

Nyugat-Magyarországi Egyetem

Doktori értekezés tézisei

**EMISSZIÓS VIZSGÁLATOK HASZNÁLT FORGÁCSLAPRA
—
AZ ÉGETÉS KÖRNYEZETI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE**

Széll Andrea

Sopron

2007.

**Nyugat-Magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar**

Doktori értekezés tézisei

**EMISSZIÓS VIZSGÁLATOK HASZNÁLT FORGÁCSLAPRA
—
AZ ÉGETÉS KÖRNYEZETI SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE**

Széll Andrea

Sopron

2007.

DOKTORI ISKOLA: Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola

PROGRAM: Környezettudomány

ALPROGRAM: K1 - Környezetpotenciál-elemzés

TÉMAVEZETŐ: dr. Schöberl Miklós ny. egy. docens

A KUTATÓMUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEI

A Föld a XXI. század elején súlyos problémákkal került szembe. A népesség drasztikus (nem egyenletes) növekedése, az élőhelyek beszűkülése, a sokszínűség csökkenése, a mindent elborító hulladék, a tiszta levegő-föld-víz korlátozott elérhetősége, az ózonréteg pusztulása és a társadalmi feszültségek orvoslása nagy kihívást jelent az emberiség számára.

Az összefogás szükségességét és eredményességét mutatja a nemzetek közösségebe tömörülése, világkonferenciák sorozatos rendezése, a problémákra adandó válaszok regionális-globális hatásainak vizsgálata és a földrajzi határok fokozatos elmosódása - a globalizáció térnyerése.

Magyarország az Európai Unió közösségéhez két éve csatlakozott. Azóta a gazdaság, a termelés és fogyasztás, a környezetvédelem területén megnövekedtek az elvárások, szigorodtak az előírások. Korszerűbb, tisztább és élhetőbb körülmények megteremtése szükséges a fenntartható fejlődés alapelveivel összhangban - az egyéntől a nemzetek egészéig.

A pazarló és túlméretezett fogyasztás csökkentése az egyik nagy kihívása a XXI. századnak - az erőforrások megőrzése az emberiség fennmaradásának alapfeltétele. Ezért törekedni kell a fosszilis anyagok használatának csökkentése mellett a megújuló energiaforrások feltérképezésére és intenzívebb hasznosítására, ehhez viszont új technológiákat kell bevezetni és a régiéket korszerűsítését kell megoldani. Magyarországon pillanatnyilag a fa, mint megújuló erőforrás bír a hasznosítás terén a legnagyobb lehetőséggel.

A fa, mint természetes és környezetbarát nyersanyag, évezredek óta kíséri az ember útját. Az ősember a fából hajlékot épített, tüzénél melegedett, húst süített és fényével elriasztotta a kóborló vadállatokat. A mai kor embere a fából épületeket emel, az iparban félkész és késztermékeket állít elő, a tábortűznél melegszik és húst süt, hulladékát pedig sokoldalúan hasznosítja.

A keletkező hulladékok és másodlagos nyersanyagok értelmes, korszerű felhasználása a recycling, a gyártásba történő visszavezetés, az energia kinyerése és hasznosítása.

Az erdőből kikerülő faanyag közel fele energiájában hasznosul (a másik feléből az elsődleges és másodlagos faipar állít elő használati termékeket). A megjelenő fatüzelésű erőművek folyamatos és nagy mennyiségű faanyagot igényelnek működésükhöz, ami konfliktus forrása a faipar érdekeit tekintve.

Nemcsak az erdőből és a fa megmunkálása során keletkezik jelentős mennyiségű fahulladék, hanem az ipar is jelentős termelője. Amióta a gyengébb faválasztékok és fahulladékok feldolgozásával a forgácslap- és farostlemezipar létrejött, a fahulladék 'piacon' megjelentek a laplemezekből és -termékekből keletkező hulladékok, amelyek nem tiszta faanyagból állnak, tekintettel a hozzájuk adott, többnyire kémiai adalékanyagokra. Ezért ezek újrahasznosítása, ártalmatlanítása és elégetése fokozottabb körültekintést, megfelelő szakmai és jogi szabályozást igényel.

Szerző a disszertációban a forgácslap alapanyagból készült, elhasznált termékek energiájukban történő újrahasznosításának vizsgálatát tűzte ki célul, hazai viszonyok között reprezentatíven a kis bemenő hőteljesítményű kazánok vizsgálatával és felhasználásával.

Szerző az alábbi kérdésekre kereste a választ:

- ❖ Milyen körülmények jellemzik ma a hazai kis teljesítményű tüzelőberendezések piacát? Milyen műszaki hatásfokkal és paraméterekkel üzemelnek a kazánok?
- ❖ Milyen falemez alapú termékek hasznosítására van lehetősége a kisvállalkozói és lakossági felhasználóknak?
- ❖ A keletkező laphulladékok milyen vegyi (veszélyesnek vagy nem veszélyesnek minősülő) anyagokkal társítottak, és ez hogyan befolyásolja energetikai hasznosításukat?
- ❖ Milyen kibocsátási értékek (emisszió) figyelhetők meg forgácslap elégetésekor?
- ❖ Milyen javaslatok kidolgozása célszerű a falemez-alapú hulladékok energetikai hasznosításának egyértelműsítéséhez és nemzetközi rendszerbe illesztéséhez?
- ❖ Milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a kisfelhasználók részére tüzelőberendezéseik korszerűsítésére?

ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

Szerző a kísérlet elvégzéséhez forgácslap alapú termék hulladékot gyűjtött be (a két hazai forgácslapgyártó vállalat által gyártott nyers és felületkezelt lapokból), kiválasztotta a reprezentativitás céljára megfelelő kazánt és az égetés során keletkező füstgázok emissziójának szabvány szerinti meghatározásához a Környezetvédelmi Felügyelőség Akkreditált Mérőlaboratóriumának berendezéseit vette igénybe.

A mintákat előzetes laborvizsgálatoknak vetette alá és meghatározta fűtőértéküket, nedvességtartalmukat, valamint pirolízis vizsgálatok során a keletkező szilárd, folyékony és gáznemű termékek összetételét. A kazán számára megfelelő méretre aprítás és homogenizálás után történt a minták eltüzelése.

ALKALMAZOTT MÉRÉSI MÓDSZEREK

1. A gázok térfogatáramának meghatározásához a dinamikus nyomás értékei a Prandtl-csőhöz csatlakoztatott DIGIMA LPU típusú elektronikus mikromanométerrel kerültek mérésre, a szabvány szerinti mérési pontokon a Prandtl-csővet befelé és kifelé mozgatva.

A statikus nyomás értékének meghatározásához is ez a műszer volt használatos.

Vonatkozó szabványok: MSZ 21853-1:1976, MSZ 21853-2:1998, MSZ ISO 9096:1994

2. A gáz hőmérséklete JUMO TDat-74/1 típusú hőmérővel lett mérve, amelyhez Ni-Cr-Ni hőelem csatlakozott.

3. A gáz nedvességtartalmának meghatározása kifagyasztásos módszerrel történt. A leszívott mintagáz nedvességtartalmát lekondenzáltatva megmérésre került a kondenzátum tömege és a mintagáz térfogata. Ezekből az adatokból került kiszámításra a gáz nedvességtartalma.

4. A füstgáz szilárd anyag tartalmának mérése gravimetrikusan, szakaszos mintavétellel történt. A STRÖHLEIN STE 4 típusú, porhüvelyes szűrőfejjel szerelt szondában Schleicher-Schuell 603 G minőségű szűrőanyag volt. A szilárd anyag koncentráció a leválasztó szűrőanyag tömegnövekedéséből és a leszívott részgázáram mennyiségének méréséből került kiszámításra.

Vonatkozó szabvány: MSZ EN 13284-1

5. A gázban lévő oxigén koncentrációjának mérése folyamatos mintavételezéssel a SERVOMEX cég által gyártott 0420 típusú, a paramágneses szuszceptibilitás érzékelésén alapuló műszerrel történt.

Vonatkozó szabvány: MSZ 21853-27:1993

6. A gáz szén-dioxid koncentrációjának időben folyamatos meghatározására a SERVOMEX cég által gyártott 1420B típusú, az infravörös fény abszorpciójának érzékelésén alapuló műszer került alkalmazásra.

Vonatkozó szabvány: MSZ 21852-19:1981

7. A gáz szén-monoxid koncentrációjának időben folyamatos meghatározására M-48H típusú a THERMO ENVIROMENTAL INSTRUMENTS HC által gyártott, az infravörös fény abszorpciójának érzékelésén alapuló műszer került alkalmazásra.

Vonatkozó szabvány: MSZ 21853-8:1977

8. A gáz kén-dioxid tartalmának meghatározására időben folyamatos mintavételezéssel, Thermo Environmental Instruments Model 40 típusú fluoreszcenciás gázelemző volt használatos. A fluoreszcenciához szükséges gerjesztési energiát impulzus üzemű, UV-fényt emittáló lámpa szolgáltatja, amely a kén-dioxid 230 - 190 nm abszorpciós sávjában sugároz.

Vonatkozó szabvány: MSZ 21853-6:1984

9. A gáz nitrogén-oxidok ($NO+NO_2$) koncentrációját Thermo Environmental Instruments Model 42 típusú műszer mérte.

A nitrogén-monoxid ózon hatására gerjesztett állapotú nitrogén-dioxiddá alakul. A gerjesztett molekulák jellemző hullámhosszúságú fényenergia kisugárzása közben jutnak alapállapotba. A kisugárzott energiát a műszer elektromos jellé alakítja át. A jel arányos a gázminta nitrogén-monoxid, illetve nitrogén-oxidok koncentrációjával. A nitrogén-oxidok koncentráció összegének méréséhez a gázminta nitrogén-dioxid tartalmát nitrogén-monoxiddá kell alakítani. A konverter a műszerbe van építve.

Vonatkozó szabvány: MSZ 21853/9:1978

10. A gázok elégetlen szén-hidrogén tartalmának koncentrációját BERNATH-ATOMIC gyártmányú, 3005 típusú műszer mérte. A műszer mérőkamrájában H_2 -láng ég. Az égéshez szükséges levegőt a műszer megtisztítja, a láng hatására a szén-hidrogének ionizálódnak. A mérőkamra mágneses erőtere ionáramot gerjeszt, amelyet a FID detektor érzékel és

elektromos jellé alakít. A műszer a mért értéket *propán* egyenértékben adja meg.

Vonatkozó szabvány: MSZ 13107:1985

Az analizátorok a vizsgálat előtt hitelesített anyagmintákkal kalibrálásra kerültek.

TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

A forgácslap alapú, elhasznált fatermékek égetése során, valamint a kiértékelés elvégzése után a következő téziseket fogalmaztam meg:

1. Megállapítom, hogy a hazai kis névleges bemenő hőteljesítményű ($< 140 \text{ kW}_{\text{th}}$) tüzelőberendezések többségének műszaki állapota nem felel meg sem a hazai, sem az EU által elvárt minőségi szintnek, a szabályozatlanságból és a műszaki paraméterek nem kellő alaposságú megválasztása miatt az égetés során a távozó füstgázok koncentrációja igen magas, a szén-monoxid értékek a mérőműszer felső mérési határát is túlléphetik.

A légszennyezés mértéke ebből következően nagy, nemcsak környezeti, hanem egészségügyi problémák is felléphetnek a tüzelőberendezés tartós használata során.

2. Megállapítom, hogy forgácslap alapú termék tüzelőberendezésben való energetikai hasznosítását és a távozó füstgáz összetételét nagyban befolyásolja, hogy milyen faalapanyagból és segédanyagok hozzáadásával készült.

Az Interspan főleg fenyő és nyár, a Falco pedig lombos faalapanyagból állít elő forgácslapot. A falemezek színében és térfogati sűrűségbeli különbségén túl eltérés mutatkozik a fenyőben lévő gyantatartalom miatt az égési tulajdonságokban: a gyantatartalom kismértékben emeli a fa fűtőhatását és a „kék köd”-jelenség kialakulását.

A kaloriméteres vizsgálatok során a négyféle laplemez fűtőérték és egyéb adatai a következőkben foglalhatók össze: a laminátos forgácslap fűtőértéke (a laminát miatt) magasabb a nyersnél, átlagosan 1-2 MJ/kg-mal. A minták bombakén tartalma (amely nem fa-eredetű) 1 % körüli, jelentős érték és a hozzáadott edzőből származik.

3. A fában gyakorlatilag nincs kén. Megállapítom, hogy az alkalmazott edzőnél (ammónium-szulfát) minőség- és koncentrációbeli különbség lép fel, (a különböző hazai gyárak falemezei esetén) az égetés során a füstgázban megjelenő (és fatüzelésnél nem jellemző) kén-dioxid gáz fő forrása tehát a hozzáadott edző.

4. Méréseim alapján megállapítom, hogy a két hazai gyár forgácslapjaiban jelen lévő kénmennyiség eltérő, tehát a kén-dioxid emisszió is különbözik: I_n -minta átlagos koncentrációja $46,39 \text{ mg/m}^3$, F_n -minta átlagos koncentrációja $141,9 \text{ mg/m}^3$.

Felületkezelt mintáknál: I_l -minta átlagos koncentrációja $49,66 \text{ mg/m}^3$, F_l -minta átlagos koncentrációja $467,83 \text{ mg/m}^3$.

5. Forgácslaptermék pirolízise során a következő értékeket és anyagokat mértem a $800 \text{ }^\circ\text{C}$ -on elvégzett művelet során (F - Falco, I - Interspan):

F-mintáknál faszén formában az anyag egyötöde maradt vissza. 56-58 m/m% alakult át 4,2-es pH-jú folyadékká és a keletkezett gázok összetétele az alábbi: több, mint 50 % etilén, 10 % propilén, natúr mintánál 7,5 % metán és 5,4 % C_4 telített, laminátosnál 22 % metán és 10,5 % C_4 telített.

I-mintáknál faszén formában az anyag körülbelül egyhatoda maradt vissza. 54-56 m/m% alakult át 4,2-es pH-jú folyadékká és a keletkezett gázok összetétele az alábbi: több, mint 50 % etilén, natúr mintánál 10,8 % metán és 15,7 % propilén, laminátosnál 18,69 % metán és 10,42 % propilén.

6. Megállapítom, hogy a kísérletben résztvevő tüzelőberendezésben a füstgázok tartózkodási ideje rendkívül alacsony (tized másodpercek a 2 másodperces minimum helyett), ezért a tüzelőberendezés konstrukciós változtatása (pl. tüztér fajlagos felületének növelése) elengedhetetlen ahhoz, hogy megvalósuljon a tökéletes égés és alacsony értéken tartható legyen a fatüzelés emissziója (elsősorban az NO_x , C_xH_y , CO esetén).

A szakaszos helyett folyamatos tüzelőanyag beadagolás és a λ -szám 1-2 közötti, optimálisához közeli tartása (primer és szekunder levegő szabályozott hozzáadása és füstgázventilátor működésének paraméterezése) hozzájárulhat a tökéletes égés körülményeinek megteremtéséhez.

7. Megállapítom, hogy a tüztér ajtajának működés közben történő nyitása, a nem homogén mintából történő, szakaszos tüzelőanyag-beadagolás és az égéslevegő szabályozatlan hozzáadása elsősorban a füstgáz szén-hidrogén és szén-monoxid koncentrációját jól nyomon követhetően megemeli; Falco-mintáknál (az égési folyamat szabályozatlanságából adódóan) a szén-hidrogén értékek 2000-3000 mg/m³, a szén-monoxid értékek 6000-11000 mg/m³ értékek körül változtak. Ugyanezek az értékek Interspan-mintáknál 100-1200, illetve 1800-4200 mg/m³ körüli értékeknek adódtak. A teendő: faanyagra megállapított optimális égéslevegő, valamint szabályozott tüzelőanyag-beadagolás alkalmazása, ezen kívül a tüzelőberendezés műszaki paramétereinek fatüzelésre történő beoptimalizálása elengedhetlen a környezetkímélő égetés megvalósításához.

8. Megállapítom, hogy a hazai törvényhozásból hiányzik egy, kizárólag a fa és fahulladékokkal foglalkozó jogszabály, amely egyértelműsítene a különböző fahulladék kategóriákat, a veszélyességet (ebből következően a hasznosítási lehetőségeket) jelentő adalékanyagok körét és koncentrációját. Ma a nyers vagy laminátos forgácslap (a német szabályozásban A II kategória) égetése a károsabb fahulladékokkal egy megítélés alá kerül, ami a kisvállalkozók/háztartások számára súlyos probléma.

9. Az asztalos és faipari vállalkozók (és a háztartások) által használt kis teljesítményű kazánokra nincsenek (differenciált módon sem) előírva a kibocsátási határértékek a berendezés teljesítménye alapján. Az elvégzett mérések alapján - a megfelelő konstrukcióval rendelkező és hitelesített tüzelőberendezések forgalomba hozatala után - paraméterezhetővé válhat a kiskazánok füstgáz emissziója, ezáltal a környezetszennyezés mértéke csökkenthető.

A kibocsátási határértékek megadása és a fahulladékok kategorizálása elengedhetetlen, a hazai viszonyokra adaptálva - javaslatom a német szabályozás átvétele.

PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ SZAKMAI CIKKEK

Széll A. (2001): Szakmai (?) viták elmélet és gyakorlat között... Magyar Asztalos és Faipar 11. sz. p. 148.

Schöberl M. - Széll A. (2002): Fa és fahulladékok égetése 1. Magyar Asztalos és Faipar 10. sz. p. 129.

Schöberl M. - Széll A. (2002): Fa és fahulladékok égetése 3. Magyar Asztalos és Faipar 12. sz. p. 152.

Széll A. (2003): Fa és fahulladékok égetése 4. Magyar Asztalos és Faipar 3. sz. p. 172.

KONFERENCIA-ELŐADÁSOK ÉS KIADVÁNYOK

Széll A. (2002): Különböző faanyagok és faalapú termékek fűtőértékének meghatározása kaloriméterrel. Sopron, NyME, EMK. Doktori beszámoló előadás. 2002. május 9.

Széll A. (2003): Különböző faanyagok és faalapú termékek fűtőértékének meghatározása kaloriméterrel. A Magyar Tudomány Napja 2002, a Kémiai Intézet Tudományos Ülése. NyME, EMK. Sopron, lektorált kiadvány. pp. 111-114.

Széll A. - Schöberl M. (2005): Forgácslapgyártás ökomérlegeinek összehasonlítása az EU különböző országaiban. „Real competition - Competition in sharp”. NyME, Mezőgazdaság- és Élelmiszeripari Kar, Mosonmagyaróvár, konferencia kiadvány. p. 93.

A. Széll - M. Schöberl (2005): Vergleichung Ökobilanzen von Spanplattenherstellung in den verschiedenen Staaten der EU. „Real competition – Competition in sharp”. NyME, Mezőgazdasági- és Élelmiszeripari Kar, Mosonmagyaróvár, nemzetközi konferencia kiadvány. p. 93.

Széll A. - Schöberl M. (2005): Forgácslapgyártás ökomérlegeinek összehasonlítása az EU különböző országaiban. „Real competition - Competition in sharp”. NyME, Mezőgazdaság- és Élelmiszeripari Kar, Mosonmagyaróvár. Poszter.

Széll A. (2005): Forgácslap életútjának bemutatása ökomérleg segítségével. I. életciklus konferencia. Szeged, MTA. 2005. március 11.

Széll A. (2005): Forgácslap életútjának bemutatása ökomérleg segítségével. I. életciklus konferencia. Szeged, MTA, kiadvány. pp. 40-41.

JEGYZET, SEGÉDLET

Széll, A. (2006): Életciklus-elemzés elméletben és gyakorlatban. NyME-EMK, Sopron, p 40.

EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

Nagy, T. - Pájer, J. - Polgár, A. - Széll, A. (2006): A környezetvédelmi teljesítményértékelés és a KIR alkalmazásának fejlesztése (tanulmány). KKK-Sopron, KHV Főirány.

Pájer, J. et al. (2005): A környezetvédelmi engedélyezés követelményei, gyakorlata és a fejlődés iránya (tanulmány). KKK-Sopron, **Széll A.** társszerző, p 69.

PUBLIKÁCIÓK MEGJELENÉS ALATT

Széll A. (2006): Forgácslap alapú termék hulladékának kisteljesítményű tüzelőberendezésben történő elégetésének vizsgálata. Lektorált publikáció. (folyamatban)

Széll A. (2006): Országos felmérés a hazai, faalapanyagot felhasználó tüzelőberendezések általános műszaki paramétereiről, hatásfokáról és a kibocsátott szennyezőanyagok mennyiségéről. (megjelenés alatt)

Széll A. (2006): Az életciklus-elemzésben rejlő kihívások az uniós direktívák tükrében - a faiparban keletkező hulladékok anyag- és energiamérlegének vizsgálata, a környezeti hatások mérséklésének lehetőségei. II.életciklus konferencia, Miskolctapolca. (folyamatban)