

Litteraturstudie

F&U inden for halmforbrænding

Baggrund

Anvendelsen af halm til energiformål i Danmark tog for alvor fart i 1986, hvor regeringen indgik en aftale med elværkerne om opførelse af decentrale kraftvarmeværker med en el-effekt på i alt 450 MW – heraf 100 MW på biomasse, primært halm.

I 1993 indgik regeringen og elværkerne "Biomasseaftalen" om øget anvendelse af biomasse i energiforsyningen med særlig vægt på de centrale værker. Kraftværkerne forpligtede sig til anvendelse af 1,2 mill. tons halm og 0,2 mill. tons træflis fra år 2000. I 1999 var der igangsat eller planlagt projekter til ca. 0,6 mill. ton biomasse. I 2000 enedes partierne bag aftalen om at forlænge fristen til udgangen af 2005.

Til forskel fra den tidligere udbygning med decentrale kraftvarmeværker sker den nyere udbygning primært i de centrale værker, fyret alene med biobrændsel eller samfyret med kul, naturgas og olie. Det forventes at indsatsen i de kommende år vil fokusere på at sikre en fornuftig drift med biomasse på de centrale værker.

Status

Danmark indtager i dag en førerposition på verdensplan inden for anvendelse af halm til energiformål, specielt el-produktion, på grund af den tidlige satsning herpå og de særlige politiske og afgiftsmæssige forhold. Samtidig opbygget en bred viden på området, spændende fra brændelseskarakterisering over driftsforhold til emissioner.

F&U-indsatsen inden for biomasseforbrænding er sket gennem de sidste 20-25 år med støtte fra Energistyrelsens Energiforskningsprogram (EFP), Udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi (UVE) og senest PSO-programmet (som er dedikeret el-produktionsrelevante projekter). De gennemførte projekter har omhandlet brændelseskarakterisering og -logistik, forbrændingsoptimering, korrosion og belægningsdannelse, emissioner - herunder forbrændingsaerosoler - samt problematikken omkring askegenanvendelse.

I rapporten "Forskning og udvikling 2004" fra Elkraft System anføres dog, at "man endnu ikke har opnået at økonomien i disse anlæg (decentral kraftvarme) kan konkurrere direkte med fossile brændsler, og med de nuværende støtteordninger, og de relativt høje priser på biomasse, er interessen for en videre udbygning (i Danmark) ikke til stede". Til eksportmarkederne er der ikke tvivl om at der er perspektiv i udvikling af små og decentrale kraftvarmeanlæg med gode reguleringsegenskaber, lav miljøbelastning og fleksibel brændselsanvendelse.

Herhjemme er de igangværende aktiviteter specielt rettet mod anvendelse af biomasse til el-produktion på de centrale værker. Støtteværdige under PSO-program 2005 vedrørende forbrænding af biomasse og affald var eksempelvis kun projekter med sammenhæng til programmet for fuldskalademonstration. Kun undtagelsesvist igangsættes andre F&U-projekter. Desuden er affaldsforbrænding blevet opprioriteret i forhold til tidligere.

Udvalgte gennemførte/aktuelle F&U-projekter (efter område)

Belægningsdannelse

Optimering af belægningsfjernelse i biobrændselsfyrede kedler (PSO 3144). I dette projekt evalueres teknologier og "intelligente systemer" til belægningsfjernelse (2001-2003).

Belægningsopbygning og –nedbrydning i biomassefyrede kedler (PSO 4106). Undersøgelse af de grundlæggende mekanismer for opbygning/nedbrydning i biomassefyrede anlæg (2002-2005).

On-line alkali-monitoring og forsøg med brændselsadditiver på AVV2 (PSO 3203). Formålet er at afprøve et In-situ Alkali Continuous Monitoring System (fra Vattenfall) til overvågning af korrosionsforholdene i biomassefyrede kedler, samt at afprøve brændselsadditivers og samfyringsbrændsler indirekte påvirkning af korrosionshastigheden. Som samfyringsbrændsler anvendes naturgas og heavy fuel oil. Som additiv undersøges kulflyveaske (2003-2005).

Alternative additiver (PSO 4204). Afprøvning af diverse restprodukter som mask, separeret gylle, flyveaske m.m. i ristefyrede kedler på Køge Kraftvarmeværk, Enstedværket og Slagelse Kraftvarmeværk (2004-2007).

Improvement of electric energy efficiency of biomass fired boilers - supplier specific part (ENS 1373/00-0027). The objective of this research project is to improve the electric energy efficiency of biomass fired boilers (specifically straw). The main focus of the project is on deposit formation on walls and superheater surfaces, and their impact on local and overall heat transfer, as well as on boiler operation. Deposit formation in straw fired units constitutes a significant problem with respect to efficiency, plant availability and corrosion. This project will utilize existing and concurrently produced information on deposit formation in straw fired boilers to implement a numerical model of deposit formation for supplier specific superheater geometries. The deposition model will be used in full boiler simulations, including deposit formation and the impact this has on heat transfer. Prediction of deposit formation as a function of ash composition, superheater geometry and operating conditions, will be used to optimize plant layout with the purpose of minimizing the influence of deposits on efficiency, operational stability, plant availability and corrosion. The results of the project will be implemented in the design procedure for straw fired plants supplied by the industrial participant in the project (2000– 2002)

Joint project for biomass. Phase 1: particle transport and deposit properties (ENS 1373/01-0013). One of the prime factors affecting deposit formation in straw fired furnaces is the presence of particles, which are transported from the fuel bed through the furnace by a path governed by the interaction of the local conditions and the aerodynamic properties of the individual particles. When the particles leave the fuel bed, they are predominantly cylindrical in shape, and, during the transport to the top of the furnace, the combustion processes which were initiated at the fuel bed will be completed. The burnout state of a particle is important in order to determine the sticking propensity of the particle at impact. The project focuses on characterizing the aerodynamics of such particles, in order to be able to predict the impact location and impact state of these particles for deposit build-up studies. A second factor affecting

the sticking propensity is the state of the already formed deposit surface and its temperature at the impact location. These are also directly linked to the rate of heat transfer through the heat transfer surfaces, and the local wall conditions are thus essential operating parameters, as they govern the local rate of deposit growth. An improved understanding of the thermal properties of deposits is an outcome of this project, in order to quantify the influence of local deposit properties on thermal loading and stationary heat flux (2001 – 2002).

Korrosion

Lavtemperaturkorrosion i biomassefyrede anlæg (PSO 1175). Opstilling af hypotese for lavtemperaturkorrosion på baggrund af belægningsdannelse indeholdende hygroskopiske salte. Der er udviklet en termodynamisk model for bestemmelse af vandaktiviteten i simple systemer af sådanne salte. Der er udført beregninger, som viser ved hvilke temperaturer og vandaktiviteter i røggassen disse hygroskopiske salte bliver fugtige og dermed korrosive (1999-2002).

Korrosion i ristefyrede kedler med halm (PSO 3323). Der er fremstillet en sonde, der kan konstatere forekomsten af korngrensekorrosion og dennes afhængighed af temperatureffekter. Det er konstateret, at graden af korrosion på overhedere under stilstand er ubetydelig og ikke forårsager forstærket korrosion under drift (1999).

Undersøgelse af sammenhæng mellem forbrænding, belægningsdannelse, røggastemperatur og korrosion i halmfyrede kedler (FU1202). Målekampagne (2001-2006). Det har ikke været muligt at fastslå en entydig sammenhæng mellem røggastemperatur, -miljø og observeret korrosion.

Procesregulering

INTCON – A process control system for biomass fired plants. Development of control modules for the primary combustion zone, secondary combustion, slagging and fouling and predictive emission monitoring. IR-detectors are used to monitor the bed temperatures (2001-2004).

OPTICOMB – Optimisation and design of biomass combustion systems. Development and demonstration of advanced control concepts for biomass grate systems. Guidelines to minimise emissions of NO_x and CO. Improvement of efficiency and design rules. FTIR measurements, NO_x-modules, 3D-CFD model (2002-2005).

Videreudvikling af fugtmåleudstyr til halm (PSO 3336). Måling af fugtindholdet i en halmballe i bevægelse skal anvendes til at forbedre forbrændingen i halmkedlen (2000-2001).

Forbedret regulerbarhed af biomasseanlæg (PSO 3171). Driftserfaringer viser, at biomasseanlæg halter efter kulfyrede anlæg hvad angår regulerbarhed. Dette projekt skal undersøge potentialet for bedre regulerbarhed (2001-2003).

Optimering af risteforbrænding vha. IR-kamera (FU 3205). Formålet er at opnå en bedre forståelse for sammenhængen mellem forbrændingen på risten og slaggedannelse på fordampervægge på store ristefyrede kedler (AVV2 og Ensted).

Der søges udviklet simple modeller til beskrivelse af sammenhængen mellem driftsparametre og slaggedannelse, emissioner m.m. (2003-2005).

Kemi og modellering

Fællesprojekt om ristefyring af halm (PSO 3178). Etablering af fysisk/kemiske og reaktionstekniske data til modellering af ristefyring af halm (2001-2003).

Fællesprojekt om udvikling af generaliseret model for forbrænding af biomasse på rist (PSO 4730). Fokus på fysisk modeldannelse, der med udgangspunkt i transportprocesserne formulerer en sammenhængende model, der integrerer disse med de kemiske og termiske delmodeller (2002-2004).

Emission reducing measures (ENS 1373/00-0069). Det er projektets overordnede formål at forbedre de modeller og værktøjer, som de to leverandører af anlæg i dag dagligt anvender ved design og konstruktion af biomassefyrede anlæg. Arbejdet baseres på den viden og de erfaringer, leverandørerne har i dag, den viden og erfaring, der gennem de seneste 10 år er erhvervet på elværkerne gennem drift af anlæg, herunder gennemførelse af omfattende forsøgsprogrammer, samt den viden og kendskab til teori og mekanismer, der i dag eksisterer på de involverede videncentre og universiteter. Projektet skal således forbedre leverandørernes muligheder for at kunne optimere anlægsdesign med hensyn til ydelse, driftsstabilitet og emissioner, herunder medvirke til at sikre, at de får et bedre teoretisk grundlag for at imødegå skærpede miljøkrav på en konkurrencedygtig måde (2000 – 2002).

HIAL – High-alkali biofuels for power plants. Understanding the influence of fuel composition and combustion conditions on the release of alkali metals, sulphur and chlorine to gas phase (2001-2004).

Fundamentale mekanismer for omsætning af flygtige bestanddele i biomasse- og affaldsforbrænding (FU 2207). Der opstilles detaljerede kemiske modeller for en række reaktionssystemer (2002-2005).

Modeller og værktøjer til design og konstruktion (biomasse) (FU 0002). Projektet indgår i et langsigtet samarbejde ("Fællesprojektet") om udvikling af modeller til forbedring af designgrundlag for kedelanlæg til forbrænding af biomasse på rist. Dette projekt omhandler svovl- og kvælstofkemi (2000-2001).

Optimizing of grate fired processes for unhomogeneous fuels (ENS 1373/00-0022). Requirements for grate fired incineration plants are becoming more stringent. The latest EU directive for waste incineration includes limiting values for emissions of new matters (i.e. dioxin) and made existing limiting values more rigorous. The directive has also sharpened demands for documentation of flue gas temperature and retention time at plants. There is expected in the future increased demands for emission limitations, including limitations reached with combustion process - primary means . Also plant owners require that plants are capable of burning unhomogeneous fuels with a wide range of calorific values with a high total thermal/electrical efficiency. The purpose of the project is to improve thermal efficiency/reduce environmental exposure via primary processes - such as combustion processes, to be achieved by: 1) Developing improved dimensioning, diagnostation and upgrading tools for future plants and upgrading of existing plants by connecting chemical models of incineration processes on grate, furnace room and after combustion chambers with fluid dynamic models for simulation of combustion and flow conditions to and with the third empty pass in the boiler. 2) Developing

models for optimization of the operation of grate fired plants based on information regarding local combustion conditions and recirculated flue gas as well as speed for feeding and transport of waste on the grate. 3) Verify the models by carrying out a monitoring program at an actual full-scale plant (2000 – 2002).

Dynamic simulation of furnaces (ENS 1373/01-0012). The long-term objective of the project is to improve the energy efficiency and to increase the annual operating hours for furnaces for waste and/or biomass combustion. The project objective is obtained by application of transient simulation of furnaces in order to optimize the operational profile of the furnace. This includes a determination of the types of operational conditions, which influence the furnace regarding efficiency as well as operational stability. Transient simulation of the power plant includes expansion of traditional incinerator modelling with the steam side of the plant together with the separating interfaces (overheaters, panel walls), whose characteristics change due to fouling. The time variation of heat exchange from flue gas side to steam side due to fouling is a central element of the project. The result of a simulation will be a description of the plant behaviour on the flue gas side as well as on the steam side, i.e. temperature profiles, pressure profiles, steam production etc. as a function of time in an operational period of e.g. 4 to 6 weeks. The model can be applied for optimization of operational profiles and methods of control and for investigation the influence of single parameters on the operation (200103 – 200212).

Emissioner og restprodukter

Field studies of combustion aerosols (ELTRA 1713). Fine partiklers (< 2,5 µM) helbredsskadelige effekter er blevet påvist af flere uafhængige undersøgelser. På den baggrund indførte den amerikanske miljøstyrelse (US-EPA) i 1997 en ny standard for fine partikler i luften, og det forventes, at andre lande, herunder EU/Danmark, i den nærtliggende fremtid vil indføre lignende standarder. Der er ikke offentliggjort mange undersøgelser om emissionerne af fine partikler fra forureningskilder, og ofte er disse emissioner estimerede og derfor ret usikre. EFP-98-projektet dækker en del af behovet for måling af emissioner af fine partikler fra danske kraftværker. Formålet med projektet er ikke kun at kortlægge emissionerne af de fine partikler, men også bestemme de mekanismer og processer, der påvirker partikelkoncentration og -sammensætning under røggassens transport fra kedlen via elfilter og af svovlingsanlæg til skorstenen (1999 – 2000).

Samfyring af biomasse med naturgas og NO_x-dannelse ved biostøvfyning (FU 3228). Formålet er at undersøge udbrændings- og belægningsforholdene ved suspensionsfyning af biomasse (træstøv på AVV2 og halmstøv på AMV2). Desuden undersøges muligheden for at anvende biostøv i low-NO_x brændere (designet til kulstøv) (2004-2007).

Alkaligenanvendelse fra bioflyveaske (FU 4206). Formålet er at bidrage til udvikling af en effektiv proces til genanvendelse af flyveaske, hvor der opnås en kaliumholdig fraktion (gødning) samt en restaske (opfyldningsmateriale, cementråvare, genindfyning på kulfyrede værker) (2004-2005).

Emissionsreduktion ved hjælp af lavtemperaturplasma (FU 3401). Formålet er at udvikle en simpel metode til NO_x-reduktion, baseret på opblanding af NH- og NH₂-radikaler (dannet i et N₂-NH₃ lavtemperaturplasma) og røggas (2003-2005).

Andet

Optimal røggaskøling i mindre anlæg for fyring med biomasse og olie (ENS 1323/99-0009). The project deals with the convection part of small boilers for firing with wood or boilers for domestic fuel oil. Modern burner technology allows for higher velocities and for higher pressure drops in boilers. At the same time the machining of boilers to day is of high precision and the boilers are sealed totally. This means, that - from a safety point of view- the flue gas heat exchangers can be designed to a much higher pressure loss. The project deals with heat exchangers, that easily can be cleaned and is concentrated on flow inside tubes and channels. The project includes. - Investigation of different inserts in different cross-sections -Investigation of different internal ribs and fins inside tubes -Investigations of varying the cross section along the length of the pipe. -Investigation of inlet and outlet pressure drop The methods used will be calorimetric measurements in water cooled channels with hot air, cold air or with flue gas. Measurements on heat exchangers integrated in complete boilers. Further- if necessary - laser sheet visualisation and cfd calculations will used on details (1999 – 2001).