

**Biomassza tüzelésű kazán
légszennyező-anyag
kibocsátásának és teljesítményének
vizsgálata**

**Horváth Botond Bence
Környezetmérnök**

**Gödöllő
2023**



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Környezetmérnök Szak

**Biomassza tüzelésű kazán légszennyező-anyag kibocsátásának
és teljesítményének vizsgálata**

Belső konzulens: Dr. Béres András
központvezető

Külső konzulens: Dr. Megyeri Gábor
laboratóriumvezető

Készítette: Horváth Botond Bence
H494Y6
nappali

Intézet/Tanszék: Környezettudományi

Intézet

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1 Energiatermelés és felhasználás a világban	6
2.2 Energiatermelés és -felhasználás Magyarországon	10
2.3 Tüzelőberendezések	11
2.4 Globális biomasszatüzelés	12
2.4.1 Biomassza jellemzése	12
2.4.2 Biomassza felhasználása	13
2.4.3 A faanyagokról	14
2.5 Biomasszatüzelés Magyarországon	16
2.6 A füstgáz alkotóelemei, azok egészségügyi és környezeti kockázata, emissziós határértékeik	17
2.6.1 Szén-dioxid (CO ₂)	18
2.6.2 Szén-monoxid (CO)	18
2.6.3 Szálló porok	18
2.6.4 Nitrogén-oxidok (NO, NO ₂)	19
2.6.5 Légszennyezőanyagok emissziós határértéke	19
2.7 Környezetkímélő biomasszatüzelés	19
2.8 Mérési elvek	21
2.8.1 Paramágneses elven működő gázanalizátor	21
2.8.2 Infravörös elven működő gázanalizátor	21
2.8.3 Gravimetriás pormeghatározás	22
3. A biomassza tüzelésből származó füstgáz komponenseinek és az égés teljesítményének vizsgálati módszerei	23
3.1 A vizsgálataim célja	23
3.2 A mérés helyszíne	23
3.3 A vizsgálat menete	23
3.3.1 A vizsgálat előkészítése	23
3.3.2 A mérések	24

3.4	A mérés eszközei	24
3.4.1	A kazán és a tűzifa.....	24
3.4.2	Vízrendszer és hőcserélők	25
3.4.3	Mérőeszközök.....	26
4.	Eredmények és értékelésük	27
4.1	A füstgáz összetétele.....	27
4.1.1	A füstgázban található oxigén koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében	28
4.1.2	A füstgázban található szén-dioxid koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében	29
4.1.3	A füstgázban található szén-monoxid koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében	30
4.1.4	A füstgázban található nitrogén-oxid koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében	30
4.1.5	Szén-monoxid és nitrogén-oxid emisszió számítás	31
4.1.6	A füstgázban mérhető szálló por koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében	32
4.2	A kazán teljesítményének értékelése	34
5.	Következtetések és javaslatok.....	36
6.	Összefoglalás.....	36
7.	Irodalomjegyzék.....	38
8.	Ábra, és táblázatjegyzék.....	40
9.	Melléletek	42
9.1	Füstgáz-összetétel mérés nyers adatai	42
9.2	Teljesítményszámításhoz használt adatok	49

1. Bevezetés

Szakedolgozatom témája egy biomasszával üzemeltetett tüzelőberendezés működése során keletkező légszennyező-anyagok kibocsátás és a kazán teljesítményének vizsgálata, a különböző huzatparaméterek függvényében. Méréseimet a MATE Energetikai Vizsgálólaboratóriumban végeztem, ahol 2022 őszén egy erre a célra kialakított kazán került beüzemelésre. Célom, hogy méréssel szemléltessem az elégséges égéslevegő biztosításának fontosságát.

A téma aktualitását az adja, hogy az orosz-ukrán háború miatt a földgázellátás bizonytalanabbá vált Európában, ami többek között az energiahordozók drágulását vonzotta maga után. Ez a helyzet felkeltette az emberek érdeklődését az alternatív energiaforrásokkal és az azokhoz tartozó rendszerekkel kapcsolatban. Így a biomassza tüzelőberendezések is még divatosabbá, elterjedtebbé váltak hazánkban (például a szilárd tüzelésű kazánok, a cserépkályhák, hőtárolós és vízteres kandallók).

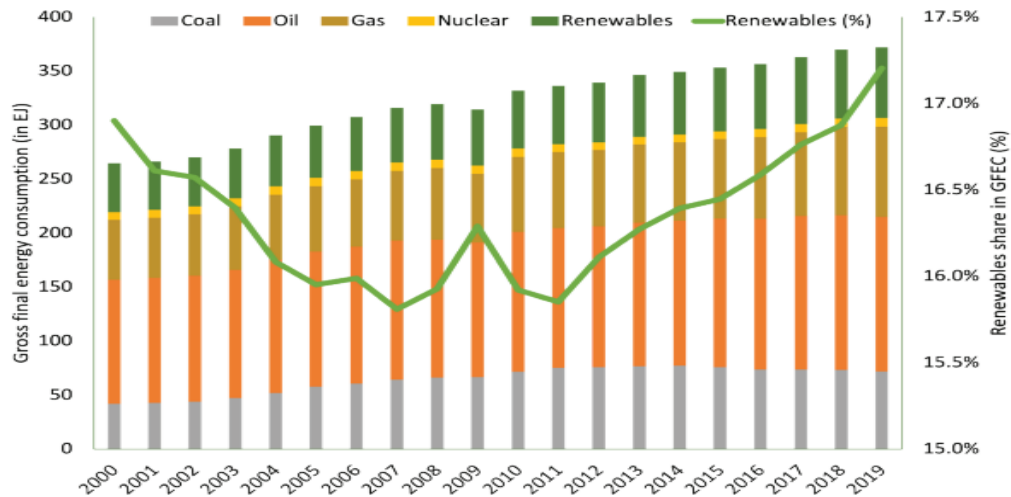
Ezen a berendezések helytelen használatának azonban komoly egészségügyi és környezeti kockázatai vannak. A nem megfelelő használatnak három fő fajtája lehet: a nem megfelelő minőségű tüzelőanyag, az elégtelen oxigénellátottság, és a berendezés karbantartásának hiánya.

Dolgozatom középpontjában az a hétköznapi életben is gyakran előforduló, téves gondolat áll, mely szerint a csökkentett mennyiségű égéslevegő hozzájárul a tűz hosszabban tartó égéséhez, ezzel növelve a leadott hő mennyiségét. A munkámban az vizsgálom, hogy az égéslevegő csökkentésével növekszik-e a keletkező káros égéstermékek mennyisége és megváltozik-e a tüzelőberendezés fűtőteljesítménye.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Energiatermelés és felhasználás a világban

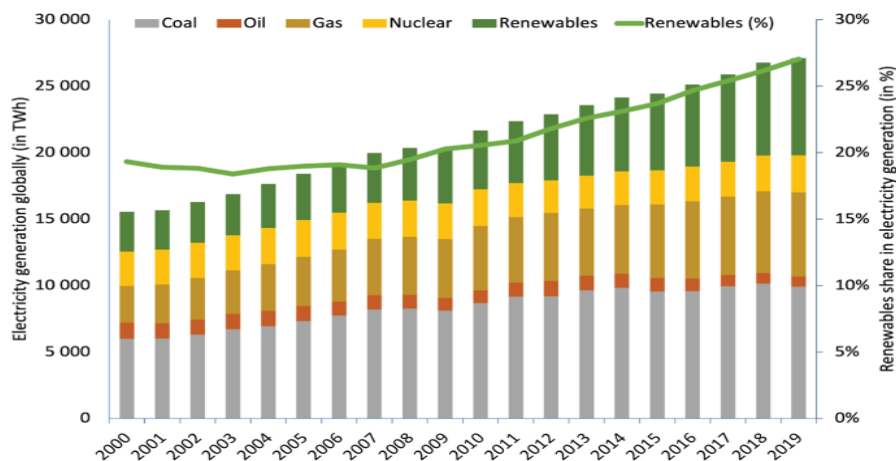
Az emberiség energiaigénye a kezdetek óta növekszik. Ezt az igényt különböző típusú energiaforrásokból elégítjük ki. Ezek a források lehetnek újra termelődésük sebessége szerint megújuló (napenergia, biomassza, vízenergia, geotermikus energia) vagy nem megújuló (nukleáris energia, fosszilis energia). Jelenleg az ipar és a háztartások energiaszükségletét is nagyrészt nem megújuló energiaforrásokból fedezzük globális szinten és Magyarországon egyaránt. Ezt szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra: Globális energiafelhasználás mennyisége és megoszlása 2000-2019

(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)

Az energiára sokféleképpen van szüksége az embereknek. Így a különböző funkciókhoz más-más energiahordozó lesz optimális. Az energiára jellemzően három formában van szükségünk a mindennapokban: hőenergiaként, elektromos áramként és a közlekedésben felhasznált energiként (Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)



2. ábra: Globális áramtermelés forrásainak megoszlása 2000-2019

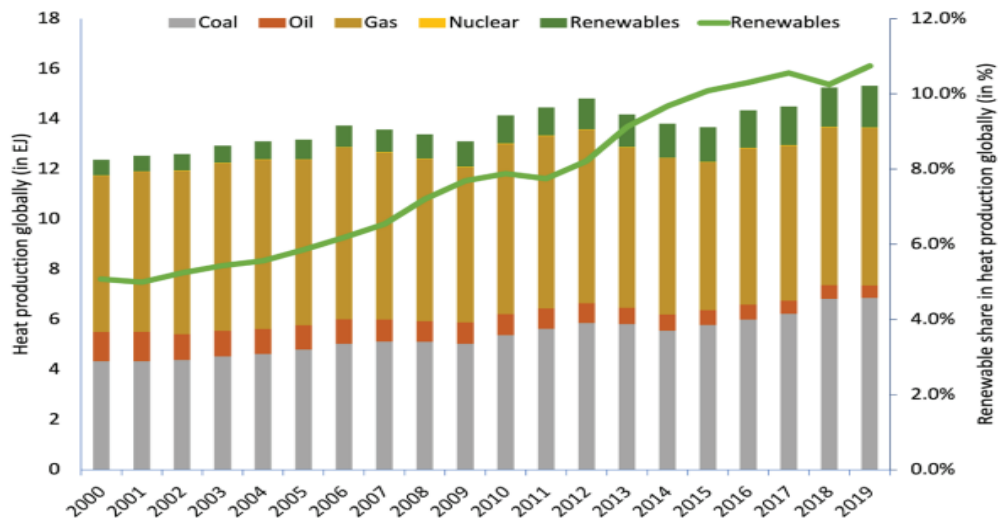
(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)

A 2. ábra az elektromos áram előállításához használt energiaforrások megoszlását mutatja be. Látható, hogy 2000 és 2019 között ugyan folyamatosan nőtt a megújuló energiaforrások aránya, de még így sem érte el a 30%-ot. Mivel az áramtermelésük viszonylag jól kiszámítható, ezért az áramtermelés döntő többségében a fosszilis energiahordozókra és a nukleáris energiára támaszkodik. Ezek a rendszerek stabilak, külső (főként időjárási) tényezőktől jórészt függetlenek. Emellett a fosszilis energiahordozók, elsősorban a szén elégetése, csak nagy teljesítményű rendszerekben (pl. szénérőművek) megfelelően hatékony, mivel az égéstermékek kezelés nélkül komoly egészségügyi és környezeti károkat okoznának.

A villamosenergia hálózat érzékeny rendszer, ahol nagyon fontos, hogy annyi energia legyen csak, amennyit a fogyasztók felvesznek. Ezeket a finom felhasználási ingadozásokat elsősorban gázturbinás erőművekkel követik le. A gázerőművek ugyanis könnyen üzemeltethető, gyorsan beindítható vagy leállítható (rugalmas) rendszerek.

A megújuló energiaforrások közül, jellemzően a vízerőművek azok, amelyek alternatívát nyújthatnak, ugyanis 2019-ben a megújuló energiaforrások által előállított áram 59%-át vízerőművekkel termelték meg. Emellett szél erőművekkel 20%-ot, biomasszával 11%-ot, napenergiával 9%-ot és mindösszesen 1%-ot geotermikus energiát felhasználva.

A víz helyzeti energiáját vagy az árapály jelenség során áramló víz mozgási energiáját felhasználó rendszerek előnye, hogy megbízható, kiszámítható módon működnek.



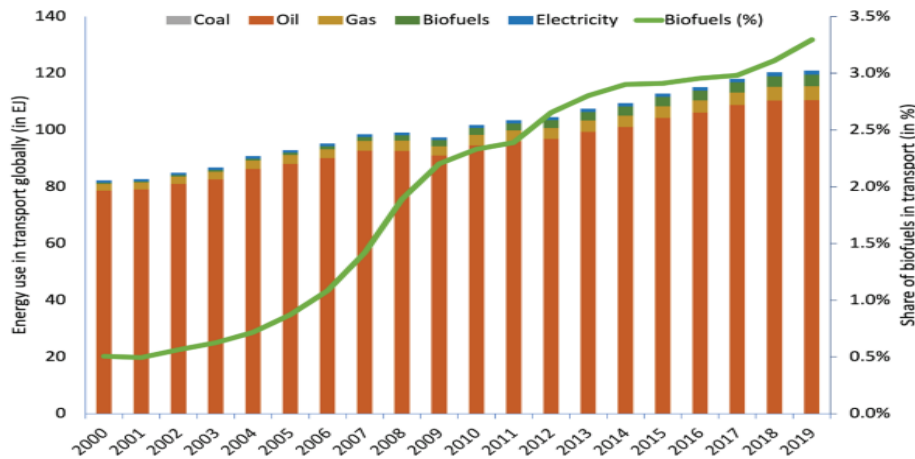
3. ábra: Globális hőenergia forrásainak megoszlása 2000-2019

(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)

A második kategória, ahogyan az energiára az embereknek szükségünk van, az a hőenergia. Ez elsősorban a létesítmények hőmérsékletének az ember számára komfortossá, a berendezések számára optimálissá tételét és a melegvíz előállítását jelenti. A 3. ábrán jól látszik, hogy hasonlóan az elektromos áram termeléshez, itt is főként fosszilis energiahordozókra építkezünk. Különbség van viszont abban, hogy sokkal nagyobb a földgázfelhasználás aránya. Ennek oka, hogy az eltérő igények, és sok esetben a gazdaságosság is megköveteli a különböző tulajdonban lévő ingatlanok, létesítmények önálló hőszabályozását. Erre jellemzően a legalkalmasabb eszköz a földgáz volt, hiszen jól továbbítható, a berendezései könnyen automatizálhatóak, stabil és megbízható rendszer.

A fosszilis, nem megújuló energiaforrások hőenergia-termelő alternatívái elsősorban biomassza tüzelés és a geotermikus energia lehetnek. Ezek a felhasználás pillanatában nem függenek az aktuális időjárási körülményektől, mint egy hasonló funkciót betöltő napkollektor.

Az emberiség harmadik legjellemzőbb energia felhasználása a közlekedésben felhasznált energia. Az elmúlt 300 évben az állati hajtású közlekedési eszközökről áttértünk a különböző eredetű tüzelőanyagok által hajtott gépekre.



4. ábra: Közlekedésre felhasznált energia forrásainak megoszlása 2000-2019

(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)

A 4. ábrán látható, hogy a közlekedésre fordított energiának szinte teljes egészét fosszilis energiahordozókból, azon belül pedig kőolajokból nyerjük ki. Ennek oka, hogy ezek az anyagok nagyon nagy energiasűrűséggel rendelkeznek, vagyis sokkal kisebb mennyiség is elég belőlük ugyanannyi munka elvégzéséhez, mint bármilyen más energiahordozóból.

Éppen ezért ez a terület áll a legrosszabbul a megújuló energiaforrásokra történő áttérésben. A kőolaj alapú benzint és gázolajat jelenleg különböző bioüzemanyagokkal (pl. bioetanol) próbálják helyettesíteni, azonban ahogyan az ábrán is látható, ennek aránya 2019-ig nem érte el az 5%-ot.

Az Európai Unió egyik jelenlegi célja, hogy 2035-től ne lehessen forgalomba hozni belsőégésű motorral rendelkező személygépkocsikat. Ezzel a szabályozással kívánják csökkenteni a fosszilis energiahordozók felhasználásából származó szén-dioxid kibocsátást, és javítani a lakott területek levegőjének minőségét. A hagyományos belsőégésű motorral rendelkező személyautók helyett az elektromos autókat és a bioüzemanyaggal működő gépkocsikat támogatják. Ezeknek nagy előnye, hogy a szükséges energia jelentős részét képesek megújuló forrásból fedezni.

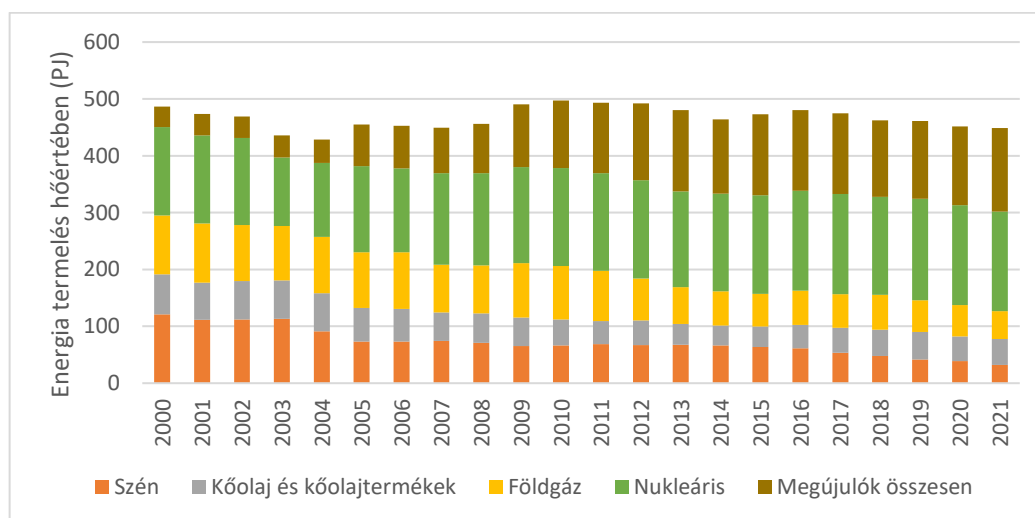
Emellett az elektromos autókról elmondható, hogy az energia megtermelése során keletkező káros anyagok jellemzően nem érintik közvetlenül a lakott területek levegőjét. Mivel az energiát nagyméretű létesítményekben állítják elő, jobb lehetőség van a környezetre és

egészségre káros anyagok hatékony leválasztására, a kibocsátás csökkentésére, mint egy belső égésű motorral rendelkező személyautó esetében.

Ezek mellett a pozitívumok mellett viszont mindenképp említést kell tenni az elektromos autózás jelenlegi korlátairól és hátrányairól is. Ilyen például az akkumulátorok gyártásával és az elhasználásuk utáni kezelésével kapcsolatban felmerülő kérdések, vagy éppen a feltöltésekhez szükséges infrastruktúra gyenge kiépítettsége, és a hosszabb töltési idő. Mindemellett az egy töltéssel megtehető hatótáv is kisebb, mint a hagyományos belsőégésű motorokkal rendelkező személygépkocsinál.

Ezeket a tényezőket figyelembe véve az fentartható közlekedésre való átállás ugyan elkezdődött, de sokkal több időt és energiát fog igénybe venni, mint a többi terület megreformálása.

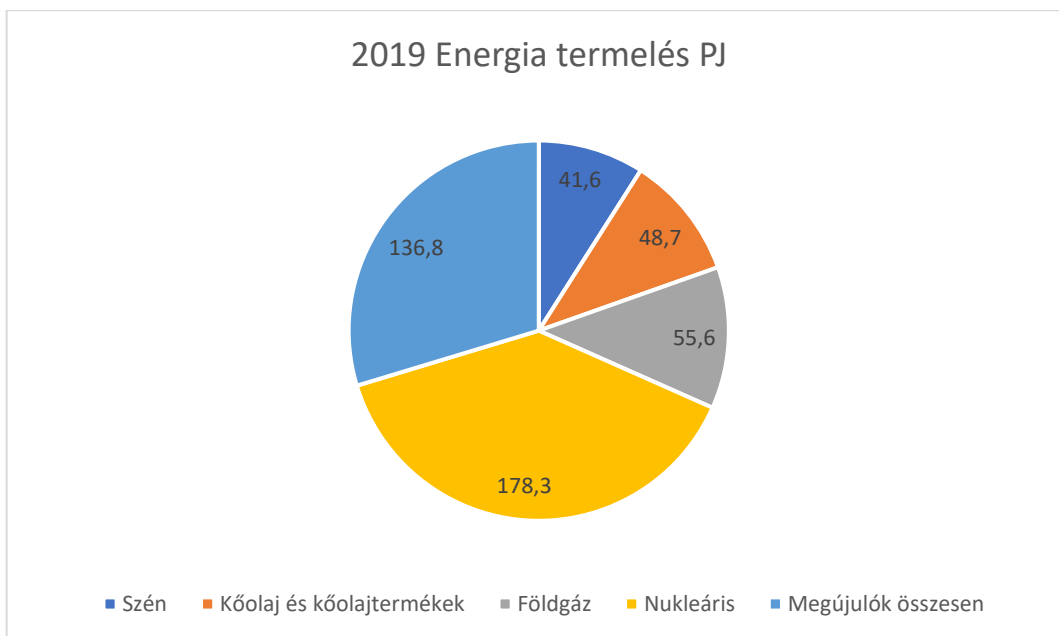
2.2 Energiatermelés és -felhasználás Magyarországon



5.ábra: Magyarország energiatermelése 2000-2021 (KSH)

A 5. ábrán jól látható, hogy hazánkban az energiatermelés legnagyobb részét az atomenergia teszi ki (KSH). Ezt az energiát a Paksi Atomerőműben állítják elő, és elektromos áram formájában használják fel (a téli időszakban azonban a melléktermékként megtermelt hőenergiát a létesítmény és a környező épületek fűtésére is felhasználják).

A második jellemző energiahordozó család a fosszilis energiahordozók (6. ábra) A szén, elsősorban lignit, a Mátrai Erőműben kerül felhasználásra, ahol villamosenergiát állítanak elő a segítségével. Emellett megjelenik a földgáz, amelyet főként a létesítmények fűtésére, valamint az elektromos hálózat kilengéseinek lekövetésére (pl. megnövekedett fogyasztási igény) használunk fel hazánkban.



6. ábra: Magyarország megtermelt energia forrásainak megoszlása 2019-ben

(KSH)

2.3 Tüzelőberendezések

A tüzelőberendezések, olyan eszközök melyek célja, hogy egy adott típusú üzemanyagból hőenergiát állítson elő. Ezeket a berendezéseket csoportosíthatjuk teljesítményük, funkciójuk és az üzemanyaguk típusa szerint. Az üzemanyagok szerinti csoportosításnál a három halmazállapot szerint megkülönböztetünk gáz tüzelésű, folyadék tüzelésű és szilárd tüzelésű berendezéseket.

A tüzelőberendezések típustól független általános részei az üzemanyag biztosítására szolgáló nyílás vagy csatorna, a tüztér, ahol az üzemanyag elégetése történik és a végtermék (szilárdanyag tüzelés esetében csak a végtermék egy részének) elvezetésére szolgáló kémény.

Ezek az elemek minden tüzelőberendezésben megtalálhatóak. Ezek mellett jelennek meg a különböző módosítások, bővítések, mint a megtermelt hő elszállítását végző közeg, a megfelelő levegőellátást segítő ventilátor-rendszerek vagy az automata üzemanyag adagolók.

2.4 Globális biomasszatüzelés

2.4.1 Biomassza jellemzése

A biomassza „a mezőgazdaságból (a növényi és az állati eredetű anyagokat egyaránt ideértve), az erdészetből és a kapcsolódó ágazatokból, valamint a halászatból és az akvakultúrából származó, biológiai eredetű termékek, hulladékok és maradékanyagok biológiailag lebomló része, valamint az ipari és a települési hulladék biológiailag lebomló része” (forrás: 2015/1189 EU rendelet). Ez alapján a definíció alapján megállapítható, hogy a biomassza egy folyamatosan megújuló energiahordozó, melynek forrása a fotoszintézis során megkötött energia, melynek felhasználása során nem juttatunk többlet szén-dioxidot a légkörbe.

A biomassza eredetétől függően különböző módokon kerülhet energetikai hasznosításra. Így a magas cellulóztartalmú növényi részeket elősorban tüzelőanyagként: tűzifa, pellet vagy brikett formában használjuk fel, a közlekedésben használható biodízel és bioetanol gyártásához például az olajos magvak feldolgozása során keletkező melléktermékek biztosítják az alapanyagot, míg az állattartó telepen keletkező hígtrágyát vagy az élelmiszeriparban keletkezett melléktermékeket biogáz előállításra használhatjuk.

1. táblázat: Biomassza típusai

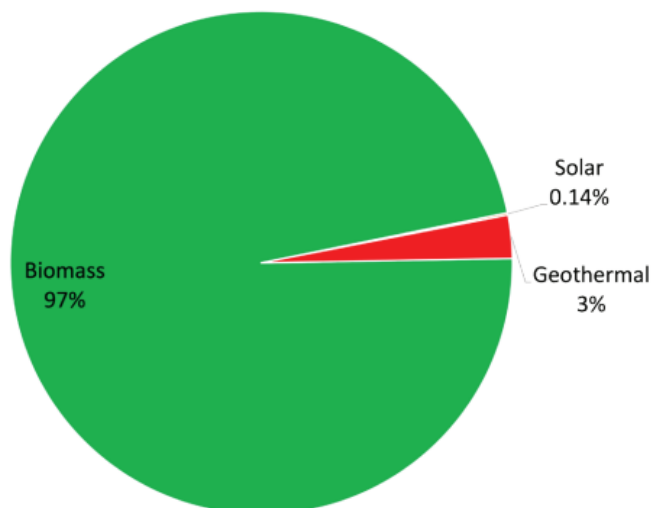
(Forrás: Lukács 2014)

Elsődleges biomassza	Másodlagos biomassza	Harmadlagos biomassza
Erdészeti, faipari melléktermékek és hulladékok [dendromassza]	Állattenyésztés melléktermékei	Élelmiszer ipari melléktermékek
Mezőgazdasági melléktermékek	Állati eredetű hulladékok	Ipari szennyvizek, szennyvíziszapok
Kerti zöldhulladékok		Szilárd szerves hulladékok
Közterületi zöldhulladékok	Trágya, hígtrágya	Veszélyes szerves hulladékok
Konyhai zöldhulladékok		Papírhulladékok

A biomasszát csoportosíthatjuk keletkezésük szerint (1. táblázat), így megkapjuk az elsődleges biomasszát, amik a növények által előállított szerves anyagok, a másodlagos biomasszát, amit az állatokból származó szerves anyagok, valamint a harmadlagos biomasszát, amik az emberi életműködés és az első két kategória további feldolgozása során keletkező anyagok (Lukács, 2014).

2.4.2 Biomassza felhasználása

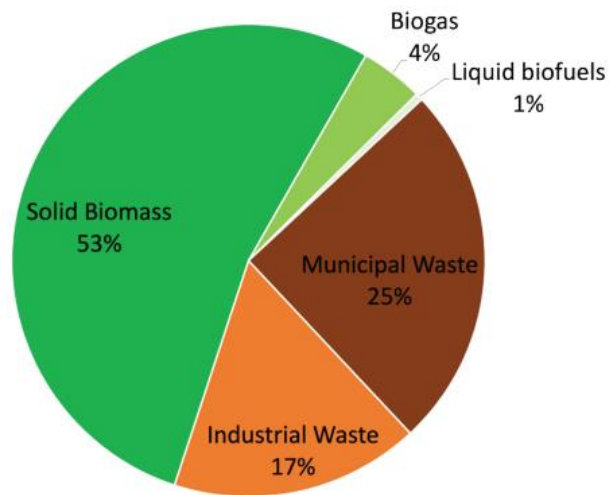
A megújuló energiaforrások felhasználása a 2.1-es alfejezetben bemutatott három fő területen különböző képet mutat. A biomassza tüzelés elsősorban hőenergia termelésénél érvényesül. Ahogy a 7. ábra is mutatja, 2019-ben a megújuló forrásból származó hőenergia 97 %-át a biomassza tüzelés adta (GLOBAL BIOENERGY STATISTICS, 2021).



7. ábra. Megújuló energiaforrásból származó hőenergia megoszlása 2019-ben

(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)

A biomassza fogalmát tovább osztályozhatjuk, halmazállapotuk és eredetük szerint. Ezen rendszerezés alapján a 8. ábrán látható, hogy az összes biomassza alapú hőenergiának nagy részét 2019-ben globálisan a szilárd biomassza, valamint települési és ipari hulladék elégetése adta.



8.ábra: Biomassza eredetű energia megoszlása 2019

(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)

2.4.3 A faanyagokról

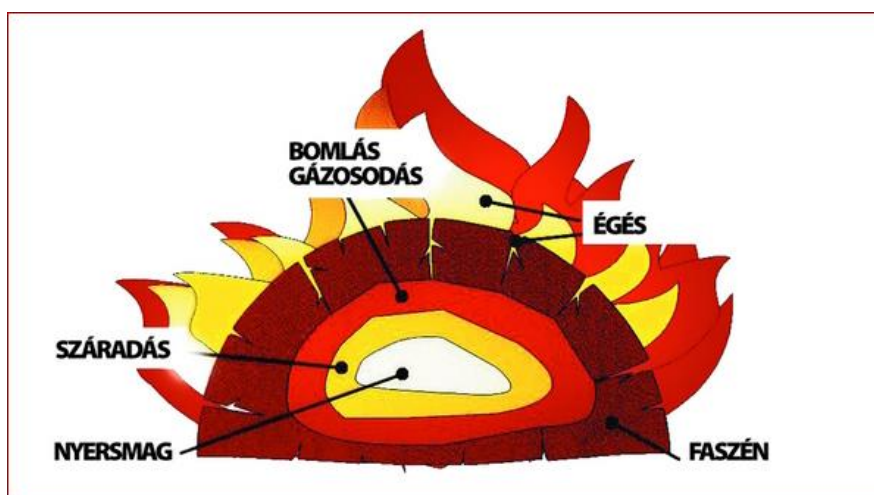
A tüzelésben leggyakrabban használt biomassza a különböző forrásból származó faanyagok. Ezek lehetnek aprított melléktermékből készült brikettek, pelletek vagy olyan faanyagok melyek kezelés nélkül kerülnek eltüzelésre.

A különböző fafajokat két csoportba sorolhatjuk sűrűségük alapján. Vannak a keményfák, amelyek sűrűsége 500 kg/m^3 -nél nagyobb és a puhafák, amelyek sűrűsége pedig kisebb, mint 500 kg/m^3 sűrűségűek (Veperdi, 2011). A sűrűségüket légszáraz állapotban állapítjuk meg, amikor nedvességtartamuk 20% körül van.

Puhafák közé tartozik a nyír, a nyár, a fenyő, jellemző rájuk, hogy nem rendelkeznek jó fűtőértékkel, viszont hamar kiszáradnak és könnyen, gyorsan magas hőfokon égek, éppen ezért kiválóan alkalmasak gyűjtősnak. Ezzel szemben a keményfák, mint az akác, a bükk, a csertölgy, a kőris és a gyertyán kiváló fűtőérékű hosszú ideig égő fafajták.

A fák szervezetében sejteiknek sejtfala cellulózból épül fel, ami később az elfásodás során elkezd feltöltődni ligninnel. A folyamat célja, hogy növekedjen a fa szerkezeti stabilitása. Fajtól függően egy fa lignintartalma 15-35% között mozog (Veperdi 2011).

A faanyag égésének során (9. ábra) 4 egymást követő folyamat zajlik le (Chiovini 2012). Az első a tűzifa kiszáradása, a még benne lévő nedvesség gőzzé változása. Ez sok energiát igénylő folyamat, éppen ezért nagyon fontos, hogy a fa már a begyűjtés előtt minél szárazabb legyen. Abban az esetben, ha ez nem teljesül, a keletkező energia nagy része fordítódik a víz elpárologtatására, ami miatt nem megy végbe a tökéletes égés, szén-monoxid, korom és egyéb légszennyező anyagok keletkeznek.



9. ábra: Faanyag égésének fázisai

(Chiovini 2012)

A második jelenség, hogy a nagy méretű molekulák a hő hatására bomlanak, gázosodnak és meggyulladnak. A harmadik szakaszban tovább folytatódik a fagázok lánggal égése, valamint a szén elkezd izzani. A negyedik szakaszban az összes szén kiég és csak a hamu marad. Az egymást követő folyamatok során nő a keletkező energia mennyisége.

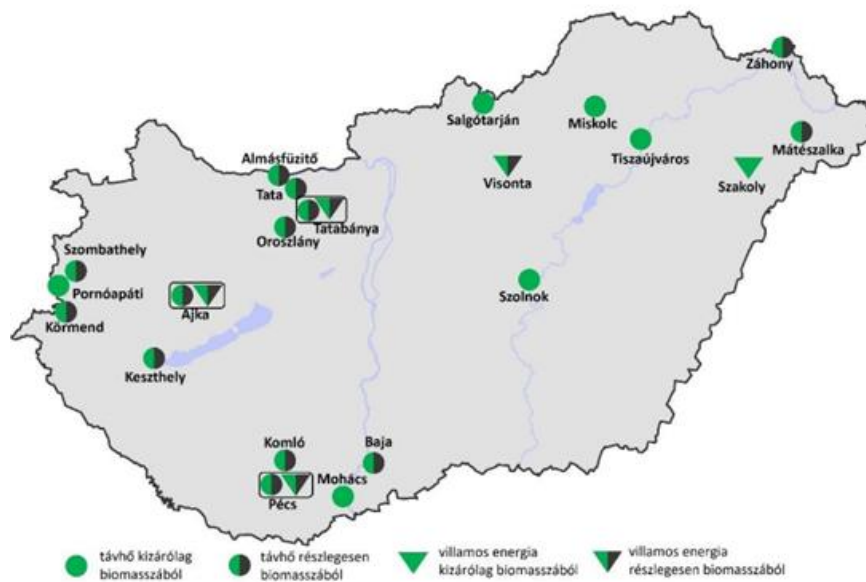
A biomasszával történő tüzelés jó lehetőséget kínál a karbonsemleges, fentartható energiatermelésre. Ugyanis a növények a légkörből kötik meg a szén-dioxidot, ebből építik fel saját szerves anyagaikat. A biomassza elégetése során keletkezett szén-dioxid így egy természetes körfolyamat része, és nem járul hozzá a globális klímaváltozáshoz.

Emellett pedig helyes erdőgazdálkodási gyakorlattal, a biomassza termelésére szolgáló erdők pozitív externáliákat is hordoznak magukban. Ilyenek lehetnek a terület megóvása a deflációtól és az eróziótól, a terület víz- és hőháztartásának javítása, valamint az élőhelyek megjelenésével a fajdiverzitás növelése.

2.5 Biomasszatüzelés Magyarországon

A biomasszatüzelés Magyarország legfontosabb megújuló energia felhasználási formája. 2019-ben 74 PJ energiát nyertünk biomassza tüzelésével, amit elsősorban a háztartások tereinek fűtésére használtunk fel és mindösszesen 9,5%-át, azaz 7 PJ-t használtunk fel áramtermelésre (Bódis et al. 2021).

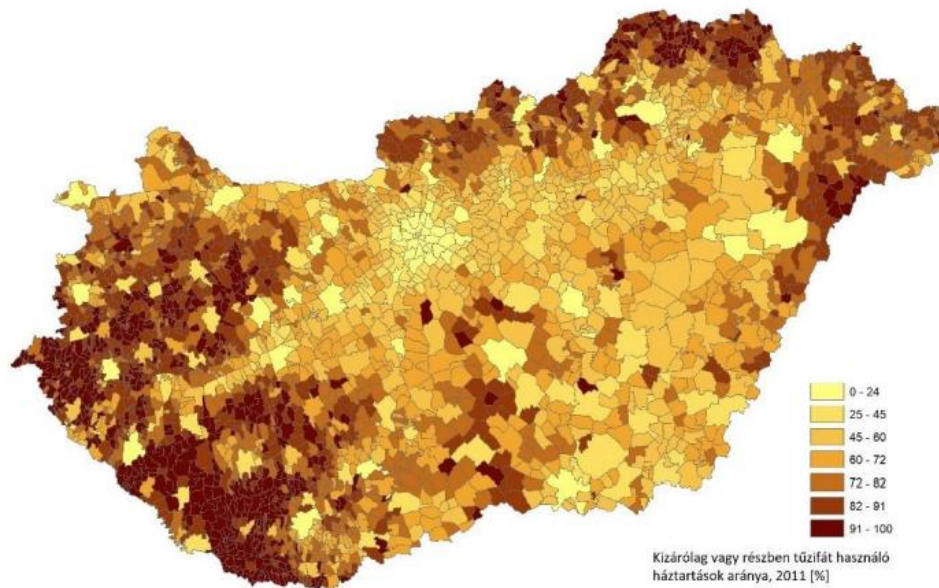
A 10. ábra térképén azok a magyarországi erőművek láthatóak, amelyek energiahordozóként csak biomasszát vagy azt is tartalmazó keveréket használnak. Ezek az erőművek viszont nem az egyedüli biomassza hasznosító berendezések az országban, ugyanis a 2011-es népszámlálási adatok alapján a saját fűtőrendszerrel rendelkező lakások (1 465 780) 43%-a használ tűzifát fő- vagy kiegészítő rendszerként (Bódis et al. 2021)



10. ábra: Magyarország területén található biomasszát hasznosító erőművek

(Bódis et al. 2021)

A 11. ábra szintén a 2011-es népszámlálási adatok alapján készült és a magyarországi biomasszatüzelést használó háztartások eloszlását szemlélteti (KSH). A térképen jól látszik, hogy elősorban az elmaradottabb, szegényebb régiókra jellemző a biomassza-tüzelés.



11. ábra: Háztartási biomasszatüzelés Magyarországon 2011

(Bódis et al. 2021)

Ez a tény sok problémát okoz, hiszen az ezekben a régiókban élő embereknek sok esetben nincs birtokában a megfelelő biomasszatüzeléshez szükséges tudás. Ez a hiányosság pedig emberéletekben mérhető egészségügyi problémát okoz: az Európai Környezetvédelmi Ügynökség vizsgálatai alapján a légszennyezés 13 100 ember idő előtti elhalálzásáért volt felelős 2018-ban Magyarországon (Bódis et al. 2021).

2.6 A füstgáz alkotóelemei, azok egészségügyi és környezeti kockázata, emissziós határértékeik

A biomassza tüzelés során keletkező füstgázban sokféle, az emberre és környezetre ártalmas anyag található. Ezek mennyiségét csökkenthetjük a 2.7 fejezetben leírt módokon, azonban koncentrációjukat nullára redukálni nem tudjuk. Az füstgáz alkotóelemeit azok keletkezésének okát és a környezetre, valamint az emberi egészségre gyakorolt hatásukat ebben a részben fogom bemutatni.

A füst alkotóelemei lehetnek aeroszolok (kisméretű szilárd részecskék), valamint gázmolekulák (Fülöp et al. 2011).

2.6.1 Szén-dioxid (CO₂)

A szén-dioxidról elmondható, hogy a legkedvezőbb égéstermék, ami tüzelés során keletkezhet, mivel a tökéletes égés végterméke. Természetes mennyiségben a környezetben nem okozna gondot, még üvegházhatású tulajdonsága miatt sem, hiszen a növények képesek felvenni és újra megkötni. A jelenleg tapasztalható problémát a megnövekedett légköri mennyisége okozza, ami fokozott üvegházhatást eredményez. Emberre csak magas koncentráció esetén veszélyes, amit például rossz szellőztetés eredményez. Ekkor koncentrációtól függően különböző tünetek tapasztalhatók: légszomj, szívdobogás-érzet, szédülés, eszméletvesztés, legrosszabb esetben fulladásos halál.

2.6.2 Szén-monoxid (CO)

A szén-monoxid egy a tökéletlen égés során keletkező gázmolekulák közül. Színtelen, szagtalan gáz, éppen ezért érzékelése szervileg nem lehetséges. Erősen mérgező, mert a vérben található vörösvérsejtek oxigénszállító-molekulájához, a hemoglobinhoz több százszor erősebben kötődik, mint az oxigén (Kiss & Kováts, 2011). Belélegzésének tünetei: émelygés, fejfájás, hányás, eszméletvesztés, maradandó agykárosodás, halál. Koncentrációjának megnövekedése robbanást is okozhat. Kibocsátási határértéke egyes tüzelőberendezések esetén 700 mg/m³ (2015/1189 EU rendelet).

2.6.3 Szálló porok

Az aeroszolat a szakirodalomban sok esetben szálló pornak nevezik és PM-nek (*Particulate Matter*) rövidítik. A helyes elnevezésnek a *kisméretű részecskék* elnevezés tekinthető. A PM jelöléshez egy szám is tartozik, ami a részecske aerodinamikai átmérőjét mikrométerben határozza meg. A környezeti levegőben kétféle szálló port szokás mérni, a PM₁₀-et és a PM_{2,5}-et, és ezek a frakciók a biomasszatüzelés kibocsátásának vizsgálata során mérhetők. Kolloid tulajdonságaik (kis térfogat, nagy felület) miatt, sok toxikus és karcinogén hatású gáz adszorbeálódik a kisméretű részecskéken, ami a részecskék tüdőbe kerülése és megtapadása során károsítja a szervezetet (Kiss & Kováts, 2011). Előidézhetnek gyulladásokat, kedvezőtlen esetben rákot is. A részecske mérete sokat számít a terjedésében, minél kisebb méretű, annál nagyobb távolságra (akár több száz kilométerre) képes eljutni a kibocsátó forrástól.

A szálló porok a környezetet is károsítják. Eltömítik a növények gázcsere nyílásait, ezzel gátolják a párologtatást és csökkentik a fotoszintézis eredményességét. Emellett a felszínükön kötött anyagok, csapadékkal és a levegő páratartalmával kapcsolatba lépve maró hatású anyagokká alakulhatnak, amelyek felgyorsítják az épített környezet pusztulását, valamint a talajokra kerülve rontják azok minőségét (Fülöp et al. 2011).

A szálló porok antropogén eredetű légkörbe kerülésének elsődleges forrásai a helytelenül használt szilárd tüzelésű berendezések. Azonban fontos megemlíteni, hogy optimális használat mellett sem lehet ezek kibocsátását teljes egészében megszüntetni. Kibocsátási határértéke a 2015/1189 Európai Uniói rendelet alapján, újonnan értékesített lakossági szilárd tüzelésű berendezések esetén 60 mg/m^3 .

2.6.4 Nitrogén-oxidok (NO, NO₂)

A nitrogén-oxidok magas hőmérsékleten létrejövő oxidatív gázok. Az ember szervezetébe jutásukkor rontják a légzőszervek teljesítményét, rendszeres kitettség esetén növekszik az asztma és más légzőszervi, valamint keringési-rendszeri betegségek kialakulásának esélye. Emissziós határértéke egyes tüzelőberendezések esetén 350 mg/m^3 (2015/1189 EU rendelet).

2.6.5 Légszennyezőanyagok emissziós határértéke

Az 50 kW-nál kisebb teljesítményű biomassza tüzelőberendezések határértékeit a 2015/1189 Európai Uniói rendelet szabályozza.

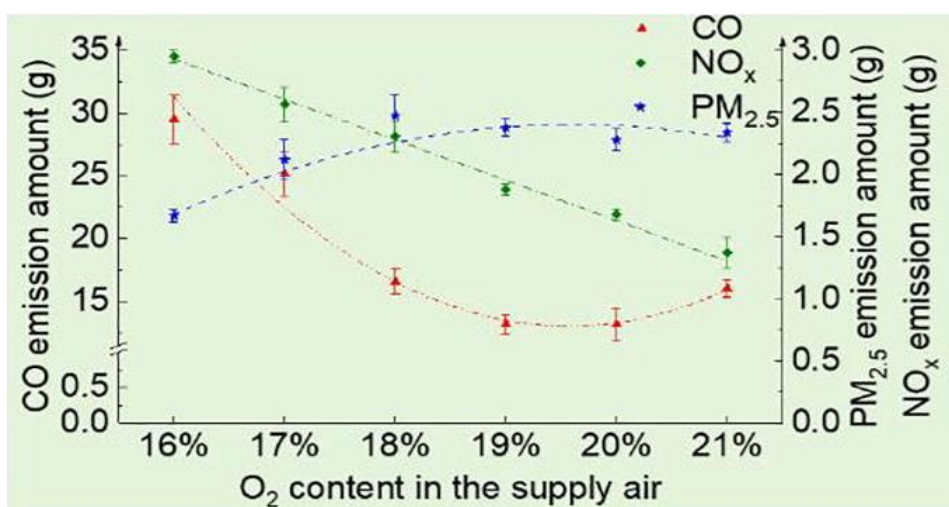
2.7 Környezetkímélő biomasszatüzelés

A biomassza tüzelőberendezések jó példák a fentartható és környezetkímélő hőenergia termelésre. Ez a tulajdonságuk viszont csak megfelelő kialakítás és üzemeltetés mellett mutatkozik meg (Béres et al., 2016). Alapvetően a tüzelési folyamat minden szakasza rejthet magában hibákat, és minden hiba komoly környezeti és egészségügyi kockázatot jelent.

Az első és legfontosabb dolog, hogy a tüzelőberendezés kialakítása megfelelő legyen. Ez azt jelenti például, hogy az égéslevegő betáplálásának megfelelőnek kell lennie, az égéslevegő betáplálásának és a füstgáz kéményen történő kivezetésének egyensúlyban kell lenniük.

Amennyiben ez nem történik meg, úgy vagy a tökéletlen égés miatt, vagy pedig a huzat miatt nem lesz energetikailag és környezetvédelmi szempontból hatékony a rendszer.

A tűz megrakása és az azt követő begyújtás a második lépés és a következő hibalehetőség: ez sokszor nagy mennyiségű füsttel jár. Ezt elkerülendő, érdemes a tüzet a következő módon megrakni: a legnagyobb fahasábokat alulra helyezni, majd fölé folyamatosan egyre vékonyabbakat, legfelülre pedig a gyújtózt. A fák között rést kell hagyni, ezzel lehetővé kell tenni, hogy áramolhasson közöttük a levegő, és a tökéletes égés végbe mehessen. Ez segít elérni az optimális működést, mivel a tűz égésének volumene és az oxigénellátottság között egyenes arányosság van (Deng et al. 2022). Ezt szemlélteti a 12. ábra.



12. ábra: Kapcsolat az O₂-ellátottság és a keletkező károsanyag-emisszió között

(Deng et al. 2022)

Nagyon fontos, hogy milyen anyagot használunk a begyújtáshoz. Semmiképpen se használjunk színes magazint, újságot vagy kartont, ezek az anyagok ugyanis nagyfokú feldolgozottságukból adódóan égésük során sok ártalmas anyagot juttatnak a légkörbe és hagynak a hamuban. Ehelyett használjunk természetes anyagokat, apróra vágott száraz fenyőhasábot, viaszos fagyapotot. Ezeket a farakás tetején gyűjtjük be, ezzel elkerüljük, hogy a láng a többi fán lehülve gyengüljön és rontsa a tökéletes égést és füstölni kezdjen. A hő hősugárzással az alsóbb fákra is fokozatosan átkerül és elkezd bontani a nagyobb molekulákat. A fokozatosan keletkező fagáz pedig így nem igényel egyszerre, hirtelen nagyobb mennyiségű oxigént, így az égés tökéletesebb lesz.

A már stabilan égő tűznek is mindig biztosítani kell a megfelelő mennyiségű levegőt, nem szabad rázárni a levegőztető reteszeket, huzatszabályzókat. Amikor a tűz már nem lángol és nem kívánjuk visszagyújtani a levegőztetés visszavehető, de el nem zárható. Amennyiben mégis újra kívánnánk gyújtani a tüzet, úgy egy darab fahasábot az izzó parázsba tehetünk. Fontos, hogy ne tegyünk többet mert a bekerülő „hideg” fa visszahűti a rendszert, rontja az égés hatásfokát és megnöveli a károsanyag kibocsátást. Lehetőség szerint kerüljük az után rakást, ha ezt a tüzelőberendezés típusa, kialakítása lehetővé teszi.

Az itt felsorolt szabályok betartásával elérhetjük, hogy a rendszer a legkedvezőbb hatásfokon a legkevesebb károsanyag emisszió mellett üzemelhessen (Béres et al., 2016).

2.8 Mérési elvek

A kísérletek során keletkező füstgázt a következő paraméterek szempontjából vizsgáltam meg: szén-dioxid, szén-monoxid, nitrózus gázok és szilárd anyag (PM10, PM2,5).

2.8.1 Paramágneses elven működő gázanalizátor

A műszer a füstgázban található oxigén molekula mérésére szolgál. Működési elve a gázok mágneses tulajdonságain alapszik. Bizonyos gázok erősen vonzódnak a mágneses térhez, ezt paramágnesességnek nevezzük. A paramágneses tulajdonsággal rendelkező oxigén ennek a tulajdonságának köszönhetően a berendezésben áthaladva nekiütközik egy fűtött platinatekercsnek, ami ennek során az oxigén mennyiségének arányos mértékben lehül. Ez a lehülés felszültségkülönbséget eredményez, ami így az oxigén koncentrációjának mértékében tér majd el az alap állapotától. (Barótfi, 2000).

2.8.2 Infravörös elven működő gázanalizátor

Az infravörös mérések minden heteroatomos molekulára alkalmazhatóak, mivel ezek a molekulák a rájuk sugárzott infravörös fény egy részét elnyelik. Minden molekula különböző hullámhosszú fényt nyel el a koncentrációjával arányosan, így minden különböző összetételű molekulának eltérő görbéje van.

A műszer működéséhez két ugyanolyan infravörös forrást használunk. Az egyik sugár az ismeretlen összetételű gázelegyen áramlik át, majd egy ablakocsán keresztül a vizsgálni kívánt komponenst tartalmazó gáztéren, ahol elnyelődik és hővé alakul benne sugárzás egy része. A

másik sugár egy N₂-nel töltött kamrán halad át, ahonnan gyengítenél megérkezik egy szintén a mérni kívánt komponenssel töltött térbe, ahol szintén hővé alakul a sugárzás egy része. A két kamrában mérhető hőmérsékletkülönbség adja meg a mért komponens koncentrációját az ismeretlen összetételű gázban (Barótfi, 2000).

2.8.3 Gravimetriás pormeghatározás

A pormintavevővel, amelyben egy áramlásmérő is található, a kéményjáratból veszünk mintát. A mintavevőben található szivattyú az áramlásmérő mérési eredményének megfelelően, automatikusan a gáz áramlási sebességével elkezd átszívni a filteren (az alkalmazott pormintavevő szűrőn) a füstgázt, a porrészecskék pedig a szűrőn kerülnek leválasztásra, összegyűjtésre. A szűrőn átszívott gáztérfogatot, és a szűrő tömegnövekedése ismeretében meghatározható a mintázott gázban jellemző pormeghatározás.

3.A biomassa tüzelésből származó füstgáz komponenseinek és az égés teljesítményének vizsgálati módszerei

3.1 A vizsgálataim célja

A vizsgálataim célja megállapítani a csökkentett mennyiségű égéslevegő okozta változásokat a füstgázban található anyagok mennyiségére és a tüzelőberendezés teljesítményére vonatkozóan. A vizsgálat elvégzését az a gyakorlatban megfigyelhető szokás inspirálta, miszerint az emberek gyakran túl korán elzárják a tüzelőberendezésük levegőztető nyílásait, hogy „lassabban/ tovább égjen a tűz” vagy „ne távozzon a meleg kéményen”.

A mérések során a kéményhuzat erősségét változtattam, ezzel befolyásolva a beáramló égéslevegő mennyiségét. A levegő beáramlása a nagyjából 2/3-ig kitámasztott huzatajtón történt. Az első mérési beállításnál a huzat a tüzelőberendezéshez ajánlott 20 Pa volt, míg a második beállításnál 15 Pa-ra csökkentettem ennek erősségét. Mindkét állapothoz 3-3 ismétlést végeztem el, minden mérés a begyűjtéstől, illetve a biomassa tüztérbe helyezésétől számított 30 perces időintervallumot vizsgálta.

3.2 A mérés helyszíne

Méréseimet MATE Energetikai Vizsgálólaboratóriumában működő kazánban végeztem.

3.3 A vizsgálat menete

3.3.1 A vizsgálat előkészítése

A mérések előtt eltávolítottam a tűzifákról a kérget így annak magas kéntartalma nem befolyásolta a mérés eredményeit.

A méréseket két huzaterősség mellett végeztem. A mérőműszerek szempontjából megfelelő helyiséghőmérséklet biztosítása után a vizsgálatok első lépése a szükséges kalibrálás elvégzése volt.

3.3.2 A mérések

A kalibrálások elvégzése után a mérőkört felfűtöttem és kialakítottam a méréshez szükséges parázságyat. A mérést a kialakított parázságyra rakott a megközelítőleg 9 kg mennyiségű fával kezdtem el. A további rárakások alkalmával a már meglévő parázsra helyeztem az új adag faanyagot, melyek mennyiségre nagyságrendileg megegyeztek.

A füstgázban keletkező anyagok koncentrációját a 3.4.3-as fejezetben tárgyalt működési elven működő mérőműszerek percenként automatikusan rögzítették.

A kazánba belépő és kilépő víz hőmérsékletét az alkalmazott műszer fél percenként rögzítette, míg a hozzá tartozó áramlásmérő által mért értékeket fél percenként rögzítettem. Később ezekből az értékekből számítottam ki a kazán teljesítményét.

3.4 A mérés eszközei

3.4.1 A kazán és a tűzifa

A méréshez 13. ábrán látható hagyományos 40 kW névleges teljesítményű biomassza tüzelésű kazánt használtam.

A kazánba töltöttem bele az adagonként nagyjából 9 kg bükkfát, melynek nedvességtartalma megközelítőleg 20% volt. A tűzifák kérgезetten kerültek a tűztérben lévő parázságyra. A kazán kéménye kényszerhuzatú volt, átmérője 125 mm, a huzat mértékét egy pillangószeleppel változtattam, miközben a huzatajtó (2/3 részig) ki volt támasztva. Az első méréseket a kazánhoz előírt 20 Pa huzattal, a másodikat pedig 15 Pa huzattal végeztem.



13.ábra: Vizsgálataimhoz használt kazán

(Fotó: Horváth Botond)

3.4.2 Vízrendszer és hőcserélők

Mivel a kazánban felszabaduló energiát nem hasznosítottuk, ezért a túlmelegedést elkerülendő mindenképpen szükség volt hőcserélőkre (a kialakított laboratóriumban összesen négy hőcserélő állt rendelkezésre, két kisebb és két nagyobb teljesítményű). A hőcserélőkben a folyadékot (a kazán által felmelegített melegvizet) szivattyúval áramoltattuk, áramlási sebességét ultrahangos mérőeszközzel mértük. A víznyomás a rendszerben 2 bar volt. Ennek a rendszernek a segítségével mértem a kazán teljesítményét.

3.4.3 Mérőeszközök

A mérést egy Enviro füstgázelemzővel végeztem, a tüzelőberendezésből távozó füstgázból az oxigén mennyiségét egy paramágneses elven (2.8.1 *alfejezet*) működő Magno 16-os modul, a szén-monoxidot, a szén-dioxidot és a nitrogén-oxidokat pedig egy infravörös elven (2.8.2 *alfejezet*) működő Uras 14-es modul határozta meg. A gépek pontosságát a mérések előtt kalibrálni ellenőrizni szükséges, ehhez három féle gázelegyet használtam.

A füstgázban található szilárd anyag (por) meghatározásához izokinetikus pormintavevőt használtam. A speciális mintavevő méri a füstgáz áramlási sebességét és azzal megegyező sebességgel szívja át a füstgázt a szűrőn (14. ábra). Az így összegyűjtött anyagmennyiségből gravimetriával (2.8.3 *alfejezet*) kerül meghatározásra a füstgázban található szilárd anyag koncentrációja.



14. ábra: Pormintavevő filter mérés előtt és után

(Fotó: Horváth Botond)

4. Eredmények és értékelésük

A füstgázban található károsanyagok koncentrációját és a kazán teljesítményének alakulását a huzaterősség függvényében a következő alfejezetek mutatják be. Az első méréseket a kazánhoz ajánlott 20 Pa huzaterősséggel, a másodikakat 15 Pa huzaterősséggel végeztem. A táblázatokban szereplő értékeket, a mellékletben szereplő mért értékek átlagolásával kaptam meg. A méréseket 3 ismétlésben végeztem el. A kapott adatok a begyűjtéstől, illetve a tüzelőanyag rárakásától számított 30 perc eredményeit mutatják. Mivel a mérések során a szén-monoxid koncentráció sok esetben elérte a mérési tartomány csúcsát, ezért ezekben az időpontokban lecsatlakoztattuk a füstgáz mintavevőről. Ezeket az időintervallumokat a mellékletekben szereplő táblázatban jelöltem.

4.1 A füstgáz összetétele

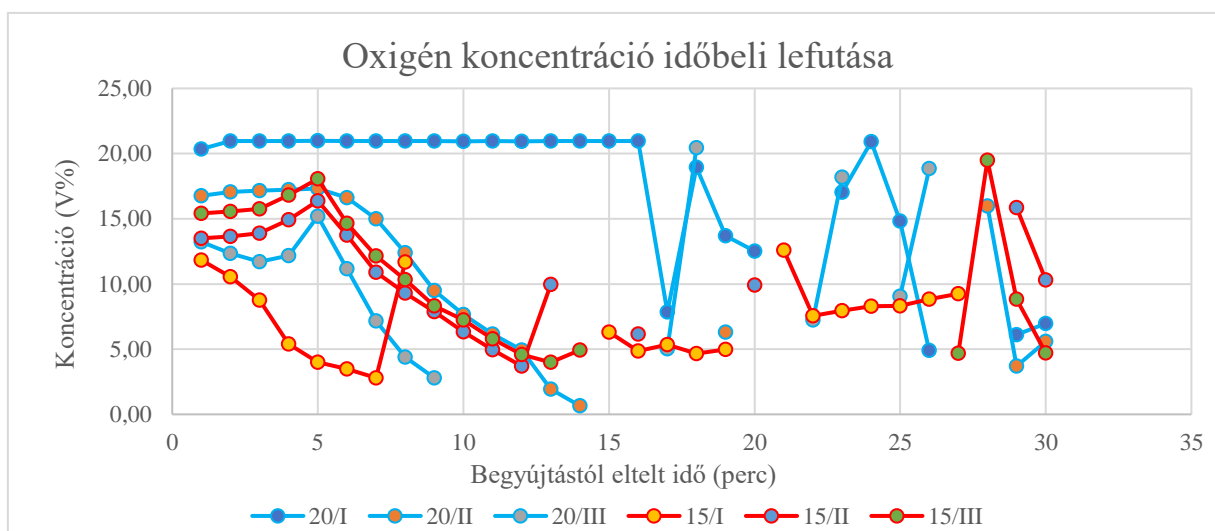
A füstgázban vizsgált anyagok koncentrációjának átlagát a 2. táblázat szemlélteti. Az átlagok alapjául szolgáló nyers adatokat a 9.1 számú mellékletek tartalmazzák.

2. táblázat: A mért komponensek koncentrációjának átlagai

Mérés időpontja	Huzat (Pa)	Átlagolt koncentrációk			
		O ₂ (V%)	CO (ppm)	NO (ppm)	CO ₂ (V%)
2022.10.17	20	13,892	4227,492	37,661	6,475
2022.10.24	15	9,406	5524,792	59,906	10,766

A füstgázban található oxigén koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében

A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a füstgáz oxigén koncentrációja nagyobb huzat (20 Pa) esetén magasabb. Ez arra enged következtetni, hogy jobb levegőellátottság esetén tökéletesebb az égés. Emellett a csökkentett huzaterősség lelassította a füstgáz áramlását is, ami rontotta az égés hatékonyságát, így csökkentette az oxigén térfogatszázalékát a füstgázban a mérés teljes időtartamán keresztül.

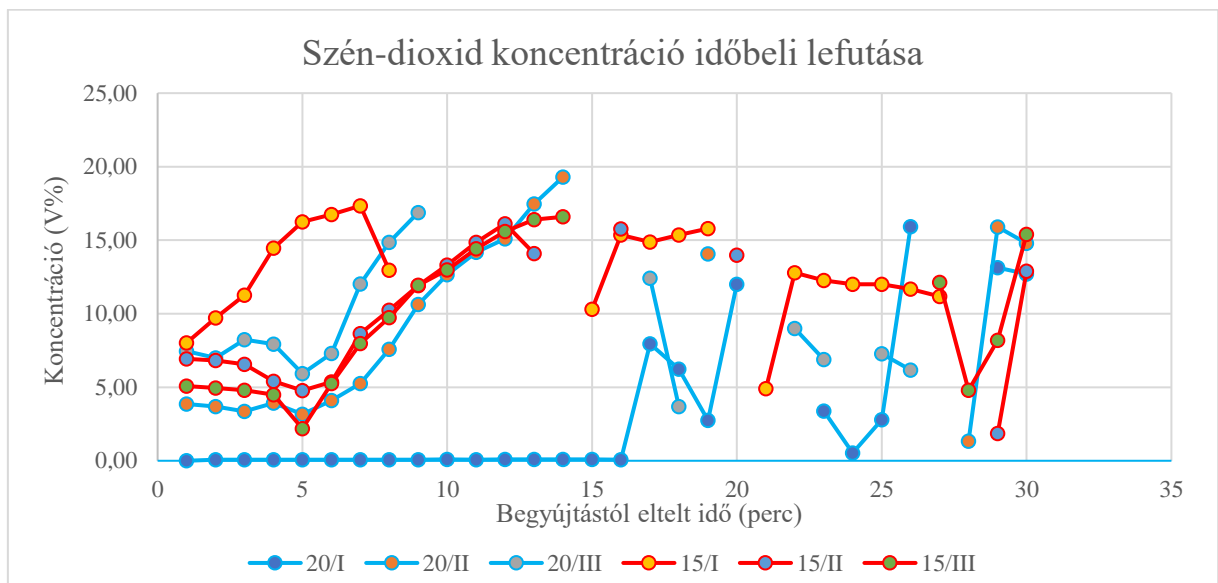


15. ábra: Oxigén koncentráció időbeli lefutása

4.1.1 A füstgázban található szén-dioxid koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében

Kiseb huzaterősségnél (15 Pa) a füstgázban a nagyobb szén-dioxid koncentráció mérhető. Ennek oka az alacsony huzat miatti rosszabb levegőellátás, ezt 17.ábra szemlélteti. Ekkor ugyanis a szén-dioxid térfogatszázaléka az oxigénével ellentétesen megnövekszik.

A két érték összege megközelítőleg 21 V% ami az oxigén és a szén-dioxid légköri koncentrációjával egyenlő.

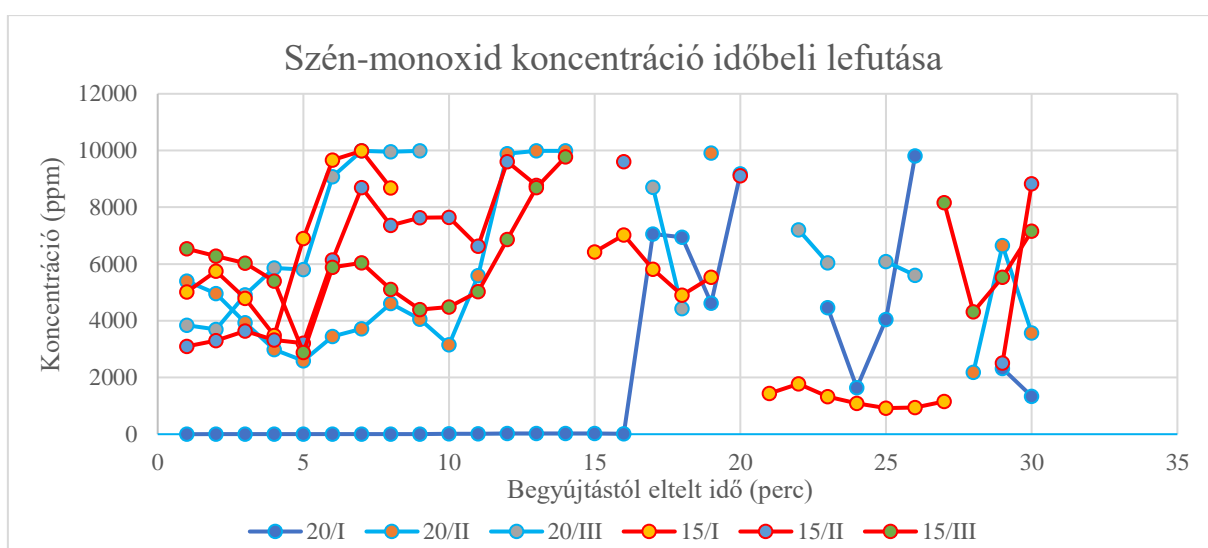


16. ábra: Szén-dioxid koncentráció időbeli lefutása

4.1.2 A füstgázban található szén-monoxid koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében

A csökkentett huzatú 15 Pa-os mérés során a kezdeti szén-monoxid koncentráció értékei sokkal magasabbak, mint az ajánlott 20 Pa-os huzaterősség mellett. Ennek oka a nem megfelelő mennyiségű égéslevegő következtében végbemenő tökéletlen égés. Ahogy csökken a tüzelőanyag mennyisége, úgy csökken mindkét esetben a szén-monoxid koncentrációja is.

A 18. ábra jól szemlélteti a szén-monoxid koncentrációjának alakulását, látható belőle, hogy a 15 Pa- huzaterősség mellett mért értékek magasabbak, mint az ajánlott 20 Pa-nál mértek.



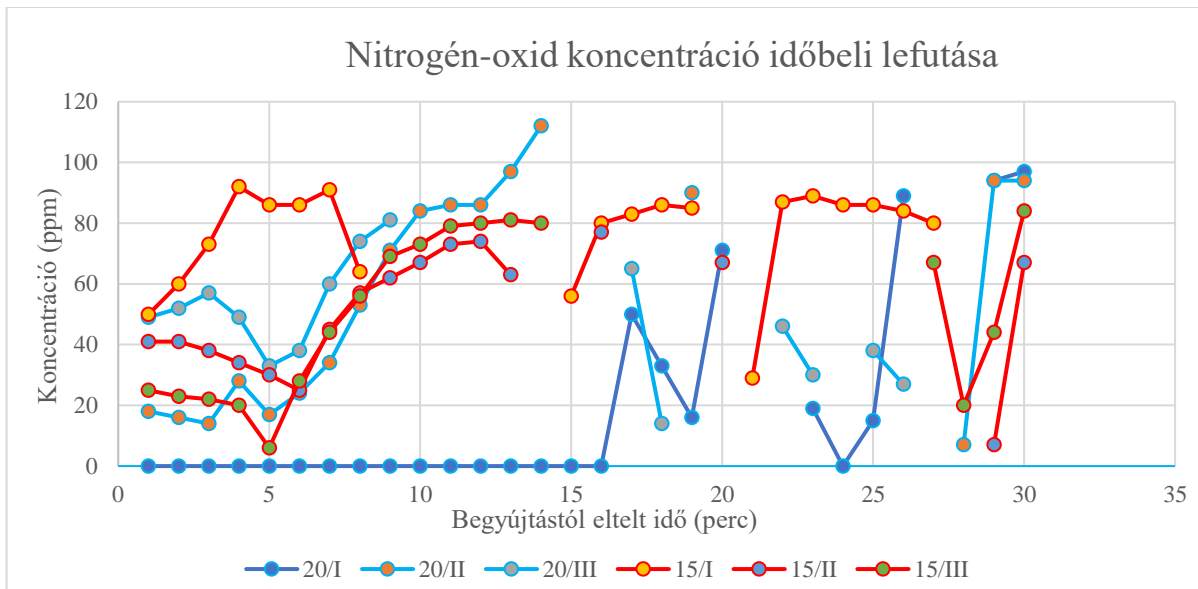
17. ábra: Szén-monoxid koncentráció időbeli lefutása

4.1.3 A füstgázban található nitrogén-oxid koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében

A két huzaterősség összehasonlításakor megfigyelhető, hogy a 15 Pa huzaterősségnél mért értékek átlaga magasabb, mint az ajánlott 20 Pa huzaterősség mellett.

A nitrogénoxidok koncentrációjának növekedését elsősorban az okozza, hogy megnövekszik a tüztér hőmérséklete (Lezsovits 2016). Ez azonban magával vonzaná a kazán teljesítményének növekedését is, ahogy viszont a 19. ábrán látható ez nem fordul elő.

Az elégtelen mértékű levegőellátottság (kisebb huzaterősség) mellett mérhető megnövekedett nitrogén-oxid koncentrációnak az oka a füstgáz kisebb térfogat árama. Ahogy a 3. táblázatban látható a füstgáz térfogat árama kisebb 15 Pa huzaterősségnél emiatt nő meg a benne található nitrogén-oxidok koncentrációja.



18. ábra: Nitrogén-oxid koncentráció időbeli lefutása

4.1.4 Szén-monoxid és nitrogén-oxid emisszió számítás

A szén-monoxid és a nitrogén-oxid emissziójának kiszámításához a 3. táblázatban szereplő füstgáz áramlási sebességet és a 4.1-es alfejezetben bemutatott koncentrációkat vettem alapul. A kémény átmérője 125 milliméter, azaz sugara 0,0625 méter. Ezeknek az adatoknak az ismeretében a következő képletet használva megkaptam a 4. táblázatban szereplő emissziós értékeket kg/órában. Az értékeket

Az emisszió kiszámításához használt képlet:

$$E = \frac{Q(m^3N/h) * c(mg/nm^3) * ((21 - 6)/(21 - \text{mért átlagos oxigén } V\%))}{100000}$$

3.táblázat: A füstgáz térfogat áramai (mért értékek)

Huzaterősség (Pa)	Füstgáz térfogat árama			
	m ³ N/h			
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	átlag
20	97,198	88,138	89,211	91,5157
15	59,982	67,651	69,916	65,8497

4. táblázat: Szén-monoxid és nitrogén-oxidok emissziós értékei

Huzat (Pa)	Emisszió kg/h	
	CO	NO _x
20	1,0205	0,0149
15	0,6034	0,0105

Ahol az (E) az emisszió (R) a kémény sugara, a (c) az adott anyag átlagolt koncentrációja és a (v) a füstgáz áramlási sebessége.

Az eredmények azt mutatják, hogy hiába kapott a rendszer több levegőt az égéshez (nagyobb huzaterősség), a tényleges szén-monoxid emisszió nagyobb volt 20 Pa huzaterősség mellett, mint 15 Pa huzaterősségnél.

Emellett a nitrogén-oxid emisszió is nagyobb 20 Pa-os huzaterősség mellett, ami azt bizonyítja, hogy a jobb levegőellátás mellett nagyobb kazánteljesítmény érhető el (4.2 fejezet, 15. ábra), hiszen a szakirodalmi források szerint (Lezsovcics 2016) a nitrogén-oxidok elsősorban nagyobb tüztér hőmérsékleten keletkeznek.

4.1.5 A füstgázban mérhető szálló por koncentrációjának értékelése a levegőellátottság függvényében

Az 5. táblázat a különböző huzaterősség során a füstgázban mérhető szilárd anyag koncentrációkat, valamint azok órára vonatkoztatott emisszióit tartalmazza. A szálló por koncentrációja úgy ahogyan a nitrogén-oxidé (4.1.3 alfejezet) és a szén-dioxidé (4.1.4 alfejezet), a kisebb huzat mellett szintén megnőtt. Látható, hogy a száraz gázsűrűsége számolt

átlag szálló por koncentráció nagyságrendileg másfélszer akkora a 15 Pa-os huzaterősség mellett, mint az ajánlott 20 Pa-nál. Ennek oka egyrészt a tökéletlenebb égés során keletkező nagyobb mennyiségű szilárd részecske a füstgázban, valamint az előzőekben is tárgyalt csökkentett huzat okozta nagyobb koncentrációjú füstgáz. A táblázat tartalmazza szálló por órára vonatkoztatott kibocsátási értékeit is, amikből szintén látszódik, hogy alacsonyabb huzat esetén nő a szálló por kibocsátás.

5. táblázat: A füstgázban található szilárd részecskék átlagkoncentrációja

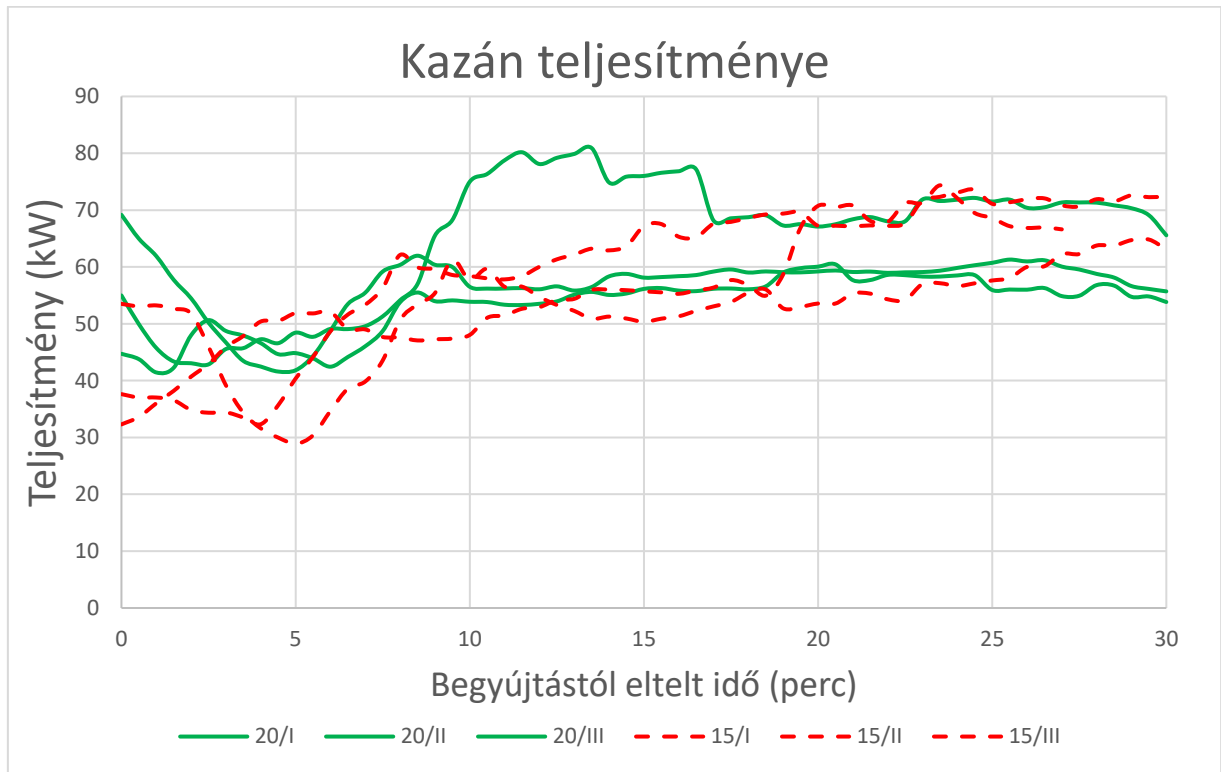
Huzat (Pa)	Átlagolt szilárd anyag (por) koncentrációk	
	C1Ns: [mg/m ³ N]	E: [kg/h]
20	80,2837	0,0074
15	132,0900	0,0087

C1Ns [mg/m³N] Por koncentráció száraz normál gázsűrűségre számolva

E [kg/h] Por emisszió nagysága, (azonos mind a három gázsűrűségnél)

4.2 A kazán teljesítményének értékelése

A kazán teljesítményét az átáramlott víz térfogatáramából és a belépő, valamint kilépő víz hőmérséklet különbségéből számítottam ki. Az így kapott eredményeket a 15. ábra grafikonja szemlélteti.



19. ábra: A kazán leadott teljesítménye

A teljesítmény számításokhoz a következő képletet használtam:

$$(T_{\text{Kilépő víz}} - T_{\text{Belépő víz}}) * Q_{\text{áramlási}} * 1,16$$

A grafikonon látható, hogy a kazán teljesítménye 20 Pa huzaterősség mellett az első 10 percben jellemzően jobb volt, mint a csökkentett levegőellátottságú vizsgálat esetén. A mérések vége felé, azonban a 15 Pa-os huzaterősséggel üzemelő kazán teljesítménye elérte a 20 Pa-on működtetett kazán által leadott teljesítményt.

A mérések átlagolt értékeit a 6. táblázat mutatja be. Látható belőle, hogy jobb levegőellátás mellett a kazán jobb teljesítményre képes.

6. táblázat: A kazán teljesítményének átlagai

Mérés időpontja	Huzat	Átlag teljesítmény
	Pa	kW
2022/10/17	20	58,479
2022/10/24	15	55,950

7. táblázat: Az egyes mérésekben elégetett faanyag mennyisége

Mérés időpontja	Huzat (Pa)	Faanyag tömege (kg)
2022.10.17/I	20	9,15
2022.10.17/II		9,11
2022.10.17/III		9,12
2022.10.24/I	15	9,09
2022.10.24/II		9,11
2022.10.24/III		9,12

5. Következtetések és javaslatok

A mérési eredményeimből egyenesen következik, hogy a megfelelő huzaterősség nagyon fontos a kazán teljesítményének és a légszennyező anyag kibocsátásának optimalizálásához.

Mindenki által ismert jelenség, amikor egyetlen háztartás tüzelési szokásai miatt egy egész környéken, településen rossz a levegő minősége. A szilárd anyag tüzelés nem egy-egy régiót érintő, hanem országos jelenség, emiatt nagyon fontos, hogy országos szinten helyesen legyen kezelve.

Véleményem szerint oktatásra lenne szükség, amely magába foglalja a szilárd anyag elégetésére szolgáló tüzelőberendezés karbantartását, a tűzrakás helyes módszereit és a megfelelő tüzelőanyag kiválasztását. Ilyen jellegű projekt jelenleg is fut hazánkban a *Fűts okosan kampány* keretében, ez azonban nem feltétlenül ér el minden olyan embert, akik ezeket a fűtőberendezéseket használja.

Azt javaslom, ahhoz, hogy minél több emberhez jusson el a dolgozatomban is bemutatott információ, a fiatalok megszólítására használjuk ki a tömegkommunikációs eszközök, pl. a televízió, közösségi média nyújtotta lehetőségeket, míg az idősebb generációk elérésére a települési rendezvényeken, falunapokon legyenek tematikus előadások.

Ezek mellett célszerű lenne ezeket az információkat már gyermekkorban, az iskolákban átadni, akár a jelenlegi természetismeret tantárgy keretein belül, akár projekt események alkalmával.

6.Összefoglalás

Dolgozatom témájának a biomasszatüzelést választottam, azon belül az égéslevegő mennyiségének hatását vizsgáltam a keletkező káros égéstermékek mennyiségére és a tüzelőberendezés fűtőteljesítményére vonatkozóan.

Célom volt bebizonyítani, hogy annak érdekében, hogy a tüzelőanyag elégetése gazdaságos és a lehető legkörnyezetkímélőbb legyen be kell tartani a biomasszatüzelő berendezéshez tartozó gyári ajánlásokat. Vizsgálataim során éppen ezért két különböző huzaterősség mellett végeztem méréseket a kazánhoz ajánlott 20 Pa-on és csökkentett 15 Pa-on.

A kísérletek során megmértem a füstgázban található oxigén, szén-dioxid, szén-monoxid, nitrogén-oxidok és a szálló por koncentrációját, valamint a kazán által leadott hőmennyiséget. Az így kapott adatokat ezután értékeltem ki.

Vizsgálataim során bebizonyosodott, hogy a tüztér megfelelő levegőellátásával csökkenthető a szálló por emisszió és javítható a tüzelőberendezés hatásfoka is. Ezek az eredmények igazolják, hogy sem gazdaságilag sem egészségügyileg nem kifizetődő a tüzelőberendezéseknél a gyártó által ajánlott érték alá csökkenteni a tűz levegőellátását.

7. Irodalomjegyzék

1. Barótfi István (2000), Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó 1165 Budapest, Koronafürt u. 44. 983 p.
2. Béres, Barna, Henszelmann, Ilyés, Mátai, Riesz, (2016) Környezetbarát fatüzelés, http://www.herमतointezet.hu/sites/default/files/kornyezetbarat_fatuzeles.pdf
3. Bidló, Bíró, Tombác, Füleky, Horváth, Michéli, Pápay, Farsang (2011) Talajvédelem, talajtan, Pannon Egyetem, Veszprém, 277p <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/03-Talajtan-talajvedelem.pdf>
4. Bódis P., Gálhidy L., Harmat Á., Szajkó G., Varga K. (2021), Van-e elég fenntartható biomassza Magyarországon? - Országjelentés a szilárd biomassza keresleti és kínálati oldaláról 79 p. <https://wwf.hu/biobalance/sitemedia/letolthetoanyagok/1663164355.pdf>
5. Chiovini György (2012) Kérdőjelek a fatüzelés körül II., Víz, Gáz, Fűtéstechnika és Hűtő, Klíma, Légtechnika szaklap, 2012/05, <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2012/majus/2350-kerdojelek-a-fatuzeles-korul-ii>
6. Deng, Nie, Yuan, Ma, Shan, Yang; (2022) The impact of oxygen content in the primary air supply on fuel burning rate and pollutant emissions in a forced-draft biomass stove <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236122009863>
7. Fülöp, Hanus, Molnár, Örvös, Patkó, Pitrik; (2011), Levegőtisztaság-védelem; Pannon Egyetem, Veszprém, 247 p. <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/11-Levegőtisztaságvedelem.pdf>
8. http://www.sze.hu/~mgergo/EnergiatudatosEpulettervezes/02_KORABBI_HALLGATOI_MUNKAK/2014/01_feladat/biomassza.pdf 11
9. [http 1 Környezetbarát fűzés http://www.futsokosankampany.hu/](http://www.futsokosankampany.hu/)
10. [http 2 Több hónapos huzavona után megszületett a döntés: az EU 2035-től kivezeti a belsőégésű motorokat, https://telex.hu/kulfold/2023/03/28/nemetszag-europai-unio-2035-belsoegesu-motorbetiltas](https://telex.hu/kulfold/2023/03/28/nemetszag-europai-unio-2035-belsoegesu-motorbetiltas)
11. [http 3 Tűzifa fajták és a legfontosabb tudnivalók a tűzifáról https://fakupac.hu/tuzifa-fajtak/](https://fakupac.hu/tuzifa-fajtak/)
12. [http 4 Levegő és egészség http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/fofia08.pdf](http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/fofia08.pdf)
13. [http 5 KSH Gázellátás \(1990–\) https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zrk003.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zrk003.html)
14. [http 6 A fa égésének folyamata https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/faipar/faanyagismeret/a-fa-egesenek-folyamata/az-eges-folyamata](https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/faipar/faanyagismeret/a-fa-egesenek-folyamata/az-eges-folyamata)
15. [http 7 Ambient \(outdoor\) air pollution https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
16. [http 8 Particulate Matter \(PM\) Basics https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics](https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics)
17. [http 8 Az elektromos autó előnyei és hátrányai: jó-e ez nekünk? https://xforest.hu/elektromos-auto-elonyei-elektromos-auto-hatranyai/](https://xforest.hu/elektromos-auto-elonyei-elektromos-auto-hatranyai/)
18. Kiss István, Kováts Nóra (2011), Egészségvédelem, Pannon Egyetem, Veszprém, 304 p. <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/04-Egeszsegvedelem.pdf>

19. Lezsovits Ferenc (2016) Kazánok és tüzelőberendezések; Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 97 p. <https://docplayer.hu/15979893-Kazanok-es-tuzeloberendezesek.html>
20. Lukács Dorottya (2014), Biomassza, Szécsényi István Egyetem, Győr, 6p, http://www.sze.hu/~mgergo/EnergiatudatosEpulettervezes/02_KORABBI_HALLGATOI_MUNKAK/2014/01_feladat/biomassza.pdf
21. Veperdi Gábor (2011) Erdőbecslés, Soproni Egyetem, Sopron, 115 p. http://www.emk.nyme.hu/uploads/media/Erd%C5%91becsl%C3%A9stan_2011_k.pdf
22. World Bioenergy Association (2021) GLOBAL BIOENERGY STATISTICS <https://www.worldbioenergy.org/uploads/211214%20WBA%20GBS%202021.pdf>

8. Ábra, és táblázatjegyzék

1. ábra: Globális energiafelhasználás mennyisége és megoszlása 2000-2019_(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021).....	6
2. ábra: Globális áramtermelés forrásainak megoszlása 2000-2019_(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)	7
3. ábra: Globális hőenergia forrásainak megoszlása 2000-2019_(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021)	8
4. ábra: Közlekedésre felhasznált energia forrásainak megoszlása 2000-2019_(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021).....	9
5.ábra: Magyarország energiatermelése 2000-2021 (KSH)	10
6. ábra: Magyarország megtermelt energia forrásainak megoszlása 2019-ben_(KSH).....	11
1. táblázat: Biomassza típusai	12
7. ábra. Megújuló energiaforrásból származó hőenergia megoszlása 2019-ben_(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021).....	13
8.ábra: Biomassza eredetű energia megoszlása 2019_(Forrás: Global Bioenergy Statistics, 2021).....	14
9. ábra: Faanyag égésének fázisai_(Chiovini 2012).....	15
10. ábra: Magyarország területén található biomasszát hasznosító erőművek_(Bódis et al. 2021)	16
11. ábra: Háztartási biomasszatüzelés Magyarországon 2011_(Bódis et al. 2021)	17
12. ábra: Kapcsolat az O ₂ -ellátottság és a keletkező károsanyag-emisszió között_(Deng et al. 2022).....	20
13.ábra: Vizsgálataimhoz használt kazán_(Fotó: Horváth Botond).....	25
14. ábra: Pormintavevő filter mérés előtt és után_(Fotó: Horváth Botond)	26
2. táblázat: A mért komponensek koncentrációjának átlagai	27
15. ábra: Oxigén koncentráció időbeli lefutása	28

16. ábra: Szén-dioxid koncentráció időbeli lefutása.....	29
17. ábra: Szén-monoxid koncentráció időbeli lefutása.....	30
18. ábra: Nitrogén-oxid koncentráció időbeli lefutása	31
3.táblázat: A füstgáz térfogat áramai (mért értékek).....	32
4. táblázat: Szén-monoxid és nitrogén-oxidok emissziós értékei	32
5. táblázat: A füstgázban található szilárd részecskék átlagkoncentrációja.....	33
19. ábra: A kazán leadott teljesítménye	34
6. táblázat: A kazán teljesítményének átlagai	35
7. táblázat: Az egyes mérésekben elégetett faanyag mennyisége.....	35

9. Mellékletek

9.1 Füstgáz-összetétel mérés nyers adatai

1.1 melléklet: Az 1. 20 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért, a füstgázban található anyagok koncentrációja

Huzaterősség: 20 Pa	O ₂ Konc. (V%)	CO Konc. (ppm)	NO Konc. (ppm)	CO ₂ Konc. (V%)	Megjegyzés
Datum és idő	20/I	20/I	20/I	20/I	
10/17/22 11:11:00	20,34	0	0	0,00	
10/17/22 11:12:00	20,97	1	0	0,07	
10/17/22 11:13:00	20,97	1	0	0,08	
10/17/22 11:14:00	20,97	2	0	0,08	
10/17/22 11:15:00	20,98	2	0	0,07	
10/17/22 11:16:00	20,97	1	0	0,07	
10/17/22 11:17:00	20,97	1	0	0,07	
10/17/22 11:18:00	20,97	4	0	0,07	
10/17/22 11:19:00	20,96	8	0	0,08	
10/17/22 11:20:00	20,95	20	0	0,09	
10/17/22 11:21:00	20,96	19	0	0,08	
10/17/22 11:22:00	20,95	27	0	0,09	
10/17/22 11:23:00	20,96	27	0	0,09	
10/17/22 11:24:00	20,96	27	0	0,09	
10/17/22 11:25:00	20,96	29	0	0,09	
10/17/22 11:26:00	20,96	19	0	0,08	
10/17/22 11:27:00	7,86	7053	50	7,96	
10/17/22 11:28:00	18,96	6948	33	6,23	
10/17/22 11:29:00	13,70	4615	16	2,76	
10/17/22 11:30:00	12,51	9184	71	12,00	
10/17/22 11:31:00	20,93	1836	0	0,22	A műszer nem mért
10/17/22 11:32:00	20,94	189	0	0,12	A műszer nem mért
10/17/22 11:33:00	17,03	4466	19	3,38	
10/17/22 11:34:00	20,92	1636	0	0,53	
10/17/22 11:35:00	14,83	4042	15	2,80	
10/17/22 11:36:00	4,90	9815	89	15,92	
10/17/22 11:37:00	20,82	2752	5	1,61	A műszer nem mért
10/17/22 11:38:00	17,22	1092	2	0,73	A műszer nem mért
10/17/22 11:39:00	6,12	2316	94	13,13	
10/17/22 11:40:00	6,98	1330	97	12,70	

1.2 melléklet: A 2. 20 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért, a füstgázban található anyagok koncentrációja

Huzaterősség: 20 Pa	O₂ Konc. (V%)	CO Konc. (ppm)	NO Konc. (ppm)	CO₂ Konc. (V%)	Megjegyzés
Datum	20/II	20/II	20/II	20/II	
10/17/22 12:12:00	16,77	5399	18	3,86	
10/17/22 12:13:00	17,06	4960	16	3,68	
10/17/22 12:14:00	17,16	3933	14	3,37	
10/17/22 12:15:00	17,24	2985	28	3,93	
10/17/22 12:16:00	17,32	2588	17	3,16	
10/17/22 12:17:00	16,62	3443	24	4,10	
10/17/22 12:18:00	15,00	3720	34	5,25	
10/17/22 12:19:00	12,40	4611	53	7,58	
10/17/22 12:20:00	9,49	4053	71	10,63	
10/17/22 12:21:00	7,66	3157	84	12,65	
10/17/22 12:22:00	6,15	5595	86	14,17	
10/17/22 12:23:00	4,94	9890	86	15,10	
10/17/22 12:24:00	1,94	9988	97	17,47	
10/17/22 12:25:00	0,65	9988	112	19,30	
10/17/22 12:26:00	18,86	7503	37	6,60	A műszer nem mért
10/17/22 12:27:00	20,91	955	0	0,22	A műszer nem mért
10/17/22 12:28:00	20,91	132	0	0,17	A műszer nem mért
10/17/22 12:29:00	19,73	794	0	0,17	A műszer nem mért
10/17/22 12:30:00	6,31	9917	90	14,07	
10/17/22 12:31:00	20,84	3452	4	1,25	A műszer nem mért
10/17/22 12:32:00	20,92	320	0	0,16	A műszer nem mért
10/17/22 12:33:00	20,95	47	0	0,12	A műszer nem mért
10/17/22 12:34:00	20,96	18	0	0,10	A műszer nem mért
10/17/22 12:35:00	20,96	15	0	0,09	A műszer nem mért
10/17/22 12:36:00	20,96	15	0	0,09	A műszer nem mért
10/17/22 12:37:00	20,97	15	0	0,09	A műszer nem mért
10/17/22 12:38:00	20,97	13	0	0,09	A műszer nem mért
10/17/22 12:39:00	15,98	2179	7	1,34	
10/17/22 12:40:00	3,71	6653	94	15,89	
10/17/22 12:41:00	5,59	3571	94	14,79	

1.3 melléklet: A 3. 20 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért, a füstgázban található anyagok koncentrációja

Huzaterősség: 20 Pa	O₂ Konc. (V%)	CO Konc. (ppm)	NO Konc. (ppm)	CO₂ Konc. (V%)	Megjegyzés
Datum	20/III	20/III	20/III	20/III	
10/17/22 12:58:00	13,22	3836	49	7,46	
10/17/22 12:59:00	12,34	3695	52	7,00	
10/17/22 13:00:00	11,72	4916	57	8,23	
10/17/22 13:01:00	12,18	5862	49	7,94	
10/17/22 13:02:00	15,20	5805	33	5,92	
10/17/22 13:03:00	11,17	9082	38	7,31	
10/17/22 13:04:00	7,17	9988	60	12,02	
10/17/22 13:05:00	4,40	9959	74	14,86	
10/17/22 13:06:00	2,80	9988	81	16,89	
10/17/22 13:07:00	17,34	5590	34	7,68	A műszer nem mért
10/17/22 13:08:00	20,92	541	0	0,21	A műszer nem mért
10/17/22 13:09:00	20,92	73	0	0,15	A műszer nem mért
10/17/22 13:10:00	20,94	26	0	0,12	A műszer nem mért
10/17/22 13:11:00	20,95	18	0	0,11	A műszer nem mért
10/17/22 13:12:00	20,81	68	0	0,11	A műszer nem mért
10/17/22 13:13:00	20,09	565	2	0,67	A műszer nem mért
10/17/22 13:14:00	5,03	8704	65	12,41	
10/17/22 13:15:00	20,45	4424	14	3,69	
10/17/22 13:16:00	20,94	402	0	0,15	A műszer nem mért
10/17/22 13:17:00	20,96	57	0	0,12	A műszer nem mért
10/17/22 13:18:00	20,96	21	0	0,10	A műszer nem mért
10/17/22 13:19:00	7,24	7205	46	9,00	
10/17/22 13:20:00	18,18	6040	30	6,88	
10/17/22 13:21:00	20,95	613	0	0,16	A műszer nem mért
10/17/22 13:22:00	9,05	6089	38	7,28	
10/17/22 13:23:00	18,85	5606	27	6,17	
10/17/22 13:24:00	20,96	535	0	0,14	A műszer nem mért
10/17/22 13:25:00	20,97	64	0	0,11	A műszer nem mért
10/17/22 13:26:00	20,97	20	0	0,10	A műszer nem mért
10/17/22 13:27:00	20,97	15	0	0,09	A műszer nem mért

1.4 melléklet: Az 1. 15 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért, a füstgázban található anyagok koncentrációja

Huzaterősség: 15 Pa	O₂ Konc. (V%)	CO Konc. (ppm)	NO Konc. (ppm)	CO₂ Konc. (V%)	Megjegyzés
Datum	15/I	15/I	15/I	15/I	
10/24/22 11:22:00	11,82	5015	50	8,02	
10/24/22 11:23:00	10,56	5747	60	9,71	
10/24/22 11:24:00	8,77	4791	73	11,27	
10/24/22 11:25:00	5,39	3482	92	14,46	
10/24/22 11:26:00	4,01	6902	86	16,25	
10/24/22 11:27:00	3,48	9666	86	16,74	
10/24/22 11:28:00	2,80	9987	91	17,34	
10/24/22 11:29:00	11,68	8681	64	12,95	
10/24/22 11:30:00	20,88	1469	0	0,35	A műszer nem mért
10/24/22 11:31:00	20,91	143	0	0,19	A műszer nem mért
10/24/22 11:32:00	20,91	35	0	0,16	A műszer nem mért
10/24/22 11:33:00	20,92	29	0	0,15	A műszer nem mért
10/24/22 11:34:00	20,92	30	0	0,14	A műszer nem mért
10/24/22 11:35:00	20,86	65	0	0,14	A műszer nem mért
10/24/22 11:36:00	6,31	6427	56	10,31	
10/24/22 11:37:00	4,87	7027	80	15,36	
10/24/22 11:38:00	5,36	5814	83	14,87	
10/24/22 11:39:00	4,67	4905	86	15,35	
10/24/22 11:40:00	4,98	5537	85	15,79	
10/24/22 11:41:00	20,23	1767	17	3,98	A műszer nem mért
10/24/22 11:42:00	12,58	1436	29	4,90	
10/24/22 11:43:00	7,56	1776	87	12,78	
10/24/22 11:44:00	7,94	1329	89	12,26	
10/24/22 11:45:00	8,29	1091	86	12,00	
10/24/22 11:46:00	8,33	920	86	12,00	
10/24/22 11:47:00	8,83	945	84	11,67	
10/24/22 11:48:00	9,25	1156	80	11,18	

1.5 melléklet: A 2. 15 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért, a füstgázban található anyagok koncentrációja

Huzaterősség: 15 Pa	O ₂ Konc. (V%)	CO Konc. (ppm)	NO Konc. (ppm)	CO ₂ Konc. (V%)	Megjegyzés
Datum	15/II	15/II	15/II	15/II	
10/24/22 12:03:00	13,50	3098	41	6,93	
10/24/22 12:04:00	13,64	3298	41	6,82	
10/24/22 12:05:00	13,90	3634	38	6,56	
10/24/22 12:06:00	14,93	3319	34	5,40	
10/24/22 12:07:00	16,38	3212	30	4,78	
10/24/22 12:08:00	13,74	6143	25	5,37	
10/24/22 12:09:00	10,89	8697	45	8,66	
10/24/22 12:10:00	9,30	7362	57	10,25	
10/24/22 12:11:00	7,88	7633	62	11,92	
10/24/22 12:12:00	6,33	7647	67	13,31	
10/24/22 12:13:00	4,95	6623	73	14,86	
10/24/22 12:14:00	3,70	9607	74	16,12	
10/24/22 12:15:00	9,97	8777	63	14,09	
10/24/22 12:16:00	20,94	1521	0	0,46	A műszer nem mért
10/24/22 12:17:00	16,94	1502	2	0,99	A műszer nem mért
10/24/22 12:18:00	6,16	9607	77	15,78	
10/24/22 12:19:00	20,86	2830	3	1,62	A műszer nem mért
10/24/22 12:20:00	20,98	248	0	0,15	A műszer nem mért
10/24/22 12:21:00	15,12	2538	9	2,02	A műszer nem mért
10/24/22 12:22:00	9,91	9113	67	13,99	
10/24/22 12:23:00	20,95	1784	0	0,40	A műszer nem mért
10/24/22 12:24:00	20,98	165	0	0,13	A műszer nem mért
10/24/22 12:25:00	20,98	31	0	0,11	A műszer nem mért
10/24/22 12:26:00	20,99	18	0	0,10	A műszer nem mért
10/24/22 12:27:00	20,99	21	0	0,09	A műszer nem mért
10/24/22 12:28:00	20,99	22	0	0,09	A műszer nem mért
10/24/22 12:29:00	20,99	17	0	0,09	A műszer nem mért
10/24/22 12:30:00	20,99	14	0	0,08	A műszer nem mért
10/24/22 12:31:00	15,86	2509	7	1,85	
10/24/22 12:32:00	10,30	8832	67	12,89	

1.6 melléklet: A 3. 15 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért, a füstgázban található anyagok koncentrációja

Huzaterősség: 15 Pa	O ₂ Konc. (V%)	CO Konc. (ppm)	NO Konc. (ppm)	CO ₂ Konc. (V%)	Megjegyzés
Datum	15/III	15/III	15/III	15/III	
10/24/22 13:03:00	15,41	6538	25	5,08	
10/24/22 13:04:00	15,57	6275	23	4,94	
10/24/22 13:05:00	15,76	6027	22	4,79	
10/24/22 13:06:00	16,81	5394	20	4,49	
10/24/22 13:07:00	18,06	2880	6	2,19	
10/24/22 13:08:00	14,66	5888	28	5,25	
10/24/22 13:09:00	12,16	6036	44	7,97	
10/24/22 13:10:00	10,33	5103	56	9,74	
10/24/22 13:11:00	8,31	4396	69	11,94	
10/24/22 13:12:00	7,24	4479	73	12,98	
10/24/22 13:13:00	5,78	5024	79	14,41	
10/24/22 13:14:00	4,60	6863	80	15,59	
10/24/22 13:15:00	3,99	8692	81	16,40	
10/24/22 13:16:00	4,94	9772	80	16,59	
10/24/22 13:17:00	20,58	2970	11	3,34	A műszer nem mért
10/24/22 13:18:00	20,97	260	0	0,18	A műszer nem mért
10/24/22 13:19:00	20,98	38	0	0,14	A műszer nem mért
10/24/22 13:20:00	20,98	19	0	0,12	A műszer nem mért
10/24/22 13:21:00	20,98	19	0	0,11	A műszer nem mért
10/24/22 13:22:00	20,99	15	0	0,10	A műszer nem mért
10/24/22 13:23:00	20,99	13	0	0,09	A műszer nem mért
10/24/22 13:24:00	20,99	14	0	0,09	A műszer nem mért
10/24/22 13:25:00	20,99	17	0	0,09	A műszer nem mért
10/24/22 13:26:00	20,99	20	0	0,09	A műszer nem mért
10/24/22 13:27:00	20,99	18	0	0,08	A műszer nem mért
10/24/22 13:28:00	20,62	125	0	0,08	A műszer nem mért
10/24/22 13:29:00	4,68	8160	67	12,14	
10/24/22 13:30:00	19,50	4312	20	4,79	
10/24/22 13:31:00	8,83	5528	44	8,19	
10/24/22 13:32:00	4,72	7160	84	15,39	

1.7 melléklet: Szálló por koncentráció és emisszió törzs értékei

Mérés dátuma	Huzaterősség	Porkoncentráció száraz normál gázsűrűségre számolva	Emisszió
	Pa	mg/m ³ N	kg/h
2022.10.17 10:54	20	102.597	0.0100
2022.10.17 11:56	20	62.332	0.0055
2022.10.17 12:43	20	75.922	0.0068
2022.10.24 10:57	15	128.926	0.0077
2022.10.24 11:49	15	147.412	0.0100
2022.10.24 12:56	15	119.932	0.0084

9.2 Teljesítményszámításhoz használt adatok

2.1 melléklet: Az 1. 20 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért hőmérsékletváltozás

20 Pa	Kilépő víz hőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.17 12:12	84,34	64,75	19,59	2,42
2022.10.17 12:12	82,09	64,3	17,79	2,42
2022.10.17 12:13	79,89	63,59	16,3	2,42
2022.10.17 12:13	78,25	62,8	15,45	2,42
2022.10.17 12:14	76,91	61,82	15,09	2,46
2022.10.17 12:14	75,84	60,82	15,02	2,46
2022.10.17 12:15	74,8	59,75	15,05	2,61
2022.10.17 12:15	73,88	58,78	15,1	2,61
2022.10.17 12:16	72,93	57,89	15,04	2,71
2022.10.17 12:16	72,1	57,28	14,82	2,71
2022.10.17 12:17	71,26	56,76	14,5	2,88
2022.10.17 12:17	70,64	56,36	14,28	2,88
2022.10.17 12:18	70,12	56,01	14,11	3,00
2022.10.17 12:18	69,81	55,71	14,1	3,00
2022.10.17 12:19	69,75	55,36	14,39	2,97
2022.10.17 12:19	69,97	55,08	14,89	2,97
2022.10.17 12:20	70,45	54,84	15,61	2,99
2022.10.17 12:20	71,07	54,64	16,43	2,99
2022.10.17 12:21	71,84	54,52	17,32	3,26
2022.10.17 12:21	72,57	54,52	18,05	3,26
2022.10.17 12:22	73,27	54,64	18,63	3,47
2022.10.17 12:22	73,83	54,86	18,97	3,47
2022.10.17 12:23	74,49	55,09	19,4	3,5
2022.10.17 12:23	75,08	55,33	19,75	3,5
2022.10.17 12:24	75,72	55,62	20,1	3,35
2022.10.17 12:24	76,22	55,84	20,38	3,35
2022.10.17 12:25	76,75	56,07	20,68	3,33
2022.10.17 12:25	77,28	56,33	20,95	3,33
2022.10.17 12:26	77,86	56,63	21,23	3,04
2022.10.17 12:26	78,39	56,87	21,52	3,04
2022.10.17 12:27	78,92	57,15	21,77	3,01
2022.10.17 12:27	79,36	57,43	21,93	3,01
2022.10.17 12:28	79,88	57,74	22,14	3,76
2022.10.17 12:28	80,3	58,02	22,28	3,76
2022.10.17 12:29	80,8	58,37	22,43	2,62
2022.10.17 12:29	81,23	58,67	22,56	2,62
2022.10.17 12:30	81,69	58,98	22,71	2,61

2022.10.17 12:30	82,06	59,24	22,82	2,61
2022.10.17 12:31	82,47	59,54	22,93	2,53
20 Pa	Kilépő víz hőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.17 12:31	82,84	59,83	23,01	2,53
2022.10.17 12:32	83,28	60,14	23,14	2,50
2022.10.17 12:32	83,73	60,45	23,28	2,50
2022.10.17 12:33	84,19	60,7	23,49	2,51
2022.10.17 12:33	84,58	60,96	23,62	2,51
2022.10.17 12:34	84,88	61,23	23,65	2,48
2022.10.17 12:34	85,13	61,48	23,65	2,48
2022.10.17 12:35	85,33	61,77	23,56	2,63
2022.10.17 12:35	85,49	62,02	23,47	2,63
2022.10.17 12:36	85,64	62,27	23,37	2,65
2022.10.17 12:36	85,89	62,42	23,47	2,65
2022.10.17 12:37	86,11	62,58	23,53	2,62
2022.10.17 12:37	86,36	62,72	23,64	2,62
2022.10.17 12:38	86,61	62,90	23,71	2,56
2022.10.17 12:38	86,80	63,06	23,74	2,56
2022.10.17 12:39	87,05	63,21	23,84	2,58
2022.10.17 12:39	87,23	63,39	23,84	2,58
2022.10.17 12:40	87,4	63,57	23,83	2,58
2022.10.17 12:40	87,38	63,71	23,67	2,58
2022.10.17 12:41	87,23	63,82	23,41	2,59
2022.10.17 12:41	86,93	63,93	23,00	2,59

2.2 melléklet: A 2. 20 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért hőmérsékletváltozás

20 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.17 12:58	80,25	54,21	26,04	2,29
2022.10.17 12:58	80,61	56,15	24,46	2,29
2022.10.17 12:59	80,64	57,83	22,81	2,34
2022.10.17 12:59	80,09	58,82	21,27	2,34
2022.10.17 13:00	79,06	59,41	19,65	2,39
2022.10.17 13:00	77,8	59,69	18,11	2,39
2022.10.17 13:01	76,34	59,77	16,57	2,43
2022.10.17 13:01	75,08	59,66	15,42	2,43
2022.10.17 13:02	73,97	59,44	14,53	2,52
2022.10.17 13:02	73,36	59,13	14,23	2,52
2022.10.17 13:03	73,21	58,67	14,54	2,48
2022.10.17 13:03	73,58	58,17	15,41	2,48
2022.10.17 13:04	74,39	57,71	16,68	2,52

20 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.17 13:04	75,63	57,34	18,29	2,52
2022.10.17 13:05	77,13	57,12	20,01	2,39
2022.10.17 13:05	78,53	57,18	21,35	2,39
2022.10.17 13:06	79,83	57,4	22,43	2,32
2022.10.17 13:06	80,77	57,74	23,03	2,32
2022.10.17 13:07	81,44	58,2	23,24	2,24
2022.10.17 13:07	81,81	58,72	23,09	2,24
2022.10.17 13:08	82,16	59,18	22,98	2,12
2022.10.17 13:08	82,39	59,54	22,85	2,12
2022.10.17 13:09	82,61	59,86	22,75	2,13
2022.10.17 13:09	82,84	60,06	22,78	2,13
2022.10.17 13:10	83,19	60,28	22,91	2,11
2022.10.17 13:10	83,59	60,47	23,12	2,11
2022.10.17 13:11	84,08	60,71	23,37	2,06
2022.10.17 13:11	84,55	60,92	23,63	2,06
2022.10.17 13:12	85,08	61,13	23,95	2,1
2022.10.17 13:12	85,45	61,32	24,13	2,1
2022.10.17 13:13	85,74	61,65	24,09	2,08
2022.10.17 13:13	86,02	61,89	24,13	2,08
2022.10.17 13:14	86,35	62,27	24,08	2,09
2022.10.17 13:14	86,71	62,55	24,16	2,09
2022.10.17 13:15	87,08	62,78	24,3	2,1
2022.10.17 13:15	87,4	62,95	24,45	2,1
2022.10.17 13:16	87,7	63,12	24,58	2,07
2022.10.17 13:16	87,98	63,32	24,66	2,07
2022.10.17 13:17	88,26	63,54	24,72	2,06
2022.10.17 13:17	88,48	63,77	24,71	2,06
2022.10.17 13:18	88,76	63,98	24,78	2,06
2022.10.17 13:18	89,03	64,18	24,85	2,06
2022.10.17 13:19	89,39	64,41	24,98	2,04
2022.10.17 13:19	89,64	64,63	25,01	2,04
2022.10.17 13:20	89,92	64,88	25,04	2,03
2022.10.17 13:20	90,14	65,06	25,08	2,03
2022.10.17 13:21	90,38	65,28	25,1	2,03
2022.10.17 13:21	90,64	65,44	25,2	2,03
2022.10.17 13:22	90,96	65,55	25,41	2,03
2022.10.17 13:22	91,27	65,66	25,61	2,03
2022.10.17 13:23	91,63	65,84	25,79	2,03
2022.10.17 13:23	92,01	65,98	26,03	2,03
2022.10.17 13:24	92,32	66,17	26,15	2,01
2022.10.17 13:24	92,54	66,3	26,24	2,01

20 Pa	Kilépő vízhöm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.17 13:25	92,63	66,48	26,15	1,98
2022.10.17 13:25	92,6	66,67	25,93	1,98
2022.10.17 13:26	92,45	66,86	25,59	1,98
2022.10.17 13:26	92,29	66,98	25,31	1,98
2022.10.17 13:27	92,04	67,13	24,91	1,96
2022.10.17 13:27	91,88	67,19	24,69	1,96

2.3 melléklet: A 3. 20 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért hőmérsékletváltozás

20 Pa	Kilépő vízhöm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.17 13:43	82,22	63,32	18,9	2,04
2022.10.17 13:43	81,64	63,14	18,5	2,04
2022.10.17 13:44	80,92	62,97	17,95	1,99
2022.10.17 13:44	80,92	62,61	18,31	1,99
2022.10.17 13:45	81,09	60,81	20,28	2,04
2022.10.17 13:45	81,17	59,77	21,4	2,04
2022.10.17 13:46	81,36	60,56	20,8	2,02
2022.10.17 13:46	81,38	60,93	20,45	2,02
2022.10.17 13:47	80,89	61,2	19,69	2,04
2022.10.17 13:47	80,19	61,32	18,87	2,04
2022.10.17 13:48	79,39	61,41	17,98	2,15
2022.10.17 13:48	79,05	61,44	17,61	2,15
2022.10.17 13:49	79,03	61,35	17,68	2,07
2022.10.17 13:49	79,52	61,13	18,39	2,07
2022.10.17 13:50	80,31	60,85	19,46	2,04
2022.10.17 13:50	81,23	60,64	20,59	2,04
2022.10.17 13:51	82,23	60,56	21,67	2,14
2022.10.17 13:51	82,98	60,62	22,36	2,14
2022.10.17 13:52	83,63	60,82	22,81	2,04
2022.10.17 13:52	84	61,13	22,87	2,04
2022.10.17 13:53	84,36	61,48	22,88	2,03
2022.10.17 13:53	84,58	61,72	22,86	2,03
2022.10.17 13:54	84,73	61,96	22,77	2,02
2022.10.17 13:54	84,86	62,11	22,75	2,02
2022.10.17 13:55	85,08	62,24	22,84	2,02
2022.10.17 13:55	85,38	62,36	23,02	2,02
2022.10.17 13:56	85,77	62,48	23,29	2,04
2022.10.17 13:56	86,11	62,61	23,5	2,04
2022.10.17 13:57	86,49	62,75	23,74	2
2022.10.17 13:57	86,77	62,92	23,85	2

20 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.17 13:58	87,08	63,12	23,96	2,02
2022.10.17 13:58	87,34	63,32	24,02	2,02
2022.10.17 13:59	87,52	63,57	23,95	2,01
2022.10.17 13:59	87,65	63,74	23,91	2,01
2022.10.17 14:00	87,79	63,94	23,85	2,03
2022.10.17 14:00	87,95	64,08	23,87	2,03
2022.10.17 14:01	88,2	64,27	23,93	2,02
2022.10.17 14:01	88,56	64,41	24,15	2,02
2022.10.17 14:02	88,95	64,49	24,46	2,08
2022.10.17 14:02	89,36	64,58	24,78	2,08
2022.10.17 14:03	89,7	64,69	25,01	2,07
2022.10.17 14:03	90,02	64,84	25,18	2,07
2022.10.17 14:04	90,33	65,09	25,24	1,97
2022.10.17 14:04	90,56	65,31	25,25	1,97
2022.10.17 14:05	90,78	65,52	25,26	2
2022.10.17 14:05	90,91	65,67	25,24	2
2022.10.17 14:06	91,1	65,84	25,26	1,99
2022.10.17 14:06	91,24	65,98	25,26	1,99
2022.10.17 14:07	91,36	66,14	25,22	2
2022.10.17 14:07	91,54	66,3	25,24	2
2022.10.17 14:08	91,72	66,47	25,25	1,91
2022.10.17 14:08	91,88	66,59	25,29	1,91
2022.10.17 14:09	92,1	66,69	25,41	1,9
2022.10.17 14:09	92,32	66,78	25,54	1,9
2022.10.17 14:10	92,45	66,88	25,57	1,85
2022.10.17 14:10	92,6	67	25,6	1,85
2022.10.17 14:11	92,77	67,13	25,64	1,91
2022.10.17 14:11	92,88	67,28	25,6	1,91
2022.10.17 14:12	93,04	67,39	25,65	1,84
2022.10.17 14:12	93,15	67,47	25,68	1,84

2.4 melléklet: A 1. 15 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért hőmérsékletváltozás

15 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.24 11:21	70,39	59,47	10,92	2,55
2022.10.24 11:22	71,04	59,26	11,78	2,46
2022.10.24 11:22	71,74	59,12	12,62	2,46
2022.10.24 11:23	72,6	58,99	13,61	2,42
2022.10.24 11:23	73,49	58,99	14,5	2,42
2022.10.24 11:24	74,77	59,09	15,68	2,36
2022.10.24 11:24	76,03	59,26	16,77	2,36
2022.10.24 11:25	77,38	59,52	17,86	2,31
2022.10.24 11:25	78,66	59,85	18,81	2,31
2022.10.24 11:26	79,86	60,25	19,61	2,22
2022.10.24 11:26	80,86	60,71	20,15	2,22
2022.10.24 11:27	81,72	61,32	20,4	2,19
2022.10.24 11:27	82,44	61,93	20,51	2,19
2022.10.24 11:28	83,16	62,64	20,52	2,06
2022.10.24 11:28	83,83	63,32	20,51	2,06
2022.10.24 11:29	84,52	64,07	20,45	2,01
2022.10.24 11:29	85,11	64,7	20,41	2,01
2022.10.24 11:30	85,77	65,38	20,39	1,99
2022.10.24 11:30	86,39	65,91	20,48	1,99
2022.10.24 11:31	87,19	66,45	20,74	1,97
2022.10.24 11:31	87,99	66,97	21,02	1,97
2022.10.24 11:32	88,78	67,52	21,26	2,07
2022.10.24 11:32	89,42	67,98	21,44	2,07
2022.10.24 11:33	90,13	68,52	21,61	2,1
2022.10.24 11:33	90,75	69,02	21,73	2,1
2022.10.24 11:34	91,44	69,61	21,83	2,14
2022.10.24 11:34	91,97	70,06	21,91	2,14
2022.10.24 11:35	92,52	70,59	21,93	2,2
2022.10.24 11:35	92,96	71,01	21,95	2,2
2022.10.24 11:36	93,48	71,57	21,91	2,2
2022.10.24 11:36	93,84	72,01	21,83	2,2
2022.10.24 11:37	94,22	72,46	21,76	2,2
2022.10.24 11:37	94,56	72,9	21,66	2,2
2022.10.24 11:38	94,98	73,29	21,69	2,22
2022.10.24 11:38	95,53	73,64	21,89	2,22
2022.10.24 11:39	95,56	74,03	21,53	2,31
2022.10.24 11:39	95,56	74,36	21,2	2,31
2022.10.24 11:40	95,56	74,69	20,87	2,27
2022.10.24 11:40	95,56	73,27	22,29	2,27

15 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.24 11:41	95,56	70,25	25,31	2,28
2022.10.24 11:41	95,56	68,81	26,75	2,28
2022.10.24 11:42	95,56	68,3	27,26	2,23
2022.10.24 11:42	95,56	68,19	27,37	2,23
2022.10.24 11:43	95,56	68,25	27,31	2,15
2022.10.24 11:43	95,56	68,33	27,23	2,15
2022.10.24 11:44	95,56	68,39	27,17	2,26
2022.10.24 11:44	95,56	68,36	27,2	2,26
2022.10.24 11:45	95,56	68,28	27,28	2,35
2022.10.24 11:45	94,69	68,25	26,44	2,35
2022.10.24 11:46	93,84	68,13	25,71	2,33
2022.10.24 11:46	93,24	67,86	25,38	2,33
2022.10.24 11:47	92,66	67,48	25,18	2,3
2022.10.24 11:47	92,19	67,13	25,06	2,3
2022.10.24 11:48	91,79	66,81	24,98	2,31
2022.10.24 11:48	91,33	66,47	24,86	2,31

2.5 melléklet: A 2. 15 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért hőmérsékletváltozás

15 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.24 12:03	76,31	57,86	18,45	2,5
2022.10.24 12:03	75,98	57,68	18,3	2,5
2022.10.24 12:04	75,63	57,49	18,14	2,53
2022.10.24 12:04	75,22	57,28	17,94	2,53
2022.10.24 12:05	74,64	57,4	17,24	2,59
2022.10.24 12:05	73,99	58,68	15,31	2,59
2022.10.24 12:06	73,3	60,16	13,14	2,57
2022.10.24 12:06	72,62	61,1	11,52	2,57
2022.10.24 12:07	71,93	61,61	10,32	2,64
2022.10.24 12:07	71,54	61,75	9,79	2,64
2022.10.24 12:08	71,4	61,66	9,74	2,56
2022.10.24 12:08	71,64	61,41	10,23	2,56
2022.10.24 12:09	72,38	61,1	11,28	2,65
2022.10.24 12:09	73,33	60,78	12,55	2,65
2022.10.24 12:10	74,55	60,53	14,02	2,45
2022.10.24 12:10	75,72	60,4	15,32	2,45
2022.10.24 12:11	76,91	60,43	16,48	2,65
2022.10.24 12:11	77,72	60,34	17,38	2,65
2022.10.24 12:12	79,52	60,03	19,49	2,45
2022.10.24 12:12	81,09	59,54	21,55	2,45

2022.10.24 12:13	82,69	59,97	22,72	2,19
2022.10.24 12:13	83,86	60,37	23,49	2,19
15 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.24 12:14	84,75	60,75	24	2,03
2022.10.24 12:14	85,17	61,16	24,01	2,03
2022.10.24 12:15	85,31	61,72	23,59	2
2022.10.24 12:15	85,31	62,33	22,98	2
2022.10.24 12:16	85,34	63,03	22,31	2,02
2022.10.24 12:16	85,45	63,73	21,72	2,02
2022.10.24 12:17	85,71	64,36	21,35	2,07
2022.10.24 12:17	86,02	64,81	21,21	2,07
2022.10.24 12:18	86,44	65,16	21,28	2,04
2022.10.24 12:18	86,96	65,45	21,51	2,04
2022.10.24 12:19	87,59	65,69	21,9	2,02
2022.10.24 12:19	88,17	65,86	22,31	2,02
2022.10.24 12:20	88,84	66,08	22,76	2,01
2022.10.24 12:20	89,42	66,33	23,09	2,01
2022.10.24 12:21	90,05	66,61	23,44	2,04
2022.10.24 12:21	90,56	66,88	23,68	2,04
2022.10.24 12:22	91,11	67,19	23,92	1,9
2022.10.24 12:22	91,57	67,53	24,04	1,9
2022.10.24 12:23	91,97	67,92	24,05	1,92
2022.10.24 12:23	92,32	68,27	24,05	1,92
2022.10.24 12:24	92,73	68,64	24,09	1,98
2022.10.24 12:24	93,06	68,98	24,08	1,98
2022.10.24 12:25	93,39	69,38	24,01	1,95
2022.10.24 12:25	93,68	69,72	23,96	1,95
2022.10.24 12:26	94,06	70,09	23,97	2,05
2022.10.24 12:26	94,4	70,37	24,03	2,05
2022.10.24 12:27	94,81	70,64	24,17	2,02
2022.10.24 12:27	95,22	70,84	24,38	2,02
2022.10.24 12:28	95,66	71,07	24,59	2,02
2022.10.24 12:28	96,07	71,29	24,78	2,02
2022.10.24 12:29	96,46	71,59	24,87	2,08
2022.10.24 12:29	96,77	71,85	24,92	2,08
2022.10.24 12:30	97,15	72,18	24,97	2,15
2022.10.24 12:30	97,45	72,48	24,97	2,15
2022.10.24 12:31	97,76	72,77	24,99	2,2
2022.10.24 12:31	98,01	73,02	24,99	2,2
2022.10.24 12:32	98,31	73,29	25,02	2,23
2022.10.24 12:32	98,56	73,5	25,06	2,23

2.6 melléklet: A 3. 15 Pa huzaterősségnél végzett vizsgálat során mért hőmérsékletváltozás

15 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.24 13:03	82,38	68,09	14,29	2,27
2022.10.24 13:03	82	67,94	14,06	2,27
2022.10.24 13:04	81,63	67,75	13,88	2,3
2022.10.24 13:04	81,25	67,55	13,7	2,3
2022.10.24 13:05	80,86	67,33	13,53	2,22
2022.10.24 13:05	80,42	67,08	13,34	2,22
2022.10.24 13:06	79,97	66,84	13,13	2,26
2022.10.24 13:06	79,36	66,58	12,78	2,26
2022.10.24 13:07	78,77	66,27	12,5	2,23
2022.10.24 13:07	78,09	64,3	13,79	2,23
2022.10.24 13:08	77,56	61,6	15,96	2,18
2022.10.24 13:08	77,31	59,85	17,46	2,18
2022.10.24 13:09	77,52	58,95	18,57	2,26
2022.10.24 13:09	78,06	58,37	19,69	2,26
2022.10.24 13:10	78,84	58,03	20,81	2,21
2022.10.24 13:10	79,73	57,77	21,96	2,21
2022.10.24 13:11	80,34	57,65	22,69	2,36
2022.10.24 13:11	80,58	57,72	22,86	2,26
2022.10.24 13:12	80,53	57,89	22,64	2,27
2022.10.24 13:12	80,39	58,14	22,25	2,27
2022.10.24 13:13	80,33	58,34	21,99	2,29
2022.10.24 13:13	80,33	58,5	21,83	2,29
2022.10.24 13:14	80,42	58,56	21,86	2,28
2022.10.24 13:14	80,7	58,62	22,08	2,28
2022.10.24 13:15	81,09	58,59	22,5	2,3
2022.10.24 13:15	81,55	58,56	22,99	2,3
2022.10.24 13:16	81,97	58,56	23,41	2,29
2022.10.24 13:16	82,39	58,59	23,8	2,29
2022.10.24 13:17	82,75	58,75	24	2,26
2022.10.24 13:17	83,19	58,9	24,29	2,26
2022.10.24 13:18	83,5	59,06	24,44	2,37
2022.10.24 13:18	83,8	59,23	24,57	2,37
2022.10.24 13:19	84,03	59,44	24,59	2,29
2022.10.24 13:19	84,22	59,66	24,56	2,29
2022.10.24 13:20	84,44	59,85	24,59	2,37
2022.10.24 13:20	84,69	59,98	24,71	2,37
2022.10.24 13:21	84,95	60,09	24,86	2,38
2022.10.24 13:21	85,3	60,22	25,08	2,38
2022.10.24 13:22	85,58	60,34	25,24	2,37

15 Pa	Kilépő vízhőm.	Belépő víz hőm.	Különbség	Térfogatáram
Mérés ideje	°C	°C	°C	m ³ /s
2022.10.24 13:22	85,83	60,51	25,32	2,37
2022.10.24 13:23	86,02	60,71	25,31	2,29
2022.10.24 13:23	86,27	60,95	25,32	2,29
2022.10.24 13:24	86,44	61,16	25,28	2,29
2022.10.24 13:24	86,66	61,32	25,34	2,29
2022.10.24 13:25	86,9	61,48	25,42	2,28
2022.10.24 13:25	87,21	61,61	25,6	2,28
2022.10.24 13:26	87,54	61,68	25,86	2,39
2022.10.24 13:26	87,84	61,75	26,09	2,39
2022.10.24 13:27	88,1	61,85	26,25	2,4
2022.10.24 13:27	88,42	61,99	26,43	2,4
2022.10.24 13:28	88,68	62,14	26,54	2,31
2022.10.24 13:28	88,97	62,33	26,64	2,31
2022.10.24 13:29	89,2	62,48	26,72	2,32
2022.10.24 13:29	89,42	62,64	26,78	2,32
2022.10.24 13:30	89,55	62,76	26,79	2,28
2022.10.24 13:30	89,61	62,9	26,71	2,28
2022.10.24 13:31	89,64	63,03	26,61	2,33
2022.10.24 13:31	89,64	63,17	26,47	2,33
2022.10.24 13:32	89,61	63,31	26,3	2,38
2022.10.24 13:32	89,61	63,43	26,18	2,38

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: HORVÁTH BÓROND
A Hallgató Neptun kódja: HK9646
A dolgozat címe: Biomassza tüzelésű kazán beüzemelési anyag kibocsátásának és teljesítményének vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Környezettudományi Intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év április hó 28 nap

Horváth Bóron
Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A HORVÁTH BOTOND (név) (hallgató Neptun azonosítója: H193446)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi
források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védelemre
javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023 év APRILIS hó 28 nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.