

Biomassza- szén együtt-tüzelés erıművi alkalmazását támogató vizsgálatok. (Preliminary Investigations for Coal and Biomass Co-Firing in Power Generation) 2005. április

Szerzők: Pláveczky György VEIKI Rt. Tüzeléstechnikai és Környezetvédelmi Divízió
Varga Lajos ERBE Energetika Mérnökiroda Kft.

1. Bevezetés

A biomasszák erıművi méretű felhasználásának egyik lehetséges módja a széntüzelésű kazánokban alkalmazott biomassza póttüzelés. A szénportüzeléshez olyan kiegészítő technológia illesztése célszerű amely a biomasszák igen változó fizikai-kémiai jellemzőihez megfelelő.

A fluidizációs tüzelési technológia lehetőséget ad a bio-tüzelőanyagok méret, összetétel és égési tulajdonságokban jelentkező sajátosságainak kezelésére.

VEIKI Rt. hosszúidő óta foglalkozik fluidizációs tüzelési rendszerek fejlesztésével és megvalósításával. Az utóbbi időkben a biomasszák alkalmazási lehetőséget vizsgáltuk ennek kapcsán végeztünk kísérleteket a szén-biomassza együtt-tüzelés területén is.

2. Tüzeléstechnikai alap-vizsgálatok

Az optimális fluidizációs tüzelési feltételek megteremtéséhez, a minimális éghető veszteség eléréséhez szükséges a tüzelőanyag-szemcsék gyulladási - kiegészi folyamatok időbeli lefutásának ismerete. Ennek megismeréséhez fluidizációs égetési körülmények között vizsgáltuk a biomassza anyagok szemcsehalmazainak **kiégési idejét**. A befolyásoló jellemzők közül a térhőmérséklet és a füstgázáram oxigén tartalmának hatását kísértük figyelemmel. A vizsgálatok eredményeiről más előadásban ill. publikációban részletesen beszámolunk, most csak a bio-tüzelőanyagok néhány jellemző eredményeit mutatunk meg összehasonlítva szén-tüzelőanyagokra kapott adatokkal

MINTA	frakció méret: 1,0 – 1,25mm	frakció méret: 2,0 – 2,5mm
Energia nád	19 s	27 s
Energia fű	10 s	15 s
Fa-apríték	40	72
Petrolkocsz (száraz)	110 s	170 s
Petrolkocsz (nedves)	113 s	179 s
Márkushegyi szén	48 s	80 s
Nógrádi szén	61 s	102 s
Szénkeverék	55 s	92 s

1. Táblázat Égési idők
(895°C térhőmérséklet ; 6,35 t% füstgáz-oxigén tartalom)

Láthatóan az **energia-fű és -nád** teljes kiegészi ideje jelentősen rövidebb, mint bármely más tüzelőanyag fajtáé. A tapasztalatok szerint ezen rövid időtartamon belül a jelentősebb hányadot a kocszváz kiegészi jelenti, míg a 68% -72% részarányú illó kiegészi néhány másodpercet alatt megtörténik. A **fa-apríték** égési ideje lényegesen hosszabb, összemérhető a hasonló méretű szénszemcsékével. (A bemutatott értékek átlag adatok, a jelzett faapríték szemcse-frakcióra

érvényesek de a **nedvességtartalomtól** és a geometriai méretarányoktól is jelentősen függenek.)

3. Kísérleti berendezés

A fluidizáció-szénportüzelés kombinált rendszer átalakítás során a kazánban **biomassza - szén együtt-tüzelése** folyik. A kialakított fluidágóban a szénporégőkből kihulló szén szemcsék és a nagyméretű biomassza-apríték ég időben és térben egyszerre, míg a tüztér további részében a finom frakciójú szénpor és a bio-tüzelőanyag.

A várható kiegészítő és emissziós folyamatok megítélésére modellberendezésben végeztünk együtt-tüzelési kísérleteket egy rögzített szén - biomassza hőarány figyelembe vételével.

A berendezés fényképét a **1.ábra** mutatja be.

A kvarchomok anyagú fluidréteg indításához ill. fentartásához szükséges füstgáz áramot a készülék alján elhelyezkedő, PB - gáztüzelésű füstgáz generátor biztosítja.

A generátor teljesítménye fokozatmentesen változtatható, a réteghőfok és a füstgáz összetétele az ágyhűtéssel ill. a tüzelési légfelesleg beállításával módosítható. A fluidágy állandó keresztmetszetű térrészben részén igen egyenletes füstgáz sebesség eloszlás elérését teszi lehetővé melybe a szemcsék egy része lebegve ég el, frakciók felső határán levők pedig a fluidágy felszínén mozognak.

A fluidágy sűrű fázisa fölött – „freeboard” tölcészerűen bővülő térben - szekunder levegő bevezetésre van lehetőség, amellyel a füstgáz hőmérséklete és összetétele és sebessége módosítható. A biomassza beadagolása a szekunder levegő magasságában történik, a szén tüzelőanyag bevitelre közvetlenül a fluidréteg felszíne közelében van lehetőség.

A kísérleti berendezésben füstgáz áram nagysága úgy van megválasztva, hogy a tüzelőanyagok jellemző méretére számított lebegtetési sebesség alakuljon ki a beadagolást követő szakaszokban. Mivel a teljes égető tér a füstgáz áram irányában kissé növekvő keresztmetszetű biztosítva van, hogy a valóságban inhomogén méretű tüzelőanyag áram szemcséinek többsége a 6,5m hosszú tüztér-szakaszban maradjon.

Az égető tér végén kilépő füstgáz hűtőn és pernyeválasztón keresztül füstgáz elszívó ventilátoron át kerül a kéménybe. Az elszívás mértéke szabályozott, az égető térben ± 0 mbar nyomás-szint tartható.

A készülékben az egyenletes térhőmérsékletet hőszigeteléssel ill. az égőtérből kilépő füstgáznak a tér külső burkoló felülete köré történő visszafordításával értük el.

A berendezés magassága mentén, több szinten hőmérséklet mérési és füstgáz mintavételi lehetőség van kialakítva. Jelen vizsgálat során a füstgáz generátor kilépő keresztmetszete után, valamint az égető tér végén mértük az összetételt és hőmérsékletet. Az adatokat 1sec-os ciklusidővel számítógépes adatgyűjtő rögzítette.

Korábbi tapasztalataink alapján a megfelelő réteghőmérséklet megválasztása kritikus pontja a biomassza tüzelésnek. A kísérletek során ezért elsősorban ennek a paraméternek hatását kívántuk ellenőrizni az égés során képződő és tüztérből távozó szénmonoxid és nitrogénoxid füstgáz-összetevőkre. Az adott modell méretei és jellege a kibocsátások abszolút értékeinek biztonságos megítélésére nem adnak lehetőséget, de a technológiai paraméterek módosításai hatására kialakuló változási tendenciák jól nyomon követhetők.

A biomassza – szén együtt-tüzelés kísérleti fázisaiban a biomassza-szén tömegarányokat 9 -10 között állítottuk be azért, hogy az közelítse az NO_x –szegény üzemmódú szénportüzeléssel működő kazánok üzemi körülmények között előállót.

A kísérletek első fázisában a fluidágy hőmérsékletét változtattuk $550^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$ tartományban és az állandósult állapotban meghatároztuk a szénmonoxid és nitrogénoxid kibocsátások átlagértékét. Ezeket a vizsgálatokat a bio-tüzelőanyagok mellett szénkeverékkel

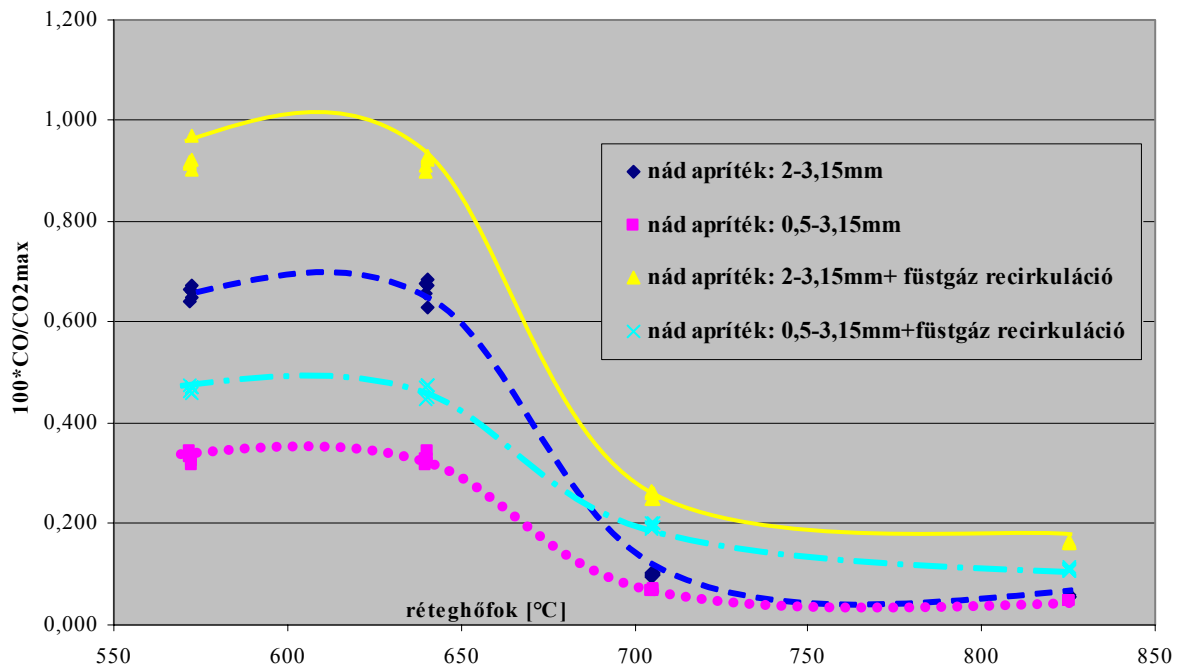
is elvégeztük úgy, hogy a fluidrétegbe azt a szén-méretfrakciót jutattuk be amely valóságos üzemi feltételek mellett várható. (0,5mm felett)

A kísérletek második fázisában a fluidrétegbe a vizsgáló berendezés végéről visszaszívott hideg füstgázt és levegő keverékét vezettünk és vizsgáltuk a hatását a kibocsátásokra.

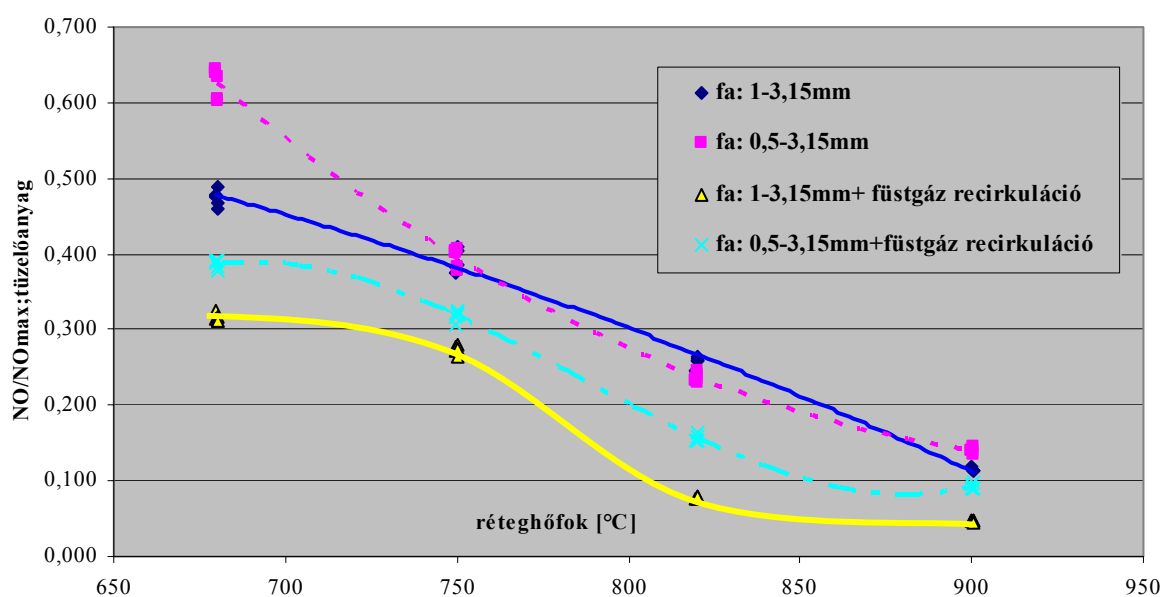
(A fluidágy hőmérsékletének kézbentartására ez az eljárás a gyakorlatban szokásos)

A mérések néhány jellegzetes eredményét a **2.-4. Ábrákon** mutatjuk be.

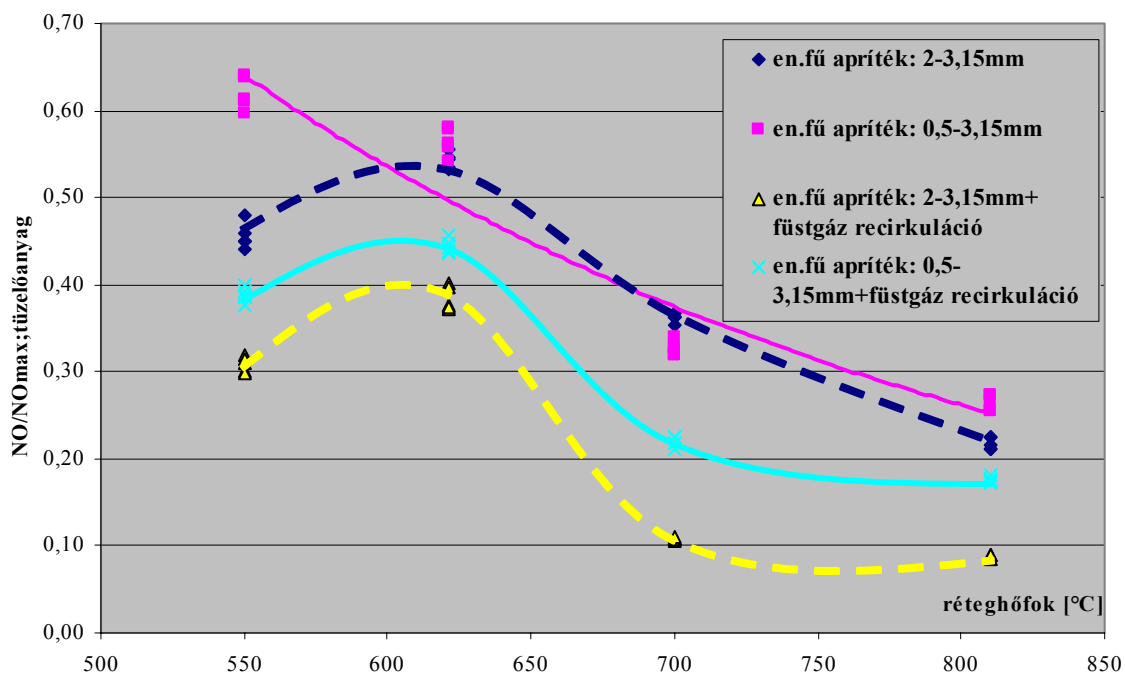
(Az ábrán megjelenített átlagértékeket a szénmonoxid adatoknál a tüzelőanyagra jellemző CO_{2max} értékével, a nitrogén oxidok esetében a tüzelőanyag kötött nitrogén tartalmából számított maximális NO értékkel normáltuk.



2. ábra A szénmonoxid képződés változása energianád – szén együtt-tüzelés esetén



3. ábra A nitrogénoxid képződés változása faapríték – szén együtt-tüzelése esetén



4. ábra Nitrogén oxid képződés változása energiafű - szén együtt-tüzelése esetén

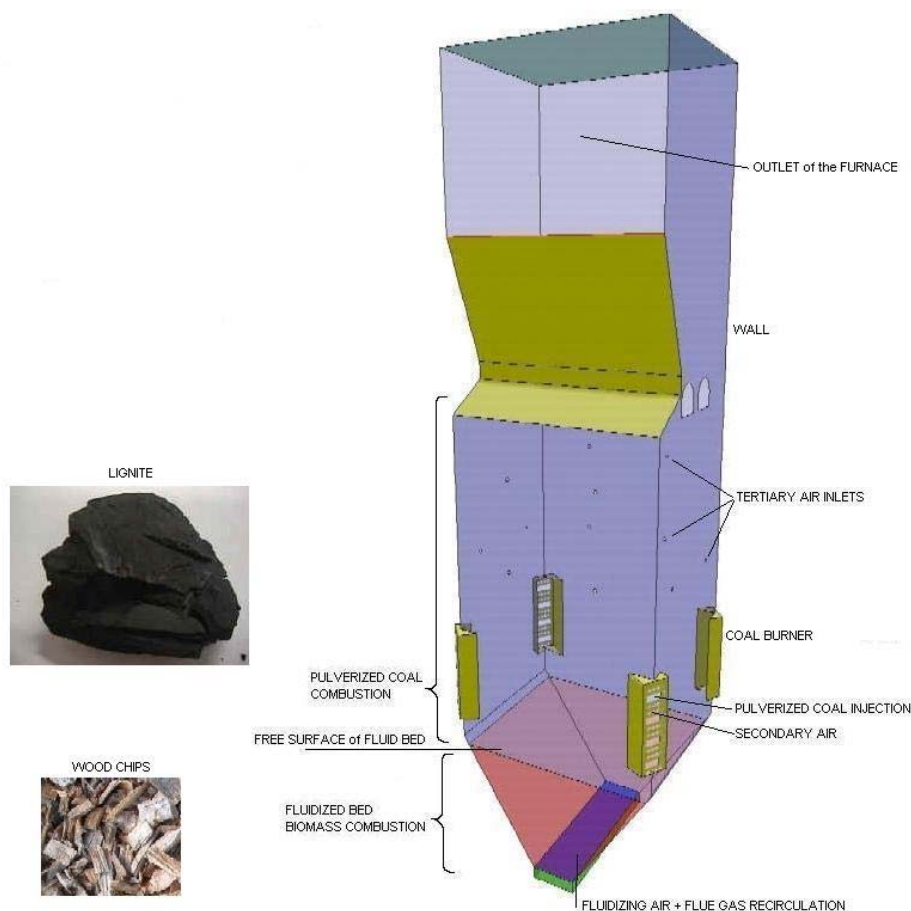
4. Következtetések

- **A széntüzelési állapotokban** a réteghőfok növekedése domináns módon csökkenti a szénmonoxid képződést ill. javítja annak kiegészét. A vizsgált tartományban – 750°C – 880°C – között a kezdeti érték heted részére csökkent a kibocsátás, de a hatás a magasabb hőmérsékleteknél kevésbé intenzív.
- A nitrogén oxidok keletkezése szintén mérséklődik a fluidágy hőmérsékletének növekedésével a 900°C alatti hőmérséklet tartományban. Irodalmi adatok hasonló eredményekről számolnak be a hagyományos széntüzelésű berendezéseknél is megjegyezve, hogy a jelenség kifejezetten a tüzelőanyag nitrogén tartalmának átalakulásával függ össze.
- Az energia fű és energia nád tüzelésekor szénmonoxid képződés mértéke és változása igen hasonló. A fa-apríték esetében a szénmonoxid képződési hajlam alacsonyabb hőmérsékleten fokozottabb, mint a többi tüzelőanyagnál.
- A szénmonoxid emissziót mindhárom tüzelőanyagnál a füstgáz recirkuláció növelte, de a hatás a réteghőmérséklet növekedésével intenzíven csökkent és 800°C fölött már nem volt domináns.
- A nitrogén oxidok képződése a biomassza tüzelőanyagok égésekor jellegüket tekintve igen hasonló, abszolút nagyságuk változó. A kötött nitrogéntartalom átalakulása a fatüzelés esetén némileg kisebb, az energia-fű égetésekor a legnagyobb. A réteghőmérséklet hatása jellegében megegyezik a széntüzelésnél tapasztaltakkal és 900°C-ig folyamatosan mérséklő tendenciát okoz.

- Az égési folyamatok befolyásolására megvalósított füstgáz-recirkuláció eltérő hatást fejt ki a szénmonoxid és nitrogén-oxid képződésnél. Az előbbi kiégését késlelteti, az utóbbi képződését korlátozza. Az üzemi berendezésnél kialakítása mindenképpen indokolt, mivel a biomasszák különböző égési jellemzőinek összehangolására, illesztésére a tüzelőberendezés felépítéséhez, a nitrogén oxid emisszió korlátozására hatékony eszköz.
- A mérések alapján kazán szénmonoxid ill. nitrogén oxid emissziójának abszolút nagysága a kísérleti berendezés sajátosságai miatt csak becsülhető. A várható értékekre jobb közelítést ad a mérési eredményeket figyelembe vevő, teljes tüzelési rendszerre kiterjedő számítógépes modellezés.

5. A biomassza-résztüzelés számítógépes modellezése

Egy széntüzelésű erőművi kazánban részleges biomassza tüzelést kívánunk megvalósítani. A teljes tüzelőhő 1/3-át szeretnénk biomasszával (faaprítékkal) bevinni. Ennek megvalósításához a kazán bizonyos mértékű átalakítása szükséges. Az eredeti sarokégős szénportüzelési módot megtartva, úgynevezett hibrid-fluid tüzelési rendszert tervezünk megvalósítani. A biomasszát a kazán alján kialakítandó fluid-ágyban tüzeljük el, míg a szenet továbbra is a meglévő szénporégők segítségével juttatjuk be a kazánba. (A szénporégők kialakítása változatlan marad, csupán terhelésük csökken.)



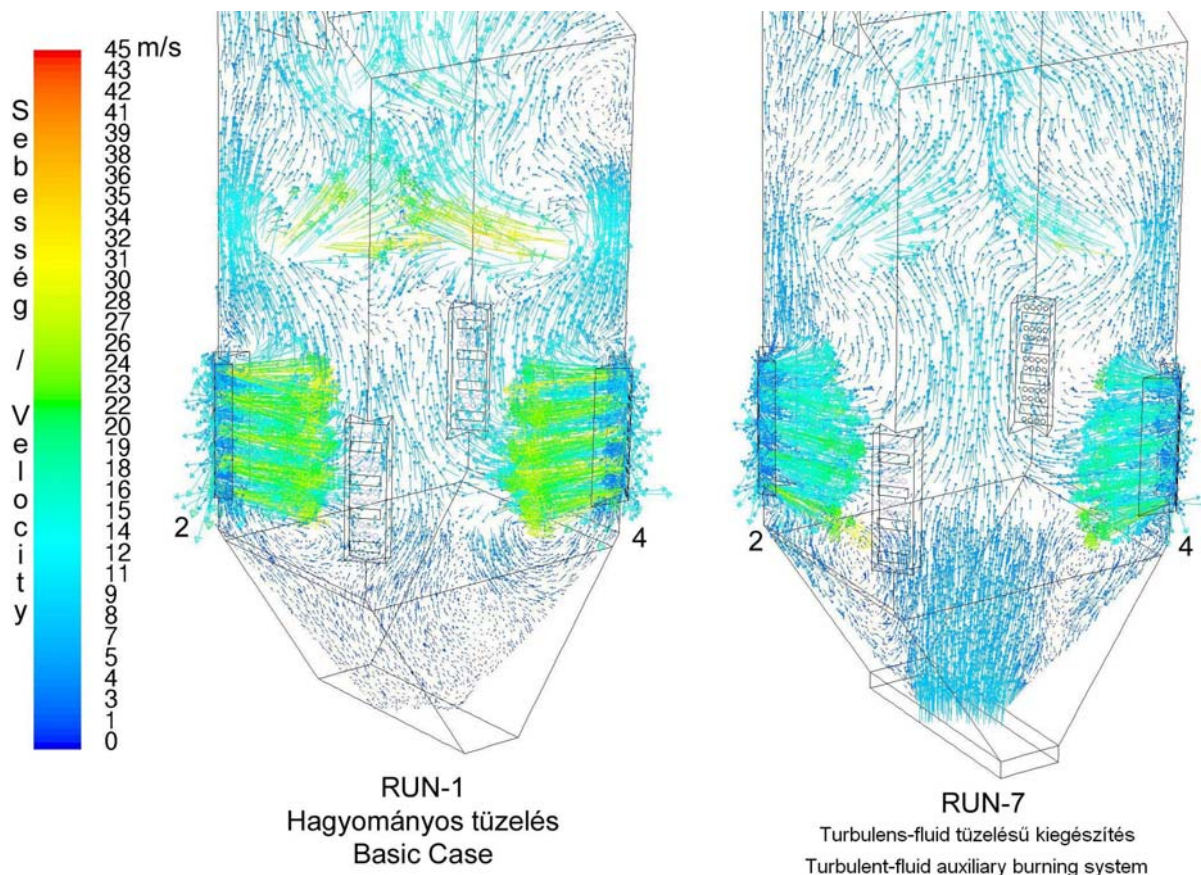
5. ábra Tüzelési rendszer felépítése szén-biomassza együtt-tüzelésnél

A tüzelési mód, illetve a tüzelőanyag egy részének kicserélése várhatóan lényeges változásokat idéz elő a kazán tüztéri eloszlásaiban, a hőleadásban, illetve a szennyezőanyag kibocsátásban. Ezeket a változásokat számítógépes modellezéssel, a FLUENT program felhasználásával prognosztizáljuk. Ezen túlmenően, a modellek alapján lehetőséget keresünk az átalakítás bizonyos tüzeléstechnikai paramétereinek optimalizálása.

A kazán eredeti szénportüzelésének modellje – a módosítások viszonyítási alapja – könnyedén előállítható, de a turbulens-fluid tüzelés modellezési nehézségeket okoz. Egyelőre nincs mód a nagy részecskesűrűségű fluid-ágy és a felette lévő térrészben kialakuló hagyományos szénportüzelés egyazon modellben való számítására. Ezért a vizsgálandó tüzteret két tartományra osztjuk: a fluid-ágyra, és a felette elhelyezkedő hagyományos szénportüzelésre. A két különböző vizsgálati tartományt a fluid-ágy felszíne választja el egymástól. A fluid-ágyban lejátszódó effektusokat a VEIKI által kifejlesztett algoritmus alapján számítjuk, az így kapott füstgáz jellemzői (mennyiség, hőmérséklet, összetétel) a fluid-ágy fölötti térrész modelljének bemenő adatai. Vagyis a két részmodell összekapcsolásával „kvázi turbulens-fluid tüzelési modellt” hoztunk létre.

Az elvégzett modellezés legfontosabb eredményei a következők:

- A biomassza tüzeléssel kiegészített kazánban egy függőlegesen felfelé haladó bio-füstgáz áramlás alakul ki, amely jelentős hatást gyakorol a szénporégők által létrehozott lángstruktúrára. A felfelé haladó áramlás falszerűen szinte két részre osztja a szénporégők lángstruktúráját. Az elválasztó hatás olyan erős, hogy a sarokégős tüzelésre jellemző spirális áramlás megszűnését okozza.



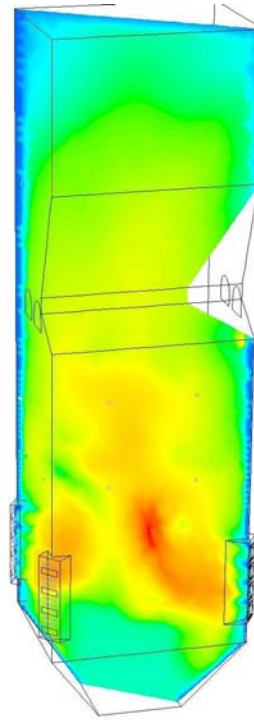
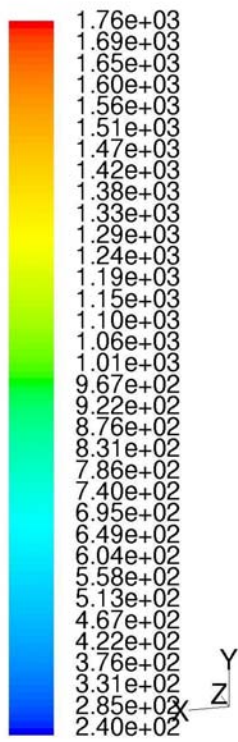
6. ábra Sebesség vektorok a tűztérbe (turbulens –fluid tüzelési rendszerű kiegészítés)

- A biomassza tüzelés esetén a tűztéri hőmérsékletek csökkenése miatt a membránfal teljes hőárama 12-15%-kal csökken.
- A kazán turbulens-fluid üzemre történő átalakításával a nitrogénoxid kibocsátás a jelenlegi állapothoz képest 19-26%-kal csökken. A csökkenés oka, hogy a nitrogénoxidok produkciójára domináns hatású hagyományos szénportüzelési zóna számára a biomassza tüzelés lényegében füstgáz recirkulációt jelent.

A biomasszát petrolkokszra cserélve további nehézség merül fel, mivel ebben az esetben a fluidágyból nem csupán füstgáz, hanem bizonyos mennyiségű éghető szilárd petrolkoks szemcse is átlép a hagyományos szénportüzelési részmodellbe. Ennek megfelelően két, különböző tulajdonságokkal rendelkező szilárd tüzelőanyag égésének együttes modellezésére van szükség, melyre a FLUENT program lehetőséget biztosít, azonban a számítási kapacitás igény kb. tízszeresre nő.

- A petrolkoks kiegészítő (kvázi turbulens-fluid) tüzelése esetén a salaktölcsér környezetében másodlagos petrolkoks égési zóna alakul ki, ami következtében a tűztéri inhomogenitás fokozódik a hagyományos szénportüzeléshez viszonyítva. Műszaki problémák lépnek fel: jelentősen megnő a fali hőáram maximális értéke, és a kazán nitrogénoxid kibocsátása, melyek következtében korlátozni kell a petrolkoks beviteli arányát.

A széntüzelésű erőművi kazán turbulens-fluidra történő átalakítását, valamint a biomassza-résztüzelés megvalósítását a VEIKI-ERBE együttműködésben kialakított megközelítési módszer megfelelő hatékonysággal képes támogatni.



7. ábra Füstgáz hőmérséklet eloszlása a tüztérben (szén-biomassza együtt-tüzelés)