



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Kondenserende træpillebrænder

Udvikling af kondenserende træpillebrænder med balanceret aftræk og minimal partikelforurening

MUDP-rapport

Januar 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Benni Sørensen / Neutral Energi

Erik W. Hallgren / Teknologisk Institut

ISBN: 978-87-7038-031-7

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Konklusion og sammenfatning	5
Summary and Conclusion.....	7
1. Udvikling af brænder-element.....	9
1.1 Den klassiske træpillebrænder	9
1.1.1 Forbrænding.....	10
1.1.2 Optænding.....	10
1.1.3 Tilførsel af træpiller	10
1.1.4 Materialer og vægt	10
1.2 Udviklingsforløb for ny brænder.....	12
1.2.1 Forudsætning	12
1.2.2 Design af brænder	12
1.2.3 Partikeludledning.....	12
1.2.4 Energi aftager – varmeveksler / kedel	13
2. Udvikling af kondensator	14
2.1 Kondensator.....	14
3. Øvrigt design	15
3.1.1 Test af korrosion	15
3.1.2 Brænder	15
3.1.3 Varmeveksleren.....	16
3.1.4 Røgrør.....	16
4. Drift	17
4.1.1 Pillefremføring og præcision af denne	17
4.1.2 Luftstyring v. de to blæsere/sugere.....	17
4.1.3 Iltmåling og betydning af fluktuationer	17
4.1.4 Rensesystem v. brænder og bundplade.....	18
4.1.5 Rensesystem i varmeveksler	18
4.1.6 Præcision i styring.....	18
4.2 Fejlhåndtering.....	19
4.2.1 Strømmen fjernes.....	19
4.2.2 Fejl i en sensor.....	19
4.2.3 Blæser starter ikke op	20
4.2.4 Optænding fejler	20
4.2.5 Brændskålen fyldt op med sammenbrændte rester (slagger)	20
5. Testresultater.....	21
Referencer.....	24

Forord

Nærværende projekt er gennemført med økonomisk støtte fra Miljøministeriets tilskudsordning til miljøeffektiv teknologi - Program for Grøn teknologi 2013 (nu MUDP). Tilskudsordningen har til formål at skabe bedre rammer for danske virksomheders udvikling af miljøeffektiv teknologi.

I 2013 indkaldte Miljøministeriet blandt andet ansøgninger på projekter i undergruppen ”Ren luft og mindre støj”. Der kunne søges tilskud til projekter, som omfattede udvikling, test og/eller demonstration af teknologier til at opnå formålet.

Projektet ”Kondenserende træpillebrænder” har fokus på reduktion af emission fra mindre biomassefyr (træpillefyr) til privat husstandsopvarmning.

Til at følge projektet har der været nedsat en følgegruppe med deltagelse af

- Benni Sørensen, Neutral Energi
- Erik W. Hallgreen, Teknologisk Institut
- Ditte Kristensen, Miljøstyrelsen og
- Mariane Hounum, Miljøstyrelsen

Projektet er gennemført med stor hjælp og bistand fra:

- AllSteel – Jan Buk Mortensen, Jan Bo Petersen, Kim Hansen
- Force Technology – Søren Klinggaard
- Teknologisk Institut - Torben Nørgaard Jensen, Morten Gottlieb Jespersen, Gitte Hastrup

Tak til alle, der har bidraget.

15 / 2 - 2017

Benni Sørensen / Neutral Energi

Erik W. Hallgren / Teknologisk Institut

Konklusion og sammenfatning

Udviklingen af træpillebrændere er i de sidste 10-15 år gået i retning af mindre vedligehold og mere automatik. De første generationer krævede ugentlig rensning og fjernelse af aske, og ofte påfyldning af træpiller dagligt, alternativt med transportørnegle. Den følgende generation har automatiske rensesystemer, der gør, at de kan køre 3-5 måneder mellem tilsyn, og sugesystemer, der gør, at træpillerne kan transporteres via fleksible slanger fra en silo op til 10-20 meter væk.

Ligeså er udledningerne faldet med de forskellige generationer:

De traditionelle (før 2000):

- Typiske CO værdier mellem 150-300 mg/m³
- Støv 25-40 mg/m³
- Effektivitet : 90-94%

Nyere modeller (ca 2000 ->) :

- Typiske CO værdier omkring 50 mg/m³
- Støv 7-10 mg/m³
- Effektivitet : 95%- 103%

Effektivitetstallene er taget i udgangspunkt efter de "gamle" mål, hvor der regnes fra nedre brændværdi. I nyere klassificeringer er man ved at overgå til at regne med øvre brændværdi, dvs at man ikke længere kan opnå effektivitet over 100%¹.

Arbejdet i dette projekt har haft fokus på at løfte træpillebrænderen/træpillefyret til "næste generation". Mindre vægt, kondensering, bedre automatik OG, ikke mindst, mindre uønskede emissioner!

Hovedkomponenterne, der er blevet designet og testet i projektet, har hovedsageligt været brænder, varmeveksler (kedel) og kondensator. Derudover er mindre dele som blæser, rensesystem og software også designet og udviklet i projektet.

For at løfte udviklingen et skridt længere fremad var fokus i udviklingen på at starte med at se på brænderen som "hjertet" i det hele, og derved skabe en bedre forbrænding, herunder:

- Så ren forbrænding som overhovedet muligt – markant mindre støv- og partikelemission – god margin til klasse 5 i EN303-5.
- Minimal tæring og lang holdbarhed for hele systemet (min. 15 år)
- Minimal vægt (<120 kg)
- Præcis styring

Efter brænderen kommer varmeveksleren og dennes placering som det næst vigtigste - dvs. at varmen fra flammen kan overføres i så høj grad som muligt til vandet i kedlen, og derved danne basis for en kondensering.

Det har krævet et gennemgribende nyt design, hvor der er blevet skubbet til mange grænser og dogmer af typen "det kan ikke lade sig gøre" for at komme videre. Da projektet startede var

¹ Øvre brændværdi er den teoretiske maksimale brændværdi.

standarden på området EN303-5 heller ikke den store hjælp, da den specifikt skriver, at den ikke gælder for kondenserende kedler. Sikkerhedsstyrelsens regler for skorsten og aftræk fra fastbrændsels-/træpillefyr er også noget, der kommer til at skulle tilpasses, således at man kan bruge balanceret aftræk i stedet for den traditionelle skorsten, der ikke egner sig til kondenserende kedler.

Træpillebrænderen har nu kørt i 1000 timer og er undervejs blevet testet på Teknologisk Institut. Resultaterne herfra er yderst lovende og viser, at vi er kommet fint igennem på stort set alle ønsker.

I skemaet nedenfor er resultaterne fra målinger ved en ydelse på 6.21 kW over 6 timer. Vi forventer at kunne opnå en højere virkningsgrad end de 92,3% ved næste måling. Når man tager kondensering med skulle vi gerne op over 100%. Denne gang havde vi for lidt isolering omkring fyret, og havde heller ikke top og bund på. Dette har betydet, at der har været en ikke uvæsentlig varmeafgivelse direkte fra fyret, som ikke bliver målt med. En anden faktor er den relativt lave effekt der er målt ved. Jo lavere effekt målingen laves ved, desto større effekt har varmetab fra selve fyret. Ved disse 6,73kW svarer de 10% effektab til ca 670W, som kan sammenlignes med en mindre radiator. Bedre isolering og lukket omkring fyret vil hjælpe væsentlig på dette.

De mest spændende måleresultater er måling på CO, støv og NO_x, som alle klarer det rigtig fint. Partikel emissionen er målt til et flot "nul". Det skal dog bemærkes at denne måling alene foretages for "store" partikler. Det indikere at antallet af fine og ultrafine partikler formentligt også vil være lavt, men det vides pt ikke.

At CO at ca 10 gange bedre end klasse 5, peger på at forsøgene med at nå en bedre forbrænding er lykkedes til overmål, og at vi derfor kan forvente et meget lavt indhold af f.eks. tjærestoffer i røgen.

Måling	Resultat	Krav
Varmeydelse	6,21 kW	
Måletid	6,00 h	
Virkningsgrad	92,3 %	87,8 (Klasse 5) 87,8 (Danmark) 80,0 (Østrig)
Støv målt	0 mg/m ³	
Støv ved 10% O ₂	0 mg/m ³	40 (Klasse 5)
Støv ved 13% O ₂	0,00 g/m ³	0,02 (Tyskland)
Støvemission	0 mg/MJ	30 (Østrig)
CO ved 10% O ₂	61 mg/m ³	500 (Klasse 5)
NO _x (NO ₂) ved 10% O ₂	0,0070 % _{vol}	
NO _x (NO ₂) ved 10% O ₂	144 mg/m ³	
NO _x -emission (NO ₂)	67 mg/MJ	100 (Østrig)
OGC (C ₃ H ₈) ved 10% O ₂	< 0,0004 % _{vol}	
OGC (C) ved 10% O ₂	< 6 mg/m ³	20 (Klasse 5)
OGC-emission (C)	< 3 mg/MJ	40 (Østrig)

Summary and Conclusion

During the last 10-15 years, the development of wood pellet boilers has focused on less maintenance and more automation. The first generations required weekly cleaning and ash removal, and often filling of pellets daily, alternatively with a screw conveyor. The next generation has automatic cleaning systems that make it run 3-5 months between supervision and a suction system that can transport the wood pellets via flexible hoses from a silo up to 10-20 meters away.

Likewise, emissions have gone down in pace with the shifting generations:

The traditional models (before 2000):

- Typical CO values between 150-300 mg / m³
- Dust 25-40 mg / m³
- Efficiency: 90-94%

Newer models (from 2000 ->):

- Typical CO values around 50 mg / m³
- Dust 7-10 mg / m³
- Efficiency: 95% - 103%

The efficiency figures are based on the "old" measuring principles, which count from the lower calorific value. In recent ratings, a transition is taking place towards applying the upper calorific value, i.e., you can no longer achieve efficiencies above 100%².

The work in this project has focused on developing the wood pellet boiler for "next generation". Less weight, condensation, better automation AND, not least, less unwanted emissions!

The main components designed and tested in this project are primarily burner, boiler and condenser. Smaller parts have been fan, cleaning system and software.

To take the development a step further up, the focus has been directed towards the burner as the "heart" of it all and thereby the component causing a better combustion, including:

- As clean combustion as possible - significantly less dust and particle emissions
- Minimal corrosion and long durability
- Minimal weight
- Precise control

Ranked below the burner is the heat exchanger as the second most important part – in terms of transferring the heat of the flame at as high a degree as possible to the water in the boiler and thereby forming the basis of the subsequent condenser.

It has required a completely new design and challenging of many barriers and old beliefs like "this cannot be done". At the time of starting the project, the standard EN303-5 was not of much help, as it clearly specifies that it does not apply to condensing boilers. The Danish Safety Technology

² The upper calorific value is the maximum theoretical calorific value.

Authority regulations for chimneys and vent from wood pellet boilers are also issues that have to be adjusted so that one can use simple outlet instead of the traditional chimney, which is not suitable for condensing boilers.

The wood pellet burner has been running for 1,000 hours, and it has been tested at Danish Technological Institute. The results from these tests are extremely promising and show that we have come through just fine on almost all wishes.

The chart below shows the results from measurements at a performance of 6.21 kW over 6 hours. We expect to achieve a higher efficiency than the 92.3% at the next measurement. When including condensation, we hope to exceed 100%. This time we had insufficient insulation around the boiler and we did not apply its top and bottom. This has resulted in a not -insignificant heat output directly from the boiler that has not been part of the measurement. Another factor is the relatively low power level when performing the measurement. The lower the power level applied, the greater the effect of heat loss from the boiler itself. At 6.73kW, the 10% drop in performance corresponds to approximately 670W, which is comparable to a smaller radiator. Better insulation and keeping the boiler fully closed should significantly accommodate for improvements.

The most exciting results are the measurements of CO, dust and NO_x, which all perform very well. The particle emission measurement showed a nice "zero". However, it should be noted that this measurement is made for "large" particles only. It indicates that the number of fine and ultra-fine particles will probably also be low, but at present we do not know for sure. The fact that CO is about 10 times better than Class 5 indicates that the result of our efforts to achieve a better combustion has surpassed our goals and that we may therefore expect a very low content of e.g. tar substances in the smoke.

Measurement	Result	Spec
Measurement time	6,00 h	
Output	6,21 kW	
Efficiency	92,3 %	87,8 (Class 5) 87,8 (Denmark) 80,0 (Austria)
Dust	0 mg/m ³	
Dust at 10% O ₂	0 mg/m ³	40 (Class 5)
Dust at 13% O ₂	0,00 g/m ³	0,02 (Germany)
Dust emission	0 mg/MJ	30 (Austria)
CO at 10% O ₂	61 mg/m ³	500 (Class 5)
NO _x (NO ₂) at 10% O ₂	0,0070 % _{vol}	
NO _x (NO ₂) at 10% O ₂	144 mg/m ³	
NO _x -emission (NO ₂)	67 mg/MJ	100 (Austria)
OGC (C ₃ H ₈) at 10% O ₂	< 0,0004 % _{vol}	
OGC (C) at 10% O ₂	< 6 mg/m ³	20 (Class 5)
OGC-emission (C)	< 3 mg/MJ	40 (Austria)

1. Indledning

1.1 Den klassiske træpillebrænder

Træpillebrændere til private husstande har eksisteret i en del år, men udviklingsmæssigt er der sket mest efter energikrisen i 1973. Udviklingen er gået i retning af mindre vedligehold og mere automatik. De første generationer krævede ugentlig rensning og fjernelse af aske, og ofte påfyldning af træpiller dagligt, alternativt med transportørsnegle. Den følgende generation har automatiske rensesystemer, der gør, at de kan køre 3-5 måneder mellem tilsyn, og sugesystemer, der gør, at træpillerne via fleksible slanger kan transporteres fra en silo op til 10-20 meter væk.

Olie- og gasfyr lavede deres nyeste ”spring” da de blev kondenserende. Noget, der i starten blev mødt med en del mistro. Kan det lade sig gøre? – hvad med korrosion, hvad med vandet etc. Kondensatvæsken fra gasfyr har en pH omkring 3,2-3,8³ og er derved noget surt. En forkert installation med f.eks. kobberrør vil korrodere væk, hvis der ikke tages forholdsregler, som opblanding af vandet eller føring i andre materialer. Men de forskellige udfordringer blev løst og de findes i dag!

Nu er turen kommet til træpillebrænderen. At få den løftet til ”næste generation”. Mindre vægt, kondensering og derved bedre effektivitet, bedre automatik OG mindre uønskede emissioner!

For at kunne opfylde nye krav såsom klasse 5, EN303-5, og samtidigt hæve udnyttelsesgraden er brænderen lavet med kondensering af røggassen. Der har gennem tiden været flere forsøg på at udvikle et sådant træpillefyr, og der findes også forskellige versioner i dag. De er dog ofte med en stor og dyr efterfølgende kondensator. Andre har oplevet, at vitale dele er korroderet væk på relativt kort tid. Vi havde derfor oplevet en del skeptiske røster over ”endnu et forsøg”.

Der var derfor brug for et projekt, hvor vi kunne bevise, at konceptet kan virke, både funktionelt med kondensering og holdbarhedsmæssigt mht korrosion.

Der er sket en stor udvikling indenfor træpillebrændere i de sidste 10-15 år. Når der i denne rapport sammenlignes forbrændingstyper mellem forgasning og forbrænding i de ældre/traditionelle træpillebrændere er det modeller som nedenstående (før 2000):

De traditionelle (før 2000):

- Typiske CO værdier mellem 150-300 mg/m³
- Støv 25-40 mg/m³
- Effektivitet : 90-94%

Nyere modeller (ca 2000 ->) :

- Typiske CO værdier omkring 50 mg/m³
- Støv 7-10 mg/m³
- Effektivitet : 95%- 103%

³ http://www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/dgc_vejledning49_o.pdf

1.2 Forbrænding

Den normale virkemåde for en klassisk træpillebrænder er relativt simpel og fungerer forbrændingsmæssigt stort set som forbrænding i en traditionel brændeovn. Der forefindes en skål med lufthuller i bund/sider hvortil der oppefra tilføres træpiller. Luftmængden og tilsætning af nye træpiller styres således at et konstant bål kan vedligeholdes, og energimængden styres ved at tilsætte flere eller færre træpiller og luft per tidsenhed. Bålet holdes inden for denne metalbeholder (brændskål), hvori der eventuelt også kan styres primær og sekundær lufttilsætning. Flammerne holdes fysisk i en vis afstand fra varmeaftager/kedel, ved at brændskålen befinder sig i en vis afstand fra varmeaftager/kedel. Dette gøres bl.a. for at mindske tæring af materialerne, hvilket dog sjældent undgås helt. Blandt andet bliver brændskålen ofte meget varm og har derved en begrænset holdbarhed. Det er bl.a. ud fra disse tæringer, at standarden sætter mål på materialetykkelse. Måske havde det været bedre at kræve en bedre forbrænding, der skabte mindre tæring – lidt en diskussion om forebyggelse vs. helbredelse.



FIGUR 1 - TIDLIG BRÆNDERTEST

Et træpillefyr har betydeligt lavere støvemissioner end traditionelle brændeovne grundet den automatiske styring af luft og brændetilsætning, men der ER stadig en væsentlig sod- og partikelafsetsning i skorstenen – hvilket enhver, der har set en skorstensfejer rengøre skorstenen fra et træpillefyr, kan bevidne.

1.3 Optænding

Tænding af et træpillefyr sker vha. elektrisk opvarmning, indtil pillerne bryder i brand – ofte en slags ”elektrisk hårtørrer”, der blæser hed luft til pillerne. Dette kræver en væsentlig mængde energi fra tændingselementet, som er i intervallet 800-1500W. Rent energimæssigt er det relativt kort tid denne energi afsættes, da det kun er ved hver opstart. Energiforbruget til optænding kan over en 10-års periode ligge mellem 500-2000 kwh afhængigt af, hvor mange gange om dagen der slukkes og tændes. Antal optændinger er bl.a. afhængigt af træpillefyrets lavest mulige effekt (ofte omkring 3 kw), som i sommerperioden oftest er alt for meget, og som derved forårsager et større antal opstarter. Et tilknyttet problem er derfor holdbarhed af tændingselementet, som termisk bliver kraftigt påvirket, og som samtidigt er en forholdsvis dyr reservedel.

1.4 Tilførsel af træpiller

Styring af flammen foregår ved at justere mængden af tilførte træpiller, en blæser/suger og en eller flere sensorer til at måle på luftmængde og output fra brænderen. Jo mere præcist man kan dosere træpillerne, desto mere præcist kan man styre den afsatte energimængde. Der bruges en lille snegl til at dosere træpillerne med; denne drejes et forudbestemt antal omdrejninger per ønsket mængde. Dette giver i sagens natur en vis variation i mængde, afhængig af træpillernes længde, hvordan de ligger i sneglen og hvor præcist sneglens omdrejninger kan styres. De færreste træpillefyr bruger en stepmotor, hvor antal drejningsgrader kan styres 100%, da disse er for dyre, men derimod en almindelig motor, der kører et bestemt stykke tid. Ved forskellig belastningsgrad, og pakning af pillerne, vil dette igen give forskellige mængder. Desto større ”klumper” træpiller der bliver indfyret jo mere variation giver det i den nødvendige mængde ilt. Afhængig af sensortyper kan styringen reagere mere eller mindre hurtigt med at tilføre mere eller mindre luft – inkl. forsinkelser i blæsere/sugere. Der vil derfor gå lidt tid indtil optimal forbrænding igen er opnået. Jo større udsving desto mindre optimal forbrænding -> desto større uønsket emission.

1.5 Materialer og vægt

Materialetyperne, der indgår i en traditionel brænder, er bestemt i standarden til forskellige tykkelser ved henholdsvis sort og rustfrit stål. Henholdsvis for materiale med flammekontakt og for

kedel. Tykkelserne varierer fra 3 mm til 5 mm og giver i sagens natur en stor samlet vægt for et system. De fleste træpillebrændere har en vægt omkring 300-400 kg for en total kedel, og en dertil hørende stor fysisk dimension. Dette kræver både meget plads til opstilling, og et stort energibehov at varme meget jern op, i perioderne hvor der kun skal bruges drypvis varme – f.eks., til en varmtvandsbeholder.

2. Udvikling af ny brænder

De mest udviklede træpillefyr i dag kan stort set passe sig selv i 3 måneder uden at skulle tilses, har mindre udledning af partikler, højere udnyttelsesgrad, etc. Disse er også langt mere brugervenlige end de lidt ældre versioner, der ofte skulle renses hver uge, og oftere gik i stå. For at løfte den udvikling et skridt længere fremad fokuseres udviklingen i dette projekt på at skabe en bedre forbrænding og en lavere vægt af hele systemet. Dette har givet følgende ønsker til udviklingen af næste generations brænder:

- Så ren forbrænding som overhovedet muligt – markant mindre støv- og partikelemission – god margin til klasse 5 i EN303-5.
- Minimal tæring og lang holdbarhed for hele systemet (min. 15 år)
- Minimal vægt (<120 kg)
- Præcis styring

2.1.1 Forudsætning

For at opfylde de ovenstående ønsker har ideen med brænderen været at skabe en renere forbrænding udfra en forgasning og kontrolleret afbrænding. Derudover ved at hente inspiration fra moderne gasfyr og deres opbygning, materialevalg og vægt. En optimal forbrænding gennem forgasning indebærer bla en høj flammetemperatur (900-1200 grader⁴) og god opblandingsstyring af luft/ilt.

2.1.2 Design af brænder

Brænderen bør betragtes som hjertet i et træpillefyr, da dennes performance og øvrige ”opførsel” sætter målet for mulig udnyttelsesgrad, emissioner, materialemuligheder/vægt etc. Derfor var første mål at få lavet et design, der med størst mulig sikkerhed kunne opnå de ønskede resultater. I designfasen har der været afprøvet forskellige parametre såsom brænderåbning, luftsluse-størrelser og disses placering, placering af tændingselement, omkringsluttende kappe etc.

Brænder-designet er lavet med hovedvægt på at indeslutte flammen med en nøje kontrolleret luftstrøm, og at selve pillerne afgasses under selve brændpunktet, således at det er røggassen, der forbrændes over pillerne, uden for megen varmeoverføring til brændskålen. Derved kan selve bunden af brændskålen med tændingselement holdes langt under de temperaturer, traditionelle træpillefyr opererer med. For at minimere vægten er brænderen lavet så lille og kompakt som muligt – balancerende mellem to modstridende krav: større brænder giver større afstand fra flamme til materiale og derved mindre varmepåvirkning af brænderens materialer, men samtidigt større vægt og risiko for dårligere forbrænding. Hertil kommer så ønsket om en effekt, der kan varme et privat hus op. Om sommeren er behovet hovedsageligt varme til brugsvand (<1kW), om vinteren væsentlig højere (5-12kW). For at opnå optimal udnyttelse er den overordnede styring og design af husets rørføring og varmeplader vigtige, således at man ikke får et aftagersystem der svinger hurtigt i behov, men har bløde overgange.

2.1.3 Partikeludledning

Under opstart af brænderen kommer der røg og derved partikler, afhængigt af, hvor lille mængde træpiller man kan nøjes med på optændingstidspunktet. Det er også et spørgsmål om, hvor præcist man kan dosere pillerne. Den nye brænder er designet til at have tændingselementet tættere på

⁴ http://www.dgc.dk/sites/default/files/filer/publikationer/A0316_forgasning_biomasse.pdf

træpillerne, i bunden af skålen, hvorved det både kan holdes på en langt mindre effekt end tændingselementer i andre træpillefyr (200W), og man kan nøjes med langt færre piller. Dette ser ud til at give væsentligt færre partikler under opstarten. Det er dog i tests af den almindelige drift, at den helt store forskel har vist sig. De tests, der er foretaget, har vist, at afgangsluften fra test-fyret under nominel drift stort set ikke har indeholdt sod/støv. Det forventes derudover, at kondensatoren vil stoppe en stor del af de partikler, der trods alt kommer fra forbrændingen, således at udledningen vil nærme sig nul. Der er dog endnu ikke specifikt testet for fine og ultrafine partikler, men eftersom at dette kan gøres på Teknologisk Institut samtidigt med en typegodkendelse, forventes dette gjort i løbet af 2017.

2.1.4 Energiftager – varmeveksler / kedel

Varmen fra forbrændingen skal overføres til vandet i kedlen. For at få så høj udnyttelse som muligt er denne designet til at blive placeret rundt om brænderen, i modsætning til den traditionelle opbygning, hvor den befinder sig efter brænderen. Da kedelstørrelsen samtidigt ønskes nedsat væsentligt, er den designet til, at vandet kan "selv-cirkulere" under varmepåvirkningen. Der er samtidigt udviklet et simpelt system til at rense hedefladerne automatisk før opstart vha. en indbygget motor.



FIGUR 2; ET KIG NED I VARMEVEKSLEREN



FIGUR 3 VARMEVEKSLER MED RØR TIL KORROSIONSTEST

3. Udvikling af kondensator

3.1 Kondensator

En kondensator virker ved i en afbrændingssituation at udnytte energiforskellen mellem den nedre og den øvre brændværdi - dvs. energimængden, der uden kondensation forsvinder i kraft af varm vanddamp og luft. I en kondensator søger man at få vanddampen til at kondensere og derved afgive sin energi. Heraf kommer de to måltal; nedre og øvre brændværdi. Øvre brændværdi svarer til: nedre brændværdi + den dannede vanddamps kondenseringsvarme. Den nedre brændværdi medregner ikke energien i den frigivne vanddamp. Forskellen mellem nedre og øvre brændværdi for træpiller ligger omkring 8%, afhængigt af vandindhold og kvalitet.

Indenfor træpillebrændere har denne kondensering ikke tidligere foregået med synderligt held. Enten har det været en meget stor enhed, eller der har været korrosionsproblemer, som i løbet af kort tid har tæret kedel og/eller kondensator. Som beskrevet i forrige kapitel er en vigtig del af systemet at have en tilpas ren forbrænding og en præcis styring af, hvor i forbrændingsflowet dugpunktet indtræder for røggassen.

Der er dog kommet andre træpillebrændere på markedet med kondensering, med de er stadig fysisk ret store og har ikke balanceret aftræk. Dvs kondenseringen er nød til at foregå ved at kedeltemperaturen skal holdes nede, således at kondenseringen kan ske omkring kedlen, hvilket kan være vanskeligt.

Der har i projektet været lavet en stribe forsøg med forskellig udformning af kondensatoren og toppen af forbrændingskammeret for at imødekomme forskellige krav: hvor partiklerne aflejres, varmeveksling med indgående luftstrøm og styring af selve kondenseringen på flader, hvorved denne ikke medfører korrosion i brændkammeret, men først sker i kondensatoren, hvor temperaturen er passende og vandet kan opsamles og ledes bort.

4. Øvrigt design

Designet er lavet så kompakt som overhovedet muligt, således at den samlede størrelse og vægt bliver til at håndtere og at brænderen kan vægophænges, og derved ikke kræver en del gulvplads. For at komme i mål med disse ønsker har der ligeledes været arbejdet på andre forhold:

- Askerensningsmekanik til at renholde det indre af kedlen.
- Vandcirkulation i kedel og tilslutninger til denne
- Bund på brænder inkl. asketømning
- Placering af sensorer
- Motorer til at drive aksler
- Placering af ventilatorer og luftkanaler
- Røgrør

Sammenskruning af brænder og kedel er også blevet optimeret således, at disse alene holdes på plads af 4 bolte og derved er meget nemme at adskille og servicere.

4.1.1 Test af korrosion

For at teste korrosion i henholdsvis kedel og kondensator er der indsvæjst to rør i varmeveksleren i den ene kedel. Disse rør har været forbi Force Technology, hvor de er blevet opmålt før og efter de har været i brug i 1000 timer, således at det kunne måles i hvilken grad der var sket korrosion.

I kondensatoren er der indsat 3 ”metal-kuponer”, ligeledes fra Force Technology. Disse har været indsat således, at de har været galvanisk adskilt fra kondensatoren og placeret henholdsvis under, midt i og over vandspejlet i kondensatoren. Disse har ligeledes været placeret i de 1000 timers drift. Kondensatvæsken er blevet undersøgt for pH, klor, svovl og Al, Si, Fe, Mn, Ti, Ca, Mg, Ba, Na, K og P. Dette både for at se, om kondensatet umiddelbart er korroderende, men også for at undersøge i hvor høj grad sammensætningen af stoffer peger i retning af korrosion. Kondensatvæsken er målt til at ligge omkring 7,5, gående mod 9,5 i ph værdi hvis iblandet aske måles med, hvilket for rustfrit stål ikke indebærer nævneværdig korrosion.

Gasfyr har en syrlig kondensat (ph omkring 3,5), hvorimod der her er en lettere basisk kondensatvæske. Selvom almindeligt husholdningsspildevand kan være en smule basisk, vil en opblanding med de relative små mængder fra et træpillefyr næppe kunne måles i en normal husholdning. Udover kondensatvæsken vil der over tid opsamles en blanding af støv og vand (slam) der skal tømmes et par gange om året, samtidigt med askeskuffen.

4.1.2 Brænder

Brænderen har været testet i forskellige versioner, hvoraf den nyeste er blevet gjort lidt mindre for yderligere at kunne sænke området for varmeproduktion (nyttelast). Det er et velkendt problem for træpillefyr, at de har svært ved at brænde med minimal varme uden at sode eller køre med mange tænd-sluk cykler, når de samtidigt skal række op til f.eks. 10-15 kW⁵ ydelse. Vores udvikling af brænderen har medført en varmeproduktion, der med denne brænder kan sænkes til lidt under 2 kW. Forventningen er at der stadig kan holdes en ekstrem lille partikel emission ved denne effekt. Måling af CO er pænt under klasse 5 ved denne lave effekt, hvilket viser at forbrændingen stadig er god. Målingen viste dog et forhøjet niveau af partikel emission ved testen, men undersøgelse på

⁵ Et typisk træpillebrænder til et almindeligt hus (100-220m²) ligger mellem 3-10kw, og evt mellem 3-15 kw. hvis der er et stort varmebehov.

stedet har lokaliseret fejlen til en ventilator der har en designfejl således at den fluktuerer i stedet for at give et jævnt træk når indfyret effekt er lav (der blev målt ved 1,7 kW).

4.1.3 Varmeveksleren

Varmeveksleren er relativt kompliceret at fremstille grundet svejsning af de mange rør. Der var derfor planlagt en trykprøvning for at sikre, at alle svejsninger var helt tætte. Dette viste forskellige små huller ved et par svejsninger, som dog nemt kunne "lappes". Det overvejes yderligere, hvorledes varmeveksleren kan produceres med færre svejsninger, så den er nemmere at producere, samtidigt med at arealet kan forøges 30%. Der foreligger nu skitser på tegnebordet, som skal omsættes til testversioner i Q2 2017.

4.1.4 Røgrør

Konstruktionen er lavet med balanceret aftræk, dvs. at træpillebrænderen tager den samme mængde luft ind via røgrøret, som den afleverer igen samme sted. Udover, at dette giver opvarmning af indgangsluften, sikrer det også mod, at der fjernes luft fra det rum, fyret står i. Da røgtemperaturen aldrig kan komme over 110 grader, kan man nøjes med et aftrækssystem magen til dem, der bruges ved kondenserende gasfyr. En væsentlig hindring, der dog stadig udestår, er reglerne for dette, som skorstensfejerne bl.a. er afhængige af. Det er endnu ikke tilladt med balanceret aftræk for et fastbrændsels-/biomassefyr. Med den forventede nye standard for kondenserende træpillefyr, og flere andre mærker på markedet forventes det at der snarligst vil komme en revision. Da det er yderst vigtigt at dette snarligst kommer på plads, kan det ikke afvises at der er behov for kontakt til de relevante myndigheder for at prøve at skubbe processen hurtigere i gang, eller prøve at få en dispensation.

5. Drift

Hele træpillebrænderen har været testet i lige over 1000 timer, hvor der er kørt både lav- og fuldlast. Udover selve brænder og kondensator har der været flere andre ting, der er blevet testet:

- Pillefremføring og præcision af denne
- Luftstyring v. de to blæsere/sugere
- Iltmåling og betydning af fluktuationer
- Rensesystem v. brænder og bundplade
- Rensesystem i varmeveksler
- Præcision i styring
- Fejlhåndtering

5.1.1 Pillefremføring og præcision af denne

En vigtig egenskab ved et træpillefyr er, at det kan tilføre huset en jævn mængde varme uden hele tiden at skrue op og ned for forbrændingen. At brænderen ikke kun kan arbejde ved 0% eller 100%, men kan tilpasse sig nøjagtigt det ønskede varmebehov. Dette kaldes for "modulering". Det lyder nemmere, end det er i virkeligheden.

For at få en så jævn forbrænding som muligt er det vigtigt, at træpillerne kommer i en nogenlunde forudsigelig mængde på det ønskede tidspunkt. Da træpillerne har meget forskellig længde vil det dog ikke kunne lade sig gøre at styre mængden 100% præcist, uden at man indførte en vægt. For at kompensere for dette tilføres der så små mængder som muligt, så hurtigt som muligt efter hinanden. Dette for at opnå en rimelig ensartet og konstant tilført forbrændingsmængde. I brænderen kontrolleres dette ved at have en lambdasonde efter forbrændingen. Med tal fra denne kan det hele tiden kontrolleres, at der er den rigtige (lave) iltmængde i forbrændingsrøgen, lufttilførelsen kan styres med de to ventilatorer (primær og sekundær), og ved at styre tilsætningen af flere eller færre træpiller per tidsenhed.

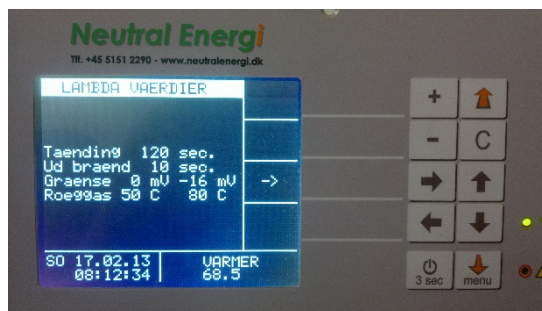
5.1.2 Luftstyring v. de to blæsere/sugere

At kunne styre den tilførte mængde luft til forbrændingen er et "must" for at sikre en konstant og optimal forbrænding. Det kræver nogle reguleringsløjfer, som har de tilbagekoblingstider, der netop gør ændringerne tilpas hurtige, men samtidigt sørger for, at blæserne ikke kommer ind i en ukontrollabel fluktuation. Vi har lavet mange forsøg for at ramme de rigtige værdier og få placeret luftmængdemåleren det rigtige sted, således at denne i samspil med lambdasonden giver de bedste data.

5.1.3 Iltmåling og betydning af fluktuationer

Der er monteret en lambdasonde i forbrændingsrøgen, som måler rest-iltindholdet i forbrændingsrøgen. Denne har flere funktioner.

- At styre forbrændingen hen imod optimal forbrænding
- At holde øje med, at forbrændingen kommer korrekt i gang under optænding
- At holde øje med, om der sker u hensigtsmæssige ting under "kørsel", som der skal tages hånd om (stoppe tilførsel af træpiller / melde fejl / prøve at rense etc.).



FIGUR 4 KONTROL PULTEN

Lambdasonden vil ligeledes bidrage til at opdage, hvis der er komponenter i systemet, der stopper med at virke. Hvis for eksempel en af blæserne ikke virker, vil dette opdages hurtigt og kontrollerer softwaren vil lukke ned for systemet, og brugeren vil blive mødt med en fejlmelding.

5.1.4 Rensesystem v. brænder og bundplade

Træpillerne lander på en plade under brændskålen, hvor de udglødes. Når de er blevet til aske, vil størstedelen falde ned igennem hullerne i pladen. Eventuel aske, der bliver liggende, vil blive fjernet ved, at en motor trækker pladen væk og får asken skrabet af i en jævnlig rensedyklus. Dette kræver, at forbrændingen er stoppet.

Hullernes placering og størrelse har her stor betydning for flere forhold:

- Hvor på pladen udglødningen sker
- Hullerne må ikke være så store, at træpillerne kan falde igennem, eller sætte sig på tværs.
- Hullerne skal være så store, at asken kan falde ned igennem
- Hullerne skal have et tilpas areal, således at der kan komme den rette mængde luft til forbrændingen.
- Der, hvor træpillerne lander, skal der være huller, så de kan få luft under afgangningen.

Der er blevet eksperimenteret med flere forskellige designs, hvoraf der er blevet valgt et der virker bedst. Der mangler dog endnu en test når der er lavet en ny ventilator for at afgøre om luftmængden og placering er optimal.

5.1.5 Rensesystem i varmeveksler

Støpartikler fra forbrændingen, som ikke falder ned som aske, og ikke løftes med op til senere indfangning af kondensatet, kan sætte sig i varmeveksleren. Der er derfor lavet et rensesystem, som samtidigt med, at bundpladen i brændskålen renses, sørger for at skrabe siderne rene i varmeveksleren.

5.1.6 Præcision i styring

For at sikre en optimal brændselsøkonomi er der en del omstændigheder udenfor selve træpillefyret, der også har en betydning, og som fyret derfor er nødt til enten at prøve at regulere sig ud af eller tilpasse sig. Hvis det pågældende hus' radiatorer arbejder med natsenkning, vil der på et givet tidspunkt, typisk om aftenen, pludselig blive mindre behov for varme. Dette opfanger styringen på træpillefyret ved, at der ikke længere bruges den samme energimængde fra varmeveksleren, og fyret kan drosle den tilsatte træpille mængde ned.

Her er igen en af de store forskelle mellem dette træpillefyret og andre: mængden af vand og jern, der er varmet op/skal varmes op. I mange traditionelle træpillefyret er vandmængde + jern minimum 100 kg; i vores er det kun omkring 30 kg. Dette gør, at reguleringssløjfen i de traditionelle fyr har vanskeligere ved hurtigt at reagere. Efter en ændring er sket, vil fyret fortsætte med at afbrænde samme mængde træpiller et vist stykke tid, indtil temperaturen er steget et vist antal grader, og det begynder at sætte den tilførte mængde piller ned. For ikke at gøre systemet ustabil kan det ikke reagere på for små ændringer, så der er indlagt en vis træghed, før systemet reagerer. Men samtidigt betyder det så, at fyret senere er nødt til at overkompensere for at slippe af med overskudsvarmen, der nu er oplagret i de 100 kg, og skrue mere ned end nødvendigt.

Grundet dette reguleringssystem vil de traditionelle træpillefyret relativt nemt svinge en del i temperaturen i varmeveksleren over en dag. Dette gør energiforbruget større end optimalt, og kan desuden også gøre kondensering vanskeligere at styre. Grundet vores væsentlig mindre varmekapacitet kan reguleringssløjfen reagere langt hurtigere og derved holde temperaturen i varmeveksleren mere konstant. Dette giver i tillæg en bedre brændselsøkonomi, da en stabil forbrænding er at foretrække frem for en fluktuerende forbrænding - som i øvrigt ofte i lavlast-

perioder fører til, at fyret kører med for høj træpilletilførsel og derved jævnligt er nødt til at lukke helt ned for at få brugt overskudsvarmen, før det så igen kan starte op.

En lille varmekapacitet kræver naturligvis en hurtigere reaktion, således at der ikke kan ske en overophedning, f.eks. i en situation med strømudfald. Sikringen mod dette opnås ved at have tilpas få træiller på samme tidspunkt i brændskålen, og et relativt lufttæt design, som ligeledes hjælper til med at få slukket ilden.

Dette er søgt tilstræbt gennem et minimalistisk design og den tidligere beskrevne anden tilgang til forbrændingen, med forgasning af træpillerne.

5.2 Fejlhåndtering

Det er vigtigt, at træpillefyret er sikret mod de forskellige typer af fejl, der kan opstå:

1. Strømmen fjernes
2. Fejl i en sensor
3. Blæser starter ikke op
4. Optænding fejler
5. Brændskålen fyldt op med sammenbrændte rester (slagget)

5.2.1 Strømmen fjernes

Hvis strømmen svigter på det mest kritiske tidspunkt, skal systemet stadig kunne klare det. Det mest kritiske tidspunkt er, når der lige netop er fyldt træpiller i brændskålen, brænderen kører på fuld effekt, og vandtemperaturen er på det højeste niveau, før der lukkes ned. Problemet er her, at hvis brænderen fortsætter for længe med at brænde, vil der ske en overophedning i varmeveksleren. Der er dog en overtryksventil på, men den bør kun betragtes som en allersidste udvej. Under test kan vi se, at der aldrig er ret mange piller i brændskålen, og at, når det hele lukker ned, dør ilden relativt hurtigt ud grundet et forholdsvis lufttæt design. Konklusionen er: selv i worst-case når temperaturen ikke over kritisk niveau.

5.2.2 Fejl i en sensor

Den medfølgende computer sikrer, at hvis der er en fejl i en sensor, eller et måleresultat ligger uden for den forventede værdi, lukkes der ned.

5.2.3 Blæser starter ikke op

Ventilatorernes funktion testes med luftmængdemålerne, og hvis disse ikke måler den forventede luftmængde passerer sensorerne, lukker kontroller softwaren ned for systemet.

5.2.4 Optænding fejler

En farlig fejlkilde er under opstart, hvor der kan risikere at blive produceret røggas, der kan eksplodere under uheldige omstændigheder. For at sikre sig mod dette må fyret under ingen omstændigheder kunne tro, at der er kommet gang i forbrændingen, uden at dette reelt er sket, da dette kan forårsage, at der tilføres flere træpiller, der kan producere uforbrændt røggas. Dette kontrolleres vha. lambdasonden og en timer, der sikrer, at hvis ikke forbrændingen er gået i gang inden for et vist stykke tid, lukkes der ned.

5.2.5 Brændskålen fyldt op med sammenbrændte rester (slagge)

En almindeligt kendt fejl er, at når træpillerne er af for dårlig kvalitet, kan de producere en meget hård slagge, som efter lidt tid gør, at nytålførte træpiller ikke kan ligge ordentligt i brændskålen. Vores design er lavet således, at hele bunden under brændskålen fjernes, og selv store slaggestykker fjernes automatisk.



FIGUR 5; DET SAMLEDE OG OPHÆNGTE TRÆPILLEFYR

6. Testresultater

Træpillefyret har været på målebænken hos Teknologisk Institut i Århus. Den nuværende standard for træpillefyre (EN 303-5) har specificeret, at:

"This European Standard does not apply to: condensing boilers."

Vi har dog alligevel taget udgangspunkt i standarden, da der p.t. ikke findes nogen standard for kondenserende træpillefyre, og vi har ligeledes forholdt målinger til den strengeste klasse 5, EN303-5 - med forventning om, at den kommende standard for kondenserende træpillefyre på disse punkter kommer til at ligge tæt op ad kravene i den eksisterende standard. Arbejdsgruppen er i gang med arbejdet, men som med al standardiseringsarbejde er det umuligt at forudsæ hvornår den nye standard kommer.

Vi håbede og forventede naturligvis, at støvemissionstallet ville være lavt, men derudover var en af de største overvejelser NO_x-problematikken grundet den høje forbrændingstemperatur. På alle parametre ligger målingerne dog fint, og visse steder endog rigtig fint.

Der skal dog foretages lidt ændringer ved styringen til den ene blæser, da denne i lavlast-situationen under testmålingerne lavede nogle fluktuationer, der tyder på, at den reagerede for langsomt i reguleringsløjfen. Ligeledes kan vi se på CO-målingerne, at der er nogle spidser (dog stadig langt under kravene), som igen kan henføres til ovennævnte fluktuationer.

Målingen viser 0 mg støvpartikler (v. nominel last), hvilket er overordentlig flot. Men tallet siger ikke noget om, hvorvidt der evt. skulle gemme sig fine eller ultrafine partikler i røgen. Med den nuværende diskussion om brændeovne blev vi interesseret i at se, om vi kunne få et tal for dette på træpillefyret. Teknologisk Institut har et laboratorium der kan tælle fine og ultrafine partikler. Men det er ganske omstændigt og derfor i et prisleje på omkring 50.000 kr. og udenfor dette projekts rækkevidde. Når blæserreguleringen er kommet helt på plads, har vi planer om at prøve at finde ressourcer til det og få det målt på et senere tidspunkt.

I skemaet nedenfor er resultaterne fra målinger ved en konstant ydelse på 6.21 kW.

Vi forventer at kunne opnå en højere virkningsgrad end de 92,3% ved næste måling. Når man tager kondensering med skulle vi gerne op over 103%. Denne gang havde vi for lidt isolering omkring fyret, og havde heller ikke top og bund på. Dette har betydet, at der har været en ikke uvæsentlig varmeafgivelse direkte fra fyret, som ikke bliver målt med. En anden faktor er den relativt lave effekt der er målt ved. Jo lavere effekt målingen laves ved, desto større effekt har varmetab fra selve fyret. Ved disse 6,73kW svarer de 10% effekttab til ca 670W, som kan sammenlignes med en mindre radiator. Bedre isolering og lukket omkring fyret vil hjælpe væsentlig på dette.

De mest spændende måleresultater er måling på CO, støv og NO_x, som alle klarer det rigtig fint. Partikel emissionen er målt til et flot "nul". Det skal dog bemærkes at denne måling alene foretages for "store" partikler. Det indikerer at antallet af fine og ultrafine partikler formentligt også vil være lavt, men det vides pt ikke.

At CO at ca 10 gange bedre end klasse 5, peger på at forsøgene med at nå en bedre forbrænding er lykkedes til overmål, og at vi derfor kan forvente et meget lavt indhold af f.eks. tjærestoffer i røgen.

Måling over 6 timer	Resultat (gennemsnit over 6 timer)	Krav
Returtemperatur	42,00 °C	
Fremløbtemperatur	48,90 °C	
Vandflow	0,78 m ³ /h	
Varmeydelse	6,21 kW	
Måletid	6,00 h	
Brændselsforbrug	1,38 kg/h	
Vandindhold	6,6 %	
Brændværdi	17587 J/g	
Indfyret effekt	6,73 kW	
Virkningsgrad	92,3 %	87,8 (Klasse 5) 87,8 (Danmark) 80,0 (Østrig)
Rumtemperatur	22 °C	
Røgtemperatur	64 °C	
Skorstenstræk	1 Pa	
Røggasvolumenstrøm	11,4 m ³ /h	
Røggasmassestrøm	12,0 kg/h	
CO ₂	14,7 % _{vol}	
Støv målt	0 mg/m ³	
Støv ved 10% O ₂	0 mg/m ³	40 (Klasse 5)
Støv ved 13% O ₂	0,00 g/m ³	0,02 (Tyskland)
Støv-emission	0 mg/MJ	30 (Østrig)
CO målt	0,0067 % _{vol}	
CO ved 10% O ₂	0,0049 % _{vol}	
CO ved 10% O ₂	61 mg/m ³	500 (Klasse 5)
CO ved 13% O ₂	0,04416 g/m ³	0,4 (Tyskland)
CO ved 13% O ₂	44 mg/m ³	300 (Schweiz)
CO-emission	28 mg/MJ	375 (Østrig)
NO _x (NO ₂) ved 10% O ₂	0,0070 % _{vol}	
NO _x (NO ₂) ved 10% O ₂	144 mg/m ³	
NO _x -emission (NO ₂)	67 mg/MJ	100 (Østrig)
OGC (C ₃ H ₈) ved 10% O ₂	< 0,0004 % _{vol}	
OGC (C) ved 10% O ₂	< 6 mg/m ³	20 (Klasse 5)
OGC-emission (C)	< 3 mg/MJ	40 (Østrig)

For en detaljeret gennemgang af de tekniske omstændigheder ved forbrænding kan bl.a. henvises til en tidligere rapport i samme serie: Dall, 2016.

6.1 Korrosion

Force Technology har lavet korrosionsmålinger på henholdsvis varmeveksler/kedel og kondensator. Det er gjort ved at opmåle elementerne før montering, og derefter udtage dem efter 1000 timers drift. Det havde været bedre hvis driftstiden havde været længere, men dette var ikke muligt.

Der er testet ved at elementerne er blevet opmålt og vejet hos Force før montering. Efter de 1000 timer er disse elementer overdraget til Force der så igen har rensset dem, vejet dem og tjekket dem under mikroskop.

Metallapperne i kondensatoren havde tabt sig lidt : fra 13.98 gram til 13.84 gram. Hvilket af Force beregnes til at være en korrosion på 0,04 mm/år. MEN med ingen synlig korrosion fra mikroskop eftersyn. Vægttabs-tærings hastigheden indikerer en levetid på 20 år.

De to metalrør fra kedlen har været igennem samme undersøgelse. Det ene havde ikke tabt nogen vægt, og det andet havde taget 0,01 gram/mm rørlængde på. Under mikroskop var her dog synlige korrosionsmærker, - men uden at det vægtmæssigt havde nogen betydning, så her kan der ikke indikeres nogen levetid, da der ikke var noget målt materialetab.

Alt i alt indikere de lidt modstridende tegn at der kan ske korrosion, men at hastigheden sandsynligvis er tilfredsstillende langsom til at der mindst kan opnås en levetid på 15-20 år.

Der vil dog i løbet af anden halvdel af 2017 blive igangsat en længerevarende måling, for at verificere data.

Referencer

Dall, 2016; *Verifikation og videreudvikling af biomasseovn med meget lave NOx- og støv-emissioner*: Miljøstyrelsen, Jens Dall Bentzen / Dall Energy 14. april 2016

Kondenserende træpillebrænder

Udviklingen af træpillebrændere er i de sidste 10-15 år gået i retning af mindre vedligehold og mere automatik. De første generationer krævede ugentlig rensning og fjernelse af aske, og ofte påfyldning af træpiller dagligt, alternativt med transportør-snegle. Den følgende generation har automatiske rensesystemer, der gør, at de kan køre 3-5 måneder mellem tilsyn.

Arbejdet i dette projekt har haft fokus på at løfte træpillebrænderen/træpillefyret til "næste generation". Mindre vægt, kondensering, bedre automatik OG, ikke mindst, mindre uønskede emissioner! Hovedkomponenterne, der er blevet designet og testet i projektet, har hovedsageligt været brænder, varmeveksler (kedel) og kondensator. Derudover er mindre dele som blæser, rensesystem og software også designet og udviklet i projektet. Partikel emissionen er målt til et flot "nul". Det skal dog bemærkes at denne måling alene foretages for "store" partikler. Det indikerer at antallet af fine og ultrafine partikler formentligt også vil være lavt, men det vides pt ikke.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk