működésének frekvenciája változtatható a jobb huzat biztosításáért.
- A tüzelőanyag adagolás során esetleges faapríték befeszüléseket a rendszer jelzi.
- Fáziskimaradás esetén védelmi rendszer akadályozza a villanymotor leégését.
- Automatikus hamu és pernyekihordó rendszer és automatikus hőcserélő tisztítási funkciók vannak beépítve.
- Esetleges visszaégést a rendszer érzékeli, és ez esetén leállítja a vezérlés beadagolási részét, és az oltóvíz szelepek kioldódnak.

Pellet-, és apríték tüzelésű kis teljesítményű fűtőművek és pellet tüzelésű lakossági kazánok szabályozása mára már megoldott probléma. Ugyan akkor, az ilyen pellet felhasználású kazánok ára igen magas, és a tüzelőanyag ára is költséges. Ezeket a költségeket a lakosság túlnyomó része nem tudja finanszírozni, így a hasított fát fogja tüzelőanyagként használni. A hasított fát tüzelőanyagként felhasználó kazánok szabályozásának kialakítása a cél.

A későbbiekben egy lakossági szférában elterjedt kazán paramétereinek bemutatása következik. A kazánnal tüzelési kísérlet történt, és az eltüzelt hasított fa elégetésekor detektált adatok közötti összefüggések elemeztük.

3. Mérések és eredmények

3.1. Kazán bemutatása

A tüzelési kísérletek VIADRUS U22 4 tagos kazánban történtek. Az 1. táblázat szemlélteti a kazán paramétereit. A kazán névleges teljesítménye 23,3 kW. Üzemi hőmérséklete: 60-90°C. Maximális hatásfoka 75-80 %.

1. táblázat A VIADRUS U22 kazán műszaki és tüzeléstechnikai adatai

VIADRUS Kazán műszaki adatai			
Tagok száma	4 db	Üzemi hőmérséklet	60-90 °C
Súly	252 kg	Ajánlott visszatérő víz hőmérséklete	60°C
Víztartalom	36,2 l	Minimum kéményhuzat	16 Pa
Tüztér térfogata	47 l	Névleges teljesítmény	23,3 kW
Tüztér mélysége	339 mm	Hatásfok	75-80 %
Füstcső csatlakozó mérete	156 mm	Fűtőanyag fogyasztás-fa	6,4 kg/h
Kazán mérete (m*sz)	917*508 mm	Fűtőérték-fa	15 MJ/kg
Mélység	778,5 mm	Max füstgázhőmérséklet	max. 280 °C

A kazánon több tüzelésszabályozási lehetőség van:

- Az alsó ajtón lévő csapóajtó, ahol az égéshez szükséges primer égéslevegő áramlik be.
- A kéménycsonkba szerelt pillangó szelep, amivel a huzatot lehet szabályozni.
- A tüzelőajtón elhelyezett szekunder égéslevegő nyílás.

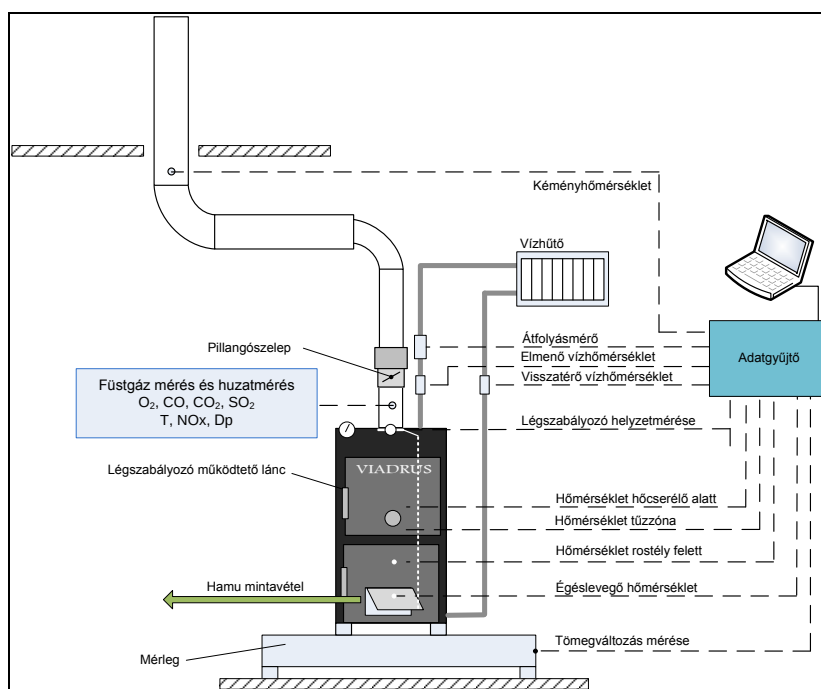
A kazánon az alsó, hamuzást lehetővé tevő ajtón található egy csapóajtó, melynek mozgását végzi egy automata HONEYWELL típusú huzatszabályozó. Ennek feladata, hogy a kazánban lévő víz hőmérséklete alapján szabályozza a tüztérbe jutó levegő térfogatáramát azáltal, hogy alsó ajtón lévő csapóajtó nyitását és zárását végzi egy lánc segítségével. A kazán első felfűtése alkalmával úgy lett beállítva, hogy a szabályzó 50 C° körül kezdi az ajtót becsukni és 80°C-os kazánvíz hőmérsékletnél a levegő alsó beáramlását csak az alaprésre korlátozza.

A nagyobb huzattal rendelkező kémények esetén szükséges a kémény huzatát korlátozni, mert nagy huzat esetén a távozó füstgáz hőmérséklete túl magas lesz, így nagy lesz a hő veszteség, csökken a kazánhatásfok.

3.2. A mért paraméterek

Az alábbi felsorolás mutatja, hogy milyen paramétereket mértünk a kísérlet során és az 1. ábra szemlélteti a mérési rendszer sematikus ábrázolását.

- berakott tüzelőanyag égés közbeni leégését, intenzitását, tömegváltozását,
- az alsó huzatszabályozó ajtón beszívott levegő, a rostély alatti hőmérsékletét,
- a tűztér hőmérsékletét a rostély felett,
- a tűztér közepén a hőmérsékletet,
- a hőcserélő alatti hőmérsékletet,
- a kazán belső víz hőmérsékletet,
- az elmenő víz és visszatérő víz hőmérsékletet,
- a kazánon átmenő térfogatáramot,
- a kazánból kilépő, pillangó szelep előtti hőmérsékletet, azaz a füstgázhőmérsékletet,
- a kéményben a füstgázhőmérsékletet, a kazántól 5m távolságban,
- a kéményben a füstgázösszetételt, a kazántól 5m távolságban,
- a füstgáz összetételét: O_2 , CO_2 , CO , SO_2 , NO_x gázokra (a mérés helyét az 1. ábrán lévő megjelölés mutatja),
- a kéményben a pillangó szelep előtti huzat értéket,
- valamint a huzatszabályozó működését.



1. ábra A kísérleti rendszer sematikus ábrája

A kazánt egy ipari mérlegre helyeztük, mely az égés során rögzítette a betét tüzelőanyag leégését az idő függvényében. Az égés során felszabaduló füstgázok emissziós összetételének meghatározására Horiba PG-250 típusú gázelemző készüléket használtuk. Az első mérési pontot közvetlenül a kazánban, a füstgáz pillangó szelep elé alakítottuk ki, itt történtek a mérések. A második mérési pont a kéményen a kazántól 5 méterre található.

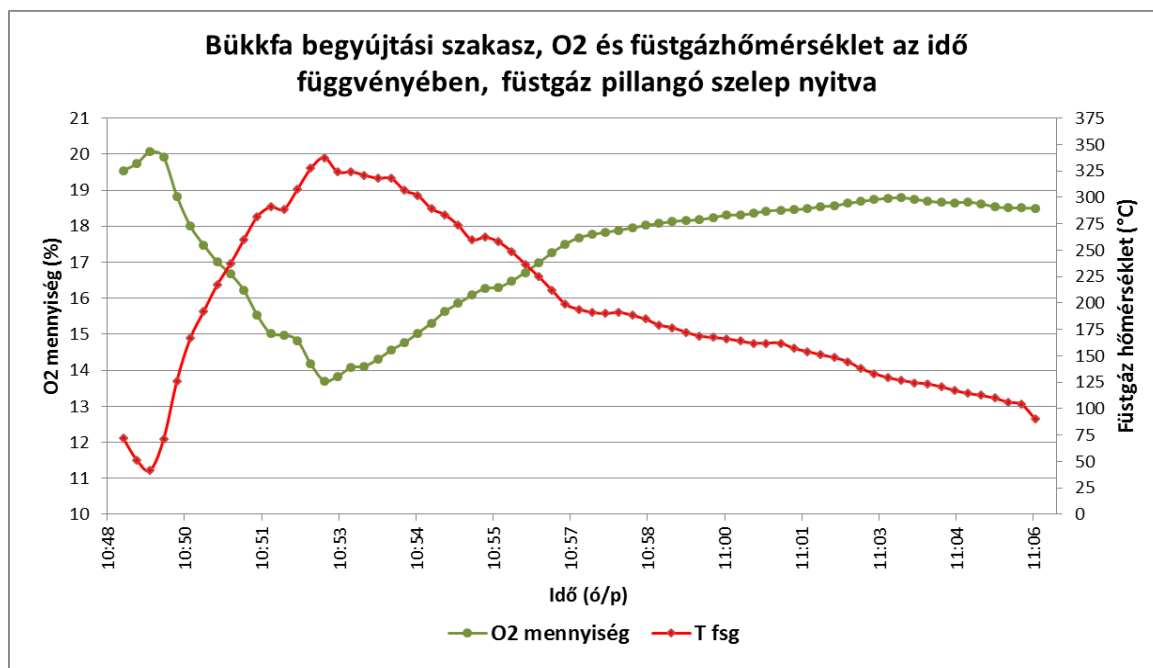
3.3. A tüzelési kísérlet és mérési eredmények

A kísérletek során, a begyűjtést követően a tüzelőanyag adagolása folyamatos volt. Az első adag leégését követően, a még éppen lángoló tüzelőanyagra vagy az erős faparázsra történtek az újabb rátüzelések többször egymás után. A kísérlet során az adatok detektálása körülbelül 2 és fél óráig tartott. Az összes mért adat közül kettőt választottunk ki a szabályozási modell elkészítéséhez:

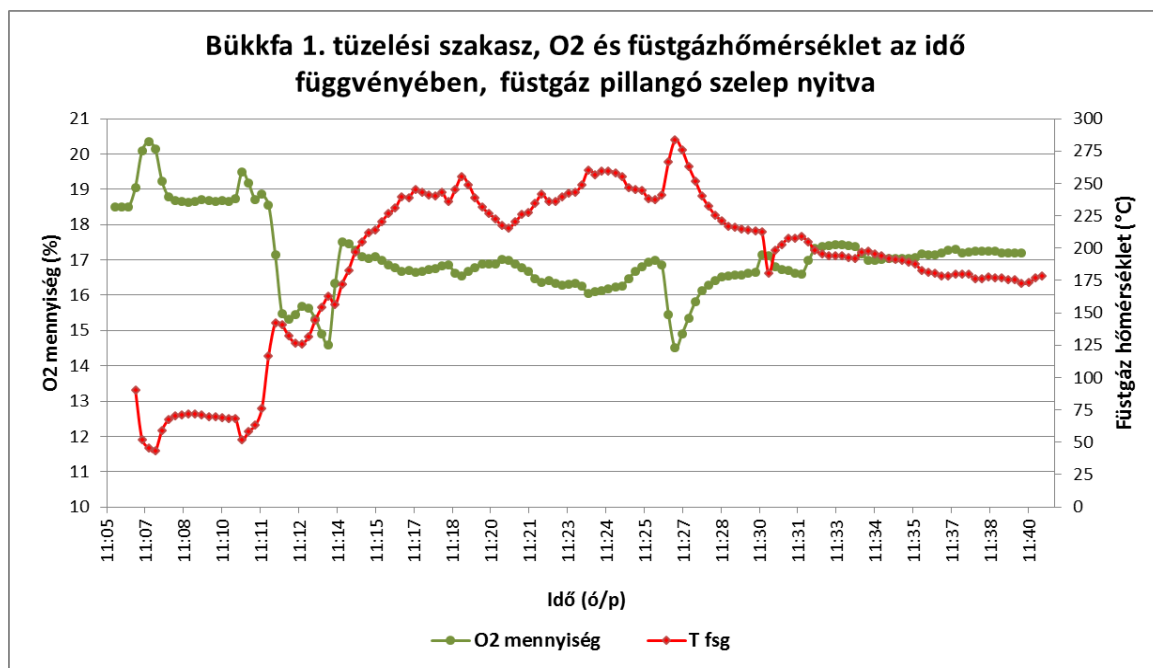
- A távozó füstgáz hőmérséklete
- A távozó füstgáz oxigén tartalma

A detektált adatok közül a fent említett két paraméter függvényében a mérési adatokat elemeztem a 2÷5. ábra felhasználásával. Az eredmények átláthatósága végett a tüzelési kísérlet során mért adathalmazból több ábra készült, az égési szakaszoknak megfelelően.

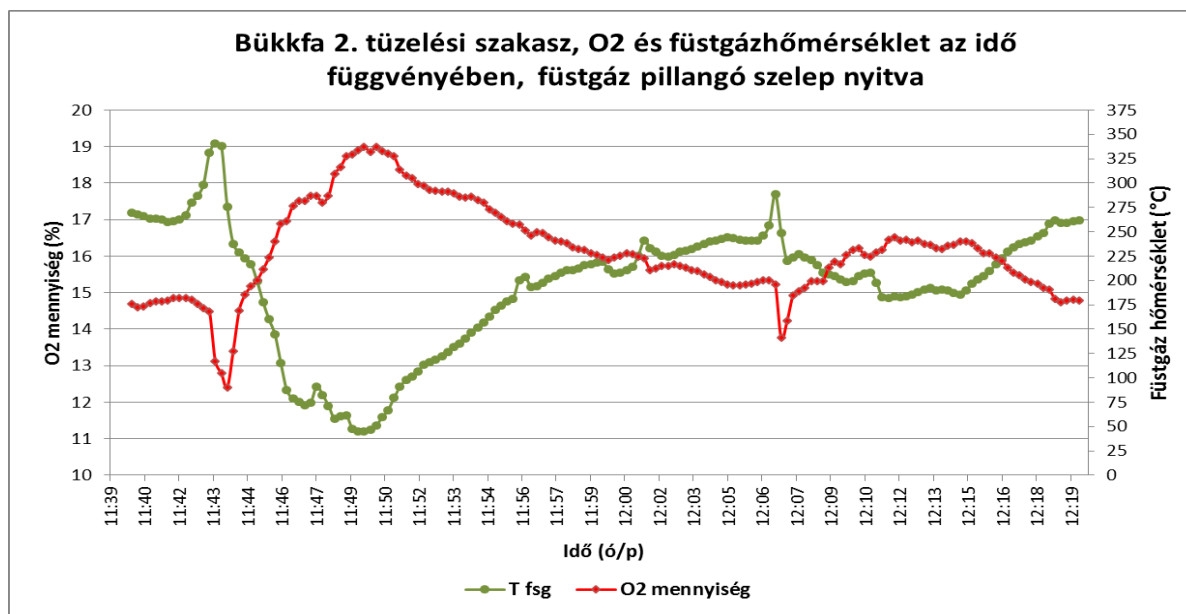
A 2÷5. ábrán szereplő diagramokon a mért paraméterek az idő függvényében vannak feltüntetve. A baloldali (elsődleges) tengelyhez van rendelve a füstgáz oxigén tartalma %-os értékben, és a jobboldali (másodlagos) tengelyhez a füstgáz hőmérséklete °C –ban. A mérés során a pillangó szelepeket változtatni kellett, így a diagramon az is fel van tüntetve, hogy milyen a pillangó szelep állása. A pillangó szelep két beállításban lehet: egyik a nyitott állás, a másik a 30-45 °-ban zárt füstgáz pillangó szelep állás.



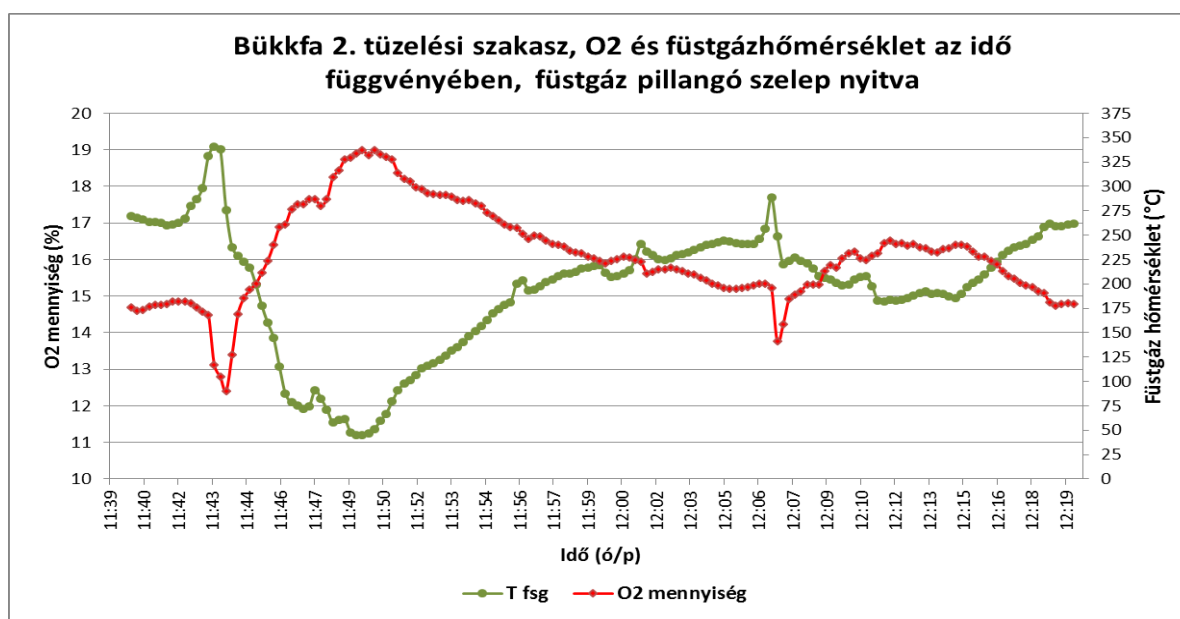
2. ábra A kísérlet során mért adatok a begyújtási szakaszban



3. ábra A kísérlet során mért adatok az első tüzelési szakaszban



4. ábra A kísérlet során mért adatok a második tüzelési szakaszban



5. ábra A kísérlet során mért adatok a harmadik tüzelési szakaszban

A 2. ÷ 5. ábrán szereplő adatokról leolvashatóak az füstgáz oxigéntartalma és a füstgáz hőmérséklete közötti összefüggések. Mind a négy ábrán (2÷5. ábra) látható, és általánosságban elmondható, hogy ha a füstgáz hőmérséklete nő, akkor a füstgáz oxigén tartalma csökken; és fordítva.

A 2. ábrán szerepel a begyújtás során detektált adatokból létrehozott diagram. Látható, hogy a begyújtás során a begyújtás első szakaszában még „hideg” a füstgáz és magas a füstgáz oxigén tartalma. De, a begyújtás további szakaszában, mikor feltehetően a fa már megfelelően

égett, akkor az oxigén tartalom csökken, hiszen az égéshez oxigén szükséges. Azaz, amikor a füstgáz hőmérséklete nő és a füstgáz oxigén tartalma bizonyos alacsony határ alá esik, az égés megfelelőnek feltételezhető. A begyújtási szakasz végén látható a két görbén, hogy a füstgáz hőmérséklete lecsökken, és a füstgáz oxigén tartalma növekedik, ez a farakat leégését jelzi.

Ezután megkezdődik a következő tüzelési szakasz. A 3. ÷ 5. ábrán szemléltetett diagramok jellegzetessége megegyezik. A kezdő szakaszukban a fa adagolása történt. Ekkor a füstgáz oxigén tartalma megemelkedett és a füstgáz hőmérséklete lecsökkent. Majd ezt követően, mikor a farakat begyulladt, akkor újra megemelkedik a füstgáz hőmérséklete és lecsökken az oxigén tartalma. Mikor a fa elégett, újra növekedik a füstgáz oxigén tartalma és csökken a hőmérséklet.

3.4. Mérési eredmények kiértékeléséhez használt modell bemutatása

A mérési eredményekből egy számítási modell segítségével az alábbi tüzelésellenőrzési paraméterek kiszámolhatóak:

- A levegőtényező
- A nedves füstgáz fajlagos mennyisége
- A fajlagos füstgáz veszteség
- A hatásfok
- A hőmérséklet minimum meghatározása

3.4.1. A füstgáz (mért) O₂ tartama alapján a levegőtényező meghatározása

Ebben a fejezetben bemutatom, hogy a levegőtényezőt a füstgázban lévő, mért oxigén tartalom alapján hogyan lehet kiszámolni.

A füstgáz oxigén tartalma a következő képlettel számolható, ha az égéshez szükséges oxigén fajlagos mennyisége, és az égéskor keletkező száraz füstgáz fajlagos mennyisége ismert:

$$O_2' = \frac{(n-1)V_{O_2}}{V_{fsg\ sz}} [m^3/m^3]$$

- V_{O_2} = az égéshez szükséges oxigén fajlagos mennyisége, m³/kg
- $V_{fsg\ sz}$ = az égéskor keletkező száraz füstgáz fajlagos mennyisége, m³/kg
- n = levegőtényező

Az égéskor keletkező száraz füstgáz fajlagos mennyisége felírható a levegőtényező lineáris függvényeként, ehhez be kell vezetni két konstans, a K_1 és K_2 .

$$V_{fsg\ sz} = K_1 + n K_2$$

- $K_1 = V_{CO_2'} + V_{SO_2'} + V_{N_2TÜanyag'} - V_{O_2}$
(a keletkező CO_2 és SO_2 fajlagos mennyisége növelve a tüzelőanyag nitrogéntartalmából származó nitrogén fajlagos mennyiségével és csökkentve az égéshez felhasznált oxigén fajlagos mennyiségével),
- $K_2 = 100/21 V_{O_2}$.

Továbbá, a V_{O_2} egyenlővé téve a K_3 konstanssal, a füstgáz oxigéntartalma az alábbi képlet szerint írható fel:

$$O_2' = \frac{(n-1)K_3}{K_1 + nK_2}$$

A konstansok az adott tüzelőanyag összetételétől függő paraméterek. A K_1 , K_2 és K_3 konstans értékét tüzeléstechnikai számítások alapján megkaphatóak. A számított konstans és a füstgáz mért oxigén tartalma ismeretében az alábbi képlet segítségével a levegőtényező számítható. A képlet a fent levezetett összefüggésekből következik.

$$n = \frac{K_3 + O_2' K_1}{K_3 - O_2' K_2}$$

3.4.2. A nedves füstgáz fajlagos mennyiségének számítása

A nedves füstgáz fajlagos mennyisége a füstgázban lévő a tüzelőanyag nedvesség-tartalmából és a hidrogén égéséből származó vízgőz fajlagos mennyiségével nagyobb, mint a száraz füstgáz fajlagos mennyisége.

Következésképpen írható fel a levegőtényező lineáris függvényeként:

$$V_{fsg\ n} = K_4 + n K_2$$

- $K_4 = K_1 + V_{H_2O'}$, m^3/kg

A konstansok értékét bükkfára a 2. táblázat szemlélteti. A későbbi számítások elvégzéséhez a 2. táblázatban feltüntetett értékeket használtam fel.

2. táblázat A bükkfa tüzeléstani paramétereiből számolt konstans értékei

Tüzelőanyag	K ₁ m ³ /kg	K ₂ m ³ /kg	K ₃ m ³ /kg	K ₄ m ³ /kg	H _a kJ/kg
Bükkfa	-0,1110	4,6267	0,9716	0,7329	15899

3.4.3. A fajlagos füstgázvesztés számítása

A hatásfok számításához a füstgázzal távozó energiát meg kell határozni a következő képlet segítségével.

$$Q_{fsg \text{ veszt}} = V_{fsg} n c_p (T_{fsg} - T_{körny}), \text{ kJ/kg vagy kJ/m}^3$$

- c_p = a füstgáz közepes fajhője, kJ/m³K
- T_{fsg} = a kazánból távozó füstgáz hőmérséklete, °C
- $T_{körny}$ = a kazán környezetének hőmérséklete, °C

A füstgáz közepes fajhője 1,31 kJ/m³K átlagérték, a környezeti hőmérséklet 15 °C hőmérsékletű értékként számolt.

3.4.4. A hatásfok számítása

Miután a füstgázzal távozó energia értéke ismert, a hatásfokot indirekt módon az alábbi képlettel ki lehet számolni.

$$\eta = 1 - \frac{Q_{fsg \text{ veszt}}}{H_a}$$

- H_a = a tüzelőanyag fűtőértéke, kJ/kg

A bükkfa fűtőértéke 15899 kJ/kg értékre lett felvéve.

3.4.5. A hőmérséklet minimum meghatározása

A korróziót okozó harmatpont alá történő hőmérsékletcsökkenés megelőzésének céljából és a megfelelő huzat biztosítása miatt, a mért távozó füstgáz hőmérsékletének mérési eredményéből az alábbi képlettel számítható a füstgáz hőmérséklet minimum.

$$T_{fsg \text{ min}} = K_5 + \frac{355}{1,2257 - \frac{\Delta p}{gH}} - 273$$

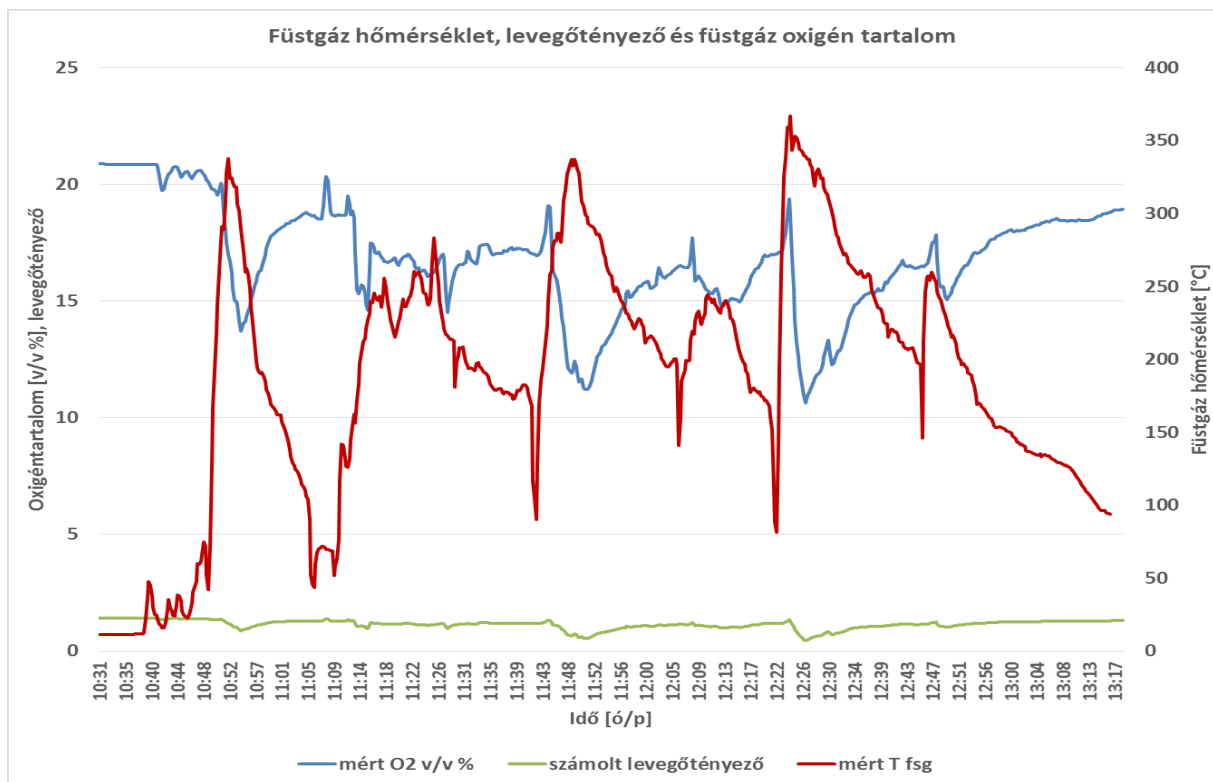
- K_5 = a tüzelőanyag kéntartalmától függő hőmérséklet korrekció, °C
Értéke
 - kénmentes tüzelőanyag (pl. tűzifa) esetén = 0 °C
 - kis kéntartalmú tüzelőanyag (pl. hazai feketeszén) esetén = 15 °C
 - nagy kéntartalmú tüzelőanyag (pl. hazai barnaszén) = 50 °C.
- Δp = a kazán gépkönyvében megadott minimális huzat igény, Pa,
- g = nehézségi gyorsulás (= 9,81) m/s²,
- H = a kazán működési helyén a kémény magassága, m

3.5. Számolt eredmények

A 3.4. fejezetben taglalt számítási modell alkalmazásával a 3.2. fejezetben leírt mérési adatok felhasználásával a számolt paraméterek bemutatása következik e fejezetben. A számolás Excel táblázatkezelőben végeztem el.

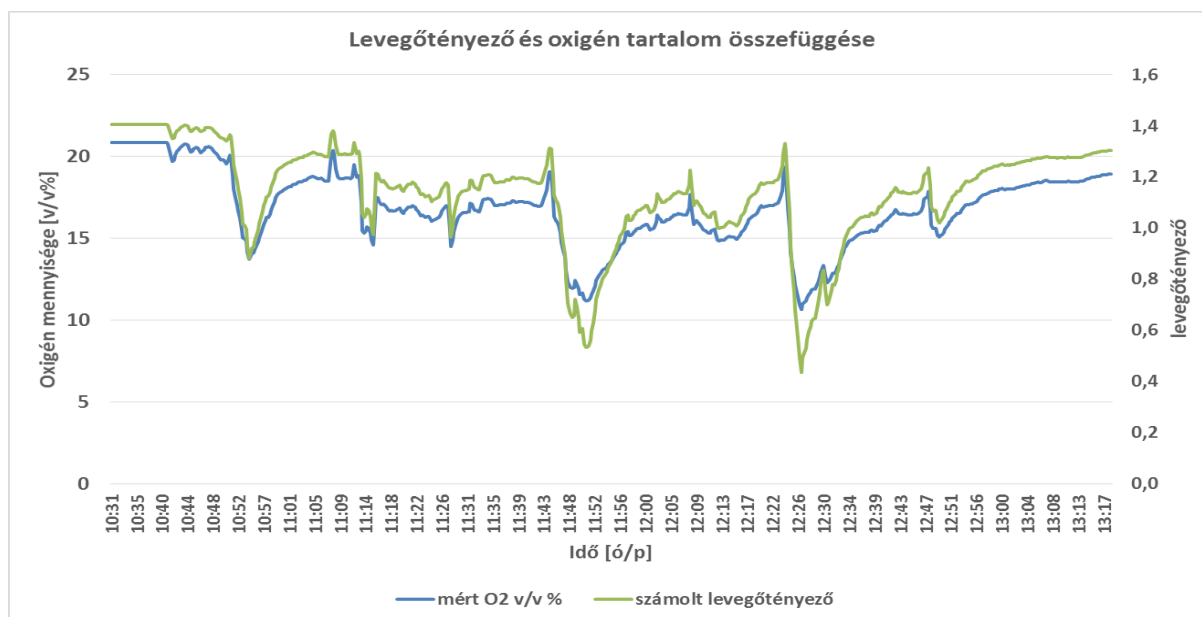
3.5.1. Levegőtényező

A levegőtényező számolás volt az első paraméter. A mérési eredmények és a számolt levegőtényező értékének összefüggéseit a 6. ábrán szereplő diagramok szemléltetik.



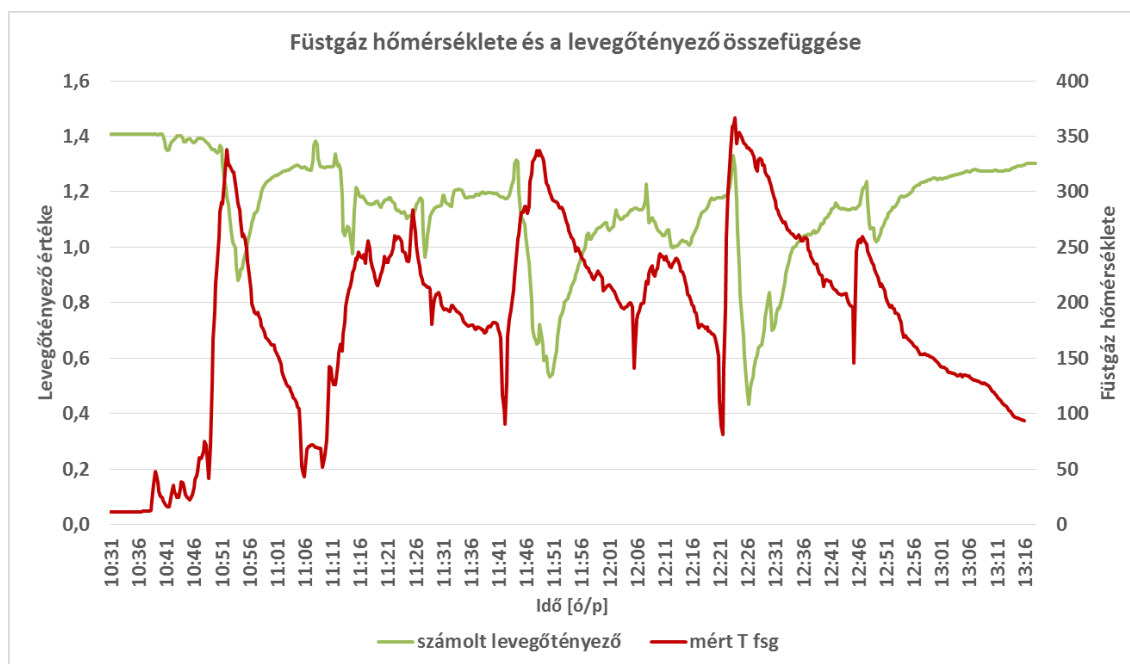
6. ábra A füstgáz hőmérséklet, levegőtényező és füstgáz oxigéntartalma az idő függvényében

Az átláthatóságért a 6. ábrán szemléltetett diagramban feltüntetett görbéket külön vettem, és azokat két különböző (7. és 8.) ábrán szemléltetem. A füstgázban lévő oxigén tartalom és a levegőtényező arányos egymással, ezt szemlélteti a 7. ábra is.



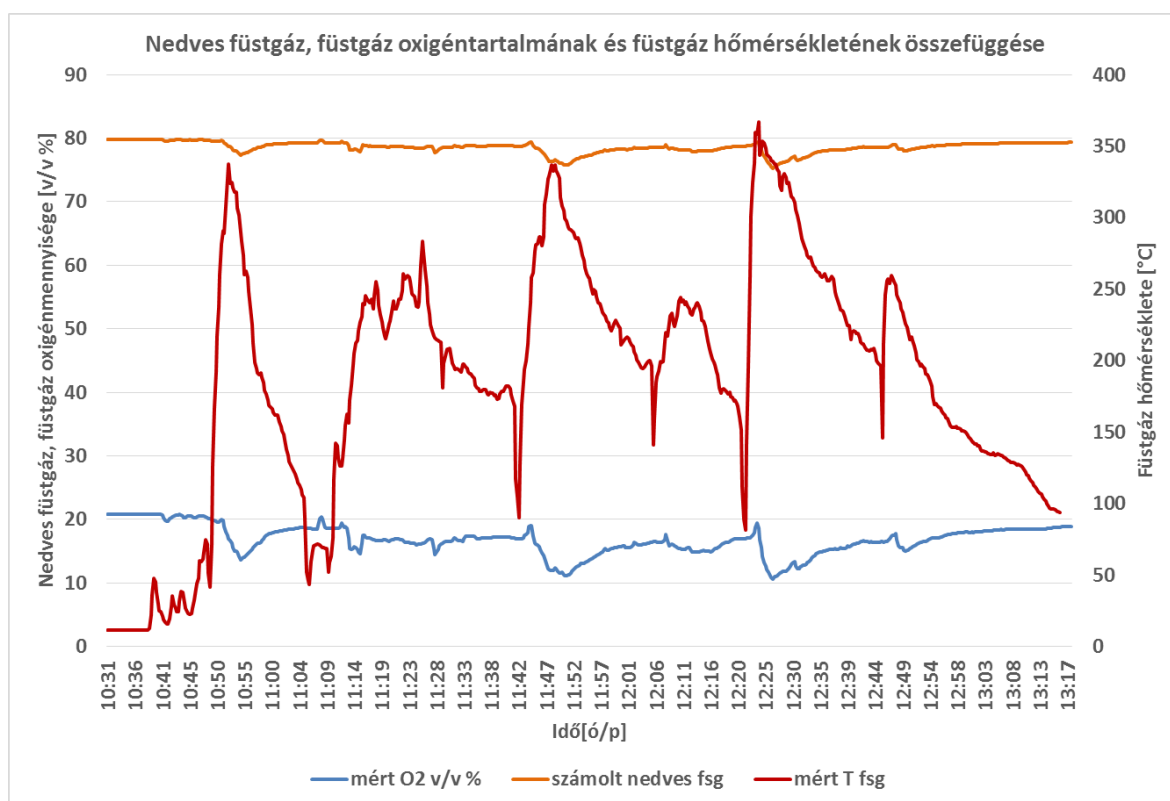
7. ábra A levegőtényező és oxigéntartalom összefüggése az idő függvényében

Mivel a két paraméter (O_2 tartalom és n) arányos, így a füstgáz hőmérsékletének értéke, és a levegőtényező értéke is hasonlóan fog egymáshoz igazodni, mint a 2. ÷ 5. ábrán feltüntetett értékek. Ha a füstgáz hőmérséklete csökken, akkor a levegőtényező értéke növekedik; és fordítva.



8. ábra A füstgáz hőmérséklete és a levegőtényező értéke az idő függvényében

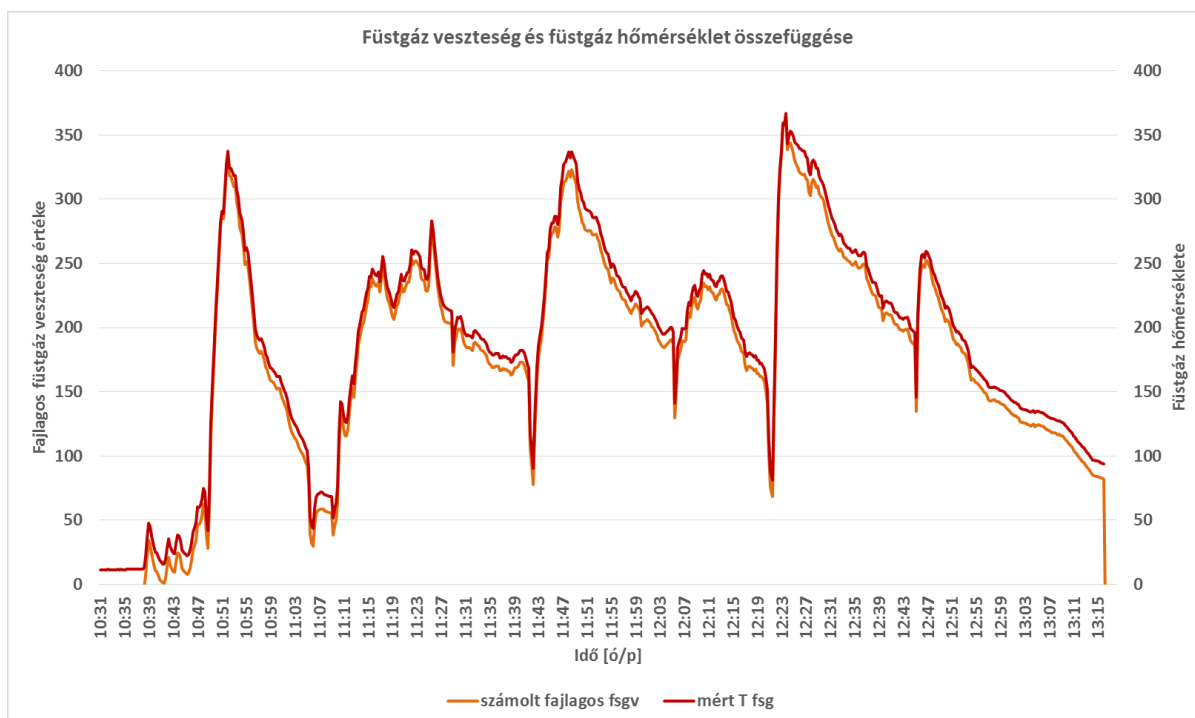
3.5.2. A nedves füstgáz fajlagos mennyisége



9. ábra A számolt nedves füstgáz, a füstgáz hőmérséklete és a füstgáz oxigéntartalma az idő függvényében

A nedves füstgáz értéke arányos a mért oxigéntartalom értékével.

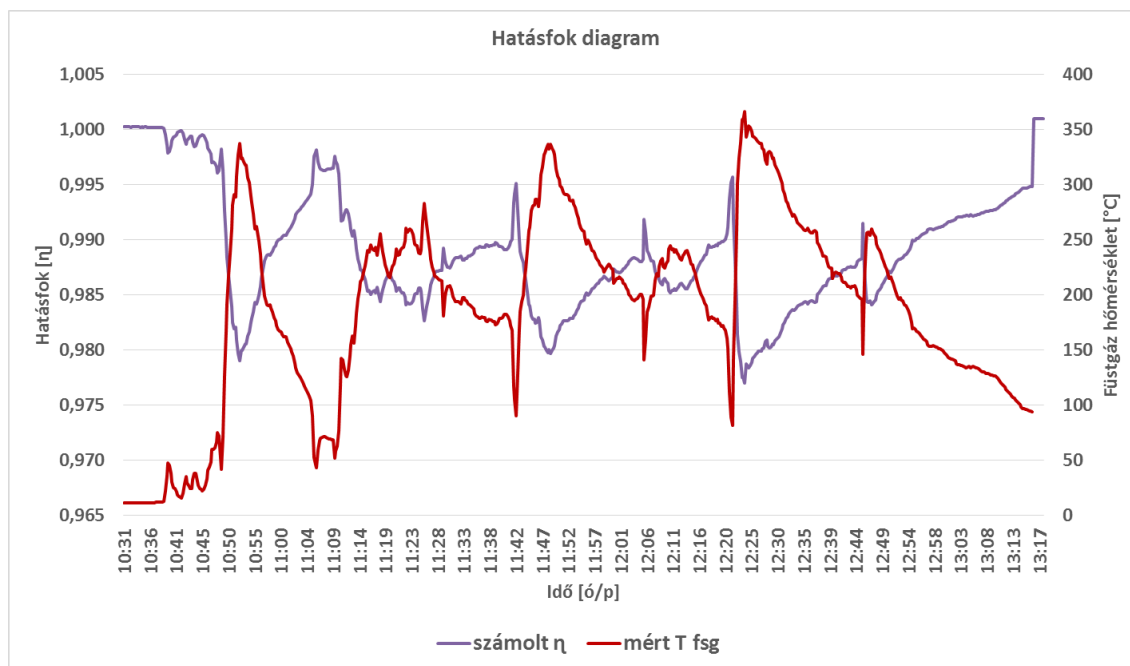
3.5.3. A fajlagos füstgáz veszteség



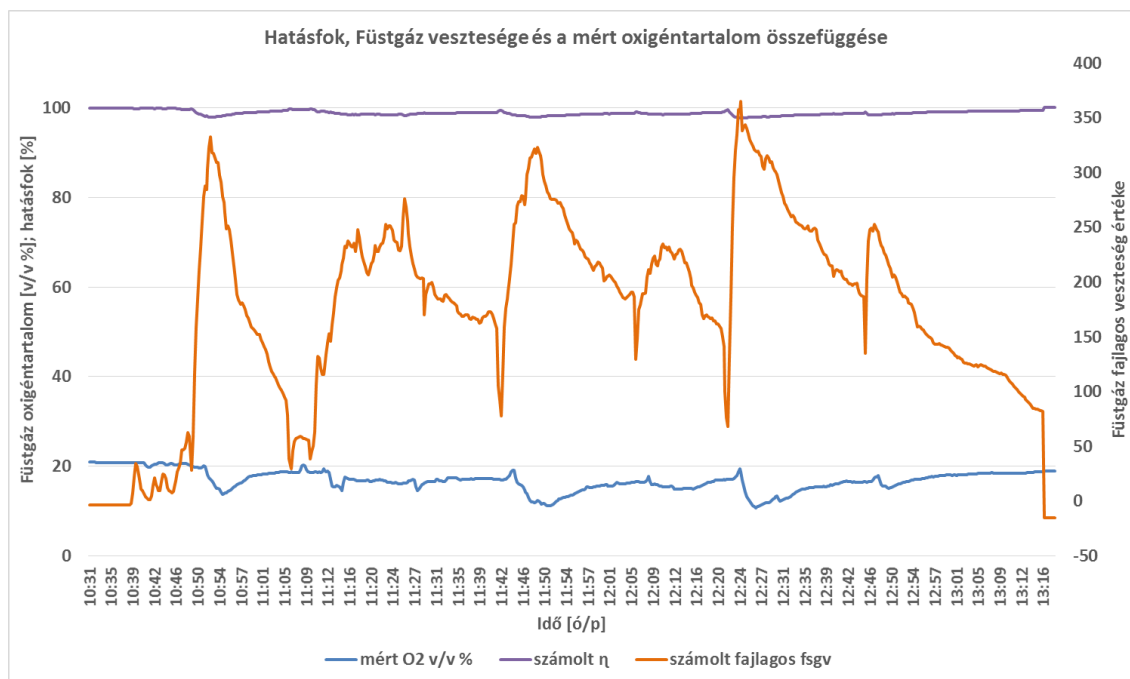
10. ábra A mért füstgáz hőmérséklet és számolt fajlagos füstgáz vesztesége az idő függvényében

A füstgázvesztesség értéke arányos a füstgáz távozó hőmérsékletével.

3.5.4. A hatások



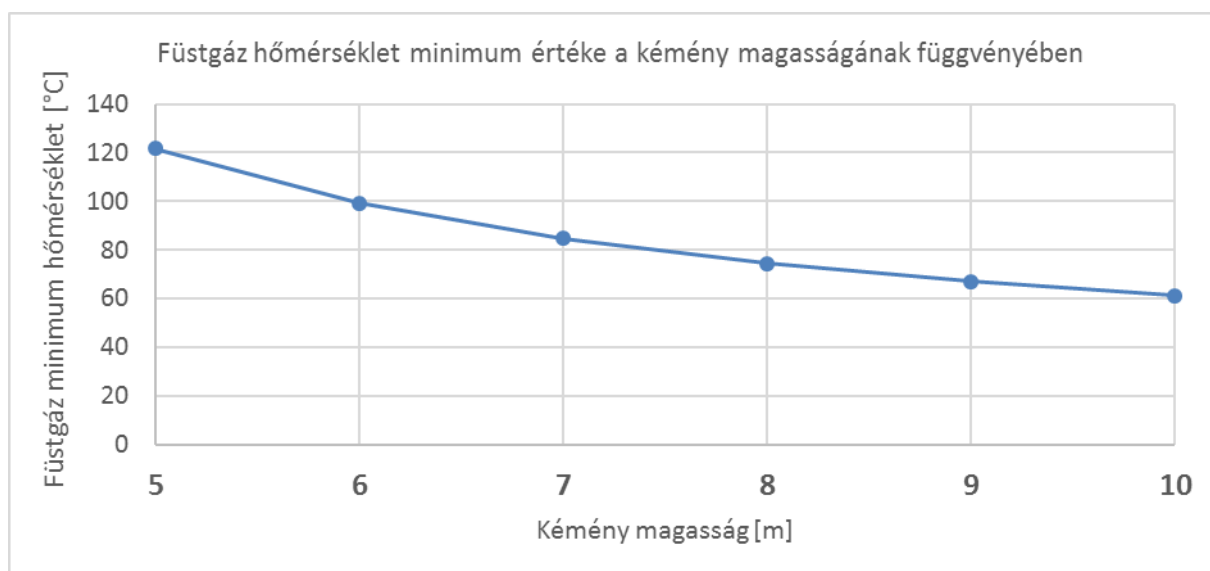
11. ábra A hatások és a füstgáz hőmérsékletének összefüggése az idő függvényében



12. ábra A hatásfok, a füstgáz vesztesége és a mért oxigéntartalom az idő függvényében

3.5.5. A hőmérséklet minimum meghatározása

Az alábbi 13. ábra a 3.4.5. fejezetben leírt számolások alapján készített diagramot szemlélteti. A számoláshoz felhasznált képletben egy K_5 korrekciós tényező is szerepel, ami a tüzelőanyag kéntartalmától függő hőmérséklet érték. Ahogy már kifejtésre került, a kazánok üzemeltetéséhez szükséges tudni a füstgáz minimum hőmérséklet értékét két szempont miatt. Egyik a megfelelő huzat elérése, a másik a harmatpont értéke alá való csökkenés elkerülése. A 13. ábra azt szemlélteti, hogy a kísérletben használt kazánhoz tartozó különböző kémény magasságok értékeihez mennyi a füstgáz hőmérséklet minimum értéke. A görbe jellegéről is látható, hogy minél alacsonyabb a kémény magassága, annál magasabb a füstgáz minimum hőmérséklet értéke. A harmatpontot nagyban befolyásolja az, hogy milyen a tüzelőanyagot égetünk a kazánban, és hogy mekkora annak a kéntartalma. Hiszen a kénből SO_2 keletkezik, ami a harmatpont értékét lecsökkenti, és emiatt kisebb hőmérsékleten is kicsapódhat a vízgőz a füstgázból a kémény felszínére, ahol savat képezhet. Ez a korrodálódás elsődleges oka, ami a kémény korai tönkremenetelét okozza. A kazánokhoz tartozó füstgáz minimum hőmérséklet értékét ezért szükséges ismerni.



13. ábra A füstgáz hőmérséklet minimum értéke a kémény magasságának függvényében

4. A felügyeleti rendszer

A cél fa tüzelőanyaggal üzemelő, háztartásokban használt kazánok optimális működését biztosító felügyeleti rendszer (tüzelésellenőrzési modell) megalapozása. A lakosság számára a lehető legjobb hatásfok elérése, így költséghatékonyság, míg a környezet számára annak védelme a fontos. Ha a lehető legmagasabb hatásfokot sikerül elérni a rendszerrel, úgy a környezet számára se lesz megterhelőbb a tüzelés a fűtési időszakokban.

Az előzőekben tanulmányozott mért és számolt adatok felhasználásával következtetéseket vontam le, a következtetésekből kiindulva egy algoritmus készült. Az algoritmus alapja annak, hogy egy számítógépes programot meg lehessen írni a felügyeleti rendszer működéséhez.

4.1. A felügyeleti rendszert megalapozó következtetések

A 3.5. fejezetben leírt számolt értékek és mért értékek közötti összefüggésekből az alábbi következtetések vonhatóak le, amelyek a későbbiekben a tüzelésellenőrzési modell alapjául szolgálhat.

- A számolt levegőtényező és a mért füstgázban lévő oxigén tartalom arányosan változik a füstgáz hőmérsékletéhez viszonyítva. Ha a füstgáz hőmérséklete csökken, akkor az oxigén tartalom és a levegőtényező nő.
- A füstgáz veszteség értéke a füstgáz hőmérsékletével arányos. Ha a füstgáz hőmérséklete növekedik, úgy fog növekedni a veszteség értéke is. Azaz, ha a füstgáz oxigén tartalma alacsony, ezzel együtt a levegőtényező is, akkor a füstgáz hőmérséklete és a fajlagos veszteség is magas lesz. Így a füstgáz veszteség csökkentésének módja, hogy az optimális levegőtényezőt kell alkalmazni a tüzeléshez.
- Ha a fajlagos veszteség csökken, akkor növekedik a hatásfok.
- Ha a távozó füstgáz hőmérséklete nő, akkor a hatásfok csökken.
- Ha a levegőtényező túl magas, azaz magas az oxigén tartalma a füstgáznak, a hatásfok ekkor is romlik. Ha a levegőtényező értéke az optimálistól magasabb, akkor a hatásfok értéke csökken.
- Az adott magasságú kéményekhez figyelembe kell venni azt, hogy mi a minimum füstgáz hőmérséklet, hogy a harmatpont alá való csökkenést el lehessen kerülni. Minél

alacsonyabb a kémény, annál magasabb az a hőmérséklet, ami alá nem lehet csökkenteni a füstgáz hőmérsékletét.

4.2. A felügyeleti rendszer alapjának felépítése

Egy háztartásban a felügyeleti rendszer az alábbiak alapján valósulhatna meg. A kazán összeköttetésbe van mérőeszközökkel, vagy már beépítve vannak. A mérőeszközök az adatokat egy számítógépbe továbbítják. A számítógép az adatokat feldolgozza, a kívánt értékeket kiszámolja. A számítógéphez tartozna egy kezelő panel, amelyen keresztül a szükséges adatokat meg lehet adni és a különböző mért és számolt adatok értékeit nyomon lehetne követni. A kezelőpanelen még látni lehetne a tüzelés minőségét: hány perc telt el a bekapcsolástól; milyenek a különböző hőmérsékleti viszonyok; mekkora a hatásfok; mennyi az előre és visszatérő víz hőmérséklete és a hasznosabb tüzelés érdekében milyen utasítást kell végrehajtani, vagy éppen milyen utasítást hajt végre a rendszer.

Kétféle utasítás lehetséges. Egyik: amihez kazán kezelői beavatkozás (kézi) szükséges, és a másik: ami automatikusan működik, azaz a program egy beavatkozó szervert irányít. A kézi beavatkozás szükségességére figyelmeztetések jelennének meg a kezelői panelen, és ezzel párhuzamosan jelzést kapna a kazán kezelője. Ilyen jelzés lehet egy hangjelzés a kazánházban, vagy a lakás bármely pontjába épített jelzőkészülékkel. A program által vezérelt utasításokat a kezelői panelen lehet követni. Ilyen utasítás lehet például a beáramló levegő mennyiségének változtatása.

A rendszer algoritmusának elkészítésének első lépése a folyamatosan mérni kívánt adatok kategorizálása. A kategorizálás után felsorolásra kerül az, hogy milyen mérési érték párosítások fordulhatnak elő, majd bemutatásra kerül a mérés algoritmus és elve, és a mérési eredményekhez tartozó utasítások.

4.2.1. Kategorizálás

A füstgáz hőmérsékletének, és az oxigén tartalmának értékét 3 különböző kategóriába vettem, melyet a 3. táblázat tartalmaz. A kategóriák értékét a mért és számolt adatok közötti összefüggés alapján állapítottam meg.

A füstgáz hőmérsékletének kategóriái:

- Alacsony: A füstgáz minimum hőmérsékletének értéke alá való csökkenést el kell kerülni, ami a harmatpont alá való csökkenés jelenti. Az alacsony hőmérséklet érték megközelíti a harmatpontot.
- Optimális: A optimális értékről elmondható, hogy a füstgáz hőmérséklet minél alacsonyabb értéke az ideális, de, a füstgáz hőmérséklet minimum pontja felett kell lennie. A lehető legalacsonyabb érték azért ideális, hiszen minél kevesebb a füstgáz hőmérséklete, annál kisebb a füstgáz vesztesége is.
- Magas: A túl magas füstgáz hőmérséklettel együtt a füstgáz vesztesége is nagy lesz, romlik a hatásfok.

A füstgáz oxigéntartalmának kategóriái:

- Alacsony: Ha az oxigén tartalma lecsökken a füstgáznak, az azt jelenti, hogy az égéshez szükséges levegő oxigén tartalma nem elegendő a tökéletes égés fenntartásához.
- Optimális: A két érték között az égés tökéletesen megvalósul, de még nem lép fel légfelesleg.
- Magas: A túl sok oxigén mennyisége arra utal, hogy a levegőtényező magas. Ebben az esetben a hatásfok romlik.

3. táblázat A meghatározott paraméter kategóriák értékei

	Alacsony	Optimális	Magas
Füstgáz hőmérséklete	< 150°C	150-220 °C	>220 °C
Füstgáz oxigéntartalmának értéke	< 17 %	17-18,5 %	>18,5%

4.2.2. A mért értékpárok

A kategorizálás után a következő lépésben a lehetséges mérési eredményeket mutatom be.

A mérés pillanatában a két mért paraméter az alábbi adatokat mutathatja:

1. Minden érték az optimális tartományban.
2. Füstgáz hőmérséklet alacsony, de oxigén tartalma magas.
3. Füstgáz hőmérséklete alacsony, de oxigén tartalma is alacsony.
4. Füstgáz hőmérséklete magas, de oxigén tartalma alacsony.
5. Füstgáz hőmérséklete magas, de oxigén tartalma is magas.
6. 15 perc után a füstgáz hőmérséklete nem éri már el a minimumot.

Az, hogy a füstgáz hőmérséklete alacsony vagy magas és közben a füstgáz oxigén tartalma optimális, nem lehetséges. A mérési kísérlet során gyűjtött adatokból az figyelhető meg, hogy ha a füstgáz hőmérséklete nem az optimális értékben van, akkor az oxigén tartalom sincs az optimális tartományban.

Attól függően, hogy melyik lehetőséget méri a berendezés, úgy adná ki a hozzá tartozó utasításokat. Az utasításokat az algoritmus leírása után fejtem ki.

4.2.3. Algoritmus leírása

A 14. ábrán kerül szemléltetésre a mérés algoritmus, ami egyben tartalmazza a mérés elvét. Az algoritmusban látható rövidítések jelentését a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat Az algoritmus ábrájában felhasznált rövidítések magyarázatai

rövidítés	magyarázat
t	idő [min]
T_{fsg}	füstgáz hőmérséklete [°C]
O₂'	füstgáz oxigén tartalma [v/v %]
n	levegőtényező
η	hatásfok
T_{fsg min}	minimális hőmérséklet [°C]
A	alacsony
M	magas
O	optimális

A kazán kezelője a farakat behelyezése után a kezelőpanelen elindítja az ellenőrzési rendszert. A kiinduló pont a START. A bekapcsolás pillanatában az idő egyenlő 0-val, de a bekapcsolás pillanatában megkezdődik az idő mérése, és a kezelőnek kézzel meg kell adni alap adatokat. Ilyen a tüzelőanyag fajtája és a kémény magassága. Ezek a következőkben azért lesznek fontosak, mert a tüzelőanyag fajtájához a levegőtényezőt, míg a kémény magasságához a füstgáz minimális hőmérsékletének értékét számolni kell. Az adatok megadása után elindul a mérés. Két paraméter mérése valósul meg, a füstgáz hőmérséklete és a füstgáz oxigén tartalma. A mérési eredmények detektálása után a rendszer számolást végez. A számolás során a levegőtényezőt és a hatásfokot a mért értékekből számolja, míg a füstgáz hőmérséklet minimumot a már beadott adatból, a kémény magasságából. A levegőtényező, hatásfok és a füstgáz hőmérséklet minimum értéke a 3.4. fejezetben leírt módon számolandó.

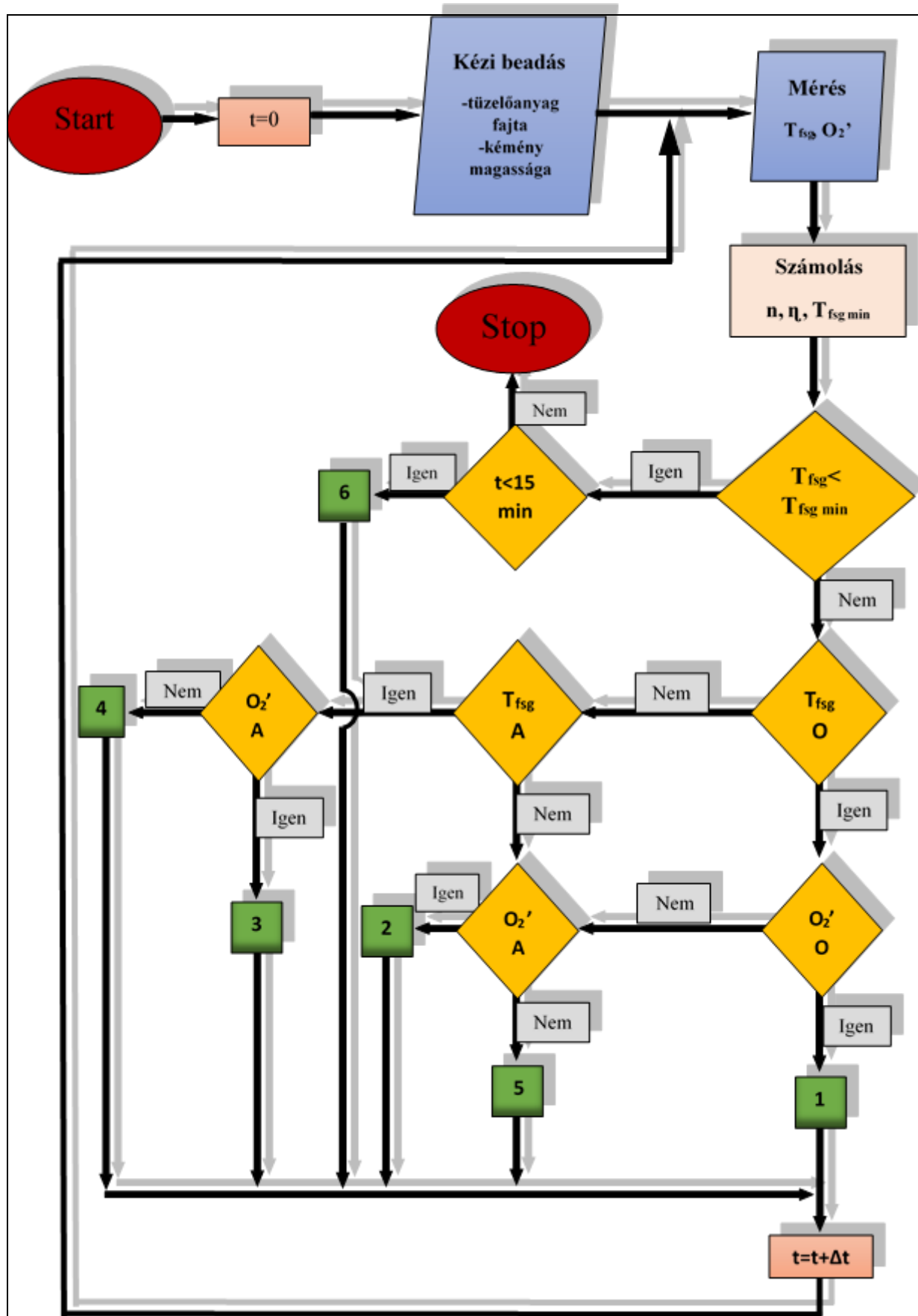
A mérés és a számolás után megkezdődik az első elemzés. Megvizsgálja a rendszer, hogy a füstgáz hőmérséklete kisebb a füstgáz minimális hőmérsékletének értékénél-e. Ha igen, akkor a következő pontban megnézi, hogy az eltelt idő kisebb-e mint 15 perc. Ha igen, akkor léptet a 6. utasításra, azaz a mérést folytatni kell a következő ciklusban. Ha nem, akkor a rendszert leállítja, STOP. A végleges leállítás késleltetett, pár percet szükséges a STOP előtt hagyni, hogy a kazán kezelője be tudjon avatkozni. A leállításról jelzést kap a kazán kezelője, és a kezelői panelen is megjelenne, hogy mi az észlelt probléma. Ez azért szükséges, mert ha 15 perc után sem indult be a megfelelő égés, akkor beavatkozás szükséges, valamilyen kazánházi probléma merülhetett fel. Másik lehetőség, hogy már a lecsökkent füstgáz hőmérséklete azt jelzi, hogy a farakatra utánpótlást kell tenni. Ha a kazán kezelője úgy szeretné, akkor a végleges leállítást hagyja, ez esetben az ellenőrzési rendszer leáll, a tüzelés befejeződik.

Ha a füstgáz hőmérséklete nem alacsonyabb, mint a füstgáz minimális hőmérsékletének értéke, akkor, a következő pontra ugorva a rendszer a füstgáz optimális hőmérsékletét nézi. Ha megfelelő, akkor a füstgáz oxigén tartalmának optimális értékét vizsgálja. Ha mind a két paraméter optimális, akkor lép az 1. utasításra, mégpedig a következő ciklusban lévő mérésre.

Ha a füstgáz hőmérséklete nem optimális, akkor lép a következőre, ami az, hogy a füstgáz hőmérséklete alacsony-e. Ha igen, akkor a füstgáz oxigéntartalmának milyenségéből eldönti az utasítást. Ha alacsony az oxigén tartalma, akkor a 3., viszont ha nem alacsony a füstgáz oxigén tartalma, akkor a 4. utasításra lép.

Ha a füstgáz hőmérséklete nem alacsony, és nem is volt optimális, akkor a magas kategóriába eshet. A magas füstgáz hőmérséklet esetében, ha a füstgáz oxigén tartalma alacsony, akkor a 2., míg nem alacsony, azaz magas, akkor az 5. utasítást jelzi a rendszer.

Ahogy a 14. ábrán is látható, az utasítások megadása után az összes utasítást jelző zöld négyzet belefut egy közös nyílba, ami az idő mérését szemlélteti. A $t=t+\Delta t$ számolja azt, hogy mennyi ideje tart a mérés. A begyűjtést követően a mérés ciklikus jelleggel, 5 percenként ismétlődve valósulna meg. Az 5 perc azért szükséges, hiszen a mérési kísérletek azt mutatják, hogy az égés 5 perc alatt képes stabilizálódni, ha a beállított feltételek megfelelőek. A begyűjtéstől számolva 15 perc alatt a füstgáz paramétereknek már az optimális értékek között kell mozognia.



14. ábra A mérési adatokból következtetett lépések

4.2.4. Utasítások kifejtése

1. Minden érték az optimális tartományban.

Ha a mérés pillanatában az optimális tartományban vannak a mért értékek, akkor a rendszer a lehető legjobb hatásfokkal üzemel. Ekkor beavatkozás nem kell, a mérés 5 perc múlva ismétlődik.

2. Füstgáz hőmérséklet alacsony, de oxigéntartalma magas.

Ha a füstgáz hőmérséklete nem éri el az optimális értéket, de még a hőmérséklet minimum értéke felett van, beavatkozás nem szükséges. Ugyanakkor, ha az oxigén mennyisége már a magas kategóriájú értéknél van, akkor a levegő mennyiségét csökkenteni kell, hiszen a sok oxigén mennyisége is problémát okoz. Lehűti a rendszert és romlik a hatásfok. Ekkor beavatkozás szükséges, a levegőtényezőt csökkenteni kell. Ezt a rendszer automatikusan képes változtatni. Ezzel együtt ez az érték-együttes mutatja azt, hogy a kazán kezelőjének a tűzre tüzelőanyagot kell raknia, ha elszeretné kerülni a tűz kialvását. A rakat leégését a csökkenő hőmérséklet jelzi, és oda kell figyelni, hogy a harmatpont alá való csökkenés ne történjen meg.

3. Füstgáz hőmérséklete alacsony, de oxigén tartalma is alacsony.

Ha a füstgáz hőmérséklete nem éri el az optimális értéket, de még a hőmérséklet minimum értéke felett van, akkor nem probléma, beavatkozás nem szükséges. Ezzel együtt, ha az oxigén tartalom az alacsony kategóriában van, akkor problémák adódhatnak. Azt jelzi ezzel, hogy le lett fojtva a tűz, azaz nem kap elegendő oxigént, az égés tökéletlen és káros anyagok képződhetnek, mint például a szén-monoxid. Ekkor beavatkozás szükséges, emelni kell a levegőtényezőt. Ebben az esetben is figyelni kell a harmatpont elkerülésére.

4. Füstgáz hőmérséklete magas, de oxigén tartalma alacsony.

Ha a füstgáz hőmérséklete magas értékek között van, és az oxigén tartalom alacsony határ alatt, akkor több szekunder levegőt kell adni a rendszerhez, hiszen ezzel a rendszer kicsit visszahűl és a tökéletlen égést megakadályozza a több oxigén. Ez azért hasznos, mert a túl magas hőmérsékletű távozó füstgáz miatt nagy lesz a vesztesége is a rendszernek, és csökkenni fog a hatásfok. Beavatkozás szükséges, kicsit emelni kell a szekunder levegő térfogatáramát.

5. Füstgáz hőmérséklete magas, de oxigén tartalma is magas.

Ha mind a két érték magas, akkor újra kell mérni az értékeket. Ha továbbra is magas, akkor egy kicsit várni kell, míg a rakat lentebb ég, hiszen a magas hőmérséklettel magas lesz a veszteség, és a levegőtényező is magas, ha az oxigéntartalom is az. Ekkor kicsit vissza kell venni a levegőtényezőt.

6. 15 perc után a füstgáz hőmérséklete nem éri már el a minimum hőmérsékletet.

Ha a mérés során a füstgáz hőmérséklete a minimum hőmérsékleti értéktől alacsonyabb, de a mérés megkezdésétől még nem telt el 15 perc, akkor újramérést kell végezni. A 15 perc az égés stabilizálódására szükséges.

Az utasítások döntő többségében a szabályozási beavatkozás a levegőtényező módosítása. Egy lakossági szilárd tüzelőanyag felhasználású kazán esetében az alábbi módon oldható meg a levegő térfogatáramának változtatása. Ahogyan az 1. ábra is szemlélteti, az alsó csapóajtó nyitását és zárását irányítva a levegő térfogatárama szabályozható. Egy láncszerkezet összeköttetésben van a csapóajtó és egy automatikusan állítódó szeleppel. Az állítást a szükséges levegőmennyiségének függvényében a rendszer végzi, így a csapóajtó is automatikusan állítódik, így a szükséges levegőmennyiség fog be áramlani a kazánba.

A lehetséges mérési értékpárokhoz rendelt utasítások megadásával és elvégzésével, és az egész felügyeleti rendszerhez szükséges számítógépes program létrehozásával és pontosításával a tüzelés stabilizálása megoldható probléma a lakossági szilárd tüzelőanyag felhasználású kazánok esetében.

5. Összefoglalás

A mai fejlett technológia segít abban, hogy a számítógépes programok megfelelő használatával a füstgáz komponensekből azonnal, folyamatosan kapjunk információt arról, hogy az alkalmazott tüzeléstechnikai módszer optimálisan zajlik-e. Erre ún. távfelügyeleti rendszer kidolgozása valósítható meg.

A távfelügyeleti rendszer a lakosság számára azért előnyös, hiszen életvédelmet ad számukra, költségtakarékos megoldás, és környezetüket nem szennyezik, így életük tisztább lesz, komfort érzetük növekedhet, emellett a tüzelőberendezést jobb hatásfokkal tudják üzemelni.

A fűtés biztonságossága fontos, hiszen a hidegebb időszakban megnő a rossz tüzeléstechnikai eszközök használata miatti halálozás. Legnagyobb probléma az, amikor a fatüzelésű berendezésekben tökéletlen égés megy végbe, és a szén-monoxid mérgezés kockázata megnő. A távfelügyeleti rendszer azonnal képes jelezni, ha az égés során probléma lép fel, és esetleges tökéletlen égés következne be.

Ezzel együtt költséghatékonyságról is beszélhetünk, hiszen ha a kazánt folyamatosan megfelelő hatásfokkal üzemeljük, akkor nem kell felesleges plusz energiát felhasználni, és a „fában lévő energia” a lehető legjobb körülmények között hasznosítható. A költségtakarékossághoz és energiatakarékossághoz tartozik az is, hogy a kazán megfelelő kiválasztása történjen meg. Fontos, hogy az épület méretéhez és energiaszükségletéhez, illetve a tulajdonos elvárásainak megfelelő hőmérséklet előállításához legyen igazítva mérete, teljesítmény. Ha túlméretezik a kazánokat, azzal negatív helyzetet alakítanak ki, hiszen a nagy kazán hamar felfűti a kisebb kazánigényű levegőtérfogatot, majd a teljesítménye visszaesik. A gyors felmelegítés következtében az épületfalak nem tudnak kellően átmelegedni, így ha a fűtés megszűnik, mert a szoba levegője már túl meleg, a hidegebb falak miatt hamar kihűl az épület. Viszont, ha túl kicsi méretet választanak, akkor a kazán nem képes kifűteni az épületet.

A tervezett felügyeleti rendszer kidolgozását megalapozó modell alapjainak elkészítésével foglalkozik a dolgozat. Bemutattam, hogy milyen széles palettán mozognak a különböző fűtési rendszerek típusai tüzelőanyagtól, helytől, egyéb igényektől függően. Ismertettem, hogy a földgáz és a fa tüzelőanyag felhasználása milyen különbségeket hordoz, és hogy a fa tüzelésű lakossági kazánok szabályozása mennyire nehéz és még nem megoldott probléma.

Lakossági kazánon végzett mérési kísérlet adatainak egy új, tudományos számítási modell felhasználásával feldolgozása után elkészült egy számítógépes vezérlésű felügyeleti rendszer kidolgozása, amely a lakossági tüzelésminőség javításának alapvető feladata.

6. Irodalomjegyzék

- 1 Patti Marikka: Global biomass fuel resource. Department of Bioenergy Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), P.O.Box 7060, 75007 Uppsala, Sweden
- 2 „Fatüzelés vagy földgáz?” –Érvek és ellenérvek [Világgazdaság-online] 2010.07.29.
<http://www.vg.hu/vallalatok/energia/fatuzeles-vagy-foldgaz-ervek-es-ellenervek-323122>
- 3 „Fontos szempontok új kazán vásárlása előtt” [Remeha-online]
<http://www.kazan.hu/hasznos-informaciok/kondenzacios-kazantechnika/fontos-szemponatok-uj-kazan-vasarlasa-elott/>
- 4 Dr. Zsebik Albin: Vezetékes energiaellátás 1. Tüzelőanyagok égése. Oktatási segédanyag; Budapest, 2003
- 5 Burján Zoltán: Fatüzelés Nagykanizsa 2008; [Pannonpellet Kft.]
<http://biosolar.hu/stuff/uploads/fatuz.pdf>
- 6 „Fűtés szabályozás I. Szabályozás fajtái” [Megújuló fűtés-online]
http://www.megujulofutes.hu/futesi_rendszer/futes-szabalyozas-i-szabalyozas-fajtai.napkollektor
- 7 „Fűtés szabályozás II. Hőtermelő oldal” [Megújuló fűtés-online]
http://www.megujulofutes.hu/futesi_rendszer/futes-szabalyozas-ii-hotermelo-oldal.napkollektor
- 8 „Fűtés szabályozás III. Időjáráskövető szabályozás” [Megújuló fűtés-online]
http://www.megujulofutes.hu/futesi_rendszer/futes-szabalyozas-iii-idojaraskoveto-szabalyozas.napkollektor
- 9 „Fűtés szabályozás IV. Szabályozás fűtési puffer mellett” [Megújuló fűtés-online]
http://www.megujulofutes.hu/futesi_rendszer/futes-szabalyozas-iv-szabalyozas-futesi-puffer-mellett.napkollektor
- 10 „Fűtés szabályozás V. Hőleadó oldal, radiátor” [Megújuló fűtés-online]
http://www.megujulofutes.hu/futesi_rendszer/futes-szabalyozas-v-holeado-oldal.napkollektor
- 11 „Fűtés szabályozás VII. Rendszerek” [Megújuló fűtés-online]
http://www.megujulofutes.hu/futesi_rendszer/futes-szabalyozas-vii-rendszerek.napkollektor
- 12 „Gázégők és ezek szabályozása” [online]
<http://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2005/aprilis/g%C3%A1z%C3%A9g%C5%91k-%C3%A9s-ezek-szab%C3%A1lyoz%C3%A1sa>
- 13 „Weishaupt” [Információk duoblokk égőkről-online]
<http://www.weishaupt-ag.ch/ressourcen/downloads/12/vd/grossbrenner/83159812.pdf>
- 14 „Qtrade Global Kft” [Q-trade távfelügyeleti rendszer-online]
http://www.qtrade.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=53:q-trade-tavfeluegyeleti-rendszer&catid=1:latest-news
- 15 „Agromil Invest Kft” [Faapriték kazánok-online]
<http://www.agromol.hu/admin/leiras/Apritek%20kazanok.pdf>