

Proveldning i fastbränslepanna för att kartlägga emissioner vid inblandning av olika avfallsfraktioner

Elisabet Blom, Rickard Lundborg, Lars Wrangsten

**Proveldning i fastbränslepanna för att kartlägga
emissioner vid inblandning av olika avfallsfraktioner**

**Combustion tests in a solid fuel boiler to clarify the
emissions when co firing refuse**

**Elisabet Blom,
Rickard Lundborg, Lars Wrangensten**

F9-848

FÖRORD

Förbränningsförsök med inblandning av olika avfallsfraktioner har genomförts vid Tekniska Verken i Linköping på en ångpanna, 60 MW, med rörlig roster och elfilter samt rökgaskondenseringsutrustning. Normalt eldas pannan med en bränslemix bestående huvudsakligen av RT-flis och bark.

Mätningar, resultatanalys och utvärdering har genomförts av ÅF Energikonsult AB och ÅF Processdesign AB. Projektet hade dock inte kunnat genomföras utan att Tekniska Verken upplåtit sin panna för försöken samt svarat för bränsleleveranser och medverkat med driftspersonal vid förberedelser och planering samt under proven. Projektledningen vill därför framföra sitt varma tack och också tacka Högskolan i Växjö för lån av försöksriggen för tryckfallsbestämningar över bäddar av de olika bränsletyperna.

En projektreferensgrupp har också följt projektet;

Christer Andersson, Vattenfall Utveckling AB
Bill Karlsson, Tekniska Verken i Linköping AB
Kerstin Robertson, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Solvie Herstad, Scandinavian Energy Project AB
Bo Andersson, Kvaerner Pulping AB
Jenny Larfeldt, Termiska Processer AB

Gruppen har medverkat med värdefulla råd och synpunkter. Projektet har finansierats av Värmeforsks forskningsprogram för Miljö- och Förbränningsteknik.

Stockholm juli 2002

Lars Wrangsten
ÅF-Energikonsult AB

ABSTRACT

Olika avfallsfraktioner har samförbränts i en fastbränslepanna hos Tekniska Verken i Linköping för att kartlägga potentialen för att kunna förbränna olika inblandningsgrader av avfall i fastbränslepannor inom ramen för avfallsförbränningsdirektivet 2000/76/EG. Inblandning har skett av papper/plast/trä, köttmjöl, blöjor och läder i olika mixer med referensbränslet som är en blandning av RT-flis och bark. Vid proven har emissions- och eldstadsmätningar genomförts. Analys av klor- och svavelbalanser visar att det är svårt att få dessa att gå ihop baserat på bränsleanalyserna. Halterna i askorna av tungmetaller (Cd, Pb, Cr, Zn, As) kan inte heller korreleras till motsvarande innehåll i bränslefraktionerna.

SAMMANFATTNING

Inom ramen för detta Värmeforsk-projekt har förbränningsförsök genomförts på en 60 MW ångpanna, med rörlig roster vid Tekniska Verken i Linköping. Normalt eldas en bränslemix bestående huvudsakligen av RT-flis (70%) och bark (30%), till vilken inblandning har skett av följande olika avfallsfraktioner;

- Papper-plast-trä (inblandningsgrad 10 respektive 25 % energiandel)
- Köttmjöl (inblandningsgrad 10 respektive 25 % energiandel)
- Blöjor (inblandningsgrad 10 % energiandel)
- Läderspill (inblandningsgrad 10 % energiandel)

Av bränslefraktionerna hade köttmjöl högst värmevärde med ca. 24 MJ/kg vid en fukthalt av ca. 3,4 %. Papper/plast/trä samt läderspill innehöll mest klor (1,2 respektive 1,4 % (vikt)). Mest kväve återfanns i köttmjölet men överlag var kvävehalterna relativt höga i de olika bränsletyperna med ca. 1 % (vikt) kväve i referensbränslet. Analys av svavel visade att bränslemixen med inblandning av läderspill innehöll mest svavel med en svavelhalt på drygt 0,1 %, således låg svavelnivå. Analys av klor- och svavelbalanser visar dock att det är svårt att få beräknade emissioner, med hjälp av bränsleanalyserna, att stämma med uppmätta halter. Svårigheter att ta representativa bränsleprover, speciellt med avseende på klor, kan vara en förklaring. Filmning och mätningar i eldstaden pekar på att inblandningen av de olika bränslemixerna verkar förbättra förbränningsförloppet med bättre lokal utbränning av såväl koloxid som olika kolväten. Resultaten från emissionsmätningarna i skorstenen kan sammanfattas enligt följande:

- Inblandning med 25 % köttmjöl gav lägst CO-halt (under kravet i EU:s avfallsförbränningsdirektiv på 50 mg/nm³ vid 11 % O₂).
- Referensbränslet gav högst utgående HCl-halt före rök-gaskondenseringen (ca 245 mg/nm³ vid 11 % O₂).
- Referensbränslet gav också högst SO₂-emission (drygt 50 mg S/nm³ vid 11 % O₂) mätt i övre eldstaden, nivåerna i rengasen efter rök-gaskondenseringen var inte mätbara.
- Högst NO_x-halt i utgående gas erhöles med 25 % köttmjöl (ca 50 mg/MJ).

Halterna av tungmetaller i askorna kan inte korreleras till motsvarande innehåll i bränslefraktionerna. Oförbränthalten i bottenaskan är markant lägre än för referensbränslet vid hög inblandning av köttmjöl. Detta tyder på att rosterförbränningen och driftinställningarna kan ha varit optimala för just denna mix och inblandningsgrad. Försök med en beläggningssond nära överhettaren visade att vid temperaturen 400 °C gav inblandning av blöjor mest påslag. Detta är intressant då blöjor även gav lägst HCl-halt ut vilket gör att man kan misstänka att kloreten kan finnas i beläggningarna. Projektresultaten tyder på att samförbränning med olika avfallsfraktioner bör kunna ske inom ramen för rådande miljökrav och kanske även inom ramen för avfallsförbränningsdirektivet 2000/76/EG i befintliga fastbränslepannor. HCl- och SO₂-emissionerna kan dock ej innehållas om inte en rök-gaskondenseringsanläggning finns som i detta fall. Mer forskning och utveckling av generell karaktär behövs dock inom området. De eldstads- och beläggningssondsmätningar som genomfördes visar att det är svårt att genomföra sådana mätningar med tanke på lokala temperaturtoppar och strömningsprofiler. En fördjupad analys av eldstadsförloppet, eventuellt kombinerad med matematiska simuleringar, är önskvärt för att öka förståelsen i fortsatta projekt.

SUMMARY

In this Värmeforsk-project tests has been performed in a 60 MW moving grate steam boiler at Tekniska Verken in Linköping. The boiler plant has an electrostatic filter for dust reduction and also a flue gas condensing plant with heat recovery. Värmeforsk has financed the project. During the tests the following fuel fractions have been injected into the reference fuel, a mix of recovered wood chips (70 %) and bark (30 %):

- Paper/plastic/wood fuel (10 % and 25 % injection on an energy basis)
- Meat powder (10 % and 25 % injection on an energy basis)
- Napkin waste (10 % injection on an energy basis)
- Leather waste (10 % injection on an energy basis)

The highest lower heating value was noted for meat powder, approx. 24 MJ/kg with a moisture content of 3,4 %. The heating values for the other fuel fractions were on the same level or just beneath the corresponding heating value for the reference fuel. The highest chlorine content was found in the paper/plastic/wood fraction respectively the leather waste fraction with 1,2 and 1,4 % (weight) of chlorine. The meat powder had the highest nitrogen content but all the fuel mixes had a quite high content of nitrogen with values over 1 % (weight). Analyses of sulphur in the fuels showed that leather waste had the lowest content just over 0,1 %, considered as a low sulphur level for fuels in general. However there are problems to get balance between in- and output for sulphur and chlorine based on fuel analysis. Difficulties to take representative fuel samples, especially when it comes to chlorine, can be an explanation. Video camera recordings and flue gas analysis in the furnace showed that the injection of refuse fractions seems to improve the combustion conditions with better local combustion of CO and hydrocarbons. The results from the emission measurements in the chimney can be summarised as follows (emission values at 11 % O₂):

- The lowest CO emission was noted with 25 % meat powder injection (<50 mg/nm³)
- The highest HCl emission, before the flue gas condensing plant, was noted for the reference fuel (approx. 245 mg/nm³)
- The highest SO₂ emission, in the upper furnace, was also noted for the reference fuel (over 50 mg/nm³). Levels after the condensing plant could not be measured.
- 25 % meat powder injection gave the highest NO_x-emission (approx. 50 mg/MJ).

The high heavy metal content in ash could not be correlated to the content in the fuel fractions. The unburnt carbon content in bottom ash is remarkable lower for 25 % meat powder injection into reference fuel. The conclusion is that the operation parameters for the boiler are optimized for this specific fuel fraction and the amount injected. Tests with a fouling probe near the first superheater showed that at a temperature of 400 °C 10 % napkin waste gave most fouling. This is interesting then the lowest HCl-emission level was noted for napkins, maybe depending on that the chlorine is present in the depositions. The project results point in the direction that co-combustion of different refuse fractions will be possible within the existing environmental legislation and maybe also within the new EU directive 2000/76/EG. Although flue gas condensation is necessary to get acceptable emissions of HCl and SO₂. Further general research is thus needed and several R&D project areas are listed in the report. Deeper studies of the combustion process in furnace are important in future project.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	1
2	MÅL OCH SYFTE.....	2
3	ANLÄGGNINGSBESKRIVNING	3
4	PROVENS GENOMFÖRANDE	6
4.1	Försök med referensbränsle samt olika avfallsfraktioner	6
4.2	Bränslekaraktärisering av avfallsfraktioner	8
4.3	Eldstadsmätningar	9
4.4	Emissionsmätningar	9
4.5	Uttag av askprovet	9
5	RESULTATREDOVISNING	10
5.1	Bränslekaraktärisering	10
5.2	Bränslefraktionernas utseende	10
5.3	Fysikaliska data	11
5.4	Bränslesammansättning	12
5.5	Förbränningstekniska aspekter	14
5.6	Bränslenas beläggningstendens	18
5.7	Emissioner	22
5.8	Askanalyser	26
6	UTVÄRDERING	31
6.1	Allmänt	31
6.2	Slutsatser	31
7	ANVÄNDNING OCH REKOMMENDATION.....	33
7.1	Diskussion	33
7.2	Användning av resultaten	33
8	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGARBETE	34
8.1	Ängeläget forskningsområde	34
8.2	Problemområden för fortsatt forskning och utveckling	34
8.3	Förslag till fortsatta forskningsprojekt	35
9	LITTERATURREFERENSER	36

BILAGOR

A PROVPROGRAM

B ANALYSER

1 BAKGRUND

Under de senaste åren har mycket skett inom avfallshanteringsområdet och den bränslesituation som svenska kraft- och fjärrvärmeproducerande anläggningar har ställts inför. Det handlar dels om tillgång och efterfrågan på avfallsbränslen och dels om den nya EU-lagstiftning som successivt införs på nationell nivå.

Lagstiftningen syftar till att främja samförbränning av avfall d.v.s. använda värmen vid förbränningen effektivt. I Sverige har vi under lång tid strävat efter att energiåtervinna avfall och de flesta av avfallsförbränningsanläggningarna är idag energileverantörer till fjärrvärmenät och i vissa fall även till elnätet. EG-direktivet för förbränning av avfall antogs i december 2000 och innebär att förutsättningarna för förbränning av avfall förändrats. Detta i kombination med att förbud mot deponering av brännbart avfall införts 2002 och att förbud mot deponering av organiskt avfall kommer att införas år 2005, innebär att en större mängd avfall kommer att gå till förbränning och att miljökraven på anläggningarna samtidigt skärps.

Ett sätt att lösa problemet med förväntad brist på avfallsförbränningskapacitet är att blanda in avfallsfraktioner i biobränslen och utnyttja dagens fastbränslepannor för att delvis täcka behovet. För denna applikation är utsorterat industriavfall av störst intresse då man kan få bränsle med kontrollerbara egenskaper såsom fukthalt, värmevärde och kemiskt innehåll.

Ett tänkbart scenario för framtiden är att avfallet kan komma att sorteras och samarbetet mellan verken utökas. Med detta menas att olika anläggningar kan komma att vilja ha specifika fraktioner och genom detta uppnå effektivare förbränning och därigenom bättre miljödata.

Några av de frågeställningar som uppkommer i samband med detta är;

- Hur påverkas förbränningen och emissionerna av olika inblandning av avfallsfraktioner?
- Kan olika bränsleblandningar göra att förbränningen och emissionsbilden kan förbättras?
- För- och nackdelar med att blanda olika avfallsbränslen med icke-avfallsbränslen?

För att söka få svar på dessa frågor har fullskaliga förbränningsförsök genomförts vid Tekniska Verken i Linköping. Projektet behandlar provförbränning med inblandning av några relevanta typer av avfall efter de förutsättningar som rådde år 2001. Bränslets fysiska egenskaper och förbränningsförhållandena samt påverkan på emissionerna till luft har speciellt undersökts.

2 MÅL OCH SYFTE

Målet med det här arbetet har varit att undersöka möjligheterna att samförbränna olika avfallsfraktioner med syfte att kartlägga potentialen att elda avfall i fastbränslepannor. Bränslemixerna består av kombinationer mellan bark, returträflis och avfall.

I EU:s förbränningsdirektiv ges möjlighet att sambränna avfallet med bränslen som är undantagna ur direktivet. Samförbränning av olika bränslemixer ger således möjligheter att kombinera olika bränsleblandningar så att minsta möjliga miljöpåverkan erhålls. Det finns därför ett behov av att undersöka hur emissionerna påverkas vid val av olika bränslemixer.

3 ANLÄGGNINGSBESKRIVNING

Provelldningsförsöken har genomförts på kraftvärmeverket vid Tekniska Verken i Linköping. Anläggningen består av en ångpanna, 60 MW, med rörlig roster och elfilter samt rökgaskondenseringsutrustning för rökgasrening och värmeåtervinning.

Pannan är byggd av Generator AB år 1964 och konverterad från oljeeldning 1984 till biobränsle med en von Roll-roster, vinkeln på rostern är 18° mot normalplanet. I samband med konverteringen skars pannan av vid höjden 21,44 m. Den nya delen med den rörliga snedrostern är bredare än pannans överdel. Rostern är 7,9 m lång och 8,15 m bred vilket betyder en area på 64 m². Eldstadens volym är 508 m³. Pannan har paneltuber med delningen 80 mm. Nedan i Tabell 1 redovisas sekundär- och tertiärluftdysor samt rökgasåterföringen i tabellform.

	Antal dysor	Vinkel mot normalplanet	Dimension	Placering	Nivå, över havet
Sekundärluft front	11	- 30 °	Ø 125 mm	Frontvägg	+18,195
	2	- 30 °	Ø 80 mm	Frontvägg	+18,195
Rökgasåterföring bak	8	0	70-140 (elips)	Bakvägg	+16,980
Tertiärluft	4	0	Ø 160 mm	Höger sida	+20,610
Tertiärluft	5	0	Ø 160 mm	Vänster sida	+20,610

Tabell 1 Sammanställning av luft och rökgasdysor

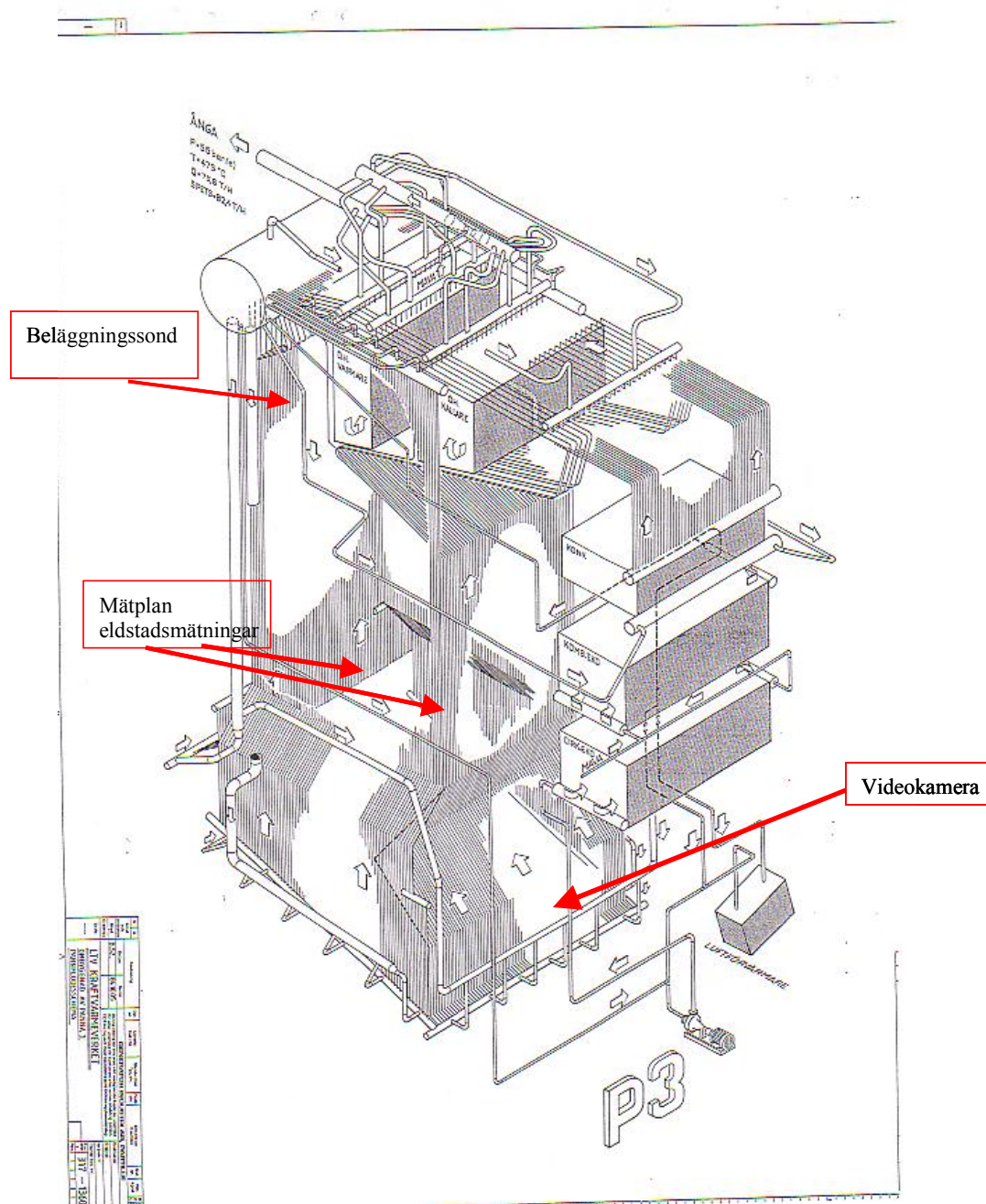
Table 1 Overview of combustion air and flue gas nozzles

Ångdata för pannan är 5,9 MPa och 475 °C. I pannan eldas normalt en blandning av returträ, bark och plast från mjölkförpackningar. I detta fall valdes att använda ett referensbränsle utan plast, dvs. bara en blandning av bark och returträflis i proportionerna ca 30/70%.

Avskiljning av partiklar sker i två steg i cykloner och sedan elfilter. Rökgasreningen avslutas sedan med en rökgaskondenseringsanläggning.

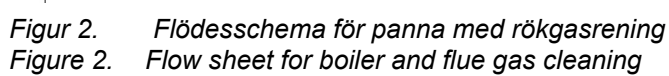
Pannan har, enligt driftpersonalen, tendenser att få ojämn bränslebädd på rostern. Rostern är indelad i tre rosterbanor och beter sig lite som ”tre pannor i en”.

Pannans utseende och utformning framgår av Figur 1 nedan. I bilden har mätplanet för eldstadsmätningar ritats in samt var videofilmningen av förbränningsrostern och beläggningssonden placerades under proven.



Figur 1. Översiktssbild av panna P3
Figure 1. Overview of the boiler P3

Nedan i Figur 2 redovisas också ett enkelt flödesschema för anläggningen där det markerats var olika emissionmätningar utförts.



4 PROVENS GENOMFÖRANDE

4.1 Försök med referensbränsle samt olika avfallsfraktioner

Proven genomfördes vid Tekniska Verken i Linköping under vecka 41, 2001-10-08 till 2001-10-12. I den inledande undersökningen med referensbränslet bark (30%) och returträflis (70%) har ingått att dagen innan mätningarna optimera driften så att lugn och stabil drift erhöles med minimala utsläpp av framförallt NO_x, CO och THC. Eldstadstemperaturer på olika nivåer samt tryckfall över rostern har registrerats (skillnad mellan tryck i primärluftlåda och eldstadstrycket) för att kunna jämföra förbränningen av de olika bränslemixerna.

Kontrollerad provförbränning (2 h/prov) med inblandning av fyra olika avfallsfraktioner tillsammans med referensbränslet har därefter genomförts enligt provprogrammet under Bilaga A. Som framgår av programmet har proveldningen med de olika mixerna påbörjats ca. 2 timmar innan provperioden. Om det varit möjligt av praktiska och ekonomiska skäl hade naturligtvis en längre eldningstid av aktuell mix varit önskvärd innan proven, särskilt med tanke på att uppnå stabila förhållanden för askanalyserna. De bränslemixer som testats tillsammans med referensbränslet är;

- Bränslemix 1 - Papper-plast-trä, låg koncentration (inblandningsgrad 10 energi %)
- Bränslemix 2 - Papper-plast-trä, hög koncentration (inblandningsgrad 25 energi %)
- Bränslemix 3 - Köttmjöl, låg koncentration (inblandningsgrad 10 energi %)
- Bränslemix 4 - Köttmjöl, hög koncentration (inblandningsgrad 25 energi %)
- Bränslemix 5 - Blöjor (inblandningsgrad 10 energi %)
- Bränslemix 6 - Laderspill (inblandningsgrad 10 energi %)

I Tabell 2 visas de olika bränslemixernas elementarsammansättning och värmevärde.

	Ref. bränsle	Mix 1	Mix 2	Mix 3	Mix 4	Mix 5	Mix 6
	[% TS]	[% TS]	[% TS]	[% TS]	[% TS]	[% TS]	[% TS]
Kol	47,9	47,4	47,2	48,0	45,2	48,6	47,9
Väte	5,8	5,5	5,6	5,6	5,4	5,8	5,8
Kväve	1,1	1,3	0,9	1,3	2,1	1,3	1,3
Syre	38,3	37,0	39,8	33,9	33,3	37,4	39,2
Aska	6,8	8,8	6,5	11,2	13,9	6,9	5,6
Svavel	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,04	0,11
Fukt (av fuktigt br.)	51,1	50,5	51,7	52,5	48,5	44,6	48,4
Beräknat VV för mix, MJ/kg	8,0	8,4	9,0	8,5	9,3	8,7	7,5
Värmevärde MJ/kg (eff. på fuktigt br.)	8,0	8,0	8,0	7,1	7,8	9,2	8,5

Tabell 2 Elementarsammansättning och effektivt värmevärde
Table 2 Fuel analysis and lower heating value

Bränsleanalyser har gjorts dels på varje iblandad fraktion för sig samt en något begränsad analys på bränsleblandningen. Blandningen gjordes med frontlastare på plan. Bränsleprover togs på bränsletransportör innan pannan 4 gånger/bränsleblandning och blandades till ett gemensamt prov (i sopsäck 100 l, ca 30-40 l/samlingsprov). I Tabell 2 har värmevärdena för mixerna även beräknats. Som framgår är överensstämmelsen dålig mellan analyserat värmevärde och beräknat, troligen beroende på svårigheter att få jämn fördelning av inblandad fraktion i provet som analyserats. Referensbränslets sammansättning kan även ha varierat i tiden.

De olika enskilda bränslefraktionerna skiljer sig åt i värmevärde vilket inte framgår tydligt av bränsleproverna i Tabell 2 där bränslemixen inklusive referensbränslet analyserats. Diagram 1 nedan visar värmevärdena på fuktigt bränsle och fukthalterna för de enskilda fraktionerna i levererat tillstånd. Som framgår ligger torrt köttmjöl klart högst i värmevärde.

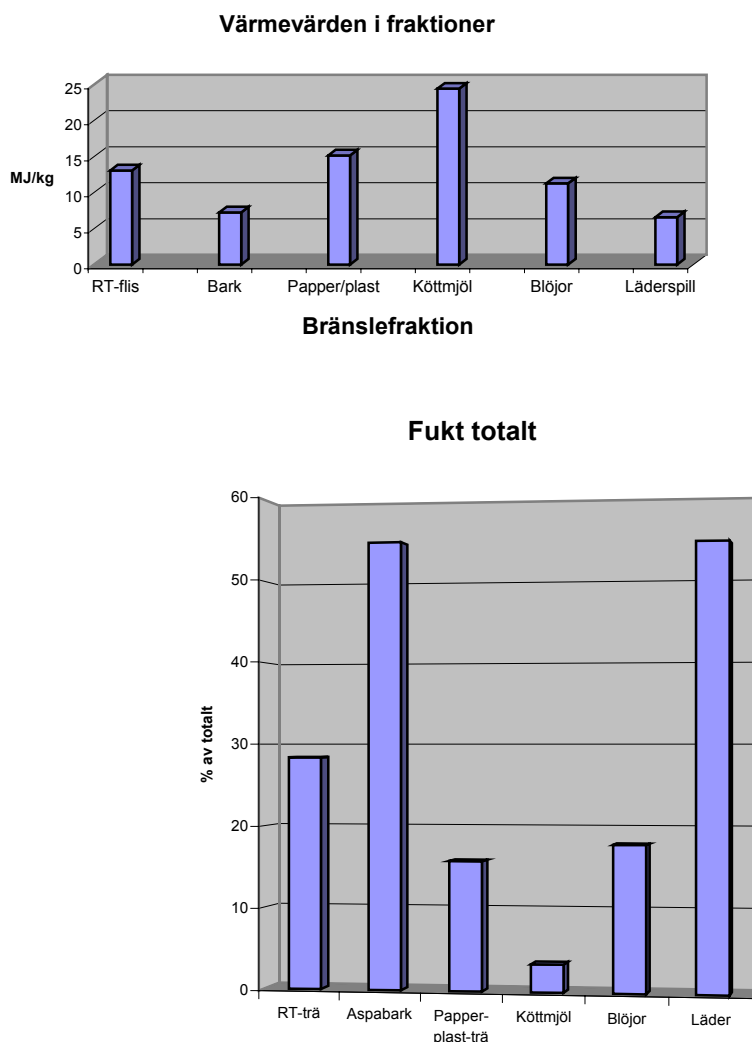


Diagram 1 Värmevärden och fukthalter i enskilda bränslefraktioner
Diagram 1 Heating values and moisture for sorted fuels

4.2 Bränslekaraktärisering av avfallsfraktioner

Generellt gäller vid försök i fullskaleanläggningar och även i laboratorieriggar att resultatet löper stor risk att bli specifika för försöksanläggningen. I detta projekt har därför ambitionen varit att:

- undersöka *skillnaderna* mellan bränslemixerna, inte att ge absolutnivåer
- undersöka bränsleblandningarnas förbränningsegenskaper

Givetvis har även ingått att undersöka hur olika bränsleblandningar påverkar förbränningsresultatet i stort för pannan, men gasförbränningsresultatet i övre eldstadsrummet är ofta alldeles för pannspecifikt och instabilt för att samma generella slutsatser som för rosten skulle kunna dras. Bränslen med olika densitet, värmeledningsförmåga, bränsleform (platt, sfärisk), tryckfall, fukthalt etc. har olika förbränningsförlopp på sin väg ner genom torkzonen, via pyrolys till charförbränningen. Blandningar av olika bränsletyper kan ytterligare skapa egenskaper som inte utgör medelvärden av de två grundbränslena.

Ambitionen inom detta projekt har varit att dels *utanför* eldstaden försöka karaktärisera bränslena separat, därefter att bestämma samma egenskaper i olika blandningar och därefter att *i eldstaden* bestämma korrelationen med de kvalitativa förbränningsresultat som uppnås. Karakteriseringen utanför eldstaden har genomförts genom tryckfallsmätningar för att få ett mått på de olika bränslenas fluffighet kontra kompakthet. Den utrustning som använts vid karakteriseringen framgår av Figur 3 nedan.



Figur 3. Försöksutrustning för tryckfallsmätningar i bränslet
Figure 3 Testing equipment for fuel pressure drop measurements

4.3 Eldstadsmätningar

För att undersöka förhållandena i eldstaden genomfördes emissionsmätningar i eldstaden med sugpyrometersonder på två ställen, se mätplanets placering i Figur 1 ovan. Mätplanet ligger på nivån + 23 m och rostern på ca. +15 m vilket gör att sonda sög ut gas ca 8 m ovanför rostern. I sidled placerades sond 1 ca 1/3 av pannbredden in från bränsleinmatningen och sond 2 ca 1/3 pannbredd in från askutmatningssidan. Sugpyrometersonderna traverserades längs panntvärsnittet för respektive provtagningspunkt. Värdena medelvärdesbildades sedan över samtliga traverserade punkter för respektive sond. Enskilda traverserade värden har inte redovisats separat i rapporten.

O₂, SO₂, CO och totalkolväten (THC) analyserades i gaserna från sugpyrometrarna. Kalibrerade kontrollinstrument användes vid mätningarna. Dessutom mättes temperaturen i eldstaden med strålningsskyddade termoelement. Provtagning gjordes också av väteklorid, HCl med 2 st prover per bränslemix i utgående gas från pannan innan elfilter

4.4 Emissionsmätningar

För analys av gasen i skorstenen användes ordinarie driftsinstrument för CO, HCl, NO_x och SO₂. Dessutom mättes även HCl i utgående gas innan rökgaskondenseringen, se figur 2 ovan. Rökgasen vid denna HCl-mätning togs ut genom en uppvärmd sond med partikelfilter. Gasflödet genom absorptionsflaskor var 2 liter/min, d v s ej isokinetiskt. Absorptionslösningen är destillerat vatten. Absorptionslösningen analyserades hos ALcontrol. Analys av partikelfilter/stoft utfördes ej. Uttagna prover är därmed HCl i gasfas. HCl partikelbundet uppmättes ej. Provtagning utfördes enligt Värmeforsks mättehandbok kap 4.15 som baseras på Svensk Standard SS-EN 1911:1-3. Enligt mätmetoden utförs ingen analys av partikelfilter.

4.5 Uttag av askprovet

För att få representativa ask- och bränsleprover togs 4 prover ut under provtiden för varje fraktion och blandades till ett samlingsprov. Askprover togs på bottenaska och elfilteraska.

5 RESULTATREDOVISNING

Utvärderingen av försöksprogrammet, se Bilaga A, har genomförts i följande huvudmoment

- Bränslekaraktärisering - bränslenas fysiska egenskaper samt sammansättning.
- Förbränningstekniska aspekter – studie av driftsparametrar och förbränningsförlopp
- Bränslenas beläggningstendens – försök med beläggningssonder
- Analys av emissionsmätningar

Nedan redovisas resultaten från förbränningsförsöken med de olika bränsletyperna.

5.1 Bränslekaraktärisering

Under provet gjordes försök med 4 olika avfallsfraktioner där två dessutom eldades med två olika koncentrationer. Koncentrationerna redovisas i tabellen nedan och de redovisas i energiprocent.

	Innehåll	Koncentration [energi %]
Referensbränsle	RT-flis bark (70/30 %)	100 %
Bränslemix 1	Papper-plast-trä	10 %
Bränslemix 2	Papper-plast-trä	25 %
Bränslemix 3	Köttmjöl (livsmedel)	10 %
Bränslemix 4	Köttmjöl	25 %
Bränslemix 5	Blöjor	10 %
Bränslemix 6	Läderspill	10 %

Tabell 3 Inblandningsgrad av bränslefraktioner i referensbränslet
Table 3 Percent of fuel mix in reference fuel

De olika fraktionerna hade olika fysiska egenskaper vilket redovisas nedan.

5.2 Bränslefraktionernas utseende

5.2.1 Papper-plast-trä

Denna fraktion kommer ifrån sorterat industriavfall och har i sin tur separerats med en bläseseparator, dvs. alla tyngre komponenter är utsorterade. Detta gör att bränslet ser relativt homogent ut och inte innehåller bitar eller trådar av metall (figur 4B).

5.2.2 Köttmjöl

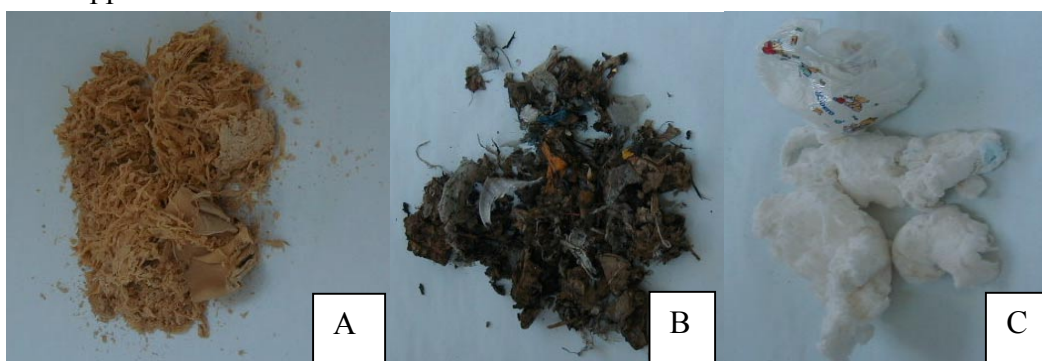
Ingen bild finns på detta bränsle men det är ett brunt grovt pulver (mellanting mellan sågspån och vetemjöl storleksmässigt) som är torrt, ca 3-4 % fukthalt. Detta bränsle fördelar sig bra i bränsleblandningen och inga klumpar har kunnat observeras.

5.2.3 Blöjor

Blöjbränslet består av spill från blöjtillverkningen i form av kassaktioner och kantklipp (figur 4C). Huvuddelen utgörs av cellstoff men även plast och tejp ingår. Bränslet är fluffigt och hade under proven benägenhet att fastna i skruvar och matningar. Bränslet är också torrt (fukthalt 17.9 %). Problemen med bränslets benägenhet att fastna i bränslehanteringsutrustningen visade sig efter proven då det tog lång tid innan det slutade komma blöjspill, från det att man avslutade inmatningen av bränsleblandningen i bränslefickan. Bränslet innehöll tidvis större bitar. Vid en normal kontinuerlig drift bör denna bränsletyp rivas för att få en homogen fraktionsstorlek.

5.2.4 Läder

Läderavfallet (figur 4A) består framförallt av avskrap som bildas då man skrapar skinnet till jämn tjocklek. Detta ser ut som små hyvelspån. Dessutom finns det med kantklipp/bitar av skinn med sämre kvalitet.



Figur 4. Foton på bränslemixer, A=skinnspill, B= papper/plast/trä och C=blöjspill.

Figure 4 Photos of fuel mixes, A=leather waste, B=paper/plastic/wood and C=napkin waste

5.3 Fysikaliska data

Simulering av tryckfallet över bränslebädden har som tidigare nämnts, gjorts med en tryckfallsbädd som lånats från Högskolan i Växjö, se figur 4. Bädden är en liten rost i plexiglas som blåser in luft underifrån och mäter tryck dels mellan rosten och bränslet och över bränslet.

Vid försöken kördes systemet med ett konstant flöde över bädden (0,75 l/s). Resultatet av mätningarna visar att skillnaden i tryckfall över bädden är liten mellan de olika

bränslena. Det största tryckfallet erhöles med bränslemix 4 (25% köttmjöl). Köttmjölet kan därmed möjligen göra bränslebädden ”tätare” med ökat tryckfall över själva bränslebädden jämfört med en bädd bestående av enbart referensbränslet.

5.4 Bränslesammansättning

Elementaranalyser och värmevärden för de olika mixerna har redovisats ovan, se Tabell 2 och Diagram 1. Dessutom har innehållet analyserats med avseende på de ämnen som bedöms kunna ge skadliga och miljöstörande emissioner.

5.4.1 Klorinnehåll

Klorhalten analyserades av praktiska skäl i varje enskild fraktion och framgår av Diagram 2 nedan.

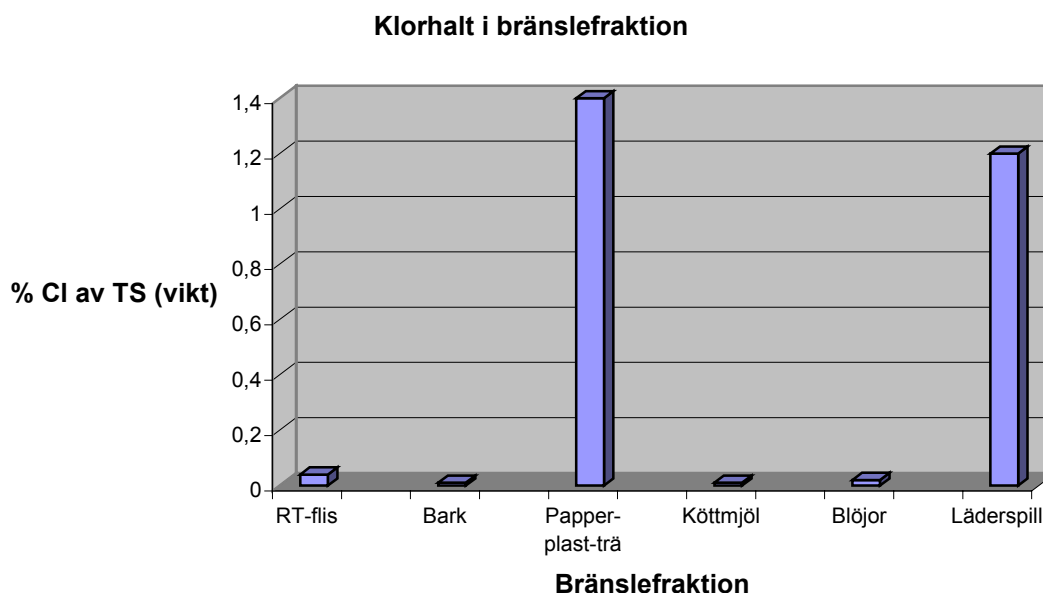


Diagram 2 Klorhalt i bränslefraktioner
Diagram 2 Chlorin in fuel fractions

Som framgår innehåller papper/plast samt läderspill mest klor. Läderspillets klorinnehåll kommer troligen från garvningen av lädret som görs med natrium- eller kaliumklorid. Vad det gäller papper/plast/trä fraktionen innehåller den troligtvis PVC vilket bidrar till den höga klorhalten. Klorhalterna i dessa två fraktioner är dock så pass höga jämfört med de andra bränslemixerna att anrikning av klor i analyserat prov inte kan uteslutas.

5.4.2 Kväveinnehåll

Analys av kväveinnehållet i bränslemixerna framgår av Diagram 3 nedan (värdena visas också i Tabell 2 ovan). Mest kväve återfinns i köttmjölet. Överlag är som framgår kvävehalterna relativt höga med ca. 1 % (vikt) kväve i referensbränslet.

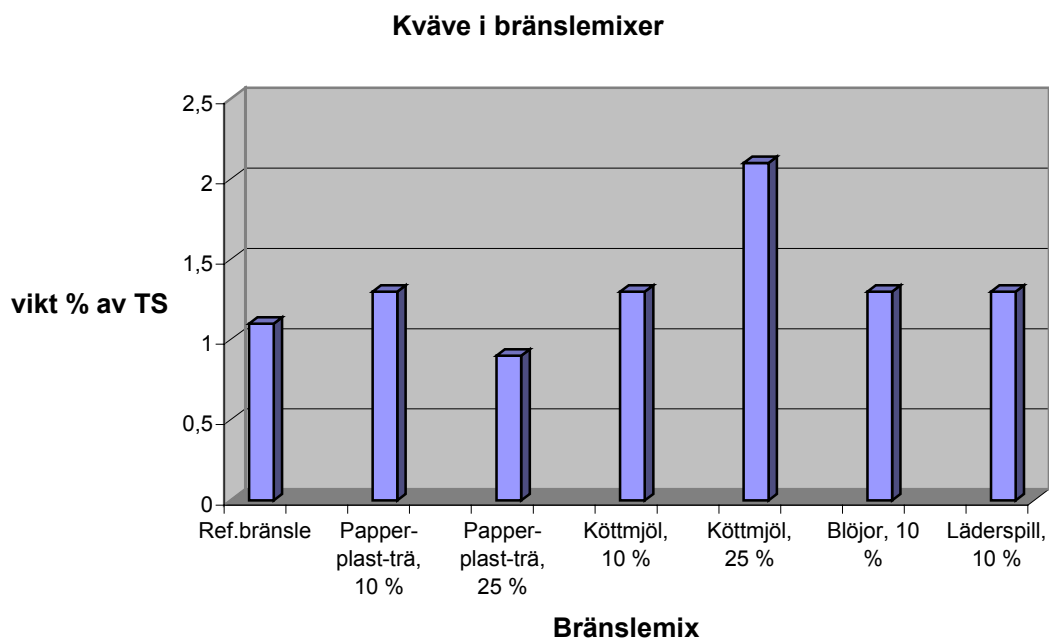


Diagram 3 Kvävehalter i bränslemixer

Diagram 3 Hydrogen content in fuel mixes.

5.4.3 Svavelinnehåll

Analys av svavel visade att bränslemixen med inblandning av läderspill innehöll mest svavel med en svavelhalt på drygt 0,1 %, således låga svavelhalter överlag för de olika mixerna. Se Diagram 4 (värden finns också angivna i Tabell 2).

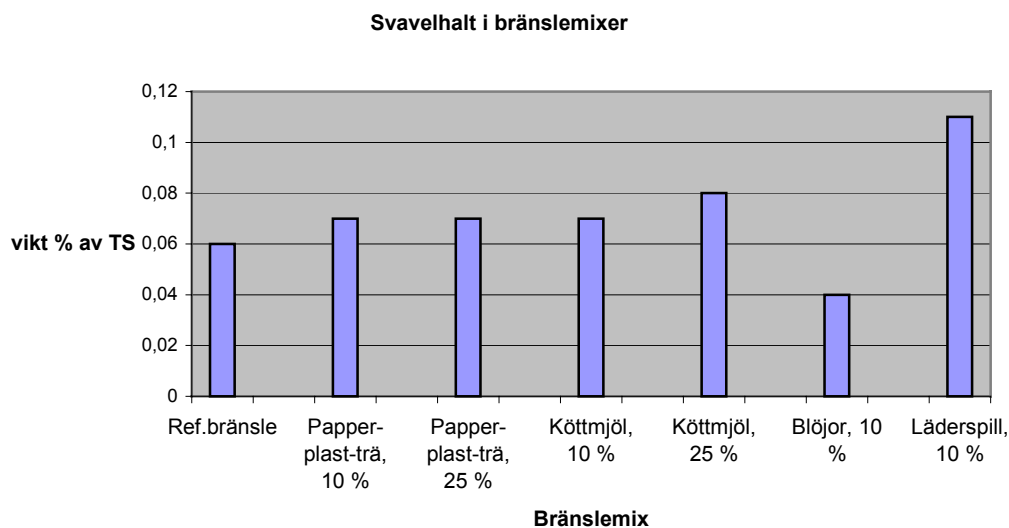


Diagram 4 Svavelhalter i bränslemixerna

Diagram 4 Sulphur content in fuel mixes

5.5 Förbränningstekniska aspekter

5.5.1 Last under proven

Lasten under de olika proven var relativt stabil och låg mellan 50-55 MW (83-92 % last) enligt sammanställningen nedan.

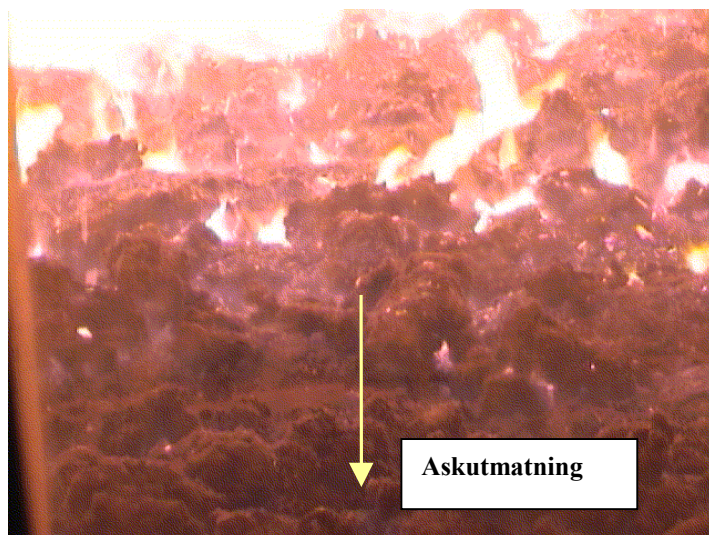
	Ref bränsle	Bränsle 1	Bränsle 2	Bränsle 3	Bränsle 4	Bränsle 5	Bränsle 6
Effekt [MW _{th}]	50,7	51,8	51,5	53,4	53,7	52,2	54,6

Panneffekten vid inblandning av köttmjöl (bränsle 3 och 4) är högre än referensbränslet vilket troligen beror på köttmjölets höga värmevärde. Att effekten låg så högt vid inblandning av läderspill (bränsle 6) är mer oförklarligt, kan bero på att referensbränslet var torrare under detta prov vilket stämmer med analysvärdena i Tabell 2.

5.5.2 Förbränningsförloppet i eldstaden

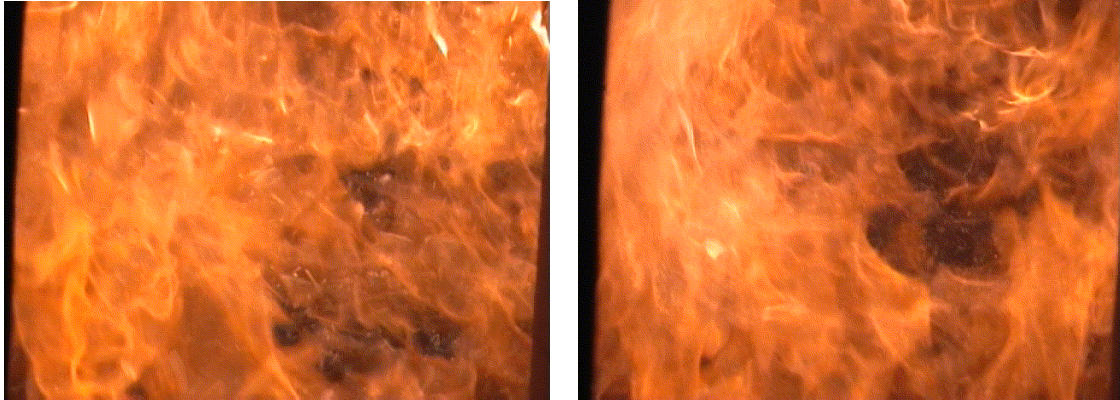
Förbränningsförloppet i eldstaden filmades med videokamera placerad på bakväggen ovan slutförbränningszonen enligt figur 1 ovan. THC, O₂ och CO mättes växelvis mellan pannans högra och vänstra sida samt gastemperaturen som mättes samtidigt enligt avsnitt 4.4. Nedan har några representativa ögonblicksbilder från videofilmerna valts ut och kommenterats. Förbränningsförloppet på filmerna varierar naturligtvis hela tiden men bilderna nedan visar på intressanta tendenser för respektive bränslemix.

Videofilmningen visade på ganska klara skillnader mellan förbränningsförloppet för de olika bränslemixerna. I Figur 5 visas förbränningsbilden för referensbränslet.



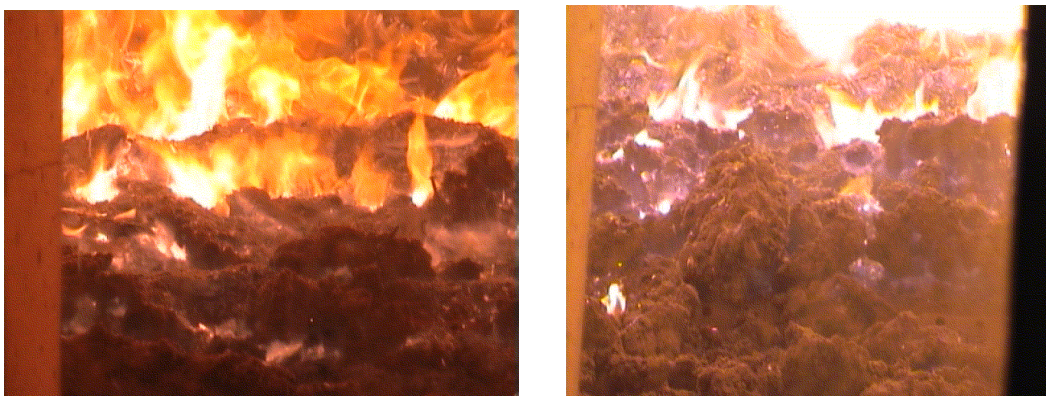
Figur 5. Förbränningsförlopp för referensbränslet
Figure 5 Combustion zone with reference fuel

Det brinner ganska högt upp på rostern med vissa sticklågor och med relativt lite gasförbränning. Figur 6 visar samma bild men med 10 % respektive 25 % inblandning av köttmjöl. Som framgår blir gasförbränningen betydligt mer markant med röd/gula lågor över rostern.



Figur 6. Förbränningsförloppet vid inblandning av 10 % respektive 25 % köttmjöl
Figure 6 Combustion zone with 10 % and 25 % mix with meat powder

Figur 7 visar inblandning av 10 % läderspill respektive blöjor. Även dessa bilder (och analys av videofilmer) visar på mer gasförbränning med gulröda lågor jämfört med referensbränslet. För blöjorna (högra bilden) är det mindre gasförbränning och möjligen



Figur 7. Förbränningsförloppet vid inblandning av 10 % läderspill (vänster bild) respektive 10 % blöjor (höger bild)
Figure 7 Combustion process for mix with 10 % leather waste (left) and 10 % napkins (right)

kan detta bero på att det lätta blöjmaterialet blåst upp av förbränningsluften för att brinna ut längre upp ovanför kamerans synfält. För inblandningsförsöken med papper/plast/trä förefaller förbränningen på själva rostern bli intensivare, jämfört med referensbränslet (Figur 5) , se Figur 8.



Figur 8. Förbränningsförloppet vid inblandning av 25 % (vänster bild) respektive 10 % papper/plast/trä (höger bild)

Figure 8 Combustion process for mix with 25 % (left) and 10 % (right) paper/plastic/wood fuel

Under proven uppmättes också CO, totalcolväten THC, O₂ samt rökgas temperatur i utsugna gaser från de två sugpyrometersonderna. I Diagram 5 visas mätresultat med medelvärden för CO samt CO-spikar (CO_{max}) och THC-spikar (THC_{max}) för sond 1 på höger sida ovan bränsleinmatningen. Som framgår fås betydligt högre värden för referensbränslet och inblandning av papper/plast/trä-fraktionen. De övriga fraktionerna ger lägre värden för samtliga dessa parametrar. Kopplas detta till förbränningsbilderna ovan kan en förklaring vara att inblandning av de olika fraktionerna homogeniserar förbränningen med bättre omblandning och utbränning av lokala CO- och THC-toppar på denna förbränningsnivå i pannan. Partikelstorleken och fukthalten för de olika fraktionerna inverkar också. Köttmjölet som är i mycket fin fraktion blandar sig exempelvis lätt med referensbränslet. Blöjospillet är tidvis i ganska stora men lätta bitar som kan blåsa iväg upp i eldstaden och brinna ut högre upp.

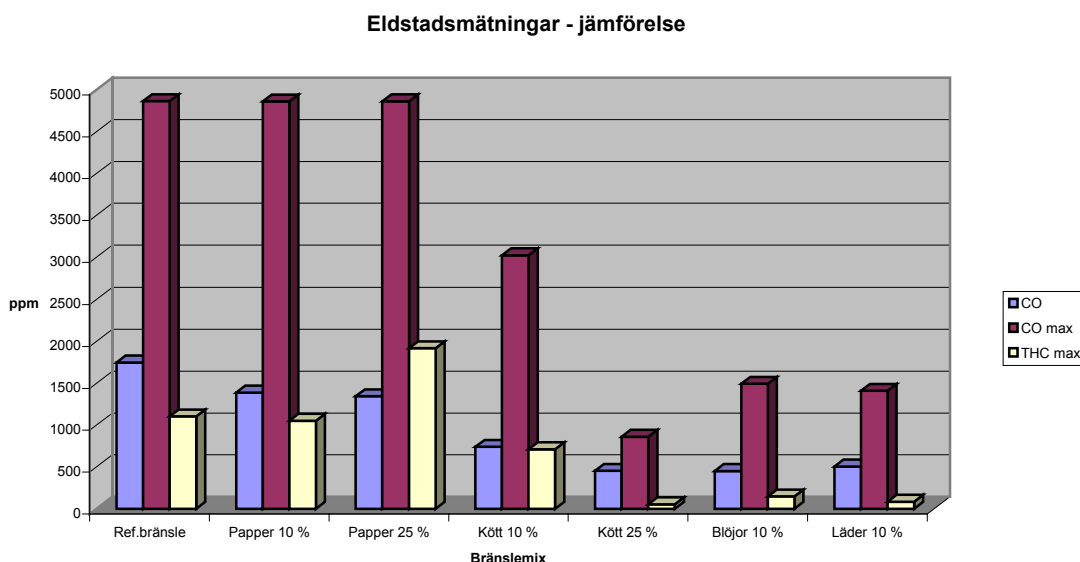


Diagram 5 Eldstadsmätningar av CO och THC på höger sida (sond 1)

Diagram 5 Measuring results of CO and THC in combustion zone, right hand side (probe 1)

Blöjspillet visade sig dock ha en tendens till att fastna på diverse ställen i bränsleinmatningen och en annan teori kan därför vara att blöjspillet fastnar ihop med referensbränslet vilket förhindrar ivägblåsningen. Gastemperaturen i eldstaden har också uppmätts med termoelement i sugpyrometersonderna (se avsnitt 4.3). Diagram 6 visar på temperaturerna vid vänster och höger sond som medelvärden vid respektive prov. En försiktig slutsats är att temperaturbilden är mellan 50-100°C högre på denna nivå för köttmjölsinblandning jämfört med övriga bränsleblandningar. För att upprätthålla eldstadstemperaturen över 850 °C enligt EU:s förbränningsdirektiv har således köttmjöl en positiv inverkan.

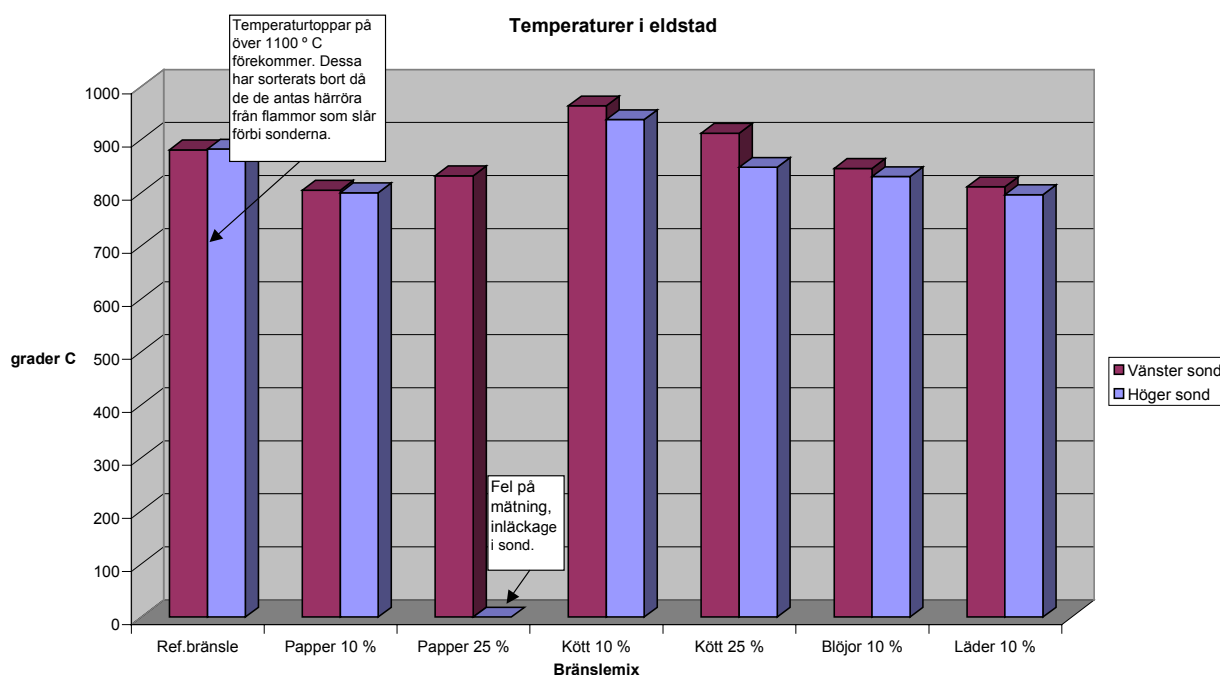


Diagram 6 Exempel på uppmätta temperaturer vid eldstadsmätningar
Diagram 6 Example of combustion zone temperatures

Diagram 7 nedan visar en jämförelse mellan primärluftflödena vid proven med de olika bränslemixerna. I diagrammet visas primärluftflödet normaliserat till lasten samt procentuell avvikelse från referensbränslet (100 % flöde). Som framgår har primärluftandelen varit relativt konstant med lägst flöde för inblandning av 25 % köttmjöl (89 % av primärluftflödet för referensbränslet). Pannans last styrs genom att öka/minska primärlufttillförseln. O₂ konstanthålls efter inställt börvärde genom justering av sekundär-/tertiärluften på konventionellt vis.

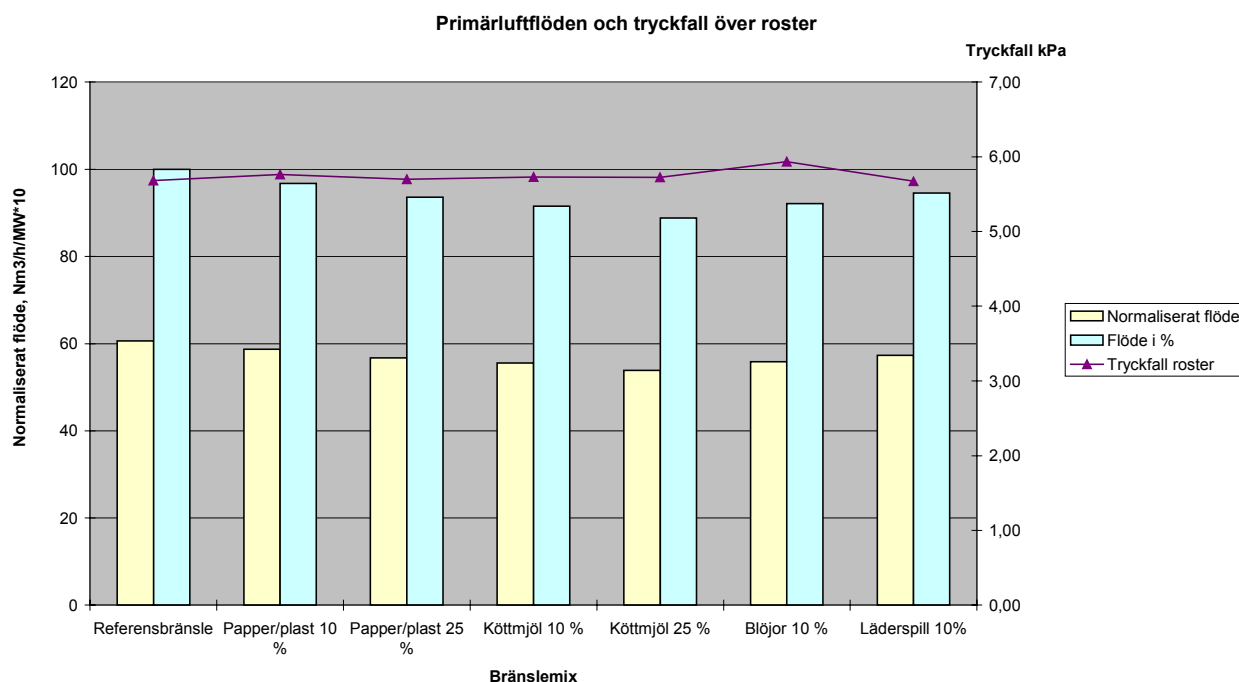


Diagram 7 Jämförelse av primärluftflödena och rostertryckfall under proven
 Diagram 7 Primary airflows and grate pressure drop for the different tests

I diagrammet har också tryckfallet över rostern inritats, uppmätt som skillnaden i tryck mellan primärluftlådan och eldstadstrycket. Som framgår är variationerna relativt små (mellan 5,7-5,9 kPa).

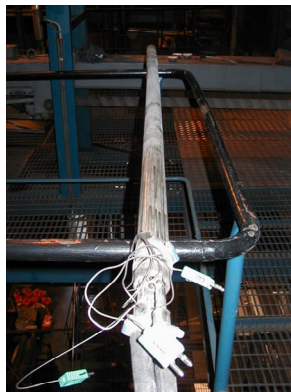
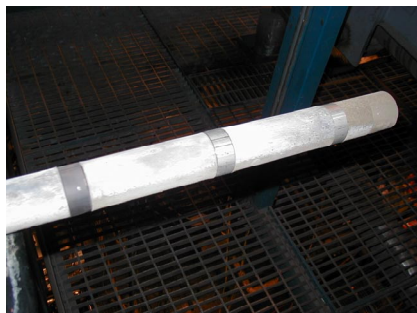
5.6 Bränslenas beläggningstendens

Under förbränningsförsöken gjordes också prov med en påslagssond för att undersöka skillnader i beläggningrisk för överhettartuber vid eldning med de olika bränslemixerna. Sonderna placerades i uttag nära överhettaren enligt Figur 1.

5.6.1 Försök med beläggningssonder - metod

För att mäta påslaget användes en s.k. trippelbeläggningssond från Vattenfall Utveckling AB (VUAB). Sonden består av ett 2 m långt rör på vilken det träs stålringar med diametern 50 mm, se Figur 9. Sonden fördes in genom ett hål strax under överhettarna. Temperaturerna på ringarna som valdes var 500 °C vilket motsvarar temperaturen på överhettarens yta, samt 100°C över (600 °C) och 100 °C under (400 °C), enligt rekommendationer från VUAB baserat på tidigare projekterfarenheter.

Ringarna vägdes före och efter exponering. Tiden för exponeringen valdes till ca 3 timmar. Vid utvärderingen normerades resultatet till $\text{vikt/MWh}_{\text{bränsle}}$ för att jämföra resultaten.



Figur 9. Beläggningssond (Vattenfall Utveckling AB)

Figure 9 Fouling test probe (Vattenfall Utveckling AB)

5.6.2 Resultat uppmätta beläggningar

Resultaten visar att påslagen varierar med bränslet och temperaturen på sonden. I tabell 4 och diagram 8 visas normerade värden på påslagen i $\text{mg/MWh}_{\text{bränsle}}$.

Bränsle [$\text{mg/MWh}_{\text{bränsle}}$]	400° C	500° C	600° C
Referensbränsle	0,75	1,06	2,62
Bränsle 2, JRAB ^{*)} 25 %	0,37	0,37	0,49
Bränsle 3, Köttmjöl 10 %	0,54	0,60	0,95
Bränsle 4, Köttmjöl 25%	0,36	0,48	0,90
Bränsle 5, Blöjor 10%	4,44	1,80	2,57
Bränsle 6, Läder 10 %	0,86	2,31	2,68

^{*)} Anm: JRAB=papper/plast/trä-fraktion

Tabell 4 Uppmätta beläggningar på påslagssond ($\text{mg/MWh}_{\text{bränsle}}$)

Table 4 Amount of fouling on test robe ($\text{mg/MWh}_{\text{fuel}}$)

Påslagen på ifrån mätningar på blöjor 400°C uppvisade svarta prickar i påslaget vilket tyder på n



Figur 10. Påslagsringar från referensbränsle(vänster) och blöjor (höger) vid 400 °C.

Figure 10. Fouling at 400 °C for referens (left) and diapers (right).

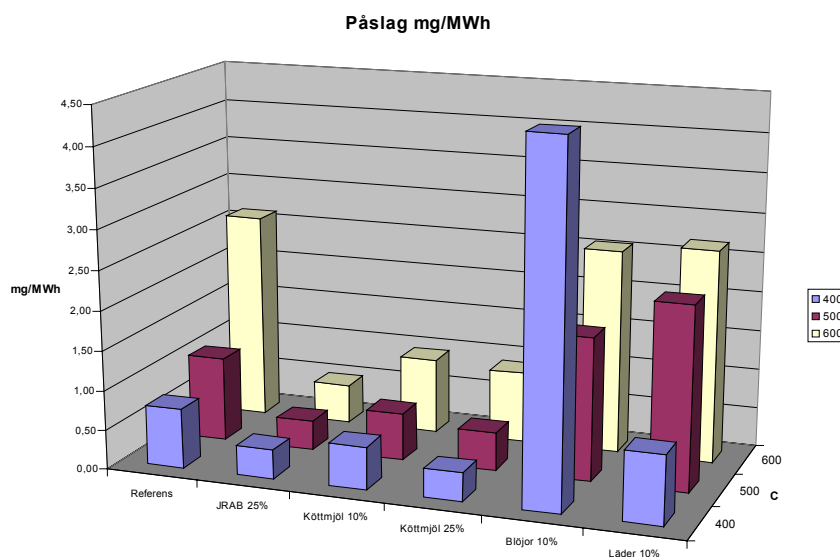


Diagram 8 Påslagsmätningar

Diagram 8 Measurements of fouling

5.6.2.1 Kommentarer

Allmänt var beläggningarna av pulverkaraktär. Det visade sig vid utvärderingen att den bränsleblandning som användes som referensbränsle gav relativt mycket påslag. De mer klorhaltiga bränslena, speciellt papper/plast/trä, gav mindre påslag. Vid temperaturen 400 °C gav inblandning av blöjor mest påslag. Detta är intressant då blöjor även gav

lägst HCl-halt ut (se Diagram 11) vilket gör att man kan misstänka att kloreten kan finnas i beläggningarna. Såväl svavelinnehållet (Diagram 4) som SO₂-emissionen ut (Diagram 12) var även låga för blöjinblandningen. Blöjfraktionen var också mycket lätt och den blåser troligen med förbränningsluften/gasen relativt högt upp i pannan. Vid 600 °C gav blöjor och läder beläggningar på samma nivå som för referensbränslet.

För teoretiska utvärderingar av påslagsproblematiken hänvisas också till referens [1]. Att mixen med 25 % inblandning av papper/plast/trä ger minst påslag trots klart hög Cl-halt relativt övriga bränslemixar är överraskande jämfört med mätningar på liknande bränslemixar som VUAB gjort på en BFB-panna. En förklaring kan vara stråkbildningar i pannan. När man mäter påslagen kan man hamna utanför det mest bränslerika stråket i rökgaserna och lokaliseringen av detta stråk kan också variera vid de olika proven.

5.7 Emissioner

Emissionerna ut i skorstenen har mätts med avseende på NO_x , SO_2 , NH_3 , CO , O_2 . För dessa mätningar användes kontrollerade driftsinstrument.

5.7.1 Kväveoxider NO_x och kolmonoxid CO i utgående rökgas

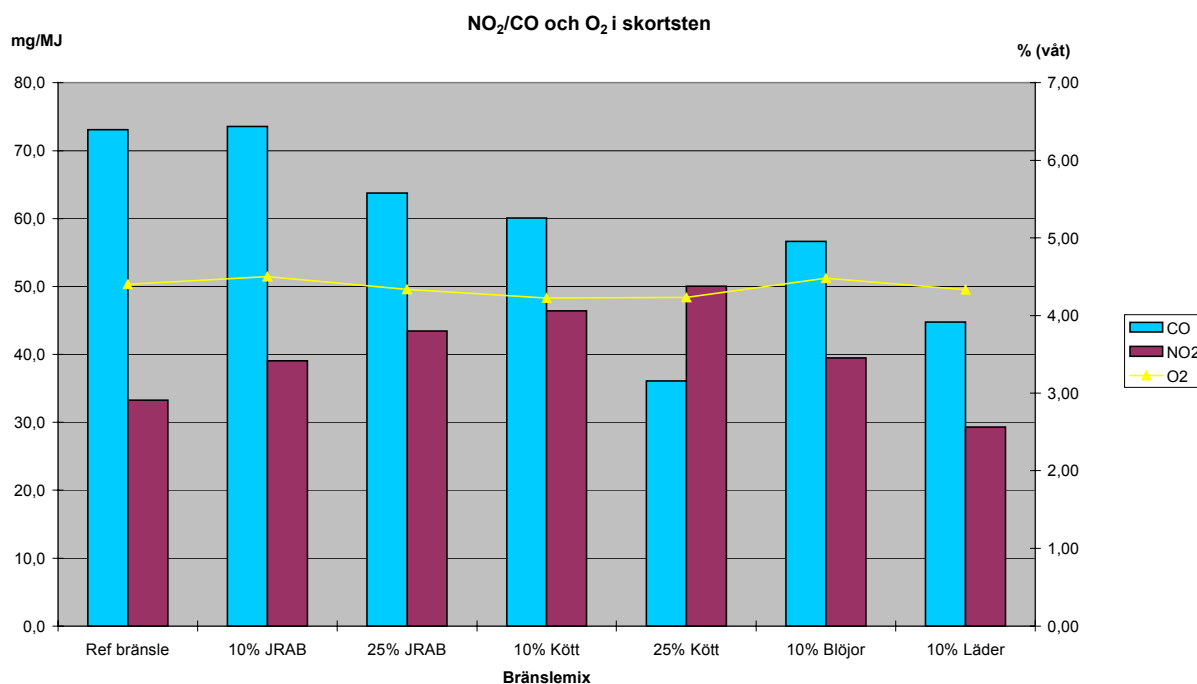


Diagram 9 Uppmätta NO_x - och CO - emissioner i skorstenen, mg/MJ
 Diagram 9 NO_x - and CO -emissions in chimney, mg/MJ

Diagram 9 visar utgående NO_x - och CO -halter (medelvärden under provperioden) uppmätta i skorstenen. Ammoniakisprutningen i SNCR-utrustningen har varit konstant under proven för att eliminera inverkan på utgående NO_x -halter. Som framgår finns sambandet mellan ökad CO och lägre NO_x . Det är också intressant att notera att de något lägre nivåerna för CO för de olika inblandande avfallsfraktionerna även visar sig i rökgasen ut i skorstenen, jämför eldstadsmätningarna i diagram 5. I diagrammet har även syrehalten efter fjärrvärmeeconomisern ritats in. Den ligger relativt konstant strax över 4 % under de olika proven.

5.7.2 CO -emissioner jämfört med kravet i EU:s avfallsförbränningsdirektiv (2000/76/EG)

I diagram 10 är uppmätta CO -emissioner vid de olika proven jämförda med kravet för rosterpannor vid ren avfallseldning på 50 mg/nm^3 i EU:s avfallsförbränningsdirektiv (Bilaga V). Vi ser att CO -halten vid 25 % köttmjölsinblandning ligger under 50 mg/nm^3 . Det skall noteras att driftsinställningarna inte optimerats för varje mix inom ramen för projektet. En sådan fortsatt optimering skulle kunna sänka exempelvis CO -

halterna ytterligare. Vi har inte tagit hänsyn till att referensbränslet innehåller en viss andel bark, dvs. samförbränningsformeln enligt Bilaga 2 skulle således mildra kravet enligt direktivet något just för den aktuella pannan.

CO mot EU-direktivet

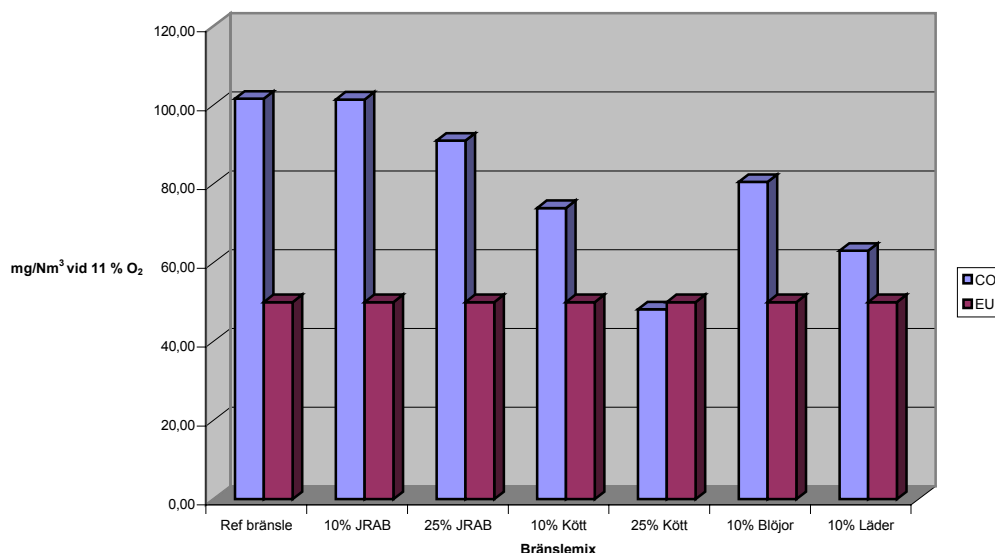


Diagram 10 CO- emissioner i skorstenen jämfört med kravet i direktiv 2000/76/EG

Diagram 10 CO-emissions in chimney versus emission limits in directive 2000/76/EG

5.7.3 HCl

HCl-halten i rökgasen har uppmätts både före och efter rök-gaskondenseringsanläggningen, se avsnitt 4.4. Som framgår av diagram 11 är halterna i rågasen relativt höga. Högst värde (240 mg/nm^3) fås för referensbränslet, vilket är anmärkningsvärt om man jämför klorinnehållet i bränslefraktionerna enligt diagram 2. Höga klorhalter i främst papper/plast/trä samt läderspill ger inte utslag på HCl-halterna i rågasen. Som väntat är rök-gaskondenseringsanläggningen mycket förlåtande med god HCl-avskiljning.

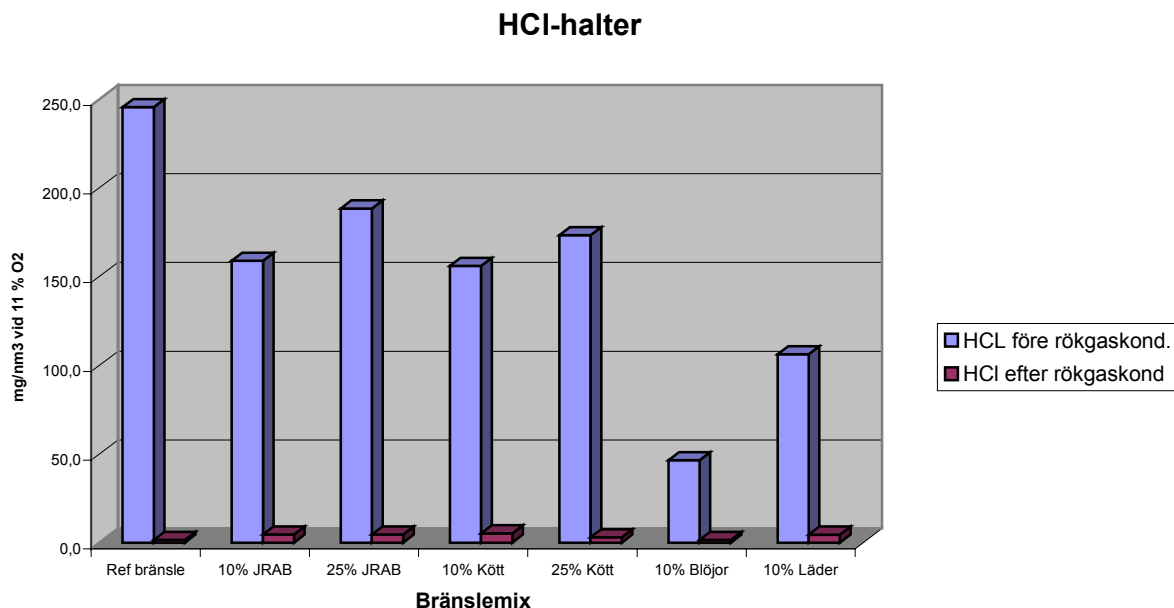


Diagram 11 HCl-emissionen i rökgasen före och efter rökgaskondenseringsanläggningen
 Diagram 11 HCl-emissions before and after the flue gas condensation plant.

5.7.4 SO₂- emissioner

Utsläppen av SO₂- var inte mätbara efter rökgaskondenseringsanläggningen.

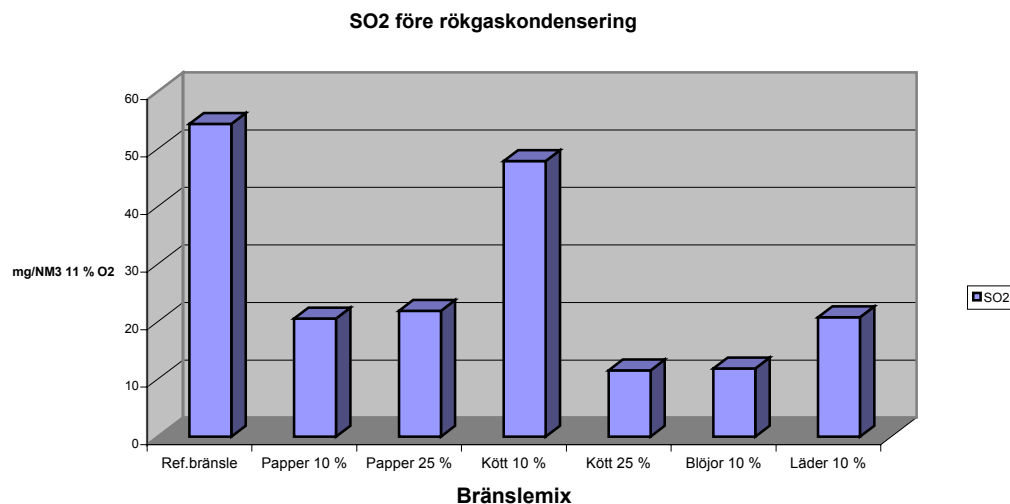


Diagram 12 SO₂-emissionen i övre eldstaden
 Diagram 12 SO₂-emissions in the upper furnace.

Diagram 12 visar halterna i rågasen innan kondenseringsanläggningen. För referensbränslet är uppmätt halt ca 52 mg/nm³ (vid 11 % O₂). Den teoretiska maximala halten i rökgasen för referensbränslet vid 0,06 % S i bränslet (se Diagram 4) med

värmevärdet 7,9 MJ/kg har framräknats till $104 \text{ mg SO}_2/\text{nm}^3$ (vid 11 % O_2) vilket grovt indikerar att svavelbindningen i askan är ca 50 %.

För läderspill med ca. 0,15 % S i bränslemixen enligt diagram 2 skulle således svavelbindningen vara betydligt högre. Hänsyn måste dock tas till svårigheten att ta ut representativa bränsleprover för de olika mixerna.

5.7.5 Klor- och svavelbalanser

Baserat på bränsleanalyserna som redovisats i avsnitt 5.1 ovan och redovisade emissioner ut i skorstenen har balanser för klor och svavel in och ut från anläggningen gjorts.

Utgående från analyserna av klorinnehållet i bränslefraktionerna enligt diagram 2 visar det sig att klorbalanserna inte går ihop. För mycket HCl återfinns i rökgaserna (diagram 11). Det har då antagits att 50 % av kloreten binds i askan. Klornivåerna i rökgaserna stämmer bättre överens med att *alla* bränslen skulle ha ett klorinnehåll på samma nivå som papper/plast/trä samt läderspill. Svårigheter att ta representativa bränsleprover med avseende på klor kan vara en förklaring.

När det gäller svavelbalanser så återfinns mellan 10 till 50 % av svavlet som SO_2 i rökgaserna resten binds i askan. Analyserat svavelinnehåll i läderspill synes vara för högt för att vara representativt enligt balansberäkningarna.

5.8 Askanalyser

5.8.1 Metallinnehåll i askan

Botten- och flygaska från provförbränningsförsöken har analyserats med avseende på innehållet av olika metaller. I diagram 13 och 14 visas koncentrationerna av Cd, Pb, Cr, Zn och As.

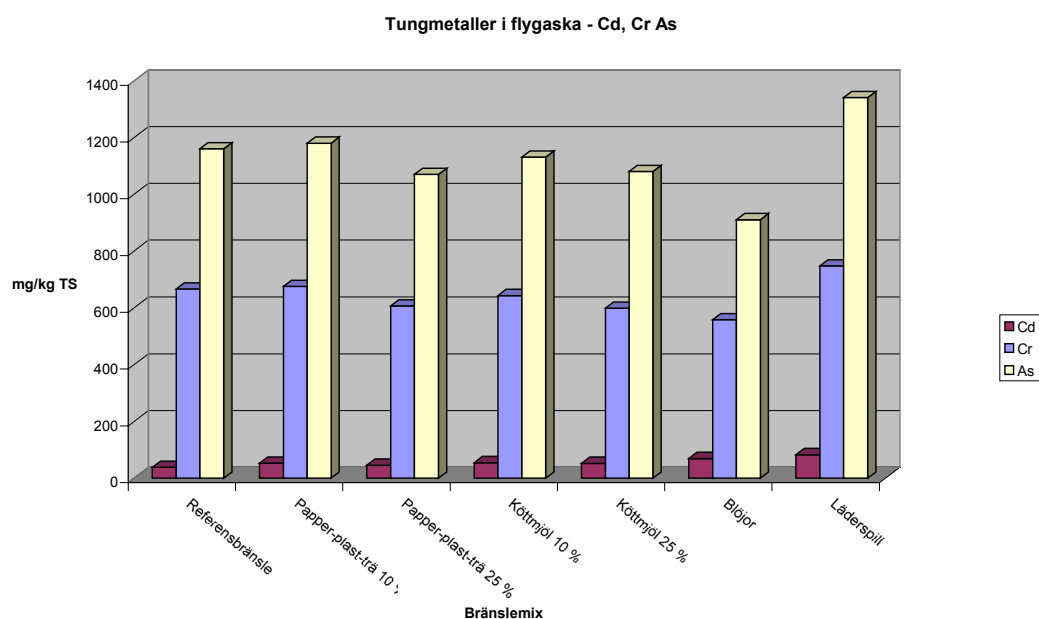
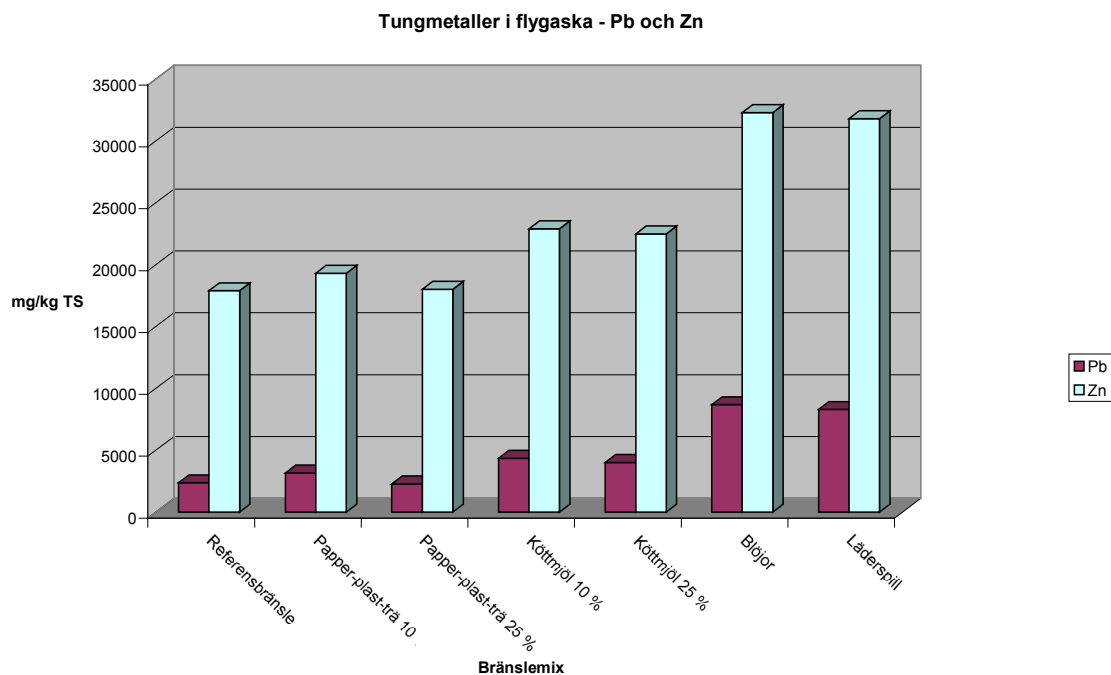


Diagram 13 Innehållet av metaller i flygaska
Diagram 13 Metal content in fly ash

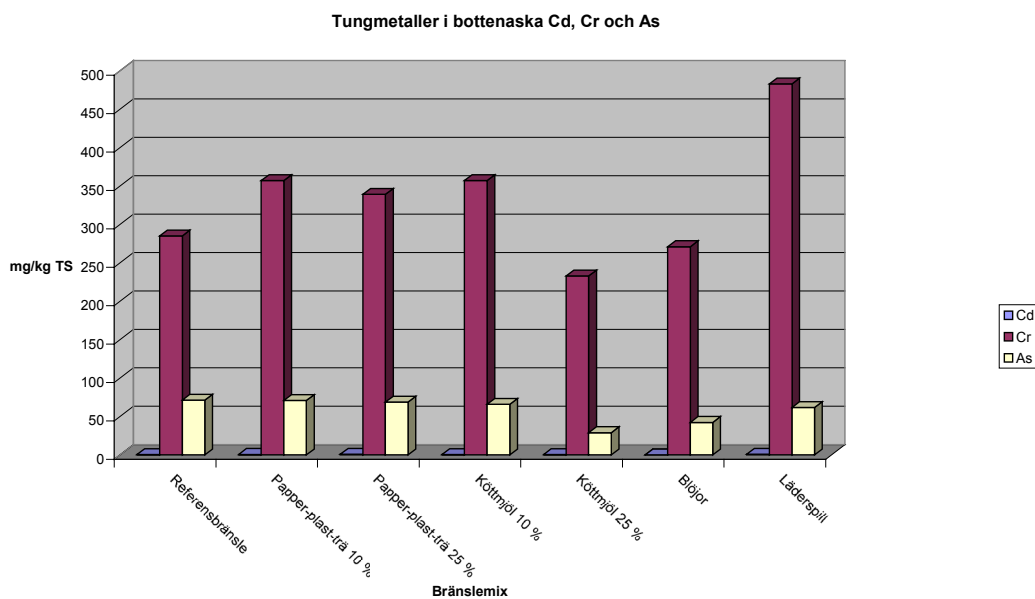
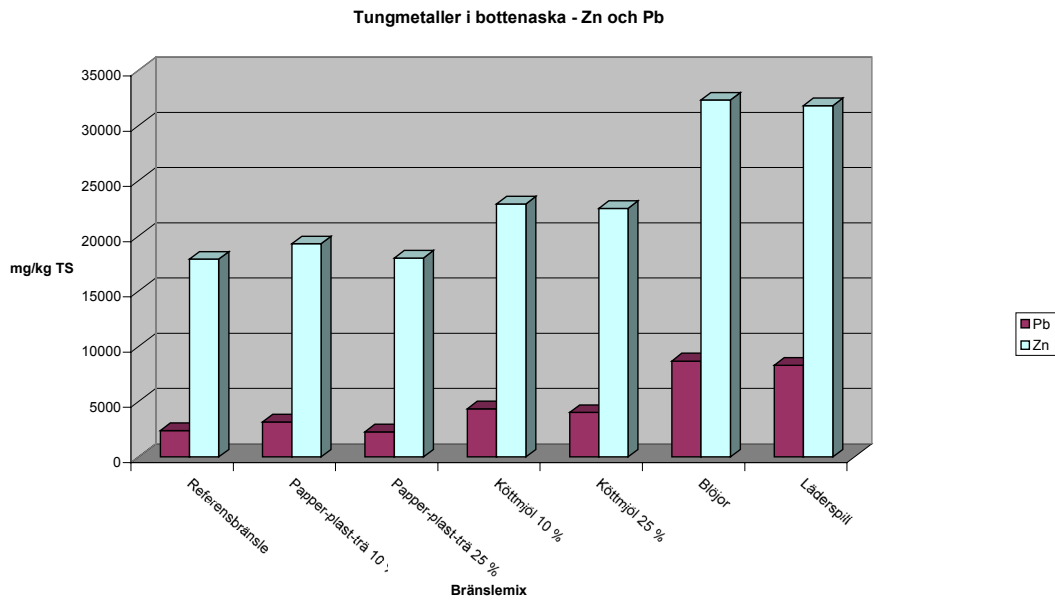


Diagram 14 Innehållet av metaller i bottenaska
Diagram 14 Metal content in bottom ash

Zink och blyinnehållet tenderar till att vara högre vid inblandning av de olika avfallsfraktionerna, speciellt har blöj- och läderspillinblandning höga halter jämfört med referensbränslet, både i botten- respektive flygaska. Studeras Zn-innehållet i de enskilda bränslefraktionerna (diagram 15) så ser vi att referensbränslet

Zink i enskilda fraktioner

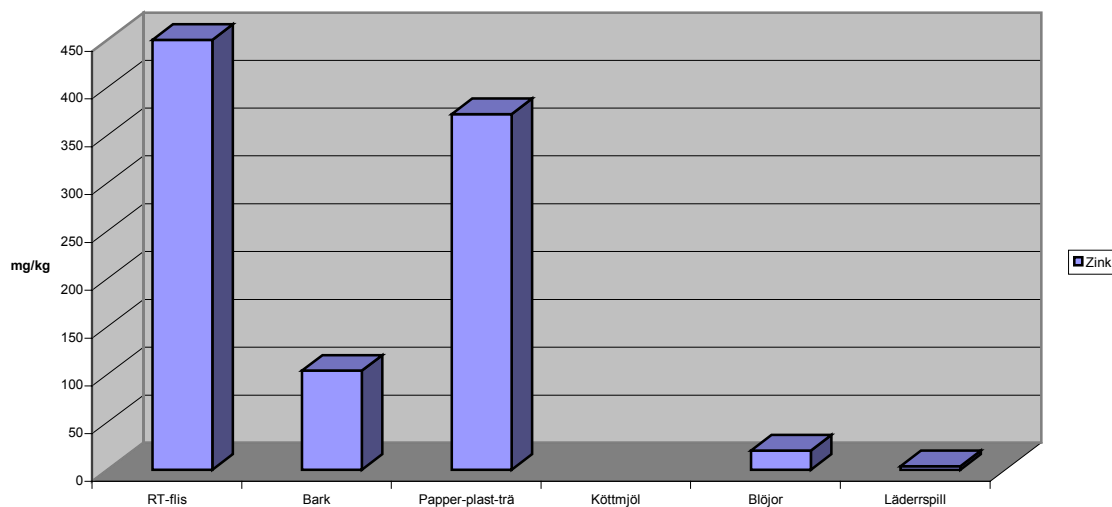


Diagram 15 Innehållet av Zn i bränslefraktioner
 Diagram 15 Metal content of Zn in fuel fractions

innehåller mest zink, dvs. det finns inte någon samvariation med innehållet i askorna. Slutsatsen blir att förbränningskemin och förhållandena i eldstaden vid eldning med de olika bränslefraktionerna skiljer sig och troligen till stor del påverkar balansen av de olika metallerna. Representativiteten för uttagna bränsle- och askprover kan naturligtvis också inverka.

Görs motsvarande studie över fördelningen av kadmium mellan flyg- och bottenaska så framgår att halterna även här tycks vara något högre för de olika avfallsinblandningarna (diagram 16 och 17).

Cd i flygaska

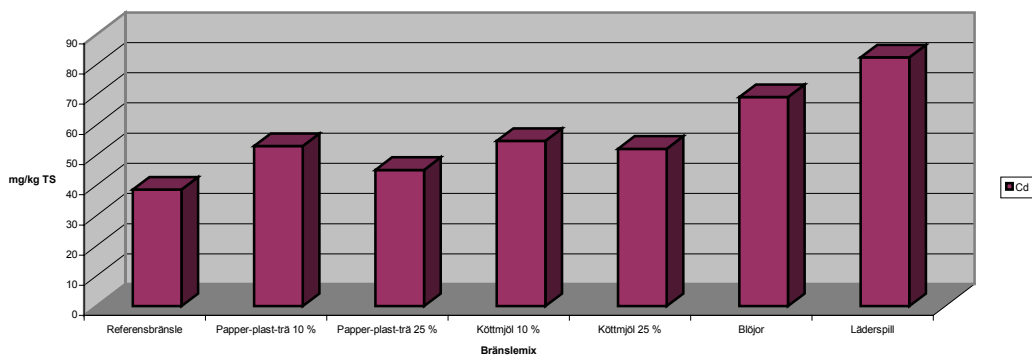
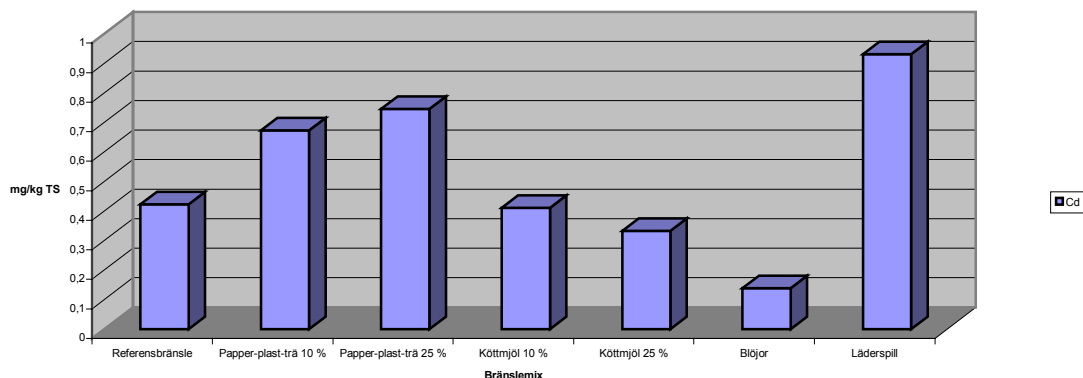
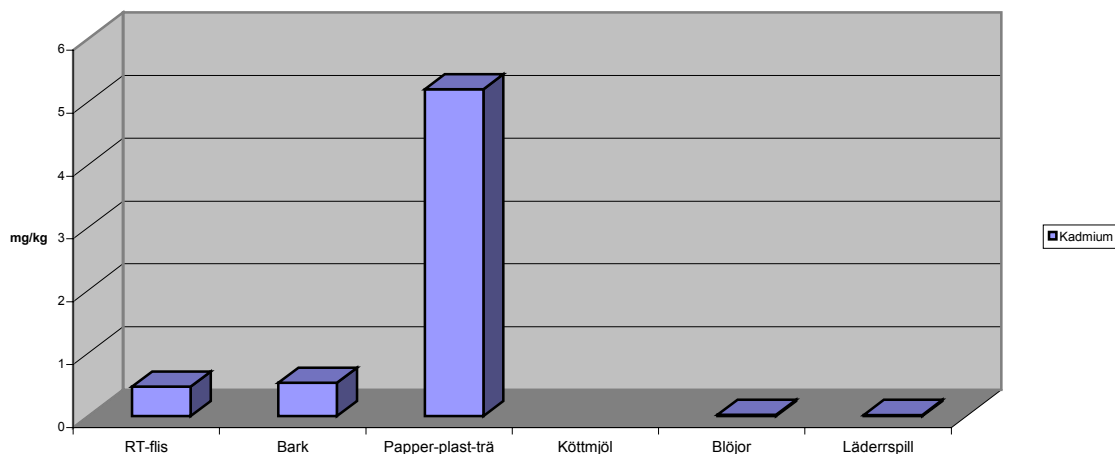


Diagram 16 Innehållet av Cd i flygaska
 Diagram 16 Metal content of Cd in fly ash

Cd i bottenaska*Diagram 17 Innehållet av Cd i bottenaska**Diagram 17 Metal content of Cd in bottom ash*

Samvariationen med kadmiuminnehållet i bränslet följer inte heller här något tydligt mönster, se diagram 18 (Cd ej analyserat i köttmjöl).

Kadmium i de enskilda fraktionerna*Diagram 18 Innehållet av Cd i bränslefraktioner**Diagram 18 Metal content of Cd in fuel fractions*

5.8.2 Oförbränt i askan

Askproverna som togs ut under försöken med de olika bränslemixerna analyserades också med avseende på halten oförbränt kol i askan. Resultaten framgår av diagram 19 nedan. Höga halter oförbränt återfinns i askan från grovcyklonen för samtliga mixer. Denna aska återförs dock till eldstaden.

Jämfört med referensbränslet så gav mix med papper/plast/trä (25 % inblandning) samt läderspill (10 % inblandning) högre oförbränthalt i bottenaskan. Som framgår av

diagram 19 så blir oförbränthalten i bottenaskan markant lägre än för referensbränslet för vissa av mixerna, exempelvis vid hög inblandning av köttmjöl. Detta tyder på att rosterförbränningen och driftsinställningarna varit optimala för just denna mix och inblandningsgrad.

För elfilteraskan blev oförbränthalten lägre för samtliga mixer jämfört med referensbränslet.

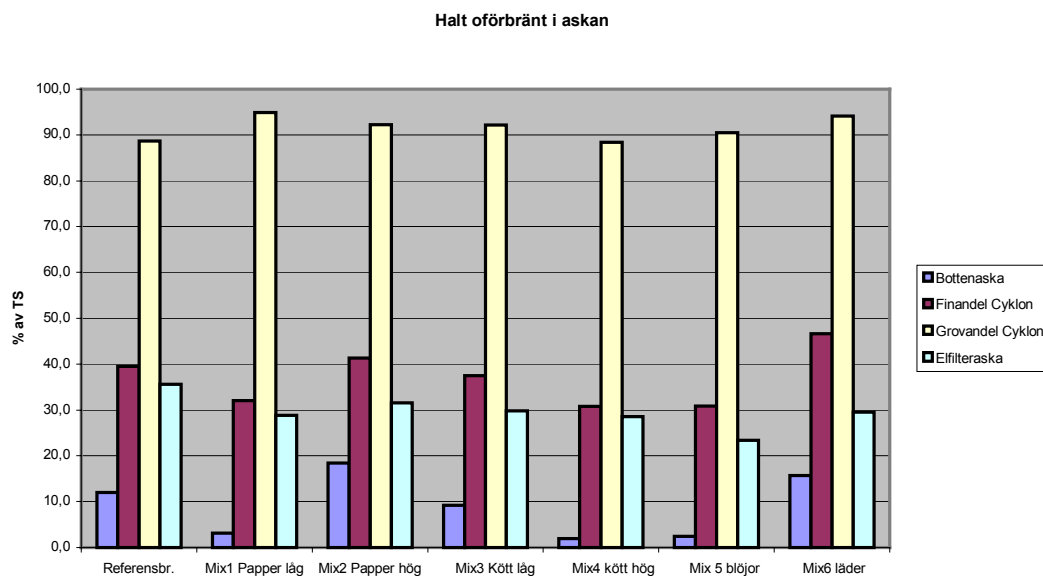


Diagram 19 Oförbränthalt i askor
Diagram 19 Unburnt in ashes.

6 UTVÄRDERING

6.1 Allmänt

Arbetet inom detta projekt har bidragit till ökat kunskapsunderlag över hur avfallsbränslen kan sameldas i mix med biobränslen för att minimera miljöpåverkan från en fullstor förbränningsanläggning.

Många av resultaten är *generella* på så sätt att anläggningsspecifika förhållanden har tonats ner och att fokus legat på skillnader mellan förbränningsförlopp och miljöpåverkan vid eldning av de olika avfallsmixerna. Resultaten kan främst användas för att *fastlägga* potentialen att elda avfall i fastbränslepannor och att *jämföra* förbränningsresultaten för de olika bränslemixerna. Absoluta utsläppsnivåer för en viss bränslemix eller avfallsfraktion måste såldes tolkas med försiktighet då dessa är anläggningsspecifika.

6.2 Slutsatser

Baserat på projektresultaten som redovisats i denna rapport har följande slutsatser dragits:

- Den enskilda bränslemixens fysikaliska egenskaper viktiga för både hanteringen samt blandnings- och förbränningsegenskaperna. Ett bränsle med liten partikelstorlek som för köttmjölet blandar sig lätt med referensbränslet. Blöjspillet kan behöva rivas och homogeniseras vid kontinuerlig drift då det visade sig vara relativt svårt att få igenom bränslehanteringen.
- Förbättrade förbränningsförhållanden kan erhållas vid inblandning av en annan bränslefraktion med andra egenskaper än huvudbränslet. Positiva effekter kan troligen erhållas för många olika bränslekombinationer. Inblandning av köttmjöl visade sig höja både förbränningstemperaturen (över 850 °C) och även förbättra utbränningen av THC och CO i eldstaden samt slutligen ge låga emissioner av CO ut i skorstenen. Hög inblandning av köttmjöl gav även betydligt lägre oförbränthalt i bottenaskan än för referensbränslet.
- Förbränningskemin är komplicerad och inverkar troligen på många sätt, både vad det gäller beläggningar och fördelning av olika ämnen mellan askor och gas. Blöjor med lägst svavelinnehåll och lägst utgående HCl-halt gav mest beläggningar på den kalla provsonden (400 °C). Analys av klor- och svavelbalanser visar dock att det är svårt att få beräknade emissioner, med hjälp av bränsleanalyserna, att stämma med uppmätta halter. Svårigheter att ta representativa bränsleprover, speciellt med avseende på klor, kan vara en förklaring.

- Strömningsbilden i pannan har troligen stor inverkan på både sondprovtagningens representativitet samt var olika beläggningar sätter sig i pannan.
- Asksammansättningen påverkas vid inblandning av olika avfallsfraktioner och en anrikning kan ske av olika ämnen. Askans sammansättning måste därför undersökas noggrant i varje enskilt fall. Zink och blyinnehållet tenderade vid proven till att vara högre vid inblandning av de olika avfallsfraktionerna, speciellt hade blöj- och läderspillinblandning höga halter jämfört med referensbränslet, både i botten- respektive flygaska. Även innehållet av kadmium var högre i flygaskan vid avfallsinblandning. I bottenaskan gav speciellt blöjinblandningen låga kadmium-halter. Det finns inte någon samvariation mellan innehållet i askorna och bränsleinhållet av Cd och Zn.
- Rök-gaskondensering är, som förväntat, mycket förlåtande och kan troligen innebära att miljökraven kan klaras i många fall vid måttliga inblandningsgrader av avfallsfraktioner (10-20 energiprocent i detta fall). Reduktionen av HCl visade sig, inte oväntat, var mycket effektiv vid proven.
- Det finns ett stort forskningsbehov inom detta område. Några frågeställningar som identifierats inom ramen för projektet redovisas under avsnitt 8 nedan.

7 ANVÄNDNING OCH REKOMMENDATION

7.1 Diskussion

Resultaten av denna inledande provförbränning med inblandning av avfallsfraktioner i fastbränslepannor visar att det bör finnas en stor potential att elda olika avfallsfraktioner i befintliga pannor som från början är avsedda för enbart biobränslen (GROT, bark, mm) samt torv.

De olika avfallsfraktionerna kan, beroende på typ och egenskaper, ge positiva effekter i förbränningsprocessen. Möjligheten finns att, som i dessa försök, inblandningen ger en homogeniserande effekt med bättre utbränning av CO och kolväten. En aspekt som dock inte belysts, är eventuella problem vid inmatning och hantering av avfallsfraktionen. Vid proven visade sig exempelvis blöjspill vara mycket svårt att hantera i befintlig inmatningsutrustning med fastsättningar mm.

De lokala förutsättningarna är naturligtvis avgörande för den slutliga emissionsbilden ut i skorstenen.

Många avfallsfraktioner innehåller relativt höga halter av tungmetaller vilket gör att askan kan bli mer förorenad vid sameldning.

Vid sameldning och avfallsinblandning är det naturligtvis en fördel om respektive anläggning, liksom i detta projekt, har en rök-gaskondenseringsanläggning som ju är mycket effektiva för att avskilja exempelvis HCl (väteklorid) och andra sura komponenter.

7.2 Användning av resultaten

Beträffande generella slutsatser för andra anläggningar bör därför projektresultaten tolkas med försiktighet. Rapporten kan dock, enligt författarnas mening, tjäna som en "katalysator" för fortsatt samförbränning av avfall i "vanliga" fastbränslepannor. Det är baserat på projektresultaten, uppenbart att denna samförbränning i många fall bör kunna ske inom ramen för rådande miljökrav och kanske även inom ramen för avfallsförbränningsdirektivet 2000/76/EG.

Mer forskning och utveckling behövs dock inom området vilket redovisas nedan, gärna av generell karaktär så att anläggningsspecifika effekter i möjligaste mån tonas ner..

8 FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGSPARBETE

8.1 Angeläget forskningsområde

Tillgången på olika utsorterade brännbara avfallsfraktioner lämpliga för energiutvinning kommer troligen att öka radikalt under de närmaste åren. Befintlig avfallsförbränningskapacitet kommer ej att kunna svälja hela avfallsflödet i samhället. Det kommer därför att finnas en stor potential för sameldning av avfallsfraktioner med mera ordinära bränsletyper i befintliga kraft- och fjärrvärmepannor. Det finns dock många osäkerheter kring hur olika avfallsbränslen påverkar driften och driftsekonomin samt vilken påverkan de har på miljön.

8.2 Problemområden för fortsatt forskning och utveckling

Inom projektet har följande forskningsområden identifierats som är angelägna att bearbeta vidare innan en mer fullskalig introduktion av samförbränning i befintliga pannor kan ske.

- Hur mycket avfall kan blandas in optimalt av olika avfallsfraktioner?
- Hur påverkas förbränningskemin och förbränningsbilden i eldstaden av driftsförhållandena kontra innehållet av olika ämnen i bränslet?
- Metallinnehållet i rökgasen för olika bränsletyper behöver undersökas.
- Korrosions- och belägningsproblem, hur kan dessa undvikas?
- Analys av kondensatinnehållet vid rökgaskondensering, dvs. undersökning av hur mycket av olika ämnen som återfinns i kondensatet.

Andra viktiga frågor är:

- Vad skall man ställa för typ av krav på bränslekvaliteten? Hur skall kvaliteten kontrolleras? Hur mycket föroreningar kan accepteras?
- Behöver inmatnings- och reningsutrustning för bränsle kompletteras/modifieras? Hur blandar man bäst avfallsfraktioner med olika typer av rena biobränslen?
- Hur påverkas möjligheterna att nyttiggöra alternativt bli kvitt botten- respektive flygaska på ett kostnadseffektivt sätt?

8.3 Förslag till fortsatta forskningsprojekt

Baserat på resultaten av detta projekt föreslås ett större forskningsprogram inom området. Det övergripande syftet med detta skulle vara att ge svar på och redovisa tekniska lösningar för följande huvudfrågor i samband med hantering och förbränning av avfallsfraktioner i befintliga pannor:

- vilka bränsletyper och bränslekvaliteter är aktuella?
- vilka problem uppstår vid förbränning av respektive bränsle?
- vad är det som orsakar problemen?
- hur skall problemen mötas och åtgärdas?

Programmet föreslås genomföras i tre etapper enligt liknande upplägg som ramprojektet inom returträflisområdet bedrivits i Värmeforsks regi (se Värmeforskrapporterna nr 718, 732, 733 och 734)

9 LITTERATURREFERENSER

- [1] Värmeforsk 733. C. Andersson, J Högberg. Orsaker till askrelaterade driftproblem vid eldning av returträflis.
- [2] Värmeforsk 734. R. Sjöblom. Hypoteser och mekanismer för bildning av beläggningar innehållande zink och bly i samband med förbränning av
- [3] Värmeforsk rapport nr 732, Jöran Jermer, Annika Ekvall och Claes Tullin. Inventeringar av föroreningar returträflis.
- [4] Värmeforsk rapport nr 718, Henrik Harnevie, Marie Louise Olvstam. Regelverk för eldning av returträflis

BILAGOR

A Provprogram

Mätningar P3 Tekniska Verken i Linköping
Provprogram v 41 (2001-10-08—2001-10-12)

Tid	Måndag	Tisdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
07:00	Uppriggning av mätutr. Pannan går på ref. bränsle	Eldning av bränslemix 1 påbörjas	Eldning av bränslemix 3 påbörjas	Eldning av bränslemix 5 påbörjas	Reservtid
08:00					
09:00					
10:00		Prov mix 1	Prov mix 3	Prov mix 5	Prov mix 6
11:00 Lunch		Eldning av bränslemix 2 påbörjas	Eldning av bränslemix 4 påbörjas	Eldning av bränslemix 6 påbörjas	
12:00	Uppriggning av mätutr.				Slut prov
13:00					
14:00					
15:00	Prov Referens bränsle	Prov mix 2	Prov mix 4		
16:00					
17:00					

Bränslemix 1

Papper-plast-trä, låg koncentration

Bränslemix 2

Papper-plast-trä, hög koncentration

Bränslemix 3

Köttmjöl, låg koncentration

Bränslemix 4

Köttmjöl, hög koncentration

Bränslemix 5

Blöjor

Bränslemix 6

Läderspill

B Analyser

B.1 Bränsleanalyser



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare ÅF Processdesign, Brogatan 1, 582 78 Linköping	
Provmärkning Referensbränsle.	Analysnr. 10148
Beställare Elisabeth Blom	Rapportdatum 2001-10-17
Ankomstdatum 2001-10-12	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 51,1	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 3,3	6,8
C _{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,03	0,06

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 23,4	% 47,9
Väte		
Beräknat	% * 8,5	% 5,8
Kväve		
Leco-600	% 0,6	% 1,1
Syre		
Beräknat	% * 64,13	% 38,33
Klor		
SS 187185	%	%

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev. Lev. tillst.	9,858	2354	2,738	4238
Kalorimetriskt värmev. tp	20,160	4814	5,598	8666,6
Effektivt värmev. Konst tryck - Lev. tillst.	7,996	1909	2,220	3437,4
Effektivt värmev. Konst tryck - tp	18,901	4514	5,249	8125,7
Effektivt värmev. Konst tryck - tp - askfritt	20,280	4843	5,632	8718,5

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783

BELAB AB

Bränsle och Energi Laboratoriet AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare Tekniska Verken i Linköping AB, Box 1500, 581 15 Linköping	
Provmärkning RT flis. M/V Sabina	Analysnr. 10165
Beställare Ingemar Hammarström	Rapportdatum 2001-10-30
Ankomstdatum 2001-10-23	Utfärdare Lelf Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT	%	
FUKT	%	
BUNDEN	%	
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 28,4	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 1,5	2,1
C _{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% <0,1	<0,1

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	%	%
Väte		
Beräknat	% *	% 6,0
Kväve		
Leco-600	%	%
Syre		
Beräknat	% *	%
Klor		
SS 187185	% 0,03	% 0,04

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev.				
Lev. tillst.	14,723	3516	4,089	6329,6
Kalorimetriskt värmev.				
tp	20,563	4911	5,710	8840,2
Effektivt värmev.				
Konst tryck - Lev. tillst.	13,091	3126	3,635	5628
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp	19,252	4597	5,346	8276,4
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp - askfritt	19,665	4696	5,461	8454

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Adress
Sågbackens Industriområde
616 21 Åby

Telefon
011 - 36 81 85
Fax
011 - 36 81 86

Bankgiro
5289-0035
Orgnr.
556608-0783

**ECONOVA**i samarbete med
BELAB AB**ANALYSRAPPORT**

Beställare:
Ingemar Hammarström
Linköpings Tekniska Verk AB
Box 1500
581 15 Linköping
 Analysen avser:
Provbränsle
 Inkom den:
20010928

Från:
Belab AB
 Provmärkning:
RT flis, Linköping
 Datum:
20011018
 Labnr:
10105

Utfärdare:
Leif Andersson Tel. 011-368185

Ett prov märkt "RT flis, Linköping" har analyserats.

Resultat:

Kisel, Si	14 260 mg/kg
Aluminium, Al	2 910 mg/kg
Kalcium, Ca	2 600 mg/kg
Järn, Fe	1 230 mg/kg
Kalium, K	1 940 mg/kg
Magnesium, Mg	520 mg/kg
Mangan, Mn	90 mg/kg
Natrium, Na	980 mg/kg
Titan, Ti	490 mg/kg
Arsenik, As	35 mg/kg
Barium, Ba	110 mg/kg
Bly, Pb	15 mg/kg
Bor, B	2,8 mg/kg
Kadmium, Cd	0,40 mg/kg
Kobolt, Co	1,2 mg/kg
Koppar, Cu	42 mg/kg
Krom, Cr	59 mg/kg
Kviksilver, Hg	0,04 mg/kg
Molybden, Mo	<0,3 mg/kg
Nickel, Ni	4,7 mg/kg
Vanadin, V	2,2 mg/kg
Zink, Zn	400 mg/kg

Postadress
 Bränsle och Energilaboratoriet
 BELAB AB
 Sägbackens Industriområde
 616 21 Ålv

Telefon
 011-36 81 85
 070-242 87 40

Telefax
 011-36 81 86

Bankgiro
 5289-0035

E-Mail
 leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
 556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare Tekniska Verken i Linköping AB, Box 1500, 581 16 Linköping	
Provmärkning Aspabark	Analysnr. 10100
Beställare Ingemar Hammarström	Rapportdatum 2001-10-10
Ankomstdatum 2001-09-28	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 54,6	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 2,6	5,7
C_{fix}	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,01	0,03

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	%	%
Väte		
Beräknat	% *	% 6,0
Kväve		
Leco-600	%	%
Syre		
Beräknat	% *	%
Klor		
SS 187185	% <0,01	% <0,01

ENERGIINNEHÅLL SS-ISO 1928	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
Kalorimetriskt värmev. Lev. tillst.	9,195	2196	2,553	3952,8
Kalorimetriskt värmev. tp	20,253	4836	5,624	8706,6
Effektivt värmev. Konst tryck - Lev. tillst.	7,254	1732	2,014	3118,3
Effektivt värmev. Konst tryck - tp	18,912	4516	5,252	8130,1
Effektivt värmev. Konst tryck - tp - askfritt	20,055	4789	5,569	8621,6

Lev. tillst. = Leveranstillstånd
tp = torrt prov

Postadress
Bränsle och Energi Laboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde
616 21 Åby

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSRAPPORT

Beställare:
Ingemar Hammarström
Linköpings Tekniska Verk AB
Box 1500
581 15 Linköping
Analysen avser:
Bark
Inkom den:
20010928

Från:
Belab AB
Provmarkning:
Aspabark
Datum:
20011018
Labnr:
10100

Utfärdare:
Leif Andersson Tel. 011-368185

Resultat:

Kisel, Si	13 722 mg/kg
Aluminium, Al	2 950 mg/kg
Kalcium, Ca	8 070 mg/kg
Järn, Fe	1 150 mg/kg
Kalium, K	2 570 mg/kg
Magnesium,	930 mg/kg
Mangan, Mn	500 mg/kg
Natrium, Na	960 mg/kg
Fosfor, P	540 mg/kg
Titan, Ti	130 mg/kg
Arsenik, As	0,19 mg/kg
Barium, Ba	130 mg/kg
Bly, Pb	3,6 mg/kg
Bor, B	8,9 mg/kg
Kadmium, Cd	0,53 mg/kg
Kobolt, Co	0,48 mg/kg
Koppar, Cu	6,2 mg/kg
Krom, Cr	10 mg/kg
Kviksilver, H	0,04 mg/kg
Molybden, M	<0,4 mg/kg
Nickel, Ni	2,3 mg/kg
Vanadin, V	2,2 mg/kg
Zink, Zn	104 mg/kg

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens industriområde
616 21 Älv

Telefon
011-36 81 85
070-742 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare E.ON Energy Services Sweden AB, Box 100, 500 70 Linköping	
Provmärkning Provbränsle. 10 % papper, plast, trä.	Analysnr. 10141
Beställare Elisabeth Blom	Rapportdatum 2001-10-17
Ankomstdatum 2001-10-12	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 50,5	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 4,4	8,8
C_{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,03	0,07

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 23,4	% 47,4
Väte		
Beräknat	% * 8,4	% 5,5
Kväve		
Leco-600	% 0,6	% 1,3
Syre		
Beräknat	% * 63,16	% 36,99
Klor		
SS 187185	%	%

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev. Lev. tillst.	9,794	2339	2,720	4210,5
Kalorimetriskt värmev. tp	19,786	4725	5,495	8506
Effektivt värmev.				
Effektivt värmev. Konst tryck - tp	18,586	4438	5,161	7990,3
Effektivt värmev. Konst tryck - tp - askfritt	20,380	4867	5,659	8761,3

Lev. tillst. = Leveranstillstånd
tp = torrt prov

Övervakare
Bränsle och Energilaboratoriet
BFI AB AB
Sågbackens Industriområde

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare ÅF Processdesign, Brogatan 1, 582 78 Linköping		
Provmärkning Provbränsle. 25 % papper, plast, trä.	Analysnr. 10142	
Beställare Elisabeth Blom	Rapportdatum 2001-10-17	
Ankomstdatum 2001-10-12		Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 51,7	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 3,1	6,5
C _{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,03	0,07

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 22,8	% 47,2
Väte		
Beräknat	% * 8,5	% 5,6
Kväve		
Leco-600	% 0,4	% 0,9
Syre		
Beräknat	% * 65,13	% 39,77
Klor		
SS 187185	%	%

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev.				
Lev. tillst.	9,835	2349	2,731	4228
Kalorimetriskt värmev.				
tp	20,362	4862	5,655	8753,7
Effektivt värmev.				
Konst tryck - Lev. tillst.	7,985	1907	2,217	3432,8
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp	19,144	4572	5,316	8230,1
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp - askfritt	20,475	4889	5,686	8802,3

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
RFI AR AB
Sågbackens industriområde

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare Tekniska Verken i Linköping AB, Box 1500, 581 15 Linköping	
Provmärkning Provbränsle Jönköping, 2001-09-06 (Papper/plast/trä)	Analysnr. 10070
Beställare Ingemar Hammarström	Rapportdatum 2001-09-24
Ankomstdatum 2001-09-10	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst	tp
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 15,8	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 7,5	8,9
C_{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,40	0,47

Leco-600	%	38,8	%	46,1
Väte				
Beräknat	% *	7,1	%	6,4
Kväve				
Leco-600	%	0,5	%	0,6
Syre				
Beräknat	% *	44,46	%	36,14
Klor				
SS 187185	%	1,18	%	1,40

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev. Lev. tillst.	16,713	3991	4,641	7185
Kalorimetriskt värmev. tp	19,849	4740	5,512	8533,3
Effektivt värmev. Konst tryck - Lev. tillst.	15,162	3621	4,211	6518,2
Effektivt värmev. Konst tryck - tp	18,465	4409	5,128	7938,2
Effektivt värmev. Konst tryck - tp - askfritt	20,269	4840	5,629	8713,7

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp. = torrt prov

* = vatten inkluderat

Provaradress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde
616 21 Åby

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankolro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



I samarbete med
BELAB AB

ANALYSRAPPORT

Beställare:
Ingemar Hammarström
Linköpings Tekniska Verk AB
Box 1500
581 15 Linköping
Analysen avser:
Provbränsle (Papper/plast/trä)
Inkom den:
20010907

Från:
Belab AB
Provmärkning:
Jönköping 6/9-2001

Datum:
20010924
Labnr:
10070

Utfärdare:
Leif Andersson Tel. 011-368185

Ett prov på "provbränsle" har analyserats. Provet var märkt "Jönköping 6/9-2001".

Resultat:

Kisel, Si	10 990 mg/kg
Aluminium, Al	4 820 mg/kg
Kalcium, Ca	21 860 mg/kg
Järn, Fe	1 060 mg/kg
Kalium, K	1 230 mg/kg
Magnesium, Mg	5 370 mg/kg
Mangan, Mn	84 mg/kg
Natrium, Na	1 450 mg/kg
Fosfor, P	290 mg/kg
Titan, Ti	2 230 mg/kg
Arsenik, As	2,9 mg/kg
Barium, Ba	249 mg/kg
Bly, Pb	97 mg/kg
Bor, B	36 mg/kg
Kadmium, Cd	5,2 mg/kg
Kobolt, Co	1,9 mg/kg
Koppar, Cu	37 mg/kg
Krom, Cr	68 mg/kg
Kviksilver, Hg	0,08 mg/kg
Molybden, Mo	0,8 mg/kg
Nickel, Ni	5,5 mg/kg
Vanadin, V	7,7 mg/kg
Zink, Zn	372 mg/kg

Postadress: Bränsle och Energilaboratoriet BELAB AB Sågbackens Industriområde 616 21 Åby	Telefon: 011-36 81 85 070-242 87 40	Telefax: 011-36 81 86	Bankgiro: 5289-0035	E-Mail: leif.belab.se@minpost.nu	Org.nr: 556608-0783
--	---	--------------------------	------------------------	-------------------------------------	------------------------



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare ÅF Processdesign, Brogatan 1, 582 78 Linköping	
Provmärkning Provbränsle. 10 % köttmjöl (livsmedelskvalitet).	Analysnr. 10143
Beställare Elisabeth Blom	Rapportdatum 2001-10-17
Ankomstdatum 2001-10-12	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 52,5	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 5,3	11,2
C_{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,03	0,07

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 22,8	% 48,0
Väte		
Beräknat	% * 8,5	% 5,6
Kväve		
Leco-600	% 0,6	% 1,3
Syre		
Beräknat	% * 62,72	% 33,88
Klor		
SS 187185	%	%

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev. Lev. tillst.	8,979	2144	2,493	3860
Kalorimetriskt värmev. tp	18,903	4514	5,249	8126,3
Effektivt värmev. Konst tryck - Lev. tillst.	7,124	1701	1,978	3062,7
Effektivt värmev. Konst tryck - tp	17,695	4226	4,914	7607,1
Effektivt värmev. Konst tryck - tp - askfritt	19,927	4759	5,534	8566,6

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare ÅF Processdesign, Brogatan 1, 582 78 Linköping	
Provmärkning Provbränsle. 25 % köttmjöl (livsmedelskvalitet).	Analysnr. 10144
Beställare	Rapportdatum 2001-10-17
Ankomstdatum 2001-10-12	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 48,5	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 7,2	13,9
C_{fix}		
Beräknat	%	

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 23,3	% 45,2
Väte		
Beräknat	% * 8,2	% 5,4
Kväve		
Leco-600	% 1,1	% 2,1
Syre		
Beräknat	% * 60,21	% 33,28
Klor		
SS 187185	%	%

	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
ENERGIINNEHÅLL				
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev.				
Lev. tillst.	9,561	2283	2,655	4110,4
Kalorimetriskt värmev.				
tp	18,566	4433	5,156	7981,3
Effektivt värmev.				
Konst tryck - Lev. tillst.	7,776	1857	2,159	3343
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp	17,397	4154	4,831	7479
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp - askfritt	20,206	4825	5,611	8686,5

Lev. tillst. = Leveranstillstånd
tp = torrt prov
* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



MÅL 100

Datum/Date

Beteckning/Reference

Sidall/oxe

Resultat

Körning

Prov i inlämningstillstånd

	1	2
Total fukt, vikt-%	65,1	3,4
Aska, vikt-%	1,5	10,6
Svavel, S, vikt-%	0,16	0,33
Kol, C, vikt-%	22,1	53,0
Väte, H, vikt-%	10,4	8,0
Kväve, N, vikt-%	2,1	6,3
Kalorimetriskt värmevärde vid konstant volym, MJ/kg	10,98	26,16
Effektivt värmevärde vid konstant tryck, MJ/kg	8,71	24,44

På torrt prov

	1	2
Aska, vikt-%	4,3	11,0
Svavel, S, vikt-%	0,46	0,34
Kol, C, vikt-%	63,4	54,8
Väte, H, vikt-%	9,2	7,9
Kväve, N, vikt-%	5,9	6,5
Syre, O (diff.), vikt-%	16,8	19,5
Kalorimetriskt värmevärde vid konstant volym, MJ/kg	31,51	27,08
Effektivt värmevärde vid konstant tryck, MJ/kg	29,54	25,39

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Kemi och Materialteknik

Thomas Gevert

Thomas Gevert
Enhetschef

Mathias Johansson

Mathias Johansson
Teknisk handläggare

KI. IMPEX AB



i samarbete med

BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare ÅF Processdesign, Brogatan 1, 582 78 Linköping	
Provmärkning Provbränsle. 10 % läderspill.	Analysnr. 10146
Beställare Elisabeth Blom	Rapportdatum 2001-10-17
Ankomstdatum 2001-10-12	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 48,4	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 2,9	5,6
C_{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,06	0,11

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 24,7	% 47,9
Väte		
Beräknat	% * 8,4	% 5,8
Kväve		
Leco-600	% 0,7	% 1,3
Syre		
Beräknat	% * 63,19	% 39,17
Klor		
SS 187185	%	%

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev. Lev. tillst.	10,354	2473	2,875	4451,3
Kalorimetriskt värmev. tp	20,066	4792	5,572	8626,5
Effektivt värmev. Konst tryck - Lev. tillst.	8,518	2034	2,365	3661,9
Effektivt värmev. Konst tryck - tp	18,797	4489	5,220	8080,7
Effektivt värmev. Konst tryck - tp - askfritt	19,912	4755	5,529	8560

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
RFI AR AR

Sågbackens Industriområde
616 21 Århus

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Örg.nr.
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare Tekniska Verken i Linköping AB, Box 1500, 581 15 Linköping	
Provmärkning Skinn, läderspill. Svenljunga, 6/9 - 2001.	Analysnr. 10072
Beställare Ingemar Hammarström	Rapportdatum 2001-09-24
Ankomstdatum 2001-09-07	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 54,3	
FLYKT		
SS-ISO 562	% 0,0	0,0
ASKA		
SS 187171	% 1,1	2,5
C _{rx}		
Beräknat	% 44,6	97,5
SVAVEL		
SS 187177	% 1,19	2,61

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 19,5	% 42,6
Väte		
Beräknat	% * 9,2	% 6,8
Kväve		
Leco-600	% 6,4	% 14,0
Syre		
Beräknat	% * 62,03	% 30,22
Klor		
SS 187185	% 0,55	% 1,20

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev. Lev. tillst.	8,572	2047	2,380	3685,05
Kalorimetriskt värmev. tp	18,757	4479	5,209	8063,57
Effektivt värmev. Konst tryck - Lev. tillst.	6,573	1570	1,825	2825,64
Effektivt värmev. Konst tryck - tp	17,282	4127	4,799	7429,37
Effektivt värmev. Konst tryck - tp - askfritt	17,725	4233	4,922	7619,87

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde
616 21 Åby

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bank giro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare AE Processdesign, Brogatan 1 582 78 Linköping		Analysnr. 10145
Provmärkning Provbränsle. 10 % blöjor.		Rapportdatum 2001-10-17
Beställare Minpost AB		Utfärdare Leif Andersson
Ankomstdatum 2001-10-12		

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 44,6	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 3,8	6,9
C_{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,02	0,04

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 26,9	% 48,6
Väte		
Beräknat	% * 8,2	% 5,8
Kväve		
Leco-600	% 0,7	% 1,3
Syre		
Beräknat	% * 60,30	% 37,36
Klor		
SS 187185	%	%

ENERGIINNEHÅLL	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev.				
Lev. tillst.	10,970	2620	3,046	4715,9
Kalorimetriskt värmev.				
tp	19,801	4729	5,499	8512,5
Effektivt värmev.				
Konst tryck - Lev. tillst.	9,184	2193	2,551	3948,4
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp	18,543	4428	5,149	7971,5
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp - askfritt	19,917	4756	5,531	8562,3

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



i samarbete med
BFI AB AB

ANALYSCERTIFIKAT

Certificate of analysis

Uppdragsgivare Tekniska Verken i Linköping AB, Box 1500, 581 15 Linköping	
Provmärkning Blöjor, Falkenberg 6/9-2001.	Analysnr. 10069
Beställare Ingemar Hammarström	Rapportdatum 2001-09-24
Ankomstdatum 2001-09-07	Utfärdare Leif Andersson

	Lev. tillst.	tp
YT		
FUKT	%	
BUNDEN		
FUKT	%	
TOTAL		
FUKT SS 187170	% 17,9	
FLYKT		
SS-ISO 562	%	
ASKA		
SS 187171	% 13,3	16,2
C _{fix}		
Beräknat	%	
SVAVEL		
SS 187177	% 0,04	0,05

	Lev. tillst.	tp
Kol		
Leco-600	% 30,4	% 37,1
Väte		
Beräknat	% * 6,9	% 5,9
Kväve		
Leco-600	% <0,1	% <0,1
Syre		
Beräknat	% * 49,32	% 40,72
Klor		
SS 187185	% 0,02	% 0,02

	MJ/kg	Kcal/kg	MWh/ton	BTU/lb
ENERGIINNEHÅLL				
SS-ISO 1928				
Kalorimetriskt värmev.				
Lev. tillst.	12,773	3050	3,547	5491
Kalorimetriskt värmev.				
tp	15,557	3715	4,320	6688,1
Effektivt värmev.				
Konst tryck - Lev. tillst.	11,275	2692	3,131	4847,1
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp	14,265	3406	3,961	6132,5
Effektivt värmev.				
Konst tryck - tp - askfritt	17,023	4065	4,727	7318,1

Lev. tillst. = Leveranstillstånd

tp = torrt prov

* = vatten inkluderat

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens Industriområde
616 21 Åby

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@minpost.nu

Org.nr.
556608-0783



i samarbete med
BELAB AB

ANALYSRAPPORT

Beställare:
Ingemar Hammarström
Tekniska Verken i Linköping
Box 1500
581 15 Linköping
Analysen avser:
Blöjor
Inkom den:
2001-09-07

Från:
Belab AB
Datum:
2001-09-24
Provmärkning:
Falkenberg 6/9-2001 Lab #:
10069
Utfärdare:
Leif Andersson Tel. 011 - 36 81 85

Ett prov på spill från blöjtillverkning från Tekniska Verken i Linköping har analyserats.
Provet var märkt "Blöjor, Falkenberg 6/9 2001".

Resultat:

Kisel, Si	1 265 mg/kg Ts
Aluminium, Al	370 mg/kg Ts
Kalcium, Ca	2 390 mg/kg Ts
Järn, Fe	133 mg/kg Ts
Kalium, K	328 mg/kg Ts
Magnesium, Mg	145 mg/kg Ts
Mangan, Mn	8 mg/kg Ts
Natrium, Na	66 963 mg/kg Ts
Fosfor, P	14 mg/kg Ts
Titan, Ti	165 mg/kg Ts
Arsenik, As	0,54 mg/kg Ts
Barium, Ba	8,6 mg/kg Ts
Bly, Pb	2,0 mg/kg Ts
Bor, B	3,2 mg/kg Ts
Kadmium, Cd	0,022 mg/kg Ts
Kobolt, Co	0,23 mg/kg Ts
Koppar, Cu	2,8 mg/kg Ts
Krom, Cr	2,3 mg/kg Ts
Kvikksilver, Hg	<0,01 mg/kg Ts
Molybden, Mo	<1 mg/kg Ts
Nickel, Ni	0,38 mg/kg Ts
Vanadin, V	0,62 mg/kg Ts
Zink, Zn	20,1 mg/kg Ts

Postadress
Bränsle och Energilaboratoriet
BELAB AB
Sågbackens industriområde
616 21 Åby

Telefon
011-36 81 85
070-242 87 40

Telefax
011-36 81 86

Bankgiro
5289-0035

E-Mail
leif.belab.se@mlnpost.nu

Org.nr.
556608-0783

B.2 Askanalyser

07/01 '02 MÅN 07:57 FAX +46 13 100525 ÅF-PROCESSDESIGN

002/0



SGAB Analytica



RAPPORT L0109516
utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT issued by an Accredited Laboratory

Sid 1 (5)

Registrerad: 2001-12-07
Analyserad: 2001-12-27
Utfärdad: 2001-12-28

ÅF-Processdesign AB
Katarina Nordén

Brogatan 1
582 78 Linköping

ANKOM

2002 -01- 02

Reg.nr
Mott.
Sign.

Analys enligt metod MG2.

Proven har torkats vid 105 °C enligt svensk standard SS 028113.

*För As, Cd, Cu, Co, Ni, Pb, Zn, Hg och S gäller:
Analysprov har torkats vid 50 °C och elementhalterna TS-korrigerats.*

*Upplösning har skett enligt ASTM D3683.
Övriga element har upplösts enligt ASTM D3682 (LiBO₂-smälta).
Analys har skett enligt EPA-metoder 200.7 och 200.8 (modifierade).*

Slutbestämning av metallhalter har skett med:
Plasma-emissionsspektrometri ICP-AES
Plasma-masspektrometri (Quadrupol) ICP-QMS
Plasma-masspektrometri (Sektor) ICP-SMS
Atomfluorescens AF

I rapporten används följande förkortningar:

*E,A före analysvärde betyder att slutbestämning skett med ICP-AES.
M,Q före analysvärde betyder att slutbestämning skett med ICP-QMS.
H,S före analysvärde betyder att slutbestämning skett med ICP-SMS
F,G före analysvärde betyder att slutbestämning skett med AFS
V före analysvärde betyder vikt
± föregår ett värde som representerar den instrumentella spridningen
vid upprepade mätningar (n=4 för ICP-AES, n=3 för ICP-QMS),
uttryckt som standardavvikelse.
TS betyder torrsustans, GR betyder glödrest.*

*Schablonvärden för mätosäkerhet återfinns i SGAB's prislista.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag se prislista.*

Ej ackrediterad analys för S.

Laboratorium ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag.
Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven i SS-EN 45001 (1989), SS-EN 45002 (1989)
och ISO/IEC Guide 25 (1990:E).

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen
godkänt annat. Utdrag ur rapporten må dock göras för resultat som används för redovisning till Statens natur-
vårdsverk (SNV), länsstyrelser och kommuner för kontroll enligt SNVs krav.

Vid hänvisning till anlitande av Svensk Grundämnesanalys AB som ackrediterat laboratorium skall följande eller
likvärdig mening användas: "Provad av Svensk Grundämnesanalys AB som är ackrediterat av Styrelsen för ackreditering
och teknisk kontroll för analys av miljövatten (inkl slam och sediment) m.m. med registreringsnummer 1087."

Vid frågor ring Kundtjänst 0920-49 24 82, 0920-49 24 67

Luleå Tekn. Universitet
971 87 Luleå

Univ.området C-huset
E-Mail lulea@sgab.se

Tel 0920-492 480
Fax 0920-492 490

Erik Burman
Kemist

07/01 '02 MÅN 07:58 FAX +46 13 100525 AF-PROCESSDESIGN

L003/01



SGAB Analytica



RAPPORT L0109516
utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT issued by an Accredited Laboratory

Sid 2 (5)

Provnummer	0031835	0031836	0031837	0031838
Beteckn 1	Referensprov Cyklonaska	Referensprov Cyklonaska	Referensprov Bottenaska	Referensprov Elfilter
Beteckn 2	Grovandel 01-10-08	Finandel 01-10-08	01-10-08	01-10-08
TS %	V 22.1	V 83.1	V 35.6	V 76.4
SiO ₂ % TS	E 3.14	E 31.8	E 53.8	E 16.7
Al ₂ O ₃ % TS	E 0.705	E 5.73	E 12.0	E 4.56
CaO % TS	E 3.26	E 7.14	E 8.26	E 18.3
Fe ₂ O ₃ % TS	E 0.789	E 2.95	E 6.39	E 2.95
K ₂ O % TS	E 0.966	E 2.60	E 4.01	E 4.15
MgO % TS	E 0.411	E 1.44	E 1.92	E 2.51
MnO ₂ % TS	E 0.157	E 0.358	E 0.335	E 0.900
Na ₂ O % TS	E 0.240	E 1.63	E 3.00	E 1.94
P ₂ O ₅ % TS	E 0.225	E 0.554	E 0.457	E 1.44
TiO ₂ % TS	E 0.117	E 0.995	E 1.28	E 1.31
Summa % TS	10.0	55.1	91.5	54.8
LOI % TS	V 90.6	V 41.1	V 8.5	V 40.1
As mg/kg TS	E 70.1	M 86.6	M 71.3	E 1160
Ba mg/kg TS	E 376	E 2050	E 2060	E 3080
Be mg/kg TS	E <0.5	E 1.14	E 2.03	E 0.809
Cd mg/kg TS	M 1.11	M 1.70	M 0.423	M 38.6
Co mg/kg TS	M 3.26	M 12.5	M 14.9	M 22.3
Cr mg/kg TS	E 69.0	E 247	E 285	E 666
Cu mg/kg TS	E 131	E 216	E 668	E 589
Hg mg/kg TS	F <0.1	F <0.1	F <0.1	F 2.59
La mg/kg TS	A <5	A 10.8	A 33.8	A 22.2
Mo mg/kg TS	E <5	E <6	E <5	E <5
Nb mg/kg TS	E <5	E <6	E 14.5	E <5
Ni mg/kg TS	M 12.5	M 45.4	M 35.8	E 61.1
Pb mg/kg TS	E 272	E 225	E 392	E 2380
S mg/kg TS	A 1420	A 1820	A 975	A 15900
Sc mg/kg TS	E <1	E 3.26	E 7.34	E 3.01
Sn mg/kg TS	E <20	E <20	E 26.3	E 62.6
Sr mg/kg TS	E 80.9	E 264	E 348	E 514
V mg/kg TS	E 4.21	E 33.9	E 55.0	E 46.9
W mg/kg TS	E <50	E <60	E <50	E <50
Y mg/kg TS	E 6.01	E 16.9	E 24.5	E 16.5
Zn mg/kg TS	E 605	E 1530	E 1120	E 17900
Zr mg/kg TS	E 4.24	E 111	E 170	E 67.2

Luleå Tekn. Universitet
971 87 Luleå

Univ.området C-huset
E-Mail lulea@sgab.se

Tel 0920-492 480
Fax 0920-492 490

Erik Burman
Kemist

01/01 02 JAN 07:55 FAX +46 10 100949 REPORT



SGAB Analytica



RAPPORT L0109516
 utfärdad av ackrediterat laboratorium
 REPORT issued by an Accredited Laboratory

Sid 3 (5)

Provnnummer	0031839	0031840	0031841	0031842
Beteckn 1	Bottenaska Provbränsle	Elfilter Provbränsle	Bottenaska Prov 1	Elfilteraska Prov 1
Beteckn 2	01-10-09	01-10-09	01-10-09	01-10-09
TS %	V 60.5	V 83.8	V 47.9	V 85.2
SiO ₂ % TS	E 49.7	E 16.6	E 54.1	E 16.4
Al ₂ O ₃ % TS	E 11.1	E 5.06	E 11.2	E 4.75
CaO % TS	E 8.87	E 16.4	E 9.47	E 17.7
Fe ₂ O ₃ % TS	E 7.46	E 3.19	E 4.50	E 3.01
K ₂ O % TS	E 3.76	E 3.90	E 4.09	E 3.97
MgO % TS	E 1.90	E 2.61	E 1.91	E 2.48
MnO ₂ % TS	E 0.340	E 0.818	E 0.376	E 0.824
Na ₂ O % TS	E 2.84	E 1.89	E 3.10	E 1.86
P ₂ O ₅ % TS	E 0.484	E 1.43	E 0.550	E 1.38
TiO ₂ % TS	E 1.36	E 1.69	E 1.33	E 1.51
Summa % TS	87.8	55.6	90.6	53.9
LOI % TS	V 10.2	V 39.1	V 10.4	V 41.2
As mg/kg TS	M 70.9	E 1180	M 68.8	E 1070
Ba mg/kg TS	E 2090	E 2940	E 2100	E 2760
Be mg/kg TS	E 1.59	E 1.08	E 1.92	E 0.958
Cd mg/kg TS	M 0.673	E 53.0	M 0.746	E 45.1
Co mg/kg TS	M 12.5	M 22.1	M 13.2	M 21.5
Cr mg/kg TS	E 357	E 675	E 339	E 607
Cu mg/kg TS	E 729	E 609	E 997	E 541
Hg mg/kg TS	F <0.1	F 3.53	F <0.1	F 2.72
La mg/kg TS	A 32.4	A 25.0	A 34.1	A 19.4
Mo mg/kg TS	E 9.27	E 8.48	E <5	E 7.98
Nb mg/kg TS	E 12.4	E <6	E 10.6	E <6
Ni mg/kg TS	E 54.8	E 57.0	M 34.5	E 58.7
Pb mg/kg TS	E 186	E 3170	E 526	E 2280
S mg/kg TS	A 1650	A 21700	A 1380	A 16000
Sc mg/kg TS	E 6.32	E 3.90	E 6.16	E 3.39
Sn mg/kg TS	E <20	E 88.9	E <20	E 76.1
Sr mg/kg TS	E 343	E 479	E 367	E 469
V mg/kg TS	E 52.4	E 57.6	E 51.5	E 52.9
W mg/kg TS	E <60	E <60	E <50	E <60
Y mg/kg TS	E 22.0	E 103	E 22.1	E 19.9
Zn mg/kg TS	E 829	E 19300	E 653	E 18000
Zr mg/kg TS	E 212	E 77.6	E 235	E 76.8

Luleå Tekn. Universitet
 971 87 Luleå

Univ.området C-huset
 E-Mail lulea@sgab.se

Tel 0920-492 480
 Fax 0920-492 490

Erik Burman
 Kemist

07/01 '02 MÅN 07:58 FAX +46 13 100525 ÅF-PROCESSDESIGN

005/C



SGAB Analytica



RAPPORT L0109516
utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT issued by an Accredited Laboratory

Sid 4 (5)

Provnummer	0031843	0031844	0031845	0031846
Beteckn 1	Mix 3 Bottenaska	Nix 3 Elfilter	Mix 4 Bottenaska	Mix 4 Elfilter
Beteckn 2	01-10-10	01-10-10	01-10-10 kl 18.00	01-10-10 kl 18.00
TS %	V 43.5	V 84.9	V 76.8	V 82.5
SiO ₂ % TS	E 46.6	E 15.2	E 34.4	E 15.0
Al ₂ O ₃ % TS	E 10.0	E 4.49	E 7.45	E 4.42
CaO % TS	E 14.4	E 19.9	E 25.3	E 19.4
Fe ₂ O ₃ % TS	E 6.14	E 2.96	E 4.49	E 2.93
K ₂ O % TS	E 3.49	E 4.14	E 2.86	E 4.07
MgO % TS	E 2.04	E 2.46	E 2.07	E 2.38
MnO ₂ % TS	E 0.323	E 0.714	E 0.276	E 0.673
Na ₂ O % TS	E 2.99	E 2.57	E 2.69	E 2.60
P ₂ O ₅ % TS	E 5.39	E 4.58	E 16.5	E 4.74
TiO ₂ % TS	E 1.27	E 1.28	E 1.20	E 1.22
Summa % TS	92.5	58.3	97.2	57.4
LOI % TS	V 8.9	V 35.8	V 2.3	V 35.6
As mg/kg TS	M 65.8	E 1130	M 29.0	E 1080
Ba mg/kg TS	E 2260	E 2860	E 2060	E 2770
Be mg/kg TS	E 1.82	E 0.875	E 1.43	E 0.869
Cd mg/kg TS	M 0.411	E 54.7	M 0.333	E 52.1
Co mg/kg TS	M 13.6	M 22.6	M 16.4	M 21.6
Cr mg/kg TS	E 357	E 643	E 233	E 598
Cu mg/kg TS	E 540	E 590	E 349	E 565
Hg mg/kg TS	F <0.1	F 3.88	F <0.1	M 4.93
La mg/kg TS	A 29.0	A 25.7	A 22.7	A 9.51
Mo mg/kg TS	E <6	E 8.11	E <6	E 5.89
Nb mg/kg TS	E 7.20	E <6	E 9.33	E <6
Ni mg/kg TS	M 34.6	E 53.9	E 42.9	E 56.2
Pb mg/kg TS	E 631	E 4360	E 401	E 4030
S mg/kg TS	A 1430	A 20200	A 1410	A 19000
Sc mg/kg TS	E 6.52	E 3.51	E 5.30	E 3.11
Sn mg/kg TS	E <20	E 31.3	E <20	E 33.4
Sr mg/kg TS	E 355	E 431	E 351	E 418
V mg/kg TS	E 51.2	E 51.6	E 42.5	E 48.1
W mg/kg TS	E <50	E <60	E <60	E <60
Y mg/kg TS	E 22.3	E 17.1	E 19.4	E 16.8
Zn mg/kg TS	E 893	E 22900	E 538	E 22500
Zr mg/kg TS	E 78.3	E 22.6	E 141	E 24.1

Luleå Tekn. Universitet
971 87 Luleå

Univ.området C-huset
E-Mail lulea@sgab.se

Tel 0920-492 480
Fax 0920-492 490

Erik Burman
Kernist



SGAB Analytica



RAPPORT L0109516
utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT issued by an Accredited Laboratory

Sid 5 (5)

Provnummer	0031847	0031848	0031849	0031850
Beteckn 1	Mix 5 Bottenaska	Mix 5 Elfilter	Mix 6 Bottenaska	Mix 6 Elfilter
Beteckn 2	01-10-11 (Botten)	01-10-11 (Botten)	01-10-12 (Låda)	01-10-12 (Låda)
TS %	V 81.4	V 70.2	V 70.3	V 86.2
SiO ₂ % TS	E 47.2	E 11.5	E 49.8	E 12.1
Al ₂ O ₃ % TS	E 11.1	E 3.35	E 10.6	E 3.69
CaO % TS	E 15.9	E 20.3	E 11.2	E 17.2
Fe ₂ O ₃ % TS	E 5.57	E 2.72	E 6.97	E 2.64
K ₂ O % TS	E 3.43	E 5.45	E 3.49	E 5.14
MgO % TS	E 1.93	E 2.17	E 2.11	E 2.25
MnO ₂ % TS	E 0.300	E 0.632	E 0.453	E 0.810
Na ₂ O % TS	E 4.18	E 6.34	E 3.37	E 4.86
P ₂ O ₅ % TS	E 7.46	E 6.61	E 0.993	E 1.78
TiO ₂ % TS	E 1.55	E 1.04	E 2.11	E 1.16
Summa % TS	98.6	60.1	91.1	51.6
LOI % TS	V 2.1	V 28.9	V 9.4	V 38.2
As mg/kg TS	M 42.3	E 910	M 61.8	E 1340
Ba mg/kg TS	E 2810	E 2670	E 4090	E 3110
Be mg/kg TS	E 2.03	E 0.693	E 1.79	E 0.721
Cd mg/kg TS	M 0.138	E 69.2	M 0.931	E 82.4
Co mg/kg TS	M 19.0	M 19.7	M 25.1	M 22.4
Cr mg/kg TS	E 271	E 558	E 483	E 747
Cu mg/kg TS	E 506	E 458	E 721	E 617
Hg mg/kg TS	F <0.1	M 6.43	F <0.1	M 7.19
La mg/kg TS	A 18.6	A 21.0	A 31.1	A 13.0
Mo mg/kg TS	E <5	E 10.9	E <5	E 8.88
Nb mg/kg TS	E 12.6	E <5	E 12.7	E <5
Ni mg/kg TS	E 44.5	M 43.7	E 67.4	E 43.0
Pb mg/kg TS	E 337	E 8690	E 366	E 8300
S mg/kg TS	A 1540	A 24600	A 1630	A 28800
Sc mg/kg TS	E 7.75	E 3.09	E 6.50	E 3.02
Sn mg/kg TS	E <20	E 24.9	E 145	E 58.7
Sr mg/kg TS	E 411	E 400	E 456	E 458
V mg/kg TS	E 55.8	E 43.6	E 54.1	E 42.3
W mg/kg TS	E <50	E <50	E <50	E <50
Y mg/kg TS	E 23.3	E 12.6	E 25.4	E 13.2
Zn mg/kg TS	E 1080	E 32300	E 1010	E 31800
Zr mg/kg TS	E 219	E 8.43	E 277	E 59.6

Luleå Tekn. Universitet
971 87 Luleå

Univ.området C-huset
E-Mail lulea@sgab.se

Tel 0920-492 480
Fax 0920-492 490

Erik Burman
Kemist

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35